



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y**

**REDES**

“ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN RADIAL AM DIGITAL PARA BRINDAR EL SERVICIO RADIAL CON COBERTURA PARA LA ZONA CENTRO DEL ECUADOR CON LA ESTACIÓN BASE EN EL CANTÓN GUANO.”

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Presentado por:

**ANABEL CAROLINA TORRES ANDRADE**

**JHOANNA PAOLA OLEAS GARCÍA**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

2013

## **DEDICATORIA**

A nuestra querida Alma Mater por nuestra formación, a nuestros profesores, compañeros y amigos con los que hemos compartidos todas las vivencias durante todos estos años de estudio, que nos ha permitido formarnos como seres humanos y profesionales.

**ANABEL Y PAOLA**

A Dios por haberme dado la vida y permitirme estar en este momento tan anhelado de mi vida, por cuidarme y protegerme en cada paso que doy dándome la fuerza para continuar ante las adversidades. A mis padres César y Nelly quienes me han guiado siempre por una vida llena de valores y principios, por su confianza y amor durante todos éstos años, por su apoyo incondicional en todos momentos. A mis hermanas Gaby, Estefy y Anjuly quienes son el motor de mi vida para seguir dando cada día lo mejor y para quienes va dedicado éste proyecto. A mis familiares y amigos que supieron ayudarme en mi desarrollo profesional.

**ANABEL**

Dedico este trabajo a Dios por mostrarme día a día que con paciencia y perseverancia todo se puede lograr. A mis padres Alberto y Elva quienes me ofrecen sus consejos, comprensión y amor, por ser mi guía, ejemplo a seguir y el pilar más importante en mi vida. A mis hermanos Luis y Santiago por estar siempre presentes apoyándome y ser la inspiración para seguir adelante. A Fabián, por estar siempre a mi lado incondicionalmente apoyándome en el cumplimiento de esta meta. A mis tíos Bolo (+) y Elenita por creer en mí y aconsejarme siempre. A mis amigos por haber compartido a lo largo de esta vida estudiantil.

**PAOLA**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la escuela de Ingeniería Electrónica Telecomunicaciones y Redes y a todos los maestros por los valiosos conocimientos impartidos.

A la empresa TOTALCOM y a su propietario Miguelito Machado por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento al Ing. Vinicio Ramos, tutor de la tesis por su apoyo y acertadas recomendaciones para el desarrollo de este trabajo.

A nuestras familias por el cariño y apoyo que siempre nos han brindado.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para llegar al feliz término de esta investigación.

**FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Menes Camejo		
<b>DECANO FACULTAD DE</b>		
<b>INFORMÁTICA Y</b>	_____	_____
<b>ELECTRÓNICA</b>		
Ing. Wilson Baldeón		
<b>DIRECTOR DE ESCUELA</b>		
<b>INGENIERÍA ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
<b>EN TELECOMUNICACIONES</b>		
<b>Y REDES</b>		
Ing. Vinicio Ramos MSc.		
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	_____	_____
Ing. Jorge Yuquilema		
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez		
<b>DIRECTOR</b>	<b>DPTO</b>	
<b>DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

## **RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES**

Nosotras, Anabel Carolina Torres Andrade y Jhoanna Paola Oleas García, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.**

Anabel Carolina Torres Andrade

Jhoanna Paola Oleas García

## RESUMEN

La presente investigación es un estudio técnico y diseño para la implementación de una radio digital AM que tenga cobertura en la zona centro del país, con la estación base en el cantón Guano orientado al análisis comparativo de la radio analógica y digital para definir la aplicabilidad futura en el Ecuador además de brindar una guía referencial.

El tipo de investigación realizada fue una investigación descriptiva, los métodos que se utilizaron fueron el científico y el deductivo a través del estudio mediante la radio analógica y los diferentes estándares en la radio digital terrena AM, posteriormente se realizó la recolección de datos para ejecutar la comparación. Las técnicas utilizadas fueron la documental, consulta de libros e internet, la observación en el funcionamiento de tecnologías análogas.

La radio digital en cualquiera de sus estándares mejorará la calidad de audio, utilización del ancho de banda e interferencias pero se decidió escoger el estándar Digital Radio Mondiale "DRM" porque además de estos beneficios no se tendría que realizar una reestructuración del espectro radioeléctrico y la asociación latinoamericana de educación radiofónica declaró su apoyo a la adopción del mismo. Del estudio se deriva que DRM tiene una valoración del 90,75% respecto a la analógica con un 72,5% según los indicadores planteados como calidad de audio, fiabilidad del servicio e interferencia. En la guía referencial se describe los equipos que se van a necesitar, también aspectos que se deben

considerar para el diseño del enlace, sus cálculos respectivos y la estimación de la cobertura en la zona centro del país.

Según ésta calificación obtenida se consideró importante, en Ecuador se implemente ésta tecnología para mejorar la calidad de servicio, pudiendo competir fácilmente con las emisoras FM, y teniendo mayor cobertura sin necesidad de repetidores en cada provincia, eliminando casi en su totalidad las interferencias, y proporcionando ciertos servicios adicionales que la hacen única.

Se recomienda la implementación tecnológica digital mediante el estándar DRM, para brindar una mejor calidad de audio y fiabilidad sin interferencias, igualmente ayudará al mejor uso del espectro radioeléctrico.

## SUMMARY

The present research is a technical study and design for implementing a digital AM radio that has coverage in the central zone of the country, with the base station in Guano Canton, oriented to the comparative analysis between the analogic and digital radio to define the future applicability in Ecuador, furthermore to provide a referential guide.

The type of investigation was a descriptive one, the methods used were the scientific and deductive through the study by using the analogic radio and the different standards in the land digital radio AM, afterwards it was made the recollection data to execute the comparison. The techniques were used are: the documentary, querying of books through Internet, the observation of the functioning of analogue technologies.

The digital radio in any of its standards will improve the audio quality, utilization of network bandwidth and interferences but it was decided to choose the Digital Radio Mondiale Standard "DRM" because moreover, of these benefits, it would not have to make a re structuration of the radio electric spectrum and the Latino American association of radio phonic education declared its support and adoption of the same. From the study is derived that DRM has a valuation of 90,75% related to the analogic with a 72,5% according to the planned indicators such as: audio quality, reliability on service and interference. In the referential guide is described the equipment that are going to be needed, also aspects that have to be taken into

consideration for the link design, its respective calculus and the estimating of coverage within the central zone of the country.

According to this obtained classification is considered important, in Ecuador to be implemented this technology to get better the service quality, continue to enjoy competing easily with FM radio, and having biggest coverage without the necessity of booster aerial per each province, eliminating almost in its totality the interferences, and providing some additional services that make it unique.

It is recommended the digital technologic implementation by using the DRM standard, to provide a better quality audio and reliability without interferences, on the same way will help to a better use of the radio electric spectrum.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AM</b>	Modulación en Amplitud
<b>COFDM</b>	Multiplexación codificada por división de frecuencia ortogonal
<b>CONARTEL</b>	Consejo nacional de radio y televisión
<b>DRM</b>	Digital Radio Mondiale
<b>FAC</b>	Canal de acceso rápido
<b>FM</b>	Modulación en frecuencia
<b>OFDM</b>	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal
<b>PCM</b>	Modulación con pulsos codificados
<b>QAM</b>	Modulación en amplitud por cuadratura
<b>RDS</b>	Sistema de radiodifusión de datos
<b>SDC</b>	Canal de descripción del servicio
<b>SFN</b>	Señal de frecuencia única
<b>SIMULCAST</b>	Transmisión simultánea de señales análogas y digitales
<b>SNR</b>	Relación señal a ruido
<b>TDMB</b>	Transmisión digital multimedia terrestre
<b>UER</b>	Unión europea de radiodifusión
<b>UIT</b>	Unión internacional de telecomunicaciones

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Señal analógica vs Señal digital .....	22
Figura 2 Propagación de Onda Superficial.....	36
Figura 3 Propagación de ondas ionosféricas. ....	37
Figura 4 Cobertura para AM en el Ecuador .....	39
Figura 5 Sistema de radiodifusión .....	41
Figura 6 Modulación por modulación de pulsos PCM .....	47
Figura 7 Señal AM Modulada .....	57
Figura 8 Receptor AM .....	58
Figura 9 Medida de desplazamiento de frecuencia del transmisor.....	61
Figura 10 Medida de la desviación de frecuencia del transmisor.....	62
Figura 11 Diagrama de bloques de un transmisor AM .....	63
Figura 12 Diagrama de bloques de un receptor AM.....	65
Figura 13 Márgenes de frecuencia de las radiocomunicaciones .....	67
Figura 14 Codificación de audio DRM .....	77
Figura 16 Mapa topográfico de la estación de CoGIta en Radiomobile a un receptor en Guamote..	93
Figura 17 Margen de despeje del transmisor a un receptor en el cantón Guamote vialidad del enlace y zona de fresnel .....	94
Figura 18 Margen de despeje del transmisor a un receptor en el cantón Penipe vialidad del enlace y zona de fresnel.....	95
Figura 19 Estimación de la cobertura de la emisora radiodifusora La Voz ALECH Raio Colta 950 AM .....	96
Figura 20 Comparación Análoga- Digital (DRM) de la calidad de audio no degradada por el códec	100
Figura 21 Comparación Análoga- Digital (DRM) de Fiabilidad del circuito. ....	101
Figura 22 Comparación Análoga- Digital (DRM) de zonas de cobertura y degradación gradual .....	102
Figura 23 Comparación Análoga-Digital (DRM) de Interferencia.....	103
Figura 24 Comparación Análoga- Digital (DRM) de la fiabilidad del servicio .....	104
Figura 25 Comparación entre las modulaciones 16QAM y 64QAM en el sistema DRM.....	105
Figura 26 Comparación total del Sistema de radiodifusión Análogo-Digital (DRM).....	106
Figura 27 Diagrama del sistema DRM .....	108
Figura 28 Esquema de la Radio Digital .....	109
Figura 29 Coordenadas del transmisor en el Software XIRIO .....	110
Figura 30 Enlace de Estudio a la Antena.....	112
Figura 31 Coordenadas de la ubicación del Estudio en Guano en Radio-Mobile.....	116
Figura 32 Coordenadas de la ubicación de la Antena en Langos .....	117
Figura 33 Estimación de la cobertura para el centro del país.....	118
Figura 34 Radioenlace a un receptor en a ciudad de Ambato. ....	119
Figura 35 Radioenlace a un receptor en la ciudad de Latacunga .....	120
Figura 36 Diagrama de bloques de la microonda .....	122
Figura 37 Multiplexor y Modem del radio microonda.....	122
Figura 38 Transmisor TRAM 10 con modulador DRM .....	123
Figura 39 Parámetros de configuración del modulador DRM .....	124

Figura 40 Diagrama de bloques del transmisor TSW 2300 D .....	125
Figura 41 Diagrama funcional de un transmisor DRM.....	126
Figura 42 Receptor DRM MAYAH 2010 .....	131
Figura 43 Receptor digital DRM-USB.....	132

## INDICE DE TABLAS

Tabla I Servicios de Radiocomunicación en el Ecuador .....	30
Tabla II Bandas de frecuencia.....	33
Tabla III Estándares de radiodifusión digital en varios países.....	43
Tabla IV Modos de robustez DRM para AM .....	81
Tabla V Modos de transmisión DRM .....	82
Tabla VI Recursos Hardware.....	88
Tabla VII Emisoras de AM y FM de la provincia de Chimborazo .....	89
Tabla VIII Parámetros del radioenlace Colta-Guamote .....	94
Tabla IX Parámetros del radioenlace Colta-Penipe. ....	95
Tabla X Valoración.....	99
Tabla XI Comparación Análoga Digital (DRM) de la calidad de audio no degradada por el códec ..	100
Tabla XII Comparación Análoga Digital (DRM) de la fiabilidad del circuito de transmisión .....	101
Tabla XIII Comparación Análoga Digital (DRM) de la zona de cobertura .....	102
Tabla XIV Comparación Análoga Digital (DRM) de la Interferencia .....	103
Tabla XV Comparación Análoga Digital (DRM) de la Fiabilidad del Servicio .....	104
Tabla XVI Comparación entre las modulaciones 16QAM y 64QAM en el sistema DRM .....	105
Tabla XVII Comparación total del Sistema de radiodifusión Análogo- Digital (DRM) .....	106
Tabla XVIII Datos para el cálculo del Margen de Despeje.....	113
Tabla XIX Datos para el cálculo de la zona de Fresnel .....	114
Tabla XX Datos para el cálculo de la potencia nominal de recepción.....	115
Tabla XXI Factores del terreno .....	115
Tabla XXII Parámetros del radioenlace.....	117
Tabla XXIII Radioenlace del estudio a la Antena.....	118
Tabla XXIV Parámetros radioenlace antena y un receptor en la ciudad de Ambato .....	119
Tabla XXV Parámetros radioenlace Antena a un receptor en la ciudad de Latacunga .....	120
Tabla XXVI Rango de frecuencia para radioenlace microonda .....	122
Tabla XXVII Características VSWR para antenas de onda para DRM .....	128
Tabla XXVIII Valores de VSWR en DRM para antenas AM .....	130
Tabla XXIX Tabla de Equipos, Marcas y Precios .....	133

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

DERECHOS DE AUTORÍA

RESUMEN

SUMMARY

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

1.1	PROBLEMATIZACIÓN	21
1.2	JUSTIFICACIÓN	22
1.3	OBJETIVOS	24
1.3.1	Objetivo General	24
1.3.2	Objetivos Específicos	24
1.4	ANTECEDENTES	25

<b>1.5 HIPÓTESIS</b>	<b>26</b>
<b>2.1 LA RADIODIFUSIÓN</b>	<b>27</b>
<b>2.1.1 Transmisión de Datos</b>	<b>21</b>
2.1.1.1 Señales	21
2.1.1.2 Tipos de Señales	21
2.1.1.4 Problemas	23
<b>2.1.2 Historia</b>	<b>24</b>
<b>2.1.3 Servicios de radiocomunicación en Ecuador</b>	<b>30</b>
<b>2.1.4 Radiodifusión Analógica</b>	<b>30</b>
<b>2.1.5 Bandas de Frecuencia</b>	<b>32</b>
2.1.5.1 Bandas AM	34
<b>2.1.6 Tecnologías de radiodifusión analógicas</b>	<b>37</b>
2.1.6.1 Radiodifusión en amplitud modulada	37
<b>2.2 SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN EN LA ACTUALIDAD</b>	<b>39</b>
<b>2.2.1 Sistema de Emisión</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2 Sistema de Transmisión</b>	<b>40</b>
<b>2.2.3 Sistema de Recepción</b>	<b>40</b>
<b>2.3. RADIODIFUSIÓN DIGITAL</b>	<b>42</b>
<b>2.3.1 Introducción</b>	<b>43</b>
2.3.1.1 Codificación de fuente	46
<b>2.3.2 Proceso de producción y emisión en la digitalización</b>	<b>47</b>
<b>2.3.3 Proceso de recepción en la digitalización</b>	<b>48</b>
<b>2.3.4 Proceso de distribución de señales</b>	<b>49</b>
<b>2.3.5 Ventajas con respecto a la radiodifusión analógica</b>	<b>53</b>
<b>2.3.6 Problemas del espectro</b>	<b>55</b>
<b>2.4 RADIODIFUSIÓN EN AMPLITUD MODULADA AM</b>	<b>56</b>
<b>2.4.1 Modulación</b>	<b>57</b>
<b>2.4.2 Demodulación</b>	<b>58</b>
<b>2.4.3 Compresión</b>	<b>59</b>

<b>2.4.4 Multiplexación</b>	<b>59</b>
<b>2.5 TRANSMISORES Y RECEPTORES</b>	<b>60</b>
2.5.1 Características del transmisor	61
2.5.2 Características del receptor	63
2.5.3 Características de los transceptores digital modernos	65
2.5.3.1 Características de las transmisiones digitales	65
2.5.3.2 Características de los receptores digitales	66
<b>2.6 PARÁMETROS DEL DISEÑO</b>	<b>67</b>
2.6.1 El espectro radioeléctrico	67
2.6.2 Potencia de emisión	67
<b>2.7 ESTÁNDARES DE RADIO DIGITAL AM</b>	<b>68</b>
2.7.1 Estándares en radiodifusión digital terrena	69
2.7.1.1 IBOC (In-band On-Channel)	69
2.7.1.2 DAB (Digital Audio Broadcasting)	71
2.7.1.3 DRM (Digital Radio Mondiale)	73
<b>2.8 VENTAJAS DEL SISTEMA DRM</b>	<b>84</b>
<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>85</b>
<b>3.2 METODOLOGÍA</b>	<b>85</b>
<b>3.3 TÉCNICAS</b>	<b>86</b>
<b>3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>86</b>
3.4.1 Fuentes Primarias	86
3.4.2 Fuentes Secundarias	87
<b>3.5 RECURSOS</b>	<b>87</b>
3.5.1 Recursos Humanos	87
3.5.2 Recursos Materiales	87
<b>3.6 RECURSOS TÉCNICOS</b>	<b>88</b>

<b>3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>89</b>
3.7.1 Población	89
3.7.2 Muestra	92
3.7.2.1 Radioenlace de “LA VOZ DE AIIECH” 950 AM	93
<b>3.8 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>96</b>
<b>4.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>98</b>
<b>4.2 COMPARACIÓN TÉCNICA DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA CON LA DIGITAL BASADA EN EL ESTÁNDAR DRM</b>	<b>99</b>
4.2.1 CALIDAD DE AUDIO NO DEGRADADA POR EL CODEC	100
4.3.2 FIABILIDAD DEL CIRCUITO DE TRANSMISIÓN EN PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA.	101
4.3.3 ZONA DE COBERTURA Y DEGRADACIÓN GRADUAL	102
4.3.4 INTERFERENCIA	103
4.3.5 FIABILIDAD DEL SERVICIO	104
4.3.6 MODULACIÓN DRM	105
4.3.7 ANÁLISIS TOTAL	106
<b>4.4 GUÍA REFERENCIAL PARA EL DISEÑO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EMISORA CON EL ESTÁNDAR DRM.</b>	<b>108</b>
4.4.1 SISTEMA DE UNA RADIODIFUSORA EN DRM	108
4.4.2 SISTEMA DE CONTROL MASTER	109
4.4.3 MULTIPLEXOR DRM	109
4.4.4 CODIFICADOR DE AUDIO	109
4.4.5 CODIFICADOR DE DATOS	110
4.4.6 UBICACIÓN DEL TRANSMISOR	110
4.4.6.1 ASPECTOS PARA EL DISEÑO DEL ENLACE	111
4.4.7 ENLACE DEL ESTUDIO A LA ANTENA	112
4.4.7.1 CÁLCULO DEL MÁRGEN DE DESPEJE	112
4.4.7.2 CÁLCULO ZONA DE FRESNEL	113
4.4.7.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE DE LA TRAYECTORIA	114
4.4.7.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA NOMINAL DE RECEPCIÓN	114
4.4.7.5 CÁLCULO DEL MÁRGEN UMBRAL	115
4.4.7.6 CÁLCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO	115

<b>4.4.8 MEDICIONES DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN</b>	<b>116</b>
<b>4.4.9 SIMULACIÓN EN RADIOMOBILE</b>	<b>117</b>
<b>4.4.10 ZONAS DE COBERTURA</b>	<b>118</b>
<b>4.4.11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS</b>	<b>120</b>
4.4.11.1 EQUIPOS RADIOMICROONDA	121
4.4.11.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DRM	123
4.4.12.2 SISTEMA RADIANTE	127
4.4.12.3 RECEPTORES DRM	131
<b>4.5 EQUIPOS PARA RADIO DIGITAL AM (DRM)</b>	<b>132</b>
<b>4.6 ANÁLISIS REGULATORIO</b>	<b>134</b>

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problematización

El actual modelo de la radio analógica se ha agotado, en la actualidad lo digital está abasteciendo todo el mercado y en el campo de la tecnología la radio digital es ya un hecho; con la llegada de la televisión digital a nuestro país abre un nuevo campo para que todos los sistemas de información logren a ser digitales.

De la misma manera, el internet está ocupando un espacio muy importante entre el público joven y que junto a dispositivos multimedia se han convertido gracias a los chats, foros y redes sociales, en el centro de sus conversaciones y entretenimiento diario.

Los oyentes más jóvenes ya no llevan un equipo de radio sino dispositivos multimedia con los que se escucha radio, ellos son gran parte del mercado al que se debe apuntar con la nueva radio.

El mayor de los problemas es la calidad de sonido, cuando la señal que se recepta es fuerte, la radio digital debe sonar más clara que la analógica y la misma se compara con la calidad de sonido de un CD de audio.

En la radio análoga la información transmitida que se puede enviar es solamente audio, gracias a la radio digital podemos tener características adicionales que incluyen información de datos y fotografía a más del audio.

Otro punto que se debe tener muy en cuenta en la análoga es que a estas señales de radio les lleva más tiempo degradarse a diferencia de las digitales.

En el Ecuador el desarrollo de la radio digital no ha tenido un crecimiento inminente y debemos tratar de cambiar este escenario ya que gracias a este, como está mencionado anteriormente se ofrece una mayor calidad de sonido y con la mitad de ancho de banda, optimizando así el uso del espectro radioeléctrico

## **1.2 Justificación**

La radio digital permite un uso más eficiente del espectro radioeléctrico ya que gracias a esta se mejora el uso de las frecuencias, con equipos especializados de mayor potencia así tener un aumento significativo en cuanto a cobertura se refiere.

Las señales analógicas tanto AM como FM sufren muchas alteraciones al momento de su transmisión y gracias a la radio digital se reduce este tipo de problemas por su cambio al modo de transmitir la señal.

Es importante estar al tanto de las nuevas tecnologías, y ya que se han empezado a dar los apagones analógicos en varias partes del mundo el Ecuador no puede ser la excepción, esta fecha ya ha sido programada y debemos estar listos para empezar a implementar los nuevos servicios con la nueva tecnología que se ofrece hoy en día.

El mayor beneficio que se obtiene gracias a la radio digital es su calidad de sonido ya que es inmune a interferencias de tipo orográfico y climatológico, así como también la prestación de servicios adicionales como información de datos, imágenes, entre otras.

Es por esta razón es que la empresa TOTALCOM ha tenido en cuenta la necesidad de estar a la vanguardia de la tecnología y requiere el estudio para la implementación de una nueva radiodifusora AM pero ya en formato digital ya que es la tendencia en los países del mundo.

La razón de que se prefiera la radiodifusión AM es que gracias a esta no se necesitan muchos de los requerimientos que con la radio FM analógica y además de esto, sus costos son menores y puede llegar a tener una cobertura mucho mayor que la AM y FM analógicas que son las que tienen mayor demanda de los oyentes al momento.

Este proyecto tiene como finalidad realizar el estudio de ingeniería para la implementación de una radio digital AM en el cantón Guano para la empresa TOTALCOM. Dar a conocer los resultados a su gerente ya que gracias a la confianza depositada en nosotras realizaremos el proyecto para que después de que se consigan los permisos respectivos se proceda a la implementación de la radiodifusora tomando en cuenta todos los reglamentos descritos en la CONARTEL.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Realizar el estudio técnico y diseño para la implementación de una estación AM digital para brindar el servicio radial con cobertura para la zona centro del Ecuador con la estación base en el cantón Guano.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar la modulación en amplitud AM y sus diferentes tipos hasta su evolución digital.
- Analizar el sistema de radiodifusión digital y los elementos del sistema del radio
- Diseñar un prototipo para la implementación de equipos para la cabina master y el sistema de irradiación final.
- Proponer una guía referencial misma que servirá para el trámite ante la SENATEL para obtener los permisos respectivos

## 1.4 Antecedentes

Primero llegó la televisión digital, llamada "el último adelanto en televisión." Ahora, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) ha dado otro paso adelante para llevar la radio digital, la creciente necesidad de desarrollar un sistema digital de radiodifusión hizo que diversas empresas, con el final del siglo XX, principios del 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.

La transmisión a radios digitales requiere que las emisoras instalen equipo nuevo. Durante la transición, las emisoras operarán en modalidad "híbrida," transmitiendo el mismo programa usando señales analógicas y digitales dentro de un sólo canal AM o FM. Muchas emisoras FM ofrecen en la actualidad dos o más canales digitales. La nueva tecnología digital no requerirá asignación adicional de espectro de radio y tendrá un impacto mínimo sobre los servicios de las emisoras actuales. Los consumidores seguirán recibiendo sus estaciones analógicas con una interrupción mínima.

En comparación con la radio analógica tradicional, la radio digital ofrece a los oyentes una serie de ventajas que incluyen una mejor calidad de audio, señales más fuertes y nuevos servicios auxiliares, tales como canales múltiples de programación de audio, servicios de audio a petición y funciones interactivas, etc.

El estudio realizado debe servir como base para la implementación de la estación radial AM digital en el cantón Guano para la empresa "TOTALCOM" con el fin de que se brinde los nuevos servicios de radiodifusión que se ofrecen hoy en día y poder transmitir antes del apagón analógico.

## **1.5 Hipótesis**

El estudio técnico y diseño para la implementación de una estación AM digital permitirá brindar el servicio radial con cobertura para la zona centro del Ecuador con la estación base en el Cantón Guano.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 La Radiodifusión**

La radio es un medio de comunicación masivo, la cual influye en la vida de cada ser humano, por ello es importante tener un tipo de programación adecuada ya que por medio de ella se transmite en forma directa o indirectamente mensajes, los cuales pueden o no beneficiar al oyente.

La aceptación que tiene la radio en nuestro medio, se debe a su nivel de diversidad que tiene para atender al público a través de sus programaciones según las preferencias de los mismos. Cabe señalar que las programaciones de cada estación de radio son importantes, las mismas que ayudan a que se mantengan vigentes entre el público oyente al cual se dirigen.

Es necesario recalcar que la radio es el medio de comunicación que mejor ha ido evolucionando en su estructura funcional, tomando en cuenta el criterio de especialización. La tendencia a especializarse a empezado a tomar fuerza en el Ecuador, es decir apuntar a un segmento específico del público, no ir hacia la diversidad de programación ya que no se puede complacer a todo tipo de oyente, es decir se debe ser coherente en la orientación.

La radio constituye uno de los medios de comunicación con mayor aceptación en el mundo, por su capacidad de adaptación a los distintos sectores, esto ha sido una de sus grandes fortalezas para mantenerse vigente. Su aceptación en la sociedad

se debe al nivel de diversificación para poder atender adecuadamente a los distintos públicos objetivos, satisfaciendo sus necesidades.

La radiodifusión es considerada como una forma de comunicación masiva, que genera y emite mensajes, a través de ondas electromagnéticas, que puede llegar a varios sitios a la vez, cabe señalar que estos mensajes, son dispersadas por las ondas para lograr enlazar al emisor con el receptor, su audiencia se encuentra dispersa y es heterogénea.

La radio es uno de los medios más flexibles que existe, pues le permite al oyente realizar diversos trabajos, mientras está en contacto con éste y no lo limitan. La radio brinda sonido al mismo libera la imaginación, formándose un medio de publicidad valioso, pues sus mensajes son retenidos en la mente, manteniéndose por más tiempo que la información recibida visualmente. “Es un medio compatible con el desarrollo de otras actividades. Acompaña al conductor mientras conduce, al ama de casa mientras realizan sus labores, a los pacientes en las salas de espera, a los estudiantes en sus tareas.

“La radio ha sido desde su nacimiento un termómetro fiel de los cambios sociales, hasta el punto de convertir sus distintas fisonomías históricas – radio instrumento, radio negocio, radio medio de expresión, etc.- en otras tantas imágenes palpitantes de las etapas del siglo XX.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Burriel, José (1981). El reto de las ondas. Madrid: Ed. Salvat, p.4.

## **2.1.1 Transmisión de Datos**

### **2.1.1.1 Señales**

Alteración que se introduce el valor de una magnitud cualquiera de una onda y que sirve para transmitir información.

Puede ser enviada a través de un medio de transmisión modificando alguna propiedad física del mismo.

Así, sobre una línea eléctrica podemos enviar datos modificando el voltaje o la intensidad que circula sobre la misma.

Igualmente sobre una onda, podemos enviar datos, modificando la frecuencia, la amplitud o la fase.

Representando el valor de la propiedad que se modifica como una función del tiempo  $f(t)$ , podemos modelar las características de la señal y aplicarle un análisis matemático.

### **2.1.1.2 Tipos de Señales**

#### **2.1.1.2.1 Señales Analógicas**

Las señales analógicas son por ende señales eléctricas de variación continua en intensidad o amplitud en el tiempo, como se puede apreciar en la figura. Hasta hace poco, la forma dominante de transmisión de señales de radio y televisión ha sido analógica. La gran desventaja de ese tipo de transmisión es que el ambiente

genera también señales del tipo analógico, conocidas como ruido, que generalmente interfieren con las que acarrean información y crean complicaciones resultando en una señal de menor calidad.<sup>2</sup>

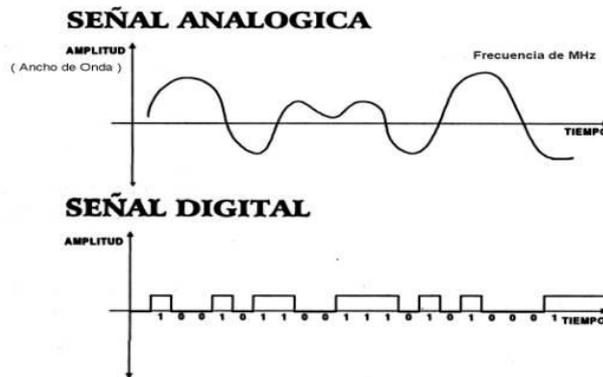


Figura 1 Señal analógica vs Señal digital

#### 2.1.1.2.2 Señales Digitales

La señal digital es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango.

Inconvenientes de las señales digitales:

Necesita una conversión analógica-digital previa y una decodificación posterior en el momento de la recepción.

Requiere una sincronización precisa entre los tiempos del reloj del transmisor con respecto a los del receptor.

<sup>2</sup><http://es.scribd.com/doc/26971687/Senales-analogicas-y-digitales>

Pérdida de calidad cada vez mayor en el muestreo respecto de la señal original.

#### **2.1.1.4 Problemas**

##### **2.1.1.4.1 Ruido**

El ruido eléctrico se hace evidente cuando se nota la calidad del sonido al escuchar la radio, principalmente de la AM, transmitida por una estación lejana. Se tiene una relación SNR alta en los sistemas de comunicación para que demodule correctamente la señal que se transmite, la forma de onda recibida por la antena es casi la señal transmitida en su totalidad, sin embargo por todo el viaje que debe hacer la señal a través del espacio al receptor le llega con un nivel bajo de ruido que no se puede despreciar, así el receptor debe tener una buena relación SNR a la entrada del demodulador gracias a que la antena debe recibir una señal más fuerte.

###### **2.1.1.4.1.1 Ruido Térmico**

El ruido más común es el ruido térmico que se produce gracias al movimiento browniano de los electrones en un conductor y se mide W por Hz, el movimiento de los electrones aumenta con la temperatura de ahí su nombre.

###### **2.1.1.4.1.2 Ruido en antenas receptoras**

Estas antenas a su salida entregan la potencia de la señal más toda la radiación que capte y proceda de su entorno, de esta forma se encuentra el ruido aditivo. Debido a que la antena se admite como una resistencia, si en una banda de frecuencia entrega además una potencia de ruido, entonces podemos pensar en un modelo parecido en el que la antena se puede considerar una resistencia que

debe ser igual a la resistencia de radiación y que se encuentra a una temperatura de ruido de la antena.

El garantizar que el sistema sea fuerte con relación al ruido de la entrada del demodulador al maximizar el SNR es uno de los principales objetivos del diseño de los sistemas de comunicaciones, y se debe tener consideración de acuerdo a la temperatura del sistema.

#### **2.1.1.4.1.3 Ruido en receptores AM**

En el caso de un receptora AM, se considera el modelo receptor más ampliamente utilizado, el superheterodino que a su entrada tiene la señal modulada más ruido gaussiano blanco es decir que la SNR de la entrada debe ser diferente al de su salida, esta se debe tener como una medida de mejoramiento al dividir la SNR de entrada para la de salida.

### **2.1.2 Historia**

La radio tuvo sus orígenes en el siglo XIX, pero su nacimiento definitivo es en el siglo XX, donde se desarrolla y se perfecciona en las dos primeras décadas a partir de 1900, contribuyendo a la aparición de la radiodifusión.

Los nombres del italiano Guillermo Marconi, del alemán Heinrich Hertz, de los ingleses James Clero Mawell y John Ambrose Fleming, de los norteamericanos Dr. Lee de Forest y Reginald A. Fessenden, están íntimamente vinculados al origen de la radio, puesto que cada uno de ellos fue parte vital para que la humanidad disfrutara de uno de los medios de comunicación más asombrosos.

Necesariamente habrá que mencionar a Hans Christian Oersted, a William Crookes, Alexander Popov, Nikola Tesla y Sir Oliver Lodge, entre otros, por la contribución que, en su momento, ofrecieron para que fuera creada la radio.

La radio tiene múltiples paternidades, puesto que no nace del genio de un solo inventor, sino como consecuencia de la participación de varios científicos que, fueron eliminando barreras que parecían insalvables para que se hiciera realidad esta maravilla de la comunicación.

En 1820, Oersted, profesor de física de la Universidad de Copenhague, advierte que un imán suspendido cerca de un alambre, lo atrae siempre que por él pasara electricidad. Esto demostró que evidentemente se había creado un campo electromagnético fuera del alambre. Este campo atraía al imán y, por lo tanto, era magnético.

En 1850, James Clerk Maxwell, Director del Laboratorio de Cavendish, de Cambridge, Inglaterra, asegura que las corrientes eléctricas que se desplazan hacia delante y atrás dentro de un trozo de metal, provocarían la salida de las ondas electromagnéticas, a la velocidad de la luz, en ángulo recto. También anticipó, valiéndose de las matemáticas, las longitudes de onda y las frecuencias.

Veinte años más tarde, el joven sabio alemán Hienrich Hertz, ratifica y prueba lo dicho por Maxwell. Hertz produce ondas electromagnéticas que más tarde fueron bautizadas como ondas hertzianas, siendo este uno de los avances más importantes hacia lo que más tarde sería la radio.

En 1892, Sir. William Crookes, sugiere el empleo de esas ondas del espacio para la transmisión de mensajes. Sir Oliver Lodge es el primero que lo intentó, haciendo que saltase una secesión continua de chispas por una separación, determinando

ondas de corriente eléctrica en un alambre cercano. Lo que Lodge logró fue lanzar y detener esas chispas, en la misma forma en que accionaba su palanca transmisora de puntos y rayas, en definitiva, dio paso a la telegrafía.

Quedaba un único problema que era el de transmitir sonido como lo hizo Bell cuando construyó el teléfono, pero esta vez, no mediante un cable sino mediante el espacio. Al principio fue utilizada la transmisión a “chispa”, pero no satisfacía porque no solo se requerían frecuencias más altas, sino también formas de producirlas continua y firmemente y con la misma velocidad. Para lograrlo se utilizó el descubrimiento del tubo de vacío, realizado por Thomas Alba Edison en 1883. Resultó aporte valioso, pero no siendo esto lo que él buscaba en sus investigaciones, no le prestó atención suficiente.

En 1904, Ambrose Fleming utilizó el efecto descubierto por Edison en su tubo, llamándole válvula. Lee de Forest mejoró la válvula de Fleming en 1907. Es decir, crearon del “diodo” y el “triódio”, en su orden, esto es constructores de los “motores”, las primeras válvulas termoiónicas que dan poder a los equipos emisores y selectividad a los aparatos receptores.

“El 12 de diciembre de 1901, por el camino del éter (gas del aire que permite conducir sonidos e imágenes), las primeras señales eléctricas cruzan el Atlántico, a lo largo de 3.300 kilómetros, para transformarse en el primer receptor utilizado por Guillermo Marconi, en los sonidos “Morse” que identifican la letra “S”.

El triunfo está consumado y todo se reduce a cuestión de tiempo y a que el sistema fuera perfeccionado; la radio ha nacido. Pero la radiodifusión está aún lejana. Marconi sueña con ella y profetiza la posible transmisión de luz, calor y energía por el camino de las ondas hertzianas.

Lee de Forest va más de prisa. En 1909 convence a un empresario del Metropolitano de Nueva York para que permita a Caruso una de sus actuaciones, iniciando de esta manera la radiodifusión.

Esta primera transmisión radiofónica fue perfectamente captada en Nueva Jersey, dejando asombrados a los primeros radioescuchas.

Más tarde, en Bélgica, Robert Goldsmiht y Raymond Braillard, en 1914, inician las primeras transmisiones de conciertos musicales por medio de un modesto transmisor experimental. La radiodifusión está en “pañales”, pero ante este maravilloso medio de comunicación al que en sus comienzos se atribuía origen divino o infernal, causando terror a los menos avisados, el mundo de entonces descubre asombrado que las distancias desaparecieron. No satisface al hombre que la maravilla de la radiodifusión solamente la transmisión de música, sino que quiere noticias, informaciones, lectura de cuentos, novelas y cuanto pudiera llegar a través de este nuevo canal. Bélgica y Estados Unidos se disputan la primicia de haber instalado y puesto en servicio la primera radiodifusora.

La emisora PGG de La Haya. “Nederlandes Radio – Industrie” inicia sus transmisiones regulares el 06 de noviembre de 1919.

La segunda en Estados Unidos, manifiesta ser la primera; puesto que comenzó sus transmisiones regulares el 2 de noviembre de 1920, con noticias de las elecciones presidenciales en que se disputaban Harding y Coodlig. Fue la radiodifusora KDKA, de Pittsburg que fue la primera que llevó al país la noticia sobre las elecciones, que favorecieron a Harding.

En 1920 inician también sus transmisiones las emisoras de Montreal en Canadá y el Instituto de Ciencias de Berlín, en 1921 entran en servicio las emisoras de Nueva

York y Long Island, en los Estados Unidos; la emisora de la Torre Eiffel, de París; la estación Klondiskaya, de Moscú; la 210, de Londres; la radio Argentina, de Buenos Aires y la 2 BL., de Sydney Australia.

Pronto la radiodifusión se desarrolla en forma impresionante, al punto que el 25 de mayo de 1926 se establece que están en pleno funcionamiento mil cuatrocientas emisoras en el mundo, cuando se aprueba en Ginebra el Primer Plan Internacional para regular el uso de las ondas hertzianas.

Con la radio se establece que el mensaje hablado de interés particular que circula solamente por teléfono, cuenta con un canal más amplio. La radio permite llevar a más personas ese mensaje, sea este: un concierto de música, un radioteatro, noticias e informaciones, en fin, “ese algo más” que exige la colectividad para satisfacerse y participar de lo que está ocurriendo.

Indudablemente que el teléfono tiene un enorme valor, pero sigue conservando su saludable privacidad contra la curiosidad de otras personas. Es un medio de comunicación de diferente uso.

La radio en Ecuador se remonta al jueves 13 de junio de 1929, a las 21:00pm cuando Radio “El Prado” en la ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, inicia oficialmente sus transmisiones radiales, convirtiéndose desde ese instante en la primera radiodifusora que se puso al servicio de la cultura nacional.

Son testigos de este acontecimiento de tanta trascendencia en la vida del Ecuador, la señora María Elvira Campi de Poder, que fuera Presidenta Vitalicia de la Cruz Roja Ecuatoriana y, el entonces, Crnel. Alberto Enríquez Gallo, jefe de la Zona Militar en Riobamba y posteriormente Jefe Supremo del Gobierno del Ecuador, ya

como General. Las dos personalidades fueron padrino y madrina de la primera transmisión y audición oficial de la emisora.

El pionero de la radiodifusión en el Ecuador, fue el ingeniero Carlos Cordovez Borja, nacido en la ciudad de Riobamba el 26 de octubre de 1888, hijo del señor Jorge Cordovéz y la señora Leticia Borja.

El señor Juan Sergio Behr Bustamante, pionero de la radiodifusión comercial en el Ecuador, más concretamente en la ciudad de Guayaquil, ratifica que fue en efecto el ingeniero Cordovéz Borja, el iniciador de la radiodifusión en el Ecuador.

En Quito, la primera radiodifusora es la estación H.C.J.B., "La Voz de los Andes", que hace su primera emisión radial el 25 de diciembre de 1931, con un transmisor de 250 vatios de potencia.<sup>3</sup>

La Estación, de onda corta, en audiciones ordinarias semanales, operaba, parece que desde octubre de 1930, en la onda de 45.31 metros, y en 6. 618 kilociclos. En julio de 1934 se tenía la intención de transmitir en 2 ondas: corta y larga. Desde Medellín se dijo que era la estación mejor modulada de Sur América.

Su capacidad de recepción en regiones tan alejadas del Ecuador con enorme diferencia sobre otras emisoras de la época (incluyendo las de Guayaquil y Quito) se explica en una carta por "la mayor potencia de nuestra estación; pues, las dos juntas - Quito y Guayaquil - no llegan a la mitad de la nuestra".

Estas audiciones eran emitidas los días jueves, de 9.00 a 11.00 p.m., hora de Nueva York.

---

<sup>3</sup> ERAZO, Luis, "Manual Práctico de Radiodifusión", editada en la imprenta del I. Municipio de Quito, Quito – Ecuador, 1980, 179p.

### 2.1.3 Servicios de radiocomunicación en Ecuador

Éstos se dividen en Sistemas Privados y Sistemas de Explotación.

Tabla I Servicios de Radiocomunicación en el Ecuador

SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIÓN	
<b>Sistemas Privados</b>	MÓVIL AERONÁUTICO
	RADIOAFICIONADOS
	DE AYUDA A LA COMUNIDAD. Los demás definidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT
<b>Sistemas de Explotación.</b>	TRONCALIZADOS
	BUSCAPERSONAS
	TIPO COMUNALES. Los demás definidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

### 2.1.4 Radiodifusión Analógica

La radiodifusión analógica es una forma de transmitir señales analógicas (que pueden contener datos analógicos o digitales) a través del espectro radioeléctrico.

Se debe distinguir entre espectro electromagnético y espectro radioeléctrico; el primero está compuesto por las ondas de radio, las infrarrojas, la luz visible, la luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamas; todas estas son formas de energía similares, pero se diferencian en la frecuencia y la longitud de su onda.

El espectro radioeléctrico es el espacio incluido dentro del espectro electromagnético ocupado por las ondas de radio, o sea las que se usan para telecomunicaciones. Se puede decir que se trata de un conjunto de radiofrecuencias cuyo límite se fija usualmente bajo de 300 GHz.

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

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

Otro problema que se debe mencionar es que en la transmisión de la señal ésta se debilita con la distancia y sufre diversas atenuaciones, como el desvanecimiento de la señal, refracción en la atmósfera, difracción por la zona de Fresnel, reflexiones en el terreno, múltiple trayectoria, atenuación por vegetación, por gases, lluvia, nieve, etc.

Adicionalmente, en los receptores en movimiento se producen cambios de frecuencia y fase (efecto Doppler).

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

### 2.1.5 Bandas de Frecuencia

Según la Ley de Radiodifusión y Televisión, el espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado<sup>4</sup> a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Estado en nuestro país.

El espectro electromagnético se divide en bandas de frecuencias según las normas de los organismos reguladores de las comunicaciones mundiales que forman parte de la UIT. El espectro radioeléctrico se subdivide en bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro. Se han establecido límites muy claros para las frecuencias y tienen que ser respetados por los diseñadores y usuarios. A continuación se indica la división de las bandas del espectro de frecuencias.

“La utilización de las bandas 5 900-5 950 kHz, 7 300-7 350 kHz, 9 400-9 500 kHz, 11 600-11 650 kHz, 12 050-12 100 kHz, 13 570-13 600 kHz, 13 800-13 870 kHz, 15 600-15 800 kHz, 17 480-17 550 kHz y 18 900-19 020 kHz por el servicio de radiodifusión estará sujeta a la aplicación del procedimiento del Artículo 12. Se alienta a las administraciones a que utilicen estas bandas a fin de facilitar la introducción de las emisiones moduladas digitalmente, según lo dispuesto en la Resolución 517 (Rev.CMR-07). (CMR-07).”<sup>5</sup>

En el Ecuador hay 1185 frecuencias de radio y 331 frecuencias para TV. Actualmente, según la superintendencia de telecomunicaciones, hay al menos 5 000 solicitudes de frecuencias de radio y televisión en espera para que sean

---

<sup>4</sup>Reforma a la Ley de Radiodifusión y Televisión, título I, artículo 1, Registro Oficial 691, 9 de mayo de 1995.

<sup>5</sup> PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES 5.134

tomadas en cuenta por el Conartel. En el mundo existen tres regiones según las bandas de frecuencia y en Ecuador el espectro radioeléctrico se subdivide en 9 bandas de frecuencias, los equipos transmisores y receptores deben apegarse a las especificaciones de potencia para cada banda de forma que no interfieran a la banda adyacente. El Estado procurará limitar las frecuencias para tener un funcionamiento aceptable con el mínimo necesario del espectro. Cualquier nueva asignación o modificación no deberá causar interferencia a las ya existentes y deberá cumplir con los límites de separación. Los servicios se clasifican en primarios y secundarios. Los primarios constan en el Cuadro con letras mayúsculas. Los servicios secundarios se escriben con minúsculas y sus estaciones no deben causar interferencia perjudicial, no pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales de otro servicio.

**Tabla II Bandas de frecuencia**

<b>BANDAS</b>	<b>RANGO DE FRECUENCIA</b>	<b>SERVICIOS</b>	<b>PRINCIPALES USOS</b>
<b>VHF</b>	30-300 MHz	Fijo	Telemetría
<b>UHF</b>	300-1000 MHz	Móvil	Navegación, Militar
<b>L</b>	1-2 GHz	Móvil	Emisión de audio, radiolocalización
<b>S</b>	2-4 GHz	Móvil	Navegación
<b>C</b>	4-8 GHz	Fijo	Voz, datos, imágenes, TV
<b>X</b>	8-12 GHz	Fijo	Militar
<b>Ku</b>	12-18 GHz	Fijo	Voz, datos, imágenes, TV
<b>K</b>	18-27 GHz	Fijo	TV, Comunicación satélite
<b>Ka</b>	27-40 GHz	Fijo	TV, Comunicación satélite

### **2.1.5.1 Bandas AM**

La tecnología de radiodifusión por Amplitud Modulada es la más vieja que existe y no ha cambiado mucho desde que Guglielmo Marconi descubrió las posibilidades de enviar mensajes a largas distancias empleando ondas electromagnéticas al final del siglo XIX. Lo que ha cambiado es la tecnología del transmisor y del receptor, y el conocimiento sobre la propagación a través de la ionosfera.

Pero todos los desarrollos durante los últimos 80 años, desde que la radiodifusión empezó, no han eliminado las desventajas de la tecnología analógica en estas bandas de frecuencia:

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

Estos efectos negativos tienen gran influencia en la aceptación de AM por los oyentes y con el tiempo pueden producir el cierre de programadoras dada las opciones que han aparecido en el mercado con respecto a la tecnología digital para la radiodifusión.

### **2.1.5.1.1 Generación y Propagación de las ondas de radio AM**

Las ondas de radio son ondas electromagnéticas las cuales no necesitan de un medio físico para su propagación, pueden propagarse en el vacío, su velocidad es la misma que la de la luz, 300.000 Km/seg.

Sin embargo estas ondas electromagnéticas se atenúan con la distancia, de igual manera en la misma proporción que las ondas sonoras; pero es posible minimizar éste efecto usando una potencia elevada en la generación de la onda.

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

Estas ondas se transmiten desde un punto central (la antena emisora) de forma radial y en todas las direcciones, se diferencia dos formas de transmisión:

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

- Propagación por onda de superficie: en principio las ondas de radio se desplazan en línea recta, atravesando la mayoría de los objetos que estén en su camino con mayor o menor atenuación. Las pérdidas por dicha atenuación dependen de la frecuencia de transmisión y de las características eléctricas de la tierra o del material atravesado. En términos generales a menor frecuencia mayor es el alcance de la onda y cuanto menor sea la densidad del material más fácil será atravesarlo. Parte de esta onda es

reflejada por la superficie terrestre; para frecuencias bajas y medias (hasta 8 MHz) y distancias de hasta 1000 Km; depende de la conductividad y orografía del terreno.

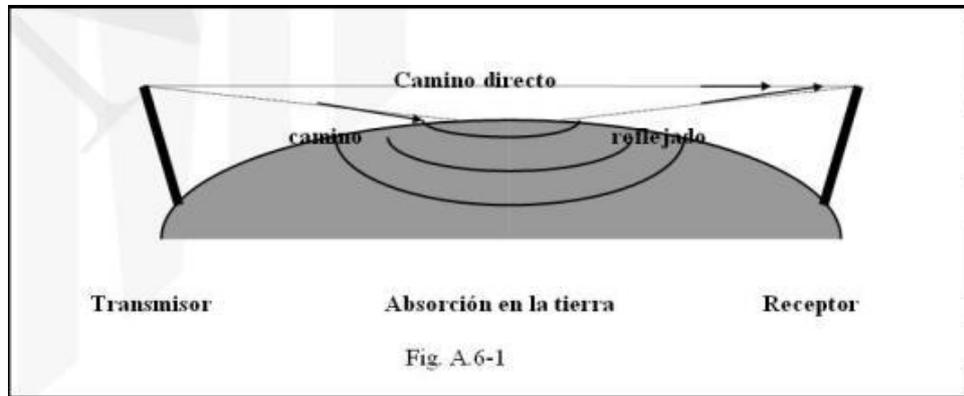


Figura 2 Propagación de Onda Superficial<sup>6</sup>

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

<sup>6</sup><http://smssmparaper.wordpress.com/radiotecnica-3/>

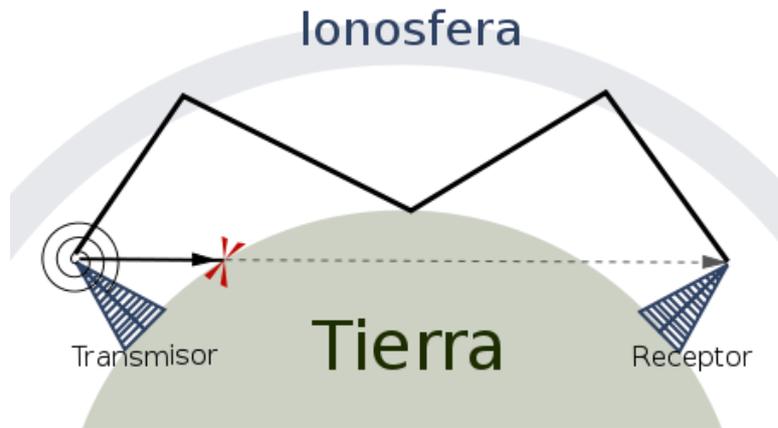


Figura 3 Propagación de ondas ionosféricas.<sup>7</sup>

### 2.1.6 Tecnologías de radiodifusión analógicas

Entre las tecnologías desarrolladas e implementadas actualmente para lograr la radiodifusión de audio analógico, está la modulación en frecuencia FM que es la más difundida ya que brinda la mejor calidad de sonido; debido a que es menos susceptible a interferencias y utiliza un mayor ancho de banda. Para la radiodifusión analógica también se utiliza modulación en amplitud AM, la cual ofrece amplias zonas de cobertura y simplicidad en los dispositivos de recepción.

#### 2.1.6.1 Radiodifusión en amplitud modulada

Este tipo de radiodifusión consiste en la transmisión de la señal portadora modulada en amplitud, en el rango de frecuencias por debajo de los 30 MHz, permitiendo la emisión y recepción de información sonora.

Las interferencias de radiofrecuencia en sistemas de radiodifusión con modulación en amplitud, son producidas por el ruido de motores, la electricidad estática y los

<sup>7</sup>[http://ralladas.files.wordpress.com/2010/07/455px-propagacion\\_por\\_onda\\_ionosferica-svg.png](http://ralladas.files.wordpress.com/2010/07/455px-propagacion_por_onda_ionosferica-svg.png)

rayos de tormentas, que afectan considerablemente a la señal ya que estas variaciones alteran la amplitud de la señal modulada.

La propagación en estas frecuencias se efectúa por onda de superficie, ionosférica o ambas. La radiodifusión en amplitud modulada usa las siguientes bandas para su difusión:

- a) **Onda larga:** También denominadas ondas kilométricas, su longitud de onda va de 600 a 3000 metros y su gama de frecuencias van de 100 a 500 kHz. Se propagan bien por onda de superficie pudiendo conseguir coberturas de ámbito nacional, no sufre pérdida de contenido pero acumula muchos ruidos parásitos por lo que no es recomendable para la radiodifusión. En estas bandas de frecuencia se iniciaron las primeras emisiones de radiodifusión sonora. En el país no existen estaciones que trabajen en esta banda.
- b) **Onda media:** También llamadas ondas hectométricas, su longitud de onda vade 200 a 600 metros con frecuencias de 525 a 1605 kHz. Su propagación se realiza fundamentalmente por onda de superficie en el día, aunque su propagación es menos eficiente que las ondas largas.

Las estaciones que utilizan estas frecuencias suelen tener cobertura de ámbito nacional (530 - 1000 kHz), regional (1000 - 1200 kHz) y local (1200 - 1600 kHz), por lo que es muy utilizada en zonas rurales. Se la emplea en radiocomunicación, su propagación es mejor durante el invierno y en las noches por onda ionosférica, pero produce interferencias a otras emisoras lejanas que trabajan en la misma frecuencia.

- c) **Onda corta:** También llamadas ondas decamétricas, su longitud de onda va de 10 a 100 metros con frecuencias de 3 a 30 MHz. Son las frecuencias más altas que facilitan la radiodifusión internacional, su propagación depende de la ionización atmosférica por lo que su uso tiene mucho que ver con la hora del día y la estación del año.

Las frecuencias más bajas dentro del espectro radio eléctrico sufren menos atenuación por el tipo de terreno (conductividad eléctrica), que las frecuencias más altas. Debido a la limitación en el ancho de banda (10 kHz) sugerida por la UIT se puede introducir el mayor número de canales en estas bandas de frecuencias. Este requisito causa que la calidad de sonido que tiene esta modulación sea regular, con ese ancho de banda no es posible enviar un sonido de calidad. De estas bandas de frecuencias las más conocidas y utilizadas para la radiodifusión sonora son las ondas medias.

## 2.2 Sistemas de Radiodifusión en la actualidad

Son necesarios tres sistemas para la transmisión/recepción de la radiodifusión.

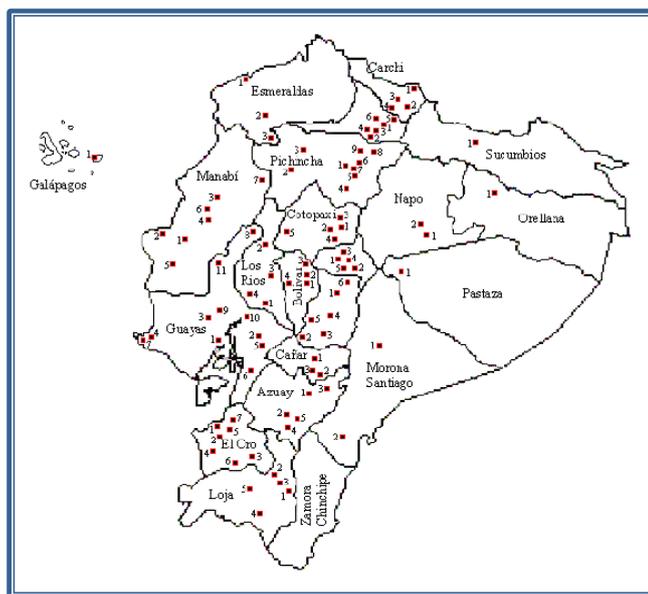


Figura 4 Cobertura para AM en el Ecuador

### **2.2.1 Sistema de Emisión**

Este se encuentra en la estación de radio, donde los sonidos emitidos son transformados en impulsos eléctricos, que viajan hasta la antena de la emisora.

### **2.2.2 Sistema de Transmisión**

Se encuentran en lugares preferiblemente altos o despejados. Allí se amplifica la señal original y a través de ondas viajan por el aire hasta llegar a cada uno de los hogares.

Ahora debemos enfatizar que cada emisora ya sea esta AM o FM cuenta con su propia frecuencia. Las mismas que están distribuidas en el espectro radio eléctrico desde los 88 a 108 MHz. en el caso de FM con una canalización cada 400 KHz. dentro de una misma zona geográfica y con un ancho de banda de 180 KHz. Para estaciones monoaurales y de 200 KHz. Para las estereofónicas, y en AM trabajan en la banda comprendida entre 535 a 1605 KHz.

La canalización es cada 20 KHz con un ancho de banda de 10 KHz.

La razón por la cual las emisoras solo ocupan 200KHz de los 400 establecidos para cada emisora es que debe existir una separación entre frecuencias que ayudan a que no existan interferencias entre ellas. De otra manera todas las emisoras se mezclarían en el receptor sin poder escuchar bien ninguna de ellas.

### **2.2.3 Sistema de Recepción**

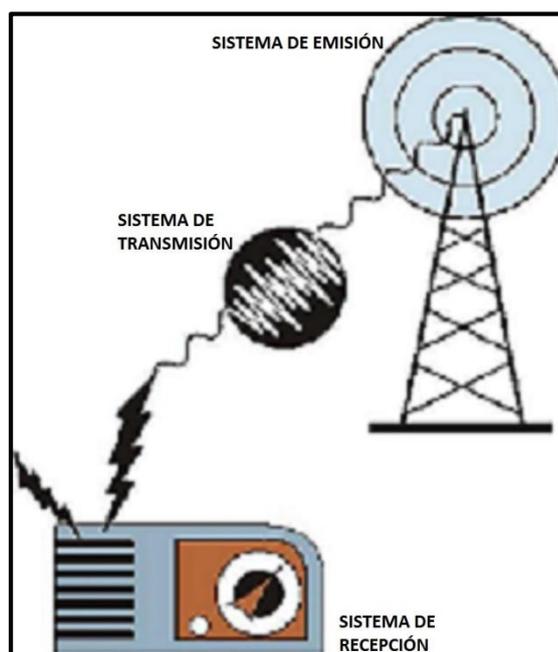
No es otra cosa más que el aparato receptor. Él se encarga de transformar las señales eléctricas en acústicas y así puedan ser recibidas por el radioescucha.

De manera general una estación de radiodifusión en la actualidad cuenta con un transmisor, su antena e instalaciones necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión en un área de operación autorizada.

De acuerdo al servicio que brindan, las estaciones de radiodifusión se clasifican en: Servicio público, Comercial privada, Comunitarias y en basados en la programación que transmiten podemos encontrar otra clasificación: Estaciones matrices y estaciones repetidoras.

Cada estación matriz transmite la programación generada en su propio estudio y dispone de tres instalaciones básicas:

- Estudio
- Sistema de transmisión
- Enlace estudio-transmisor



**Figura 5 Sistema de radiodifusión**

### 2.3. Radiodifusión Digital

La radio digital consiste en el muestreo y codificación de las imágenes y sonidos en un flujo de datos binarios (unos y ceros), el cual es transmitido a través de una red de transporte (terrestre, cable, o satélite) hacia un aparato receptor que decodifica y reconstruye la señal original.

La calidad de audio es lograda gracias a una técnica muy especial de compresión de sonido adaptada para el oído humano.

Esta tecnología ofrece mejor actuación, libre de error, superior calidad de sonido para los oyentes y flexibilidad en la calidad y el rango de contenido que puede ofrecerse ya que difiere de la radio tradicional al permitir la emisión de datos simultáneamente con el audio.

Ruidos, rebotes, interferencias causadas por estática, desvanecimientos de la señal, multipath y todos los defectos que sufren los receptores actuales, tanto en AM como en FM, se eliminarán en la nueva radio digital ya que se diseña para reproducir las características importantes de la radio analógica:

- Suministrar información de audio y entretenimiento (música, noticias, asuntos de actualidad, etc.);
- Confiable recepción interior y móvil;
- Empleo de transmisores terrestres (también se considera a los satélites y al sistema híbrido satélite - terrestre);
- Entrega de servicio a través del espacio libre;
- Receptores baratos.
- La Radiodifusión Digital, es conocida por sus siglas en inglés como DAB (Digital Audio Broadcasting), DSB (Digital Sound Broadcasting) o DAR (Digital Audio Radio).

En la radio digital el sonido es procesado utilizando una tecnología comparable a los aparatos reproductores de discos compactos, desde el estudio hasta el receptor en forma digital, es decir, un transmisor de radio digital procesa los sonidos en patrones de bits. Por el contrario, la radio analógica tradicional procesa los sonidos en patrones de señales eléctricas que asemejan ondas de sonido.

La radiodifusión digital en el mundo se ha desarrollado de manera dispersa.

A continuación se presenta algunos de los países que han empezado en el proceso de conversión hacia la radiodifusión digital.

**Tabla III Estándares de radiodifusión digital en varios países**

ESTÁNDAR DRM	ESTÁNDAR DAB		ESTÁNDAR IBOC
<ul style="list-style-type: none"> <li>• China</li> <li>• Australia</li> <li>• Francia</li> <li>• Alemania</li> <li>• Brasil</li> <li>• Gran Bretaña</li> <li>• India</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Australia</li> <li>• Bélgica</li> <li>• Alemania</li> <li>• Suecia</li> <li>• Singapur</li> <li>• Noruega</li> <li>• Sudáfrica</li> <li>• India</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hong Kong</li> <li>• Israel</li> <li>• Suiza</li> <li>• Francia</li> <li>• Italia</li> <li>• Austria</li> <li>• España</li> <li>• China</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chile</li> <li>• Filipinas</li> <li>• México</li> <li>• Brasil</li> <li>• Tailandia</li> <li>• EEUU</li> <li>• Indonesia</li> <li>• Puerto Rico</li> </ul>

### 2.3.1 Introducción

Aunque la forma más extendida de radiodifusión es del tipo analógica, debemos recordar que las primeras transmisiones vía radio emitieron mensajes telegráficos en calve de Morse, lo que quiere decir que éstas primeras transmisiones por radio utilizaron un formato digital. Años después se empezó a transmitir mensajes de voz analógicos, de allí surge la radiotelefonía.

El desarrollo de la tecnología de circuitos integrados hizo posible el regreso a las técnicas digitales y éstas son impulsadas por las ventajas que ofrece la comunicación inalámbrica digital, parcialmente heredadas de la transmisión de las señales digitales en las redes fijas. Entre éstas ventajas está la integración de las funciones de transmisión y de conmutación, la incorporación de servicios de transmisión de datos, la mayor sensibilidad de los receptores digitales que son operables con relaciones señal a ruido más interferencia  $S(N+1)$  bajas. Pero quizás la prestación más importante de la transmisión digital es la regeneración de la señal. Gracias a ésta propiedad, la secuencia de información puede reproducirse en el receptor prácticamente sin errores a pesar de los inconvenientes que haya prestado el canal de comunicaciones.

Las técnicas digitales permiten eliminar absolutamente la distorsión y el ruido mediante el proceso de la señal, incluso se puede realizar una igualación de canal y mejorar la temporización de tal manera que se pueden optimizar el proceso de decisión del receptor y de regeneración completa de la señal transmitida.

Con el incremento de las comunicaciones de señales digitales se ha convertido en una necesidad el desarrollo de la radio digital, para lo cual ha sido necesario resolver un problema fundamental: adaptar la señal digital al medio analógico que es la transmisión por radio. La solución consiste en asociar una forma de onda escogida entre  $M$  posibles a cada uno de los símbolos regenerados por la fuente de información digital, y con ella modular la portadora. El proceso se repite cada  $T$  segundos, por tanto se envían  $R = 1/T$  símbolos por segundo. La transmisión más sencilla es la binaria y en ese caso la tasa de transmisión se expresa en bits/seg. Al igual que en la modulación analógica, se puede emplear la modulación de amplitud (ASK), la modulación de ángulo (FSK, PSK) o una combinación de ambas (QAM).

Después de transmitida, la señal de radio digital llega al receptor atenuada, distorsionada, retardada, y con ruido, y en el mismo se debe determinar qué forma de onda se envió. Si los receptores analógicos se caracterizan por la sensibilidad, los receptores digitales se van a caracterizar por la relación entre la energía de un bit y la densidad de potencia de ruido blanco gaussiano, requerida para producir una determinada probabilidad de error.

Otro parámetro que proporciona una evaluación de la calidad de una transmisión digital es la eficiencia espectral, definida como la relación entre la tasa de transmisión y el ancho de banda ocupado, expresada en (b/s)/Hz, que va a permitir comparar la banda ocupada por las diferentes modulaciones. Para una señal de RF que ocupe un ancho de banda B y que transmita una señal con una tasa de datos de R bits por segundo, la eficiencia espectral se define como:

$$\eta_B = \frac{R}{B} \text{ (b/s)/Hz.}$$

**Ecuación 1**

A partir del teorema de codificación de canal de Shannon se deduce que hay una cota superior para la eficiencia espectral para una probabilidad de error arbitrariamente pequeña, limitada por el ruido presente en el canal. La fórmula de la capacidad del canal puede expresarse como:

$$\eta_{B_{max}} = \frac{C}{B} = \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

**Ecuación 2**

Donde C es la capacidad del canal en b/s y S/N es la relación señal a ruido.

La capacidad del canal aumenta con la relación S/N pero de forma logarítmica, con un incremento menor que el lineal. Sin embargo, al aumentar el ancho de banda B, la capacidad aumenta linealmente. A cambio de un ancho de banda mayor, el empleo de la modulación digital permite la transmisión con una relación señal a ruido menor, resultando de ello receptores más sensibles.

### **2.3.1.1 Codificación de fuente**

En un sistema general de comunicaciones por radio, el interés es incorporar a la portadora de radiofrecuencia la información que genera la fuente de señal. Esta señal puede proceder de un micrófono o ser la señal de vídeo de una cámara de televisión. Si queremos acceder a las ventajas que ofrecen las comunicaciones digitales, esa señal deberá ser convertida a una secuencia de dígitos binarios. Este proceso de digitalización de la señal a transmitir se conoce como codificación de fuente, y como resultado del mismo se genera la secuencia de información.

Se pueden considerar tres tipos de codificadores para convertir la señal de voz en una secuencia de bits: codificadores de forma de onda, codificadores de fuente y los que se forman mediante una combinación de ambos, o codificadores híbridos. Dentro de la codificación de forma de onda, una manera inmediata de realizar la conversión de la señal de voz a una secuencia de bits es la modulación con impulsos codificados (PCM), que se obtiene en tres etapas. En la primera etapa se muestrea la señal analógica a 8 000 muestras por segundo. Seguidamente, cada muestra es cuantizada en uno de entre  $2^8 = 256$  niveles posibles. En la etapa final, cada muestra cuantizada es codificada con 8 bits. De acuerdo a estas características, una secuencia PCM tendrá una tasa de

$8000\text{muestras/s} \times 8\text{ bits/muestra} = 64\text{ kb/s}$ .

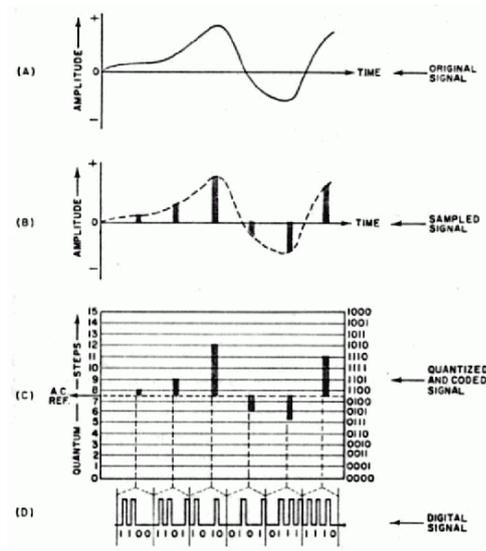


Figura 6 Modulación por modulación de pulsos PCM<sup>8</sup>

### 2.3.2 Proceso de producción y emisión en la digitalización

Desde este punto a iniciado a operar la transformación tecnológica; es así que hoy en día podemos extenderlo a partir de sus fases primarias hacia todas las radiofónicas, ya sean estas privadas o públicas, locales, regionales o nacionales. Para que la producción o emisión en una emisora sea digitalizada se piensa que únicamente se requerirían equipos digitales que conviertan las señales análogas del transmisor y se transformen a digitales en el receptor; pero no es tan sencillo como parece, no se basa en solamente adquirir equipos digitales; ya que en las radiodifusoras no sólo se trataría de emitir música, sino de interactuar con el radioescucha, mediante la transmisión de datos e información; es necesario la posibilidad de manejar y tratar el sonido.

Las radiofónicas poseen diversas carencias para lo cual la tecnología ha avanzado teniendo así nuevos equipos de grabación, reproducción y tratamiento digital, los cuales cada día van mejorando y siendo más asequibles para los dueños de una

<sup>8</sup><http://www.ecured.cu/index.php/Archivo:PCM-Resumen.gif>

radiofónica; existen algunos aparatos que permiten el almacenamiento y grabación de hasta cuatro horas de sonido prolongado, la tecnología digital nos admite generar un número infinito de reproducciones sin que el sonido se distorsione. [15]

Uno de los equipos que más ventajas nos proporcionaría es el denominado Mini-Disc que es un sistema de grabación, reproducción y edición digital que principalmente está basado en una mejorara de las prestaciones del CD, éste dispositivo emplea un disco óptico de 64 mm, protegido de los rayones y el polvo mediante una carcasa, entre las ventajas principales están:

- Portabilidad.
- La calidad digital mejora las condiciones con respecto a otros formatos.
- Nos brinda la posibilidad de cortar y pegar pistas.
- Su uso acostumbrado hace tener un disco concreto para un programa diario conservando el disco grabado las 24 horas por si es necesario recuperar la copia.
- Como tiene opciones de salida tanto en analógico como en digital puede ser grabado con la entrada analógica recibida desde el master de la consola y reproducida por su salida digital hacia la entrada digital de la tarjeta de sonido del ordenador.
- Tiene la capacidad de autoguardado en caso de una falla eléctrica.
- Un disco de MiniDisc se puede formatear y grabar muchísimas veces antes de que empiece a fallar, con lo que puede durar años utilizándolo a diario.

### **2.3.3 Proceso de recepción en la digitalización**

Una de las etapas más complejas de la radiodifusión es la recepción y el cómo llegar al radioescucha, ya que las emisoras controlan la producción, emisión y

distribución de la señal pero no pueden exigir que los consumidores tengan en sus hogares un equipo digital, los cuales pueden ser adquiridos con facilidad pero debido a la desinformación de parte de los consumidores esto no se efectúa, por lo tanto se debería realizar una campaña para informar al consumidor sobre éstos equipos, no se debe hablar únicamente de televisión digital sino también de la radio digital que al igual que la televisión se debería darle la misma importancia.

La recepción se basa en el sistema RDS, el cual permite añadir información relacionadas con programas de radio.

#### **2.3.4 Proceso de distribución de señales**

Consiste en un proceso de codificación que permite transmitir, en el mismo espacio o ancho de banda que ocuparía una señal de televisión, hasta 16 programas de radio estereofónicos digitales, o 32 monofónicos. Tiene la posibilidad de incluir servicios de datos complementarios para la identificación de emisoras y un sistema automático de corrección de errores.<sup>9</sup>

Existen varios sistemas de desarrollo digital como son: el DSR, ADR y DBS.

El primero DSR (Digital Satellite Radio) posee un sistemas poderoso y más rentable que los demás, pero tiene la desventaja que su aplicación se limita a receptores fijos. El sistema de recepción de la señal es similar al de la televisión por satélite puesto que lleva una antena parabólica fija apuntando al satélite, pero debe completarse con un decodificador en el equipo receptor.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup>MARTÍNEZ-COSTA, María del Pilar: La radio en la era digital. El País- Aguilar, Madrid, 1997, p.35.

<sup>10</sup>[www.bocc.ubi.pt/pag/\\_texto.php3?html2=rodero-emma-radio...html](http://www.bocc.ubi.pt/pag/_texto.php3?html2=rodero-emma-radio...html) p.23

El segundo sistema es el ADR o Astra Digital Radio, desarrollado por la Sociedad Europea de Satélites (SES) y puesto en marcha en 1995. Es, por tanto, más reciente que el anterior y emplea los satélites de potencia media de Astra que disponen de un total de 64 transpondedores para la distribución de los servicios de radio y televisión. El sistema está dirigido a la recepción estática de radio digital con una calidad cercana a la del lector de CD audio. Dispone de servicio de programas de radio gratuitos o bien de pago en los satélites ASTRA 1A, 1B, Ç y 1D. Su oferta supera los 100 canales, de los cuales más de 50 son libres y 62 están codificados. Fundamentalmente se trata de canales de música especializada, canales de información y programas culturales. Estos últimos son los que no están codificados. Astra ofrece al oyente receptores baratos, con indicadores automáticos de los programas disponibles, con opción de clasificación de programas por categorías y posibilidad de transferencias de información adicional. Pero el gran problema de esta oferta, como de la anterior, es que está dirigido a receptores fijos que necesitan de importantes antenas.<sup>11</sup>

El tercer sistema es el DAB o Digital Audio Broadcasting, está considerado como la primera gran transformación tecnológica de la radio desde la FM o la estereofonía y el transistor. Se trata de un sistema de difusión digital desarrollado en el marco del proyecto Eureka 147 de la Unión Europea bajo los auspicios de la UER, con una excelente calidad de audio y servicios multimedia, en particular, en receptores móviles que experimentan mayores dificultades de recepción.

Se comenzaron los trabajos en el año 1988 y hasta el 1992 en una primera fase se desarrolló técnicamente el sistema y se realizaron las primeras demostraciones. La segunda fase transcurrió entre los años 1992 y 1994. La pretensión del proyecto

---

<sup>11</sup>[www.bocc.ubi.pt/pag/\\_texto.php3?html2=rodero-emma-radio...html](http://www.bocc.ubi.pt/pag/_texto.php3?html2=rodero-emma-radio...html) p.24

era que todos los sectores implicados, (radiodifusores, proveedores de redes, fabricantes de equipos, profesionales y administraciones), establecieran las bases para implementar un sistema de recepción móvil o estático con calidad de sonido CD donde se suprimieran las interferencias y ecos. Los primeros servicios del DAB se iniciaron en Reino Unido en 1995 donde lo puso en marcha la BBC y en Suecia a cargo de la Swedish Broadcasting Corporation. Por lo tanto, tenemos receptores DAB fijos desde 1995<sup>12</sup>. Sin embargo, el reto era que fueran también compatibles con las emisiones en OM y FM y, sobre todo, que el precio final fuera asequible. Los primeros equipos valían de 2.200 a 4.000 dólares. Desde un punto de vista técnico el DAB supone unas enormes ventajas, en especial, si lo comparamos con la saturada FM. La señal del DAB posee una elevada calidad técnica<sup>12</sup>, lo cual conlleva una mejora en la calidad de servicio y recepción. Puesto que no sufre interferencias ni resonancias, tampoco se ve afectado por zonas de sombra, de tal forma, que es especialmente adecuado para receptores móviles. En este sentido el sistema se adapta a nuestras capacidades auditivas, ya que omite todos los ruidos no perceptibles para nuestro oído. Además, el DAB es el sistema con mayor flexibilidad de emisión y tiene una amplia cobertura.

Se adapta a sistemas terrestres, vía satélite y mixtos. Con este sistema se puede optimizar el espectro de frecuencias puesto que permite un incremento de programas dentro de un mismo ancho de banda. En un mismo bloque de frecuencias se pueden introducir de 12 a 16 programas estereofónicos, lo cual supone una utilización de cuatro a cinco veces menor que el que realiza la Frecuencia Modulada. En el caso de la transmisión por satélite se requerirá entre 16 y 21 de estos bloques de frecuencia para cubrir toda Europa. Además de todo

---

<sup>12</sup>Su respuesta de frecuencia se sitúa en los 22 Hz frente a los 15 Hz de la FM y su gama dinámica es de 90 dB cuando la FM sólo presenta 60 dB.

esto, una posibilidad esencial de cara al nuevo concepto de radio, quizá la más distintiva, es su capacidad para difundir servicios complementarios de información y de valor añadido, a través de un pequeño display. Se puede acceder a transmisiones de imágenes fijas complementarias al mensaje radiado: información, control de tráfico, acceso a pagos telemáticas

y servicios de datos sobre movimientos bursátiles, movimientos bancarios, educación a distancia. En este punto se abren infinitas posibilidades. Estas características se completan también con la sencillez de manejo y flexibilidad de los receptores, en los que se pueden automatizar la mayor parte de las funciones.

La adopción del DAB supone la introducción de dos conceptos importantes. El primero, la constitución de una red de frecuencia única sincronizada muy útil para la recepción móvil. Todos los emisores de una misma red que difunden el mismo programa de radio desde diferentes puntos de una región o país pueden funcionar en la misma frecuencia. De esta forma, el receptor considera a estas señales como una sola directa que proviene del emisor más cercano sin necesidad de estar cambiando de frecuencia mientras modifica su localización. En definitiva, esto supone para los automovilistas la comodidad de no estar cambiando de estación cada vez que se pierde la señal. El segundo concepto es la técnica de emisores complementarios, que permite suprimir las zonas de sombra. Por lo tanto, este nuevo sistema descubre grandes posibilidades para el desarrollo de la radio digital, en especial, de la móvil.

Pero topamos de nuevo con el desconocimiento de lo oyentes que no aún no han descubierto la nueva tecnología, ni por supuesto, sus aplicaciones.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup>[www.bocc.ubi.pt/pag/\\_texto.php3?html2=rodero-emma-radio...html](http://www.bocc.ubi.pt/pag/_texto.php3?html2=rodero-emma-radio...html) p.24

### **2.3.5 Ventajas con respecto a la radiodifusión analógica**

El estado actual de las nuevas tecnologías ha permitido desarrollar equipos capaces de hacer posible la implantación de redes terrenales de Radio y Televisión Digital. Estas redes competirán con el satélite y el cable de forma muy ventajosa, además que será una opción alternativa y diferente ya que aparte de tener la misma capacidad que las anteriores, ofrece una serie de ventajas adicionales que sólo son posibles mediante este sistema, cuyas peculiaridades y características, se las puede resumir así:

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

La transmisión con técnicas analógicas sufre los problemas de la degradación de la señal, que va acumulando ruidos y distorsiones en cada una de las etapas por las que va pasando. Con la tecnología digital se dispone de una mayor calidad en el audio ya que el sistema es inmune a las interferencias y ecos, la calidad es uniforme en toda el área de cobertura, el audio no tienen ruido y el sonido tiene buena calidad. La señal sufre menos degradaciones, ya que se incorporan métodos de corrección de errores para corregir las distorsiones que puedan alterar la

información. De esta forma, la información digital es fácilmente transportable y puede almacenarse, utilizando además menor espacio, lo que se traduce a mayor calidad de recepción fija y móvil.

Con la radio digital prácticamente no existe estática pues dentro de cada receptor de radio digital hay un pequeño computador o “receptor inteligente”, capaz de filtrar las señales indeseables. Cabe recordar que un receptor analógico “no inteligente” no puede diferenciar entre la información útil y el ruido inútil, lo cual causa estática.

Otra ventaja es la flexibilidad en el uso del canal radioeléctrico. La compresión digital de señales permite transmitir, a igual resolución, varios canales digitales en el ancho de banda ocupado por un canal analógico. Además, la radiodifusión digital requiere una menor separación entre canales. Esto presenta una serie de ventajas respecto a la radiodifusión analógica en cuanto a número de programas vs. Calidad.

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

La radio y la televisión digital terrenal (DAB y DVB18) permiten la programación nacional, regional y local, dotada de versatilidad y flexibilidad de uso. Este tipo de radio y televisión posibilita tres tipos de recepción:

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

En resumen, las técnicas digitales mejoran la calidad de transmisión y recepción permiten el desarrollo de nuevas técnicas de producción y ofrecen mayor variedad de servicios que las técnicas analógicas. Y esto beneficia tanto a radiodifusores como a oyentes.

### **2.3.6 Problemas del espectro**

La disponibilidad de suficiente espectro de radiofrecuencia es un problema importante para la implementación de tecnologías de radio digitales. Cada sistema de radio digital tiene sus propios requisitos del espectro específicos en lo que se refiere a bandas de espectro diseñadas para operar y los anchos de banda requeridos para cada canal de radio digital.

Algunos sistemas de radio digital pueden operar en el mismo canal, como los servicios de radio analógica actuales. Otros sistemas requerirían nuevos canales

en las mismas bandas de la radio analógica o de televisión existentes o nuevos canales en bandas que se usan actualmente y que no transmiten servicios.<sup>14</sup>

## **2.4 Radiodifusión en Amplitud Modulada AM**

Éste tipo de radiodifusión consiste en la transmisión de la señal portadora modulada en amplitud que permite la emisión de información y cuya recepción está destinada al público en general.

Debido a su extensa cobertura es muy utilizada en las zonas rurales por su propagación por onda superficial principalmente.

Con la modulación de amplitud, la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud. La información “actúa sobre” o “modula” la portadora y puede ser una forma de onda de frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes.

La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad de transmisión, que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y vídeo.

Existen variantes de la modulación AM a continuación se menciona las siguientes:

- Modulación AM doble banda lateral con portadora de máxima potencia (DSB-FC, Double Side Band Full Carrier) o llamada AM convencional.
- Modulación AM doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC, Double Side Band Suppressed Carrier) donde se suprime la frecuencia central(portadora).

---

<sup>14</sup>[www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel15.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf) pg. 26

- Modulación AM banda lateral única con portadora suprimida (SSB-SC, Single Side Band Suppressed Carrier) donde se suprime la portadora y una de las bandas laterales.
- Modulación AM con banda lateral vestigial (BLV, Side Band Vestigial) donde se suprime una parte de una de las bandas laterales.<sup>15</sup>

### 2.4.1 Modulación

Los moduladores AM son dispositivos no lineales, compuestos por dos entradas y una salida; una de las entradas es una sola señal portadora de alta frecuencia y amplitud constante, y la segunda está constituida por señales de información, de frecuencia relativamente baja.

Los sistemas más comunes de modulación analógica son: AM-PS (Amplitud Modulada-Portadora Suprimida), AM (Amplitud Modulada simplemente), BLU (Banda Lateral Única) y BLR (Banda Lateral Residual).

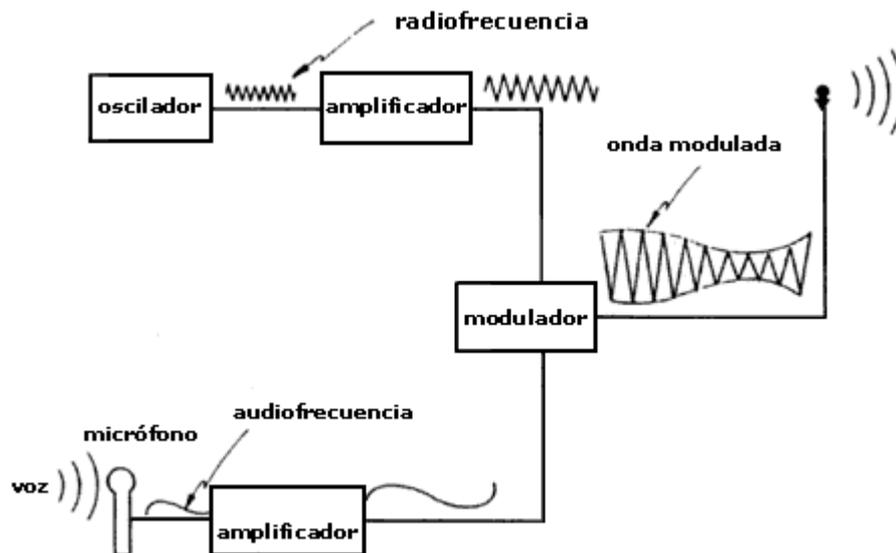


Figura 7 Señal AM Modulada<sup>16</sup>

<sup>15</sup>[www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel15.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf) pg. 9

## 2.4.2 Demodulación

La demodulación o detección es el proceso de recuperar la información transportada por la señal modulada.

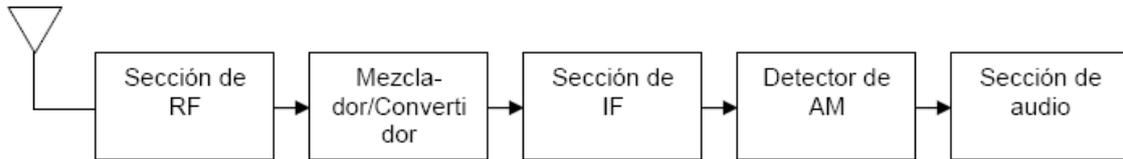


Figura 8 Receptor AM

La recepción AM es el proceso inverso de la transmisión AM. Un receptor AM convencional simplemente convierte la onda de amplitud modulada nuevamente en la fuente original de información, es decir, la demodula. Cuando una señal es enviada por un emisor va a ser recibida por un receptor, y lo primero que éste debe hacer es demodular la señal la señal modulada que llega para obtener la que la información que esta trae impresa.

Para comprender mejor el proceso de demodulación, es necesario tener una comprensión básica de la terminología utilizada para describir las características de los receptores y de sus circuitos. Teniendo en cuenta el diagrama de bloques de la figura se puede explicar de la siguiente forma:

La sección RF es la primera etapa y se le llama parte frontal. Sus principales funciones son: detectar, limitar las bandas y amplificar las señales RF recibidas. En pocas palabras, la sección RF establece el umbral del receptor. Esta sección abarca uno o más de los siguientes circuitos: antena, red de acoplamiento de la antena, filtro (pre-selector), y uno o más amplificadores de RF. La sección de

---

<sup>16</sup> [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/img/112\\_95.gif](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/img/112_95.gif)

mezclador/convertidor reduce las frecuencias de RF recibidas a frecuencias intermedias (IF). La sección de IF generalmente incluye varios amplificadores en cascada y los filtros pasa-bandas. Las funciones principales de la sección de IF son la amplificación y selectividad. El detector de AM demodula la onda de AM y recupera la información de la fuente original. La sección de audio simplemente amplifica la información recuperada a un nivel utilizable.<sup>17</sup>

### **2.4.3 Compresión**

La compresión de las señales es el proceso mediante el que se obtiene la reducción del caudal de datos a transmitir y/o almacenar.

Este proceso debe ser efectivo, lo que significaría que la técnica empleada para la reducción del caudal permita que el terminal receptor y/o reproductor, muestre la información de modo que luego de difundirla los observadores y oyentes no se encuentren en capacidad de notar la diferencia, de la señal original con la procesada.

Podríamos decir entonces que la compresión significa transmitir información utilizando menor tasa de datos.<sup>18</sup>

### **2.4.4 Multiplexación**

Las transmisiones se realizan frecuentemente entre dos equipos terminales de datos que se comunican por enlaces microondas, satélites, o cables, pero no se utilizan la capacidad total del canal, desperdiciando parte del ancho de banda disponible. Este inconveniente es solucionado mediante multiplexores, los mismos

---

<sup>17</sup><http://es.scribd.com/doc/72867043/Demodulacion-AM>

<sup>18</sup><http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2058/1/98T00018.pdf> pg.57

que son los encargados de repartir el uso del medio de transmisión en varios canales independientes, para permitir acceso paralelo a varios usuarios, siendo totalmente transparente a los datos transmitidos.

En un extremo, los multiplexores son equipos que reciben varias secuencias de datos de baja velocidad y las transforman en una única secuencia de datos de alta velocidad, que se transmiten hacia un lugar remoto. En dicho lugar, otro multiplexor realiza la operación inversa obteniendo de nuevo los flujos de datos de baja velocidad originales. A esta función se la denomina demultiplexar.

Una de las técnicas fundamentales para llevar a cabo la multiplexación en la radio digital es COFDM.<sup>19</sup>

El sistema COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) es un múltiplex por división de frecuencias ortogonales en el que realizamos una codificación.

COFDM tiene la capacidad de superar por completo los efectos de trayectoria múltiple. Cuando se transmite una señal, obstáculos tales como cañones, edificios e incluso las personas, dispersan la señal que la hace tomar dos o más caminos para llegar a su destino. COFDM es resistente a los efectos de trayectoria múltiple, ya que utiliza múltiples portadoras para transmitir la misma señal.

## **2.5 Transmisores y receptores**

Los equipos transmisores y receptores son piezas importantes para intercambiar información entre uno o más usuarios dentro de un sistema de radiocomunicación.

---

<sup>19</sup><http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2058/1/98T00018.pdf> pg. 58

## 2.5.1 Características del transmisor

- Desplazamiento de frecuencia.- Es la diferencia entre la frecuencia de la onda portadora y su valor nominal. Esta medición se hace en ausencia de la modulación con el transmisor conectado a una carga que actúa como antena ficticia.

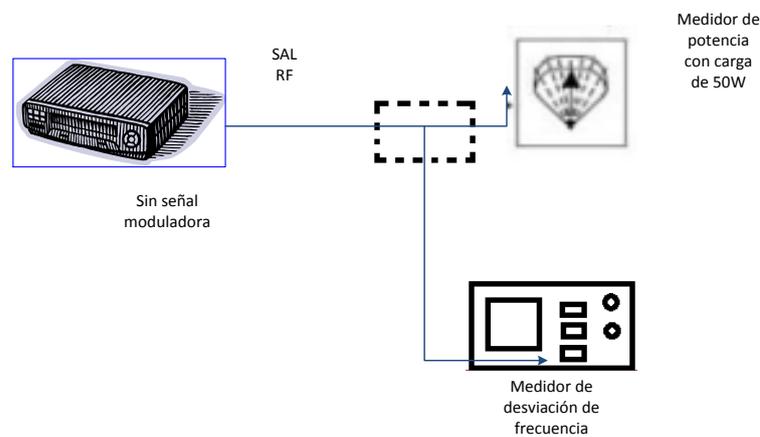
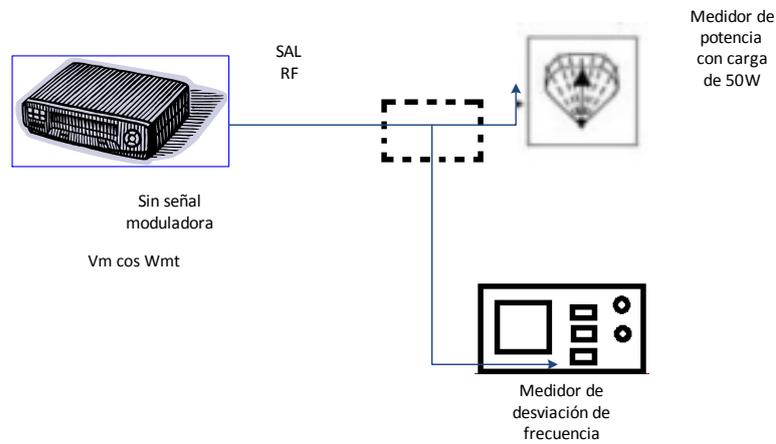


Figura 9 Medida de desplazamiento de frecuencia del transmisor

- El desplazamiento de frecuencia debe ser menos de 2kHz para frecuencias entre los rangos entre 100 MHz y 500MHz, debe mantenerse en todo rango de temperaturas.
- Potencia de portadora del transmisor.- Es la potencia media que tiene la antena ficticia mientras transcurre un ciclo de frecuencia de radio y no hay modulación, el transmisor se debe conectar a una potencia ideal, y la potencia entregada se medirá sobre ella, La potencia medida no deberá diferir en más de 1,5 dB respecto a la nominal a temperatura normal, de esta manera se garantiza que no se emita más potencia de la autorizada.
- Desviación de frecuencia.- Es la máxima diferencia entre la frecuencia instantánea de la señal de radiofrecuencia y de la portadora sin modular.

La medición se hace a la salida del transmisor conectado a la antena ficticia, el nivel de la señal moduladora será de 20dB mayor que el nivel nominal que indique el fabricante en la banda base del espectro.



**Figura 10 Medida de la desviación de frecuencia del transmisor**

- Emisiones no esenciales.- son emisiones a frecuencias diferentes de la portadora que reflejan del proceso de generación, modulación y amplificación de la portadora.
- Respuesta del transmisor a la señal de audiofrecuencia.- Enseña la aptitud del transmisor para funcionar sin degradación en la banda de la señal moduladora.
- Distorsión armónica de la transmisión.- Es la relación entre la tensión eficaz de todas las componentes armónicas de la frecuencia moduladora y la tensión eficaz total de la señal después de su demodulación.
- Modulación residual del transmisor.- Es la relación entre la potencia de ruido en audiofrecuencia y la potencia de la señal moduladora.

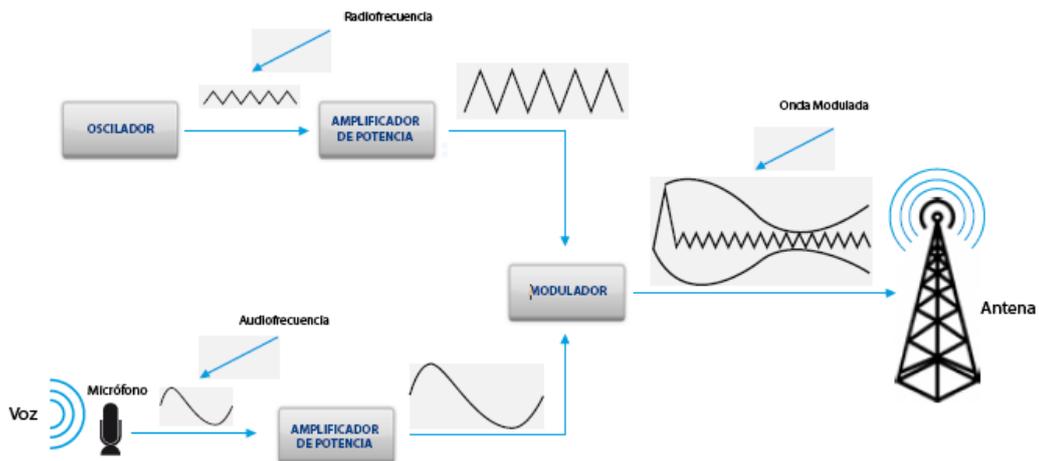


Figura 11 Diagrama de bloques de un transmisor AM<sup>20</sup>

## 2.5.2 Características del receptor

Estas también se agrupan en dos tipos, el primero para valorar la habilidad del receptor para recibir una señal de radiocomunicación, con el formato que se ha planteado interiormente del radiocanal y en el segundo las propiedades que admiten al receptor conceder una señal de audio de alta calidad con mínimo ruido y distorsión.

- Sensibilidad máxima utilizable Es el nivel mínimo de fuerza electromotriz a la frecuencia nominal aplicada a la entrada del receptor con modulación normal.
- Protección sobre el canal útil Mide la aptitud del receptor para recibir una señal modulada sin que la degradación que resulta por la presencia de alguna interferencia, y la misma frecuencia de recepción sobrepase este límite.

<sup>20</sup>[www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel15.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf) pg. 10

- Selectividad respecto al canal adyacente Es la medida de la capacidad del receptor para recibir una señal útil, sin que la degradación de una señal en el canal adyacente modulada supere el límite.
- Protección contra las respuestas parásitas Calcula la aptitud del receptor para discriminar la señal útil modulada de cualquier distinta frecuencia interferente.
- Protección contra la intermodulación Calcula la aptitud del receptor para reducir el efecto de las señales producidas por la presencia de dos o más portadoras en otros canales cercanos del canal útil.
- Bloqueo o desensibilización Variación de la potencia útil a la salida del receptor como resultado de la presencia de una señal interferente.
- Respuesta del receptor en audiofrecuencia Indica las diferenciaciones del nivel de la señal de audiofrecuencia en función de la frecuencia modulada.
- Distorsión armónica Se especifica como la analogía en la tensión eficaz de todos los armónicos de la señal de salida y la tensión eficaz total de la misma.
- Ruido y zumbido del receptor Relación entre la potencia de audiofrecuencia del ruido y zumbido y la potencia de audiofrecuencia de la señal útil.



Figura 12 Diagrama de bloques de un receptor AM<sup>21</sup>

### 2.5.3 Características de los transceptores digital modernos

En una comunicación analógica a la salida del receptor la señal sufre una degradación gradual de su SINAD en la medida que disminuye la señal RF recibida, en cambio en un transceptor digital la señal de voz pasa a escucharse con un nivel de recepción adecuado a escucharse si este nivel de RF baja de un determinado umbral y no experimenta esa degradación gradual de los transmisores analógicos.

Los transceptores digitales emplean codificadores de voz y ya deja de tener sentido el medir la calidad de comunicación partiendo de la relación del SINAD, otra de las diferencias es que no se puede medir la potencia en transmisión TDMA.

#### 2.5.3.1 Características de las transmisiones digitales

Las características que se deben medir son la potencia del transmisor y el error en frecuencia a través de ráfagas, una de las soluciones es utilizar conversores análogo-digitales.

<sup>21</sup>[www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel15.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf) pg. 10

- Medida del error de fase y del error de frecuencia Es necesario tener sincronizados los equipos terminales, en los sistemas digitales se introduce la evaluación del error de la fase, y se deben introducir simultáneamente los errores de fase y frecuencia ya que la de frecuencia depende de la de fase.
- Medida de la potencia Se debe medir la potencia de transmisión como en la forma analógica y también se debe considerar las medidas asociadas al valor pico instantáneo de la transmisión.
- Medida del espectro también se debe controlar la potencia que se emite luego del radiocanal y para eso necesitamos el analizador de espectros.

### **2.5.3.2 Características de los receptores digitales**

En este tipo de receptores no tiene sentido cuantificar el SINAD porque se debe transformar la secuencia en bits, para esto se utiliza el VER.

BER: a la entrada del receptor de una señal modulada digitalmente

RBBER: VER residual en donde hay bits no muy importantes que no son protegidos por el codificador del canal.

FER: tasa de rechazo de la trama que es el número de tramas que se suprimen porque los bits erróneos son excesivos.

- Medida de la sensibilidad habilidad del receptor para demodular y decodificar la señal transmitida aún en el caso de RF sea débil
- Rechazo a una señal cocanal evalúa la capacidad de recibir correctamente la información.
- Rechazo a una señal en el canal adyacente similar a la anterior pero está en el canal adyacente.

- Rechazo a la intermodulación Mide la linealidad del receptor a partir de su habilidad de no generar productos de intermodulación con niveles altos.

## 2.6 Parámetros del diseño

### 2.6.1 El espectro radioeléctrico

La mayor parte de los sistemas de comunicación utilizan las bandas de frecuencia menores a los 5GHz, tradicionalmente, las frecuencias de radiocomunicaciones se extienden desde valores desde valores tan bajos como en el caso de la radio AM que van desde los KHz a los GHz, y la materia dedicada es la electrónica de radiofrecuencia

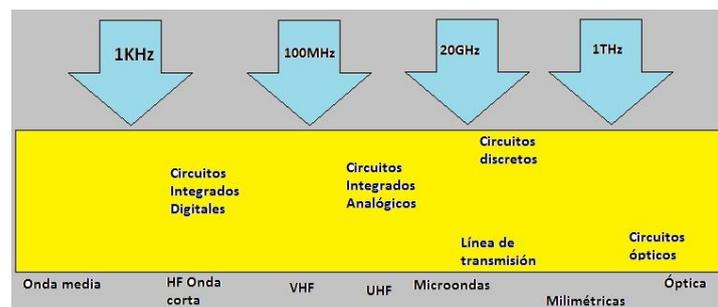


Figura 13 Márgenes de frecuencia de las radiocomunicaciones

El margen típico de las RF van de los 3KHz a 3GHz, en los últimos años ha evolucionado la construcción de circuitos y sus técnicas que ha permitido que se integren circuitos analógicos y digitales.

### 2.6.2 Potencia de emisión

Un indicador importante en la especificación de los componentes y sistemas de RF es el nivel de potencia. En contraste de los circuitos lógicos y de baja frecuencia las

impedancias se relacionan las corrientes y tensiones, típicamente es de 50 ohmios aunque puede variar.

En los transmisores uno de los elementos más críticos es el amplificador de potencia de salida, la capacidad de crear la potencia querida con el rendimiento necesario y con mínima distorsión es lo que determina en varios casos el transmisor, es decir que en los sistemas de radioeléctricos es la potencia de transmisión define la cobertura.

## **2.7 Estándares de radio digital AM**

Estamos presenciando uno de los cambios tecnológicos más grandes del siglo, la digitalización; existe ya en nuestro país la TV digital, la cual adoptó ya en el año 2010 el estándar japonés-brasileño (ISDB-Tb), el ministerio de telecomunicaciones y entidades gubernamentales del ámbito de las telecomunicaciones, están trabajando ya en su implementación total en el país ya que para el año 2017 se realizará el apagón analógico; por tal motivo se pretende estudiar la radio digital para la futura implementación en nuestro país.

La digitalización nos permite obtener varias ventajas tanto para los radiodifusores como para los radioescuchas nacionales e internacionales, lo digital sobre lo análogo arrolla hoy en día.

Podemos dividir los estándares para radio digital en dos grupos según la plataforma de transmisión:

- Radio Digital Satelital
- Radio Digital Terrena

La Radio Digital utiliza tecnología que admite la transmisión y la recepción de sonidos que han sido procesados utilizando una tecnología comparable a la que se usa en los reproductores de discos compactos (CD), para ello el transmisor de radio digital codifica los sonidos en series de números binarios (1-0), el cual transmite hacia el receptor por medio de una red de transporte o cable, éste decodifica la señal original, permitiendo mejorar la calidad de audio con una mínima tasa de interferencia y ruido; a más de mejorar la calidad del servicio para los radio escuchas permite la emisión de datos e información simultánea aprovechando de una forma más óptima el espectro radioeléctrico<sup>22</sup>.

### **2.7.1 Estándares en radiodifusión digital terrena**

Los sistemas de radio digital terrenal y por satélite mantienen una de las características conceptuales de la radio convencional (emisión por ondas hercianas) pero transmiten una señal digital. La digitalización implica una notable mejora de calidad respecto a las emisiones tradicionales, permite aumentar el número de canales en una misma banda de espectro y posibilita la oferta de servicios de valor añadido. En el caso de España se reserva la banda de frecuencias de 195 a 223 MHz para la prestación de los servicios de radio digital terrenal. En el ámbito europeo, existe un estándar para la radio digital, conocido por las siglas DAB (Digital Audio Broadcasting).<sup>23</sup>

#### **2.7.1.1 IBOC (In-band On-Channel)**

---

<sup>22</sup>[space.epn.edu.ec/...eam/15000/8487/6/T11389%20CAP...](http://space.epn.edu.ec/...eam/15000/8487/6/T11389%20CAP...)

<sup>23</sup> [http://wikitel.info/wiki/Radio\\_digital\\_terrenal](http://wikitel.info/wiki/Radio_digital_terrenal)

Este estándar fue adoptado primeramente por los E.E.U.U, en el 2001 fue estandarizado por la UIT fue desarrollado por el consorcio IBoquity Digital Corporation.<sup>24</sup>

La empresa desarrolladora lo ha dado a conocer como HD 2 o HD Digital Radio patentando la misma, IBOC es un método de transmisión de una señal de radiodifusión digital tanto para AM como para FM; optimizando el uso del espectro radioeléctrico asignado a los radiodifusores, tiene un coste menor para las diferentes estaciones AM y FM, también se le conoce como sistema híbrido ya que combina lo analógico con lo digital, éste estándar presenta una notable mejoría en su calidad de sonido tal como la de un CD, aproximadamente 299 estaciones<sup>25</sup> operan con éste sistema en los Estados Unidos.

*Características:*

- Año de creación: aprobación del estándar AM en abril de 2005.
- Los principales países donde se utiliza son: Estados Unidos, México, Tailandia, Indonesia, Nueva Zelanda, Brasil, Filipinas, Panamá, República Dominicana y Puerto Rico; aunque algunas empresas como Microsoft tratan de impulsarlo en países que quieren implantar el DAB, como Francia.
- La principal ventaja es posibilidad de convivencia de receptores analógicos y digitales mediante la misma señal recibida.
- Su principal inconveniente es la convivencia de ambas señales puede producir solapamientos y, por tanto, pérdidas cualitativas.
- Rango de precios de sus receptores (noviembre de 2006): entre USD\$ 150 y 300.

---

<sup>24</sup> <http://www.ibiquity.com/>

<sup>25</sup> [http://licensing.fcc.gov/cgi-bin/ws.exe/prod/cdbs/pubacc/prod/sta\\_list.pl](http://licensing.fcc.gov/cgi-bin/ws.exe/prod/cdbs/pubacc/prod/sta_list.pl)

- Bandas de transmisión utilizadas: inferiores a 30MHz (AM), incluyendo así frecuencias de 535 a 1710 kHz (OC) y FM 88 a 108 MHz.<sup>26</sup>

### **2.7.1.2 DAB (Digital Audio Broadcasting)**

Una radio DAB (denominada también radio digital terrestre) es un sistema de radio digital que emite en paralelo a la FM normal. La calidad de sonido es mejor que la de FM. DAB son las siglas de Digital Audio Broadcasting, un estándar de transmisión para la recepción terrestre de programas de radio. El sistema DAB puede utilizar el rango de frecuencias de entre 30 MHz (megahercios) y 3 GHz (gigahercios). La tecnología DAB incluye también la difusión por cable y vía satélite.

Actualmente, la radio digital tiene cobertura a escala nacional en algunos países europeos (como Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Gran Bretaña, etc.). Sin embargo, en otros países (como Holanda o Francia), la recepción se limita a determinadas zonas. En Austria, donde se iniciaron las emisiones de prueba en el año 2000, se canceló el servicio en el 2008. La tecnología DAB es utilizada actualmente en más de 40 países (datos de diciembre de 2009).

En la radio DAB, el sonido es digitalizado en la emisora y enviado hasta el receptor digital, que vuelve a convertir la señal en analógica. En principio, la calidad de sonido es mejor que en la FM. La tecnología de la radio DAB procede de mediados de la década de los 80, y eso se nota. La tecnología de compresión utilizada (MPEG 1 - Layer 2) ya está superada. Actualmente existen métodos mucho más eficaces.

La velocidad elegida, de sólo 128 kbps (kilobits por segundo), también es insuficiente para que el sonido sea similar al de un CD. La ventaja frente a la FM es

---

<sup>26</sup>[www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel15.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf)

que la radio DAB también transmite en frecuencias superiores a 15 kHz, pero la distorsión en la radio digital es notablemente mayor que en la FM.

La radio DAB se consideró en su momento la tecnología que sucedería a las emisiones de FM, pero hoy resulta evidente que no. Está claro que la FM no va a ser sustituida por la radio digital.<sup>27</sup>

*Características:*

- Nació como EUREKA 147 sin embargo es comúnmente conocido como DAB (Digital Audio Broadcasting).
- Año de creación: primeros pasos en septiembre de 1995 en el Reino Unido.
- En España, se empezó a emitir en pruebas en el año 1998
- Principales países donde se utilizan: España, Italia, Suecia, Alemania, Francia, Reino Unido y Bélgica, Canadá y algunos países asiáticos, como China.
- Principal ventaja: da una altísima calidad de audio, sin consumir demasiados recursos.
- Principal inconveniente: a diferencia de IBOC, no permite “incluir” señal analógica dentro del mismo ancho de banda, lo que hace que la señal solo sirva a receptores digitales.
- Rango de precios de sus receptores (noviembre de 2006) entre 70 y 230 dólares.
- Bandas de transmisión utilizadas: banda III (de los 174 a 240 MHz) y banda L (de los 1452 a 1492 MHz); ésta última en USA es destinada a uso militar. En algunos países puede también transmitir por banda UHF.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> <http://www.mediamarkt.es/mp/article/Radio-DAB,618504.html>

### 2.7.1.3 DRM (Digital Radio Mondiale)

El DRM es un sistema creado por el consorcio del mismo nombre, cuya misión era establecer un sistema digital para las bandas de radiodifusión con modulación de amplitud, Onda Larga (ondas kilométricas), Onda Media (ondas hectométricas) y Onda Corta (ondas decamétricas), por debajo de 30 MHz. El 16 de junio de 2003 se iniciaron las primeras emisiones regulares. El sistema ha sido aprobado en el año 2003 por la UIT (recomendación ITURBS 1514) y recomendado por ese Organismo como único estándar mundial en las bandas entre 3 y 30 MHz (Onda Corta). También ha sido estandarizado por la norma IEC-62272-1 y por la ETSI ES-201980. Actualmente DRM es estándar para radio digital que cubre las siguientes bandas de radiodifusión: en Amplitud Modulada (onda larga, onda media y onda corta) y en Frecuencia Modulada también conocido como DRM+.<sup>29</sup>

#### 2.7.1.3.1 ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR DRM

El sistema Digital Radio Mundial (DRM), se muestra como una verdadera promesa para revolucionar la calidad en la recepción de onda corta, pues fue diseñado para combatir el desvanecimiento y la propagación de las señales analógicas de onda corta de larga distancia.

#### ***Aspectos Técnicos***

A continuación se describe las principales características del estándar DRM:

El rango de frecuencias en los que trabaja el sistema digital DRM son:

- (LF) Ondas kilométricas: 148,5 kHz – 283,5 kHz<sup>65</sup>

---

<sup>28</sup> [www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista\\_supertel15.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf)

<sup>29</sup> [http://wiki.verkata.com/es/wiki/Radio\\_digital?page=2](http://wiki.verkata.com/es/wiki/Radio_digital?page=2)

- (MF) Ondas hectométricas: 526,5 kHz – 1606,5 kHz<sup>66</sup>  
525z – 1705 kHz<sup>67</sup>
- (HF) Ondas decamétricas: 2.3 MHz – 27 MHz (Onda Corta)

El sistema de radiodifusión digital DRM es completamente compatible con la organización espectral ecuatoriana actual y no requiere una reorganización del espectro de 525 a 1705 [KHz], ya que este sistema utiliza un ancho de banda de 10 [KHz] para el modo de transmisión completamente digital, y en el modo de transmisión simulcast que se transmite analógica y digitalmente se utiliza un ancho de banda de 20 [KHz].

Con 10 [KHz] de ancho de banda se puede transmitir programación con calidad FM monoaural o simulación stereo, mientras que con 20 [KHz] se puede transmitir con total calidad stereo.

- DRM da la posibilidad de lograr coberturas similares al analógico con potencias inferiores y aprovechando los actuales transmisores añadiéndoles un excitador y linealizando el transmisor.
- Con DRM mediante la utilización de la modulación OFDM se puede implementar las redes de frecuencia única (SFN) permitiendo una eficiencia en el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- El sistema de radiodifusión digital DRM permite ofrecer al radioescucha servicios secundarios y multimedia, como informes del tiempo y tráfico, noticias y reportes informativos, más la emisión simultánea en segunda lengua, entre otros servicios.
- DRM da la posibilidad al radioescucha de recibir señales DRM con la utilización de un computador personal, mediante un software de distribución

libre, permitiendo que varios radioescuchas comprueben las funcionalidades del estándar DRM y permitiendo que se difundan a nivel mundial.

- Proporciona a los radiodifusores la posibilidad de disminuir la saturación actual de la banda FM y de ampliar las zonas de cobertura para los radioescuchas.
- Las técnicas de corrección de errores no son posibles de aplicar en señales análogas, no se puede eliminar el ruido en las transmisiones análogas; sin embargo en transmisiones digitales es posible corregir los errores de bits ocasionados por distorsiones en la transmisión.

### ***Aspectos Económicos***

A continuación se presenta los aspectos económicos más relevantes en DRM:

- Una de las grandes ventajas que presenta el sistema DRM es que no se cobra por el uso de licencia.
- El costo de migración del transmisor de un sistema analógico al digital depende del año de fabricación del equipo, con equipos obsoletos el costo que implicaría en el proceso de migración se igualaría al costo por adquirir transmisores modernos por lo que para este caso lógicamente es necesario adquirir un equipo de transmisión nuevo.
- Los radiodifusores deben realizar un plan de migración hacia los sistemas de radiodifusión digital como son los transmisores, el sistema de antenas, y los enlaces desde el estudio hacia el transmisor, analizando en este proceso de migración la inversión a realizarse.
- Los receptores digitales todavía tienen un precio alto y hasta que no haya más demanda es muy difícil que baje su costo, tecnológicamente no hay

problemas mayores en cuanto a la radiodifusión digital DRM, pero se espera que haya más receptores en el mercado.

- Brasil ha firmado con el consorcio DRM para que los receptores puedan ser fabricados en su país, para de esta manera abaratar los costos siendo este un punto a favor para el sistema DRM.
- Actualmente los receptores comerciales para la radiodifusión digital son muy costosos en DRM, los costos de los receptores oscilan entre \$250 y \$300, el consorcio DRM ha firmado acuerdos con empresas chinas para la producción de chips bajando el costo del receptor alrededor de \$150.

### ***Aspectos Políticos***

Debido a la situación económica y política en América Latina la transición de la radiodifusión analógica a digital es muy lenta con respecto a la de otros países a nivel mundial; a continuación se mencionan aspectos importantes para tomar una decisión:

- DRM al ser un estándar abierto hace que sea uno de los principales candidatos para reemplazar a la radiodifusión analógica en muchos países en Latinoamérica.
- Países como México está en proceso de decidir su tecnología digital entre IBOC y DRM, esos resultados nos darán un cuadro más claro del futuro digital en el Ecuador.
- En Sudamérica Brasil está muy interesado en propulsar el DRM, así que se podría pensar que en Latinoamérica se adoptaría el sistema DRM.

### ***Aspectos Regulatorios***

- En cuanto a los aspectos regulatorios al igual que en IBOC la adopción del sistema DRM implica modificar el marco regulatorio en nuestro país considerando la coexistencia entre el actual servicio de radiodifusión sonora

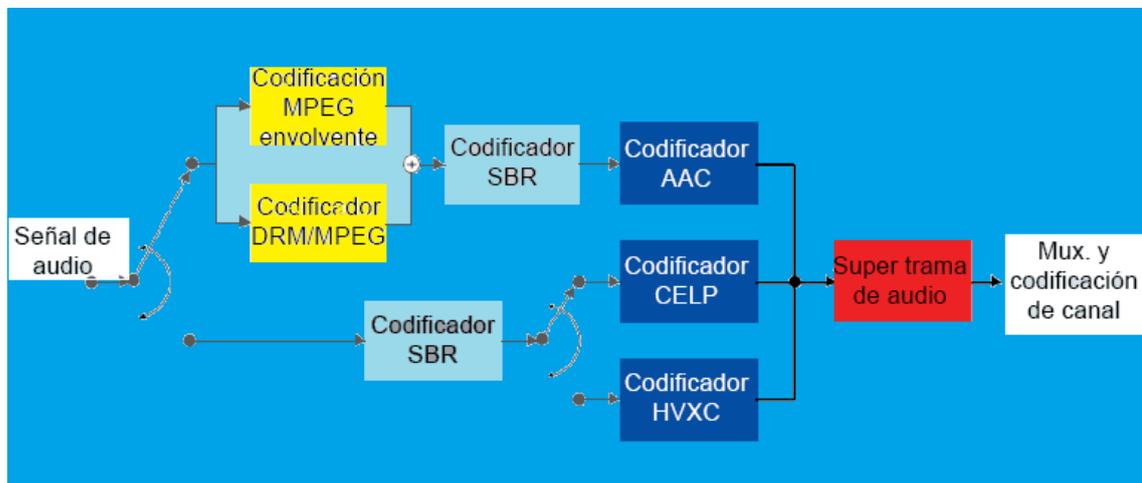
analógico y el servicio de radiodifusión sonora digital o el desarrollo exclusivo del servicio de radiodifusión sonora digital.

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

Debido a que nuestro país se encuentra en la región 2, considerada por la ITU, aquí no existe únicamente el uso de las bandas kilométricas, por lo cual el sistema AM a querer implementarse puede llevarse a cabo.

### **Codificación de fuente**

En un sistema general de comunicaciones por radio, el interés es incorporar a la portadora de radiofrecuencia la información que genera la fuente de señal. Esta señal puede proceder de un micrófono o ser la señal de vídeo de una cámara de televisión. Si queremos acceder a las ventajas que ofrecen las comunicaciones digitales, esa señal deberá ser convertida a una secuencia de dígitos binarios. Este proceso de digitalización de la señal a transmitir se conoce como codificación de fuente, y como resultado del mismo se genera la secuencia de información.



**Figura 14 Codificación de audio DRM**

Características:

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

*Codificación del canal*

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

En la codificación de la fuente el sistema ofrece tres opciones:

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

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

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

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

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

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

- a) audio y datos, que se combinan en el multiplexor de servicio principal formando un flujo denominado canal de servicio principal (MSC, Main Service Channel).
- b) canal de acceso rápido (FAC, *Fast Access Channel*) y
- c) canal de descripción de servicio (SDC, *Service Description Channel*).

El sistema DRM utiliza modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Múltiplex), es decir, una codificación que se inserta en un múltiplex por división de frecuencia, con la particularidad de que estas frecuencias están uniformemente espaciadas de forma que son ortogonales, para transmitir los datos del múltiplex (MSC, FAC y SDC) descrito anteriormente. Se compone de una combinación de técnicas que combaten los efectos adversos de la propagación que se producen en las bandas de OM, OL y OC. El sistema OFDM utiliza un gran número de subportadoras, moduladas individualmente, espaciadas en frecuencia de forma uniforme, que transportan la información. En el sistema DRM el número de subportadoras varía desde 88 a 458, dependiendo de modo y del ancho de banda ocupado.

En la codificación del canal COFDM encontraremos los siguientes parámetros:

- 4 modos de transmisión: A, B, C y D
- Modulación con 3 tipos de modulaciones
  - 4-QAM y 16-QAM para el SDC
  - 16-QAM y 64-QAM para el MSC
- Modulación jerárquica
- 4 niveles de protección: 0, 1, 2 y 3
- 2 profundidades de entrelazado
- Capacidad de transmisión hasta 72 kbit/s
- 6 anchos de banda: 4,5; 5; 9; 10; 18; 20 kHz
- Protección de error: igual o desigual

Las subportadoras se modulan con modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

En la codificación del canal de servicio principal se puede utilizar 64 QAM, que proporciona mayor eficiencia espectral, y 16 QAM que proporciona las características más robustas para protección de errores. En cada uno de los casos se pueden utilizar diferentes niveles de protección frente a errores.

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

El canal de descripción del servicio puede utilizar 16 QAM ó 4 QAM. La modulación 16 QAM proporciona mayor capacidad, mientras que la 4 QAM proporciona una característica más robusta frente a errores. En este último caso se aplica una relación de protección fija.

Parámetros relevantes de la codificación del canal:

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

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

**Tabla IV Modos de robustez DRM para AM<sup>30</sup>**

Modo de robustez	Intervalo de guarda (ms)	Separación entre portadoras (Hz)	Opciones de ancho de banda (KHz)	Usos
<b>A</b>	2.66	41.6667	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	LF y MF ondas de superficie, banda de 26 MHz línea de vista
<b>B</b>	5.33	46.8823	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	HF y MF onda ionosférica
<b>C</b>	5.33	68.2128	10, 20	Canales complicados por onda de tierra en HF
<b>D</b>	7.33	107.1811	10, 20	Onda de cielo de incidencia casi vertical

Es necesario seleccionar la combinación óptima de los parámetros, dependiendo de las condiciones de propagación particulares, que permita asegurar que la señal es recibida con la calidad más alta posible para cumplir con la calidad del servicio y cobertura deseados.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1615-1-201105-I!!TOC-HTML-S.htm](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1615-1-201105-I!!TOC-HTML-S.htm)

<sup>31</sup> <http://abs.docsread.com/docs/index-9984.html>

**Tabla V Modos de transmisión DRM<sup>32</sup>**

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

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

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

Los modos más robustos tienen el efecto de reducir la velocidad binaria disponible y, por tanto, la calidad de audio. Para cada modo de transmisión, la anchura de banda ocupada de la señal puede elegirse en función de la banda de frecuencia (OM, OL, OC) y de la aplicación deseada.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1615-1-201105-1!!TOC-HTML-S.htm](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1615-1-201105-1!!TOC-HTML-S.htm)

<sup>33</sup> <http://abs.docsread.com/docs/index-9984.html>

Ahora que ya está analizado el sistema DRM, se debe estudiar la infraestructura del mismo, consta de 5 sistemas importantes, el proveedor de contenidos, modulador, transmisor, sistema radiante de transmisión y el sistema de recepción, los equipos que se deben adquirir si es que ya se posee una emisora análoga el proveedor de contenidos y el modulador, lo demás ya se tiene en la infraestructura análoga.

#### **2.7.1.3.2 Proveedor de contenidos**

El Service component encoder SCE, que codifica audio y/o datos, está acoplado al multiplexor de DRM a través de la interfaz de distribución de servicio SDI. Puede haber hasta cuatro SCEs que alimentan paralelamente al multiplexor, la multiplexación y codificación de audio se establecen en tramas de 400 ms.

El protocolo exacto para esta interfaz aún no está listo. Existen los Proveedores de Contenido de DRM, que adaptan los SCEs y el multiplexor en un solo sistema de servidor.

#### **2.7.1.3.3 Multiplexor DRM**

Este debe ser conectado al modulador de DRM por la interfaz de distribución del múltiplex MDI.

Los datos se envían asincrónicamente en paquetes. Por lo tanto pueden usarse varios protocolos de transporte como UDP/IP, líneas seriales, satélite, WAN, LAN e ISDN.

Cuando se basa en las tramas de 400ms el multiplex y la transmisión es asincrónica el multiplexor y modulador debe tener su propia fuente de

sincronización en el tiempo, GPS o NTP que es un protocolo de red de tiempo, para tener asegurada la estabilidad de las tramas a largo plazo.

#### **2.7.1.3.4 Transmisor**

Se debe tener en cuenta las especificaciones de los transmisores análogos que permitirán la migración al sistema digital que depende de la capacidad de las portadoras más o menos 200, que llevan los bits sobre el ancho de banda asignado. Lo más importante que debe cumplir es ancho de banda severo, retraso de grupo, características técnicas del ruido, etc.

### **2.8 Ventajas del Sistema DRM**

Las principales ventajas que ofrece el sistema DRM son:

- Permite la transmisión simultánea de señales analógicas y digitales.
- Mejora la calidad de transmisión en AM su sonido es tan envolvente pudiendo competir fácilmente con la FM.
- Reduce un consumo de potencia de hasta el 50%, debido a que en la señal digital una potencia menor puede abarcar la misma zona de cobertura que en una analógica que va a requerir mayor potencia.
- Permite el uso de redes SFN, lo que permite un uso más eficiente del espectro radioeléctrico.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

En la investigación se considera que el tipo de estudio que se va a realizar es una investigación descriptiva, ya que se utilizará el conocimiento para realizar un estudio técnico y diseño de una radio digital am, permitiendo encontrar el mejor estándar para radio digital, determinar los equipos necesarios para su implementación, su funcionamiento y su cobertura.

#### **3.2 Metodología**

En éste capítulo describimos de qué manera se llevó a cabo la investigación para nuestro estudio, los métodos y tipos de investigaciones para la realización del mismo y así demostrar datos fiables y válidos para lo cual utilizamos el método científico que hace referencia a criterios y procedimientos generales que nos guiarán para alcanzar los objetivos propuestos y así plantear la investigación en base al estudio y diseño para la implementación de la radio am digital, trazar los objetivos de la investigación que permitirán resolver qué estándar elegir, qué equipos utilizar, a partir de estos realizar el estudio y diseño para la implementación de la radio digital AM, justificar los motivos por los cuales se propone realizar la siguiente investigación.

Para esto se elabora un marco teórico mediante la recolección de datos que ayude a forjar una idea general para la realización del trabajo de tesis, y así tener un horizonte más amplio.

También utilizamos el método deductivo, debido que al estudiar los diferentes estándares para radio digital am digital de encontrar la mejor opción que tenga las mejores características para la implementación de la misma.

### **3.3 Técnicas**

Se usará ciertas técnicas, entre ellas están:

- Documental, se basó en la consulta de diferentes libros, revistas y otras fuentes con el fin de obtener información útil para el estudio.
- Observación, del funcionamiento de la radio AM analógica y sus componentes para poder realizar una comparación con la radio AM digital.
- Análisis, de los datos investigados referentes a las dos tecnologías.
- Pruebas, con respecto a la localización de los equipos del sistema digital, para poder determinar una cobertura propuesta para el centro del país.

### **3.4 Fuentes de Información**

#### **3.4.1 Fuentes Primarias**

La información primaria que se utilizó para este estudio fueron libros, tesis y testimonios de expertos en el tema.

### **3.4.2 Fuentes Secundarias**

En éste punto tomamos en cuenta resúmenes ya establecidos sobre el tema, así como revistas de la SUPERTEL referentes a la radio digital, así como el marco regulatorio para las concesiones de frecuencias.

## **3.5 Recursos**

### **3.5.1 Recursos Humanos**

Dentro de la parte humana intervienen:

- Ejecutor de la Tesis.
- El Tutor
- Miembros
- Dueño de la empresa

### **3.5.2 Recursos Materiales**

- Hojas de Papel Bond
- CD's
- Flash Memory
- Bibliografía
- Libros
- Internet (meses)

### 3.6 Recursos Técnicos

#### Hardware

Los equipos utilizados nos sirvieron para la medición de frecuencias y potencias y frecuencias de los equipos analizados en la emisora “LA VOZ DE AILECH” 950 AM; para de ésta manera realizar el análisis de funcionamiento de la radio analógica AM, y sus zonas de cobertura con dicho sistema.

Tabla VI Recursos Hardware

RECURSO	MODELO	DESCRIPCIÓN
Monitor de modulación	923A TFT Inc. 	Demodulador de precisión en banda ancha el cual permite mediciones sumamente exactas de prueba y funcionamiento para un transmisor de AM y monitorear el nivel de Modulación
Analizador de audio	AGILENT HP 8903ª 	Se mide la distorsión de audio, inserción de ruido y ruido de acoplamiento.
Watimetro	BIRD modelo 43 	Mide la potencia RF, robusto para medidas de potencia exactas.
GPS	Samsung 	Sistema de posicionamiento global, midió las coordenadas de los puntos de transmisión y sistema radiante para las mediciones de cobertura del estudio.
Laptop		Computador para realizar los reportes y el documento de tesis
Impresora	EPSON	Impresión del documento de tesis

## Software

- Sistema operativo Windows
- Radio Mobile
- OPENSTREETMAP
- GOOGLE EARTH
- XIRIOonline

## Otros

- Bibliografía
- Internet

### 3.7 Población y Muestra

#### 3.7.1 Población

La población está caracterizada por las emisoras análogas con cobertura en la Provincia de Chimborazo que se describen a continuación:

**Tabla VII Emisoras de AM y FM de la provincia de Chimborazo**

Nº	CATEGORIA	NOMBRE	FRECUENCIA	ÁREA DE SERVICIO	ESTUDIO
1	AMPLITUD MODULADA	EL PRADO	980	RIOBAMBA, GUARANDA, SAN JOSE DE CHIMBO	RIOBAMBA
2	AMPLITUD MODULADA	ESCUELAS RADIOFONICAS	710	RIOBAMBA, GUANO, PENIPE, CH AMBO,	RIOBAMBA
3	AMPLITUD MODULADA	LA VOZ DE GUAMOTE	1520	GUAMOTE	GUAMOTE
4	AMPLITUD MODULADA	LA VOZ DE LA ASO INDIG	950	VILLA LA UNION, RIOBAMBA, GU ANO, PENIPE	COLTA
5	AMPLITUD	LA VOZ DE	1530	PALLATANGA, CHILLANES	PALLATANGA

	MODULADA	PALLATANGA			
E6	AMPLITUD MODULADA	LA VOZ DE RIOBA MBA	1150	RIOBAMBA, GUANO, PENIPE, CH AMBO, VILLA LA UNI	RIOBAMBA
7	AMPLITUD MODULADA	ONDAS CISNERINS	1410	RIOBAMBA, GUANO, PENIPE, CH AMBO, VILLA	RIOBAMBA
8	AMPLITUD MODULADA	RADIO CENTRAL	1170	RIOBAMBA, VILLA LA UNION, CH AMBO, GUAMOTLE	RIOBAMBA
9	FRECUENCI MODULADA	ANDINA	106,1	RIOBAMBA, ALAUSÍ	RIOBAMBA
10	FRECUENCI MODULADA	BONITA	93,7	RIOBAMBA	AMBATO
11	FRECUENCI MODULADA	CANELA RADIO CORP 94,5 CHIMB	94,5	GUANO, RIOBAMBA	GUANO
12	FRECUENCI MODULADA	CATOLICA NACIONAL FM	105,7	RIOBAMBA Y ALREDEDORES	RIOBAMBA
13	FRECUENCI MODULADA	CENTRO FM STEREO	94,1	RIOBAMBA, GUANO, CHAMBO, VILLA	QUITO
14	FRECUENCI MODULADA	FANTÁSTICA 92,1 FM	92,1	RIOBAMBA, ALAUSÍ	RIOBAMBA
15	FRECUENCI MODULADA	MARÍA	104,1	RIOBAMBA	QUITO
16	FRECUENCI MODULADA	PANAMERICANA FM	106,9	RIOBAMBA	QUERO
17	FRECUENCI MODULADA	PAZ Y BIEN	104,5	RIOBAMBA	AMBATO
18	FRECUENCI MODULADA	RADIO LEGISLATIVA	105,3	RIOBAMBA, CHAMBO, GUANO, PENIPE	QUITO
19	FRECUENCI MODULADA	RADIO PÚBLICA	88,1	RIOBAMBA	QUITO
20	FRECUENCI MODULADA	RIOBAMBA STEREO	89,3	RIOBAMBA ALUSÍ Y SUS ALREDEDORES	RIOBAMBA
21	FRECUENCI MODULADA	SONORAMA FM	103,7	RIOBAMBA	QUITO
22	FRECUENCI MODULADA	RADIO FAMILIAR	107,3	RIOBAMBA, ALAUSÍ	QUITO
23	FRECUENCI MODULADA	TRICOLOR FM	97,7	RIOBAMBA ALAUSÍ, CHUNCHI	RIOBAMBA
24	FRECUENCI MODULADA	JC RADIO	97,3	RIOBAMBA	QUITO
25	FRECUENCI	RECUERDOS	88,5	ALAUSÍ	ALAUSÍ

	MODULADA				
26	FRECUENCI MODULADA	ROMANCE	88,5	RIOBAMBA	AMBATO
27	FRECUENCI MODULADA	RUMBA STEREO	88,9	RIOBAMBA	AMBATO
28	FRECUENCI MODULADA	FRECUENCIA LATINA	89,7	ALAUŚÍ	ALAUŚÍ
29	FRECUENCI MODULADA	GENIAL HEXA FM	89,7	RIOBAMBA	QUITO
30	FRECUENCI MODULADA	SULTANA FM	90,1	RIOBAMBA, PENIPE, GUANO, CHAMBO	RIOBAMBA
31	FRECUENCI MODULADA	STEREO MUNDO	90,5	RIOBAMBA Y ALREDEDORES	RIOBAMBA
32	FRECUENCI MODULADA	CARACOL FM STEREO	91,3	RIOBAMBA Y SUS ALREDEDORES	AMBATO
33	FRECUENCI MODULADA	HOLA	92,5	RIOBAMBA	RIOBAMBA
34	FRECUENCI MODULADA	SISTEMA 2	92,9	RIOBAMBA ALAUŚÍ	RIOBAMBA
35	FRECUENCI MODULADA	SUPER STEREO	93,3	RIOBAMBA	AMBATO
36	FRECUENCI MODULADA	STEREO BUENAS NUEVAS	95,3	ALAUŚÍ, COLTA, RIOBAMBA	RIOBAMBA
37	FRECUENCI MODULADA	RIO 95.7	95,7	RIOBAMBA	RIOBAMBA
38	FRECUENCI MODULADA	MUNDIAL FM	96,1	RIOBAMBA	RIOBAMBA
39	FRECUENCI MODULADA	FORMULA 3	96,5	RIOBAMBA Y ALREDEDORES	RIOBAMBA
40	FRECUENCI MODULADA	AMOR FM	96,9	RIOBAMBA	AMBATO
41	FRECUENCI MODULADA	PRIMAVERA	98,1	PALLATANGA	PALLATANGA
42	FRECUENCI MODULADA	SANTO DOMINGO	98,1	CHUNCHI	CHUNCHI
43	FRECUENCI MODULADA	ALEGRÍA	98,5	RIOBAMBA Y AREDEDORES	AMBATO
44	FRECUENCI MODULADA	STEREO SAN JUAN	99,3	SAN JUAN	SAN JUAN
45	FRECUENCI MODULADA	ZOTAURCO	99,3	ALAUŚÍ	TIXÁN
46	FRECUENCI	PUNTUAL FM	99,7	RIOBAMBA	RIOBAMBA

	MODULADA				
47	FRECUENCI MODULADA	EL BUEN SEMBRADOR	100,1	SAN GUISEL ALTO	SAN GUISEL ALTO
48	FRECUENCI MODULADA	LA VOZ DE LA AIIE CH	101,7	ALAUSI, CHUNCHI, RIOBAMBA, VILLA LA UNION, C HAMBO	RIOBAMBA
49	FRECUENCI MODULADA	LATINA	102,1	RIOBAMBA	RIOBAMBA
50	FRECUENCI MODULADA	CUMBRE FM	102,5	RIOBAMBA	RIOBAMBA
51	FRECUENCI MODULADA	SENSACIÓN STEREO	102,9	GUAMOTE, RIOBAMBA	GUAMOTE
52	FRECUENCI MODULADA	FUTURA	104,9	RIOBAMBA	RIOBAMBA
53	FRECUENCI MODULADA	PANAMERICANA	106,9	RIOBAMBA	QUERO

Con un total de 53 emisoras tomadas de SISTEMAS DE ESTACIONES LOCALES, REGIONALES Y NACIONALES DE RADIODIFUSIÓN, AUTORIZADOS EN EL ÁMBITO NACIONAL de la SUPERTEL actualizada en MARZO del 2012, tomamos en cuenta las emisoras AM que están en funcionamiento en nuestra provincia.

### 3.7.2 Muestra

Para el muestreo se utilizó el método no probabilístico discrecional en el que ya sabemos los datos a elegir que deseamos es decir que se tomó como muestra la emisora radiodifusora “LA VOZ DE AIIECH” 950 AM, ubicada en Colta, provincia de Chimborazo, debido a la facilidad de acceso a los equipos y ya que el gerente de la radio nos brindó la facilidad para acceder por tener amistad con el dueño de la empresa para la cual estamos realizando nuestro estudio.

### 3.7.2.1 Radioenlace de “LA VOZ DE AIIECH” 950 AM

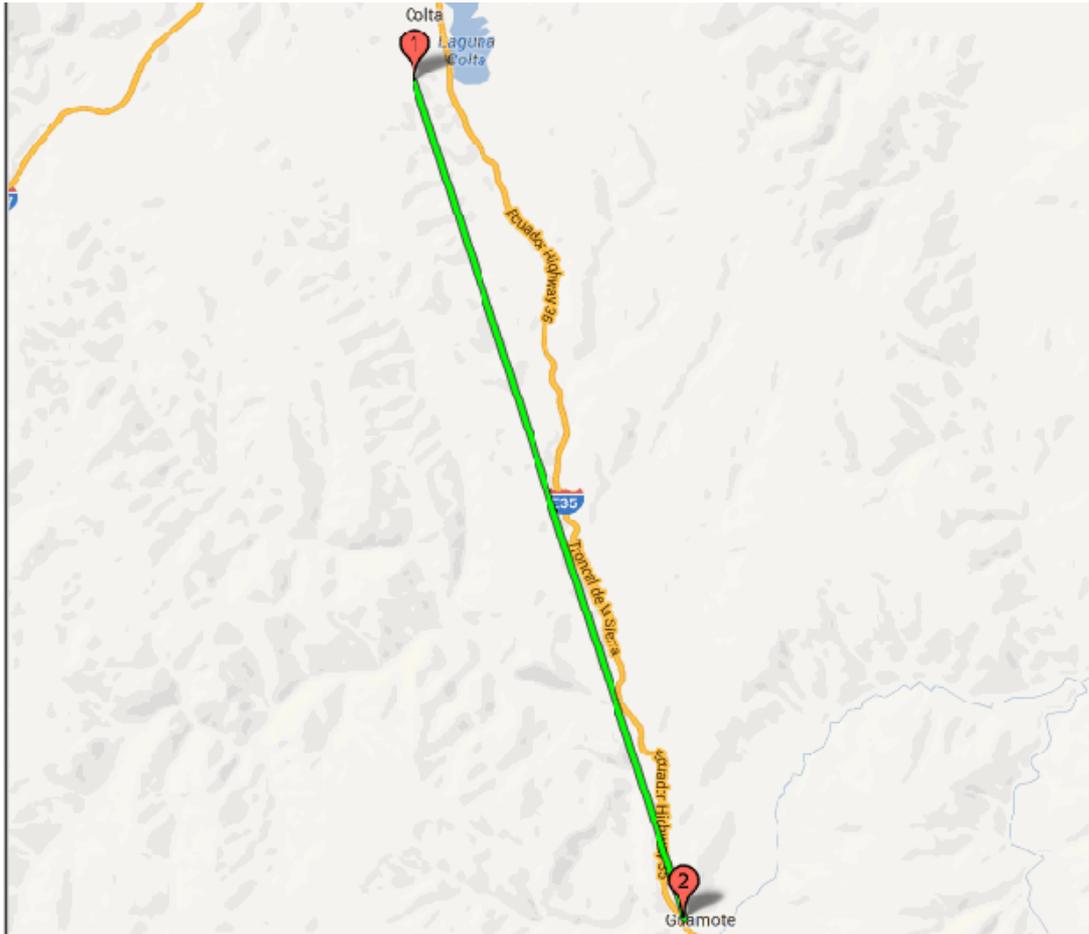


Figura 15 Mapa topográfico de la estación de Colta en Radiomobile a un receptor en Guamote

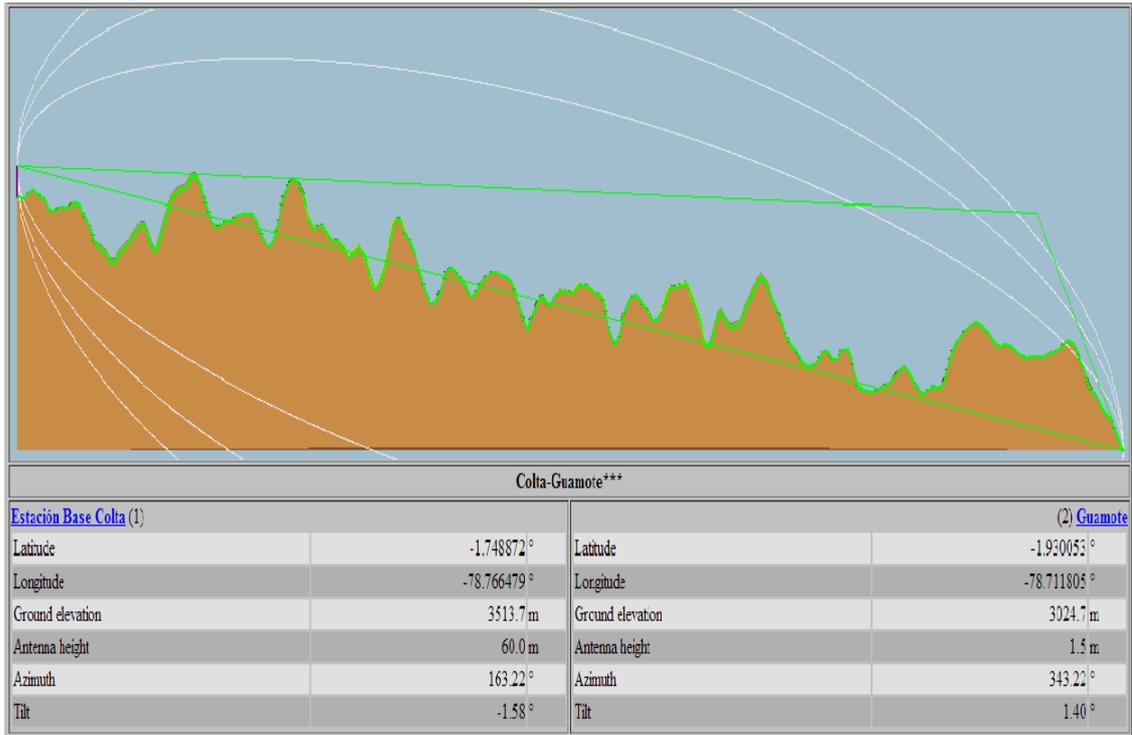


Figura 16 Margen de despeje del transmisor a un receptor en el cantón Guamate vialidad del enlace y zona de fresnel

Tabla VIII Parámetros del radioenlace Colta-Guamate

PARÁMETRO	VALOR
Ángulo Azimuth TX	163.22°
Ángulo de Elevación TX	-1.58°
Ángulo Azimuth RX	343.22°
Ángulo de Elevación RX	1.40°
Power TX	60.79 dBm
Ganancia TX	6dBi
Ganancia RX	2dBi
Sensibilidad del receptor	-113.02dBm
Pérdidas en espacio libre	78.87dB
Distancia	21.043 Km

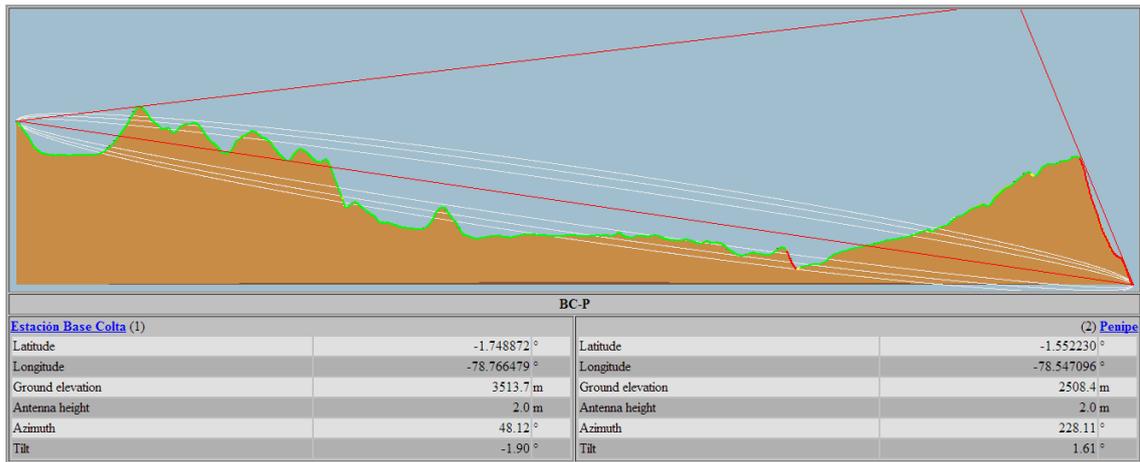


Figura 17 Margen de despeje del transmisor a un receptor en el cantón Penipe vialidad del enlace y zona de fresnel

Tabla IX Parámetros del radioenlace Colta-Penipe.

PARÁMETRO	VALOR
Ángulo Azimuth TX	48.12
Ángulo de Elevación TX	-1.90°
Ángulo Azimuth RX	228.11°
Ángulo de Elevación RX	1.61°
Power TX	43.01 dBm
Ganancia TX	6dBi
Ganancia RX	2dBi
Sensibilidad del receptor	-113.02dBm
Pérdidas en espacio libre	106Db
Distancia	32.752 Km

## Cobertura

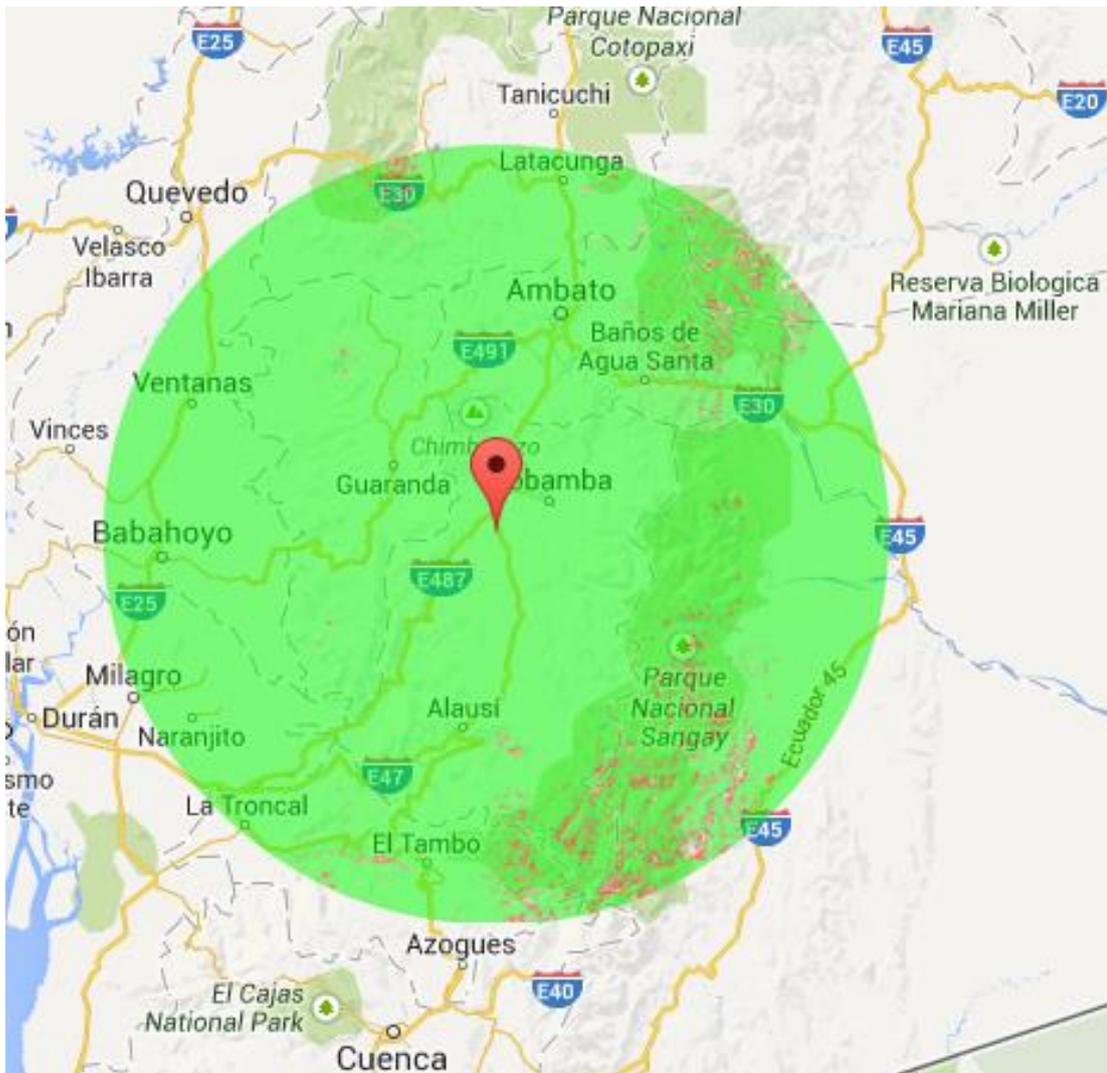


Figura 18 Estimación de la cobertura de la emisora radiodifusora La Voz ALECH Raio Colta 950 AM

### 3.8 Procedimiento para la recolección de datos

Para la recolección de datos se realizaron las siguientes actividades:

- Se visitó la radio “LA VOZ DE AIIECH” 950 AM para solicitar permiso para acceder a los equipos de transmisión, al sistema radiante y a la estación base y así poder determinar los equipos que conforman una radio AM digital, frecuencia y potencia a los que operan.

- Se determinaron indicadores para poder comparar la tecnología análoga y digital con respecto a la emisora visitada y a la propuesta en el cantón Guano.
- Se realizó un estudio de la zona de cobertura para ésta emisora y establecerlas zonas con cobertura primaria y secundaria.
- Se realizaron pruebas en el software Radiomobile para la radio AM digital.
- Se visitaron los lugares en los cuales van a estar operando los transmisor, el sistema radiante y la estación base para la radio AM digital en el cantón Guano.
- Se analizaron e interpretaron los resultados
- Se establecieron las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO IV

### RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A DIGITAL, BASADOS EN LOS SISTEMAS DRM, MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Para el proceso de migración se debe considerar los aspectos referentes a la distribución de frecuencias, ya que en los procesos iniciales de transmisión simulcast<sup>34</sup> para ambos estándares se tiene un ancho de banda superior al actualmente asignado (10 kHz).

En este capítulo trataremos el tema de la transición analógica a digital, desde el punto de vista netamente técnico, a fin de conocer que partes de un sistema de radiodifusión por debajo de 30 MHz deben ser alteradas o totalmente modificadas para el cumplimiento de las especificaciones de los sistemas IBOC y DRM.

Inicialmente se dará a conocer qué requerimientos técnicos sugeridos por la UITR<sup>35</sup> son necesarios para la implementación de un sistema de radiodifusión sonora digital, a partir de este marco referencial analizaremos independientemente los dos sistemas, para el final del capítulo exponer sus fortalezas y debilidades, a fin de determinar cuál estándar es más apropiado para implementar en el país.

Las variables van a ser ponderadas de acuerdo a la siguiente tabla, la cual nos permite clasificar los indicadores.

---

<sup>34</sup>Transmisiones analógicas y digitales simultáneas para el proceso de migración analógica a digital.

<sup>35</sup>BS. 1514, Sistema de radiodifusión sonora digital por debajo de los 30 MHz.

## 4.2 COMPARACIÓN TÉCNICA DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA CON LA DIGITAL BASADA EN EL ESTÁNDAR DRM

Para el análisis de los sistemas de radiodifusión analógico y digital, se han tomado en cuenta diversos índices tales como. Calidad de audio, interferencia, modulación, fiabilidad del circuito de transmisión, zona de cobertura y fiabilidad del servicio, los mismos que han sido investigados y estudiados detalladamente para la obtención de parámetros que nos permitirán validar todo el estudio realizado para demostrar el cumplimiento de los objetivos planteados, así como guía referencial para proyectos y estudios posteriores.

Los datos han sido recolectados de la Recomendación UIT-R BS.1514-1 (03/2011) para el “Sistema para radiodifusión sonora digital” en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz, los cuales son ya resultados de pruebas realizadas.

La ponderación de las variables de realizará de la siguiente manera:

Tabla X Valoración

VALORACIÓN			PUNTUACIÓN
76%-100%	MUY SATISFACTORIO	MS	4
51%-75%	SATISFACTORIO	S	3
26%-50%	POCO SATISFACTORIO	PS	2
0%-25%	NO SATISFACTORIO	NS	1

#### 4.2.1 CALIDAD DE AUDIO NO DEGRADADA POR EL CODEC

Tabla XI Comparación Análoga Digital (DRM) de la calidad de audio no degradada por el códec

CALIDAD DE AUDIO NO DEGRADADA POR EL CODEC				
INDICADORES	ANÁLOGO		DIGITAL(DRM)	
CALIDAD	17KBITS/S	3	24KBITS/S	4
NIVEL DE ESCUCHA	2,25	3	4,2	4
SUMATORIA		6		8
PROMEDIO		3		4
VALORACIÓN %		75%		100%
		S		MS

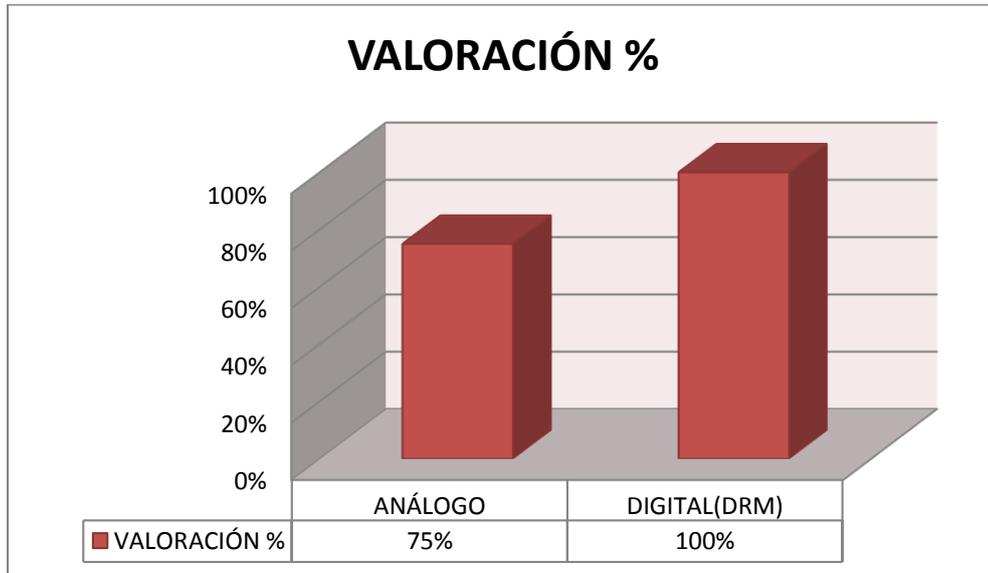


Figura 19 Comparación Análoga- Digital (DRM) de la calidad de audio no degradada por el códec

- Interpretación: La calidad de audio no degradada por el códec del estándar DRM es mejor a la analógica, como punto de referencia en la radio analógica la calidad de audio tiene una degradación del 75% mientras que en la digital su ponderación es 100%, por lo tanto esto representa un progreso importante del nivel de audio.

### 4.3.2 FIABILIDAD DEL CIRCUITO DE TRANSMISIÓN EN PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA.

Tabla XII Comparación Análogo Digital (DRM) de la fiabilidad del circuito de transmisión

FIABILIDAD DEL CIRCUITO DE TRANSMISIÓN EN PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA				
tomada de 1m- 15000Km				
INDICADORES	ANALOGICO		DRM	
SNR	70 dB	3	85dB	4
Interferencias	7 khz	2	4,5KHZ	3
SUMATORIA		5		7
PROMEDIO		2,5		3.5
VALORACIÓN %		62,5%		88%
		S		MS

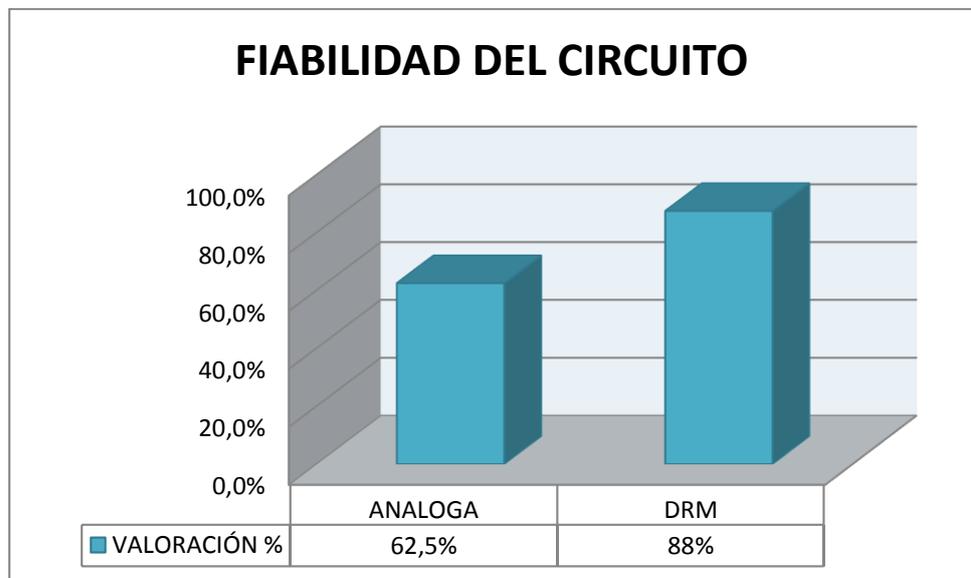


Figura 20 Comparación Análogo- Digital (DRM) de Fiabilidad del circuito.

- Interpretación: En cuanto a la fiabilidad del circuito de transmisión las condiciones de propagación fueron ya simuladas en laboratorios durante varios años, de ésta manera los diseñadores del sistema DRM realizaron pruebas de la propagación ionosférica tomada de un m a 15000 km, con éstos datos concluimos que éste indicador tiene una ponderación en el sistema análogo del 62,5% que es satisfactoria con respecto a la radio digital con DRM tiene una valoración del 87,5% que es muy satisfactoria.

### 4.3.3 ZONA DE COBERTURA Y DEGRADACIÓN GRADUAL

Tabla XIII Comparación Análoga Digital(DRM) de la zona de cobertura y degradación Gradual

ZONA DE COBERTURA Y DEGRADACIÓN GRADUAL				
INDICADORES	ANALOGA		DRM	
Zona de Cobertura 1	32.752 Km	4	32.752 Km	4
Zona de Cobertura 2	52.76 Km	4	52.76 Km	4
Pot transmitida	60.80 dBm	2	53.75 dBm	4
SUMATORIA		10		12
PROMEDIO		3,33		4
VALORACIÓN %		83,25%		100%
		MS		MS

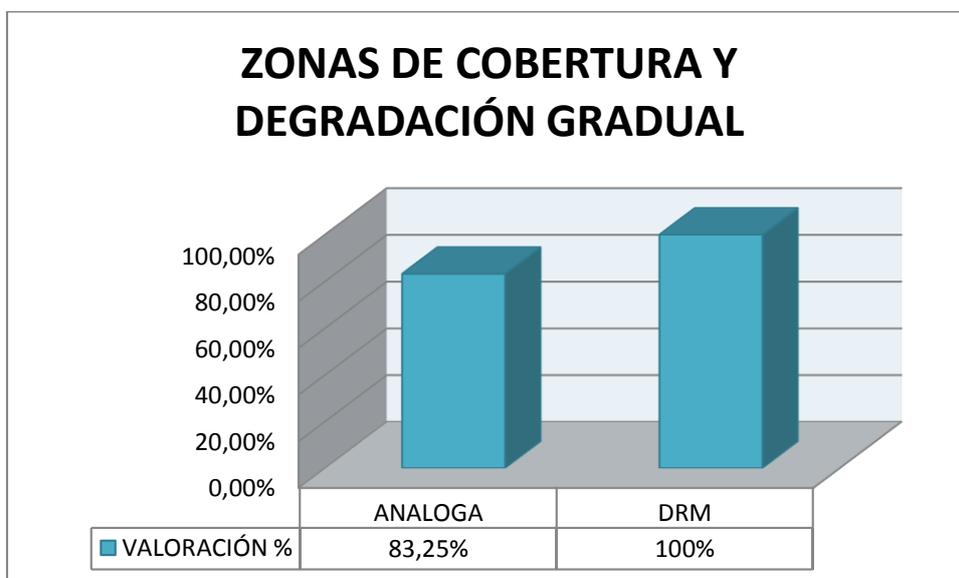


Figura 21 Comparación Análoga- Digital (DRM) de zonas de cobertura y degradación gradual

- Interpretación:** Se tomó como referencia dos zonas de cobertura para la muestra, la primaria que es la cual tiene mejor alcance, alrededor de 32,5 km a la redonda y la zona secundaria de 52,76 km, teniendo de ésta manera una valoración análoga del 83,25% y en la radio digital del 100% debido a que la cobertura es la misma con una potencia de transmisión menor a la análoga.

#### 4.3.4 INTERFERENCIA

Tabla XIV Comparación Análoga Digital (DRM) de la Interferencia

INTERFERENCIA				
INDICADORES	ANÁLOGO		DIGITAL(DRM)	
Interferencia	7KHZ	2	4,5KHZ	3
Pot. Transmitida	60.80 dBm	3	53.75 dBm	4
Sintonización Rápida	800ms	4	1,6 s	3
Sumatoria		9		10
Promedio		3		3,33
Valoración %		75,00%		83,33%
		S		MS

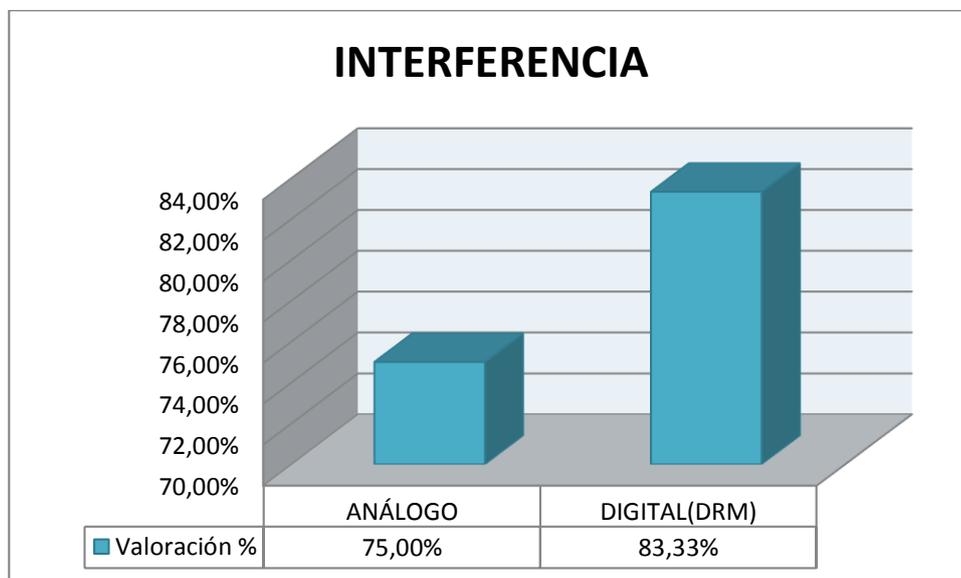


Figura 22 Comparación Análoga-Digital (DRM) de Interferencia

**Interpretación:** Los índices de la interferencia nos muestran que en la potencia de transmisión análoga debe ser más potente que la digital para que no causen interferencias admisibles, de ésta manera la ponderación de la radio análoga es del 75%, y la digital de un 83,33% siendo muy satisfactoria con respecto a la análoga.

### 4.3.5 FIABILIDAD DEL SERVICIO

Tabla XV Comparación Análoga Digital (DRM) de la Fiabilidad del Servicio

FIABILIDAD DEL SERVICIO		
	ANÁLOGO	DIGITAL(DRM)
FIABILIDAD DE RECEPCIÓN	4	4
RECEPCIÓN PORTATIL	3	3
DEGRADACIÓN GRADUAL	2	3
SUMATORIA	8	10
PROMEDIO	2,67	3,33
VALORACIÓN%	66,67%	83,33%
	S	MS

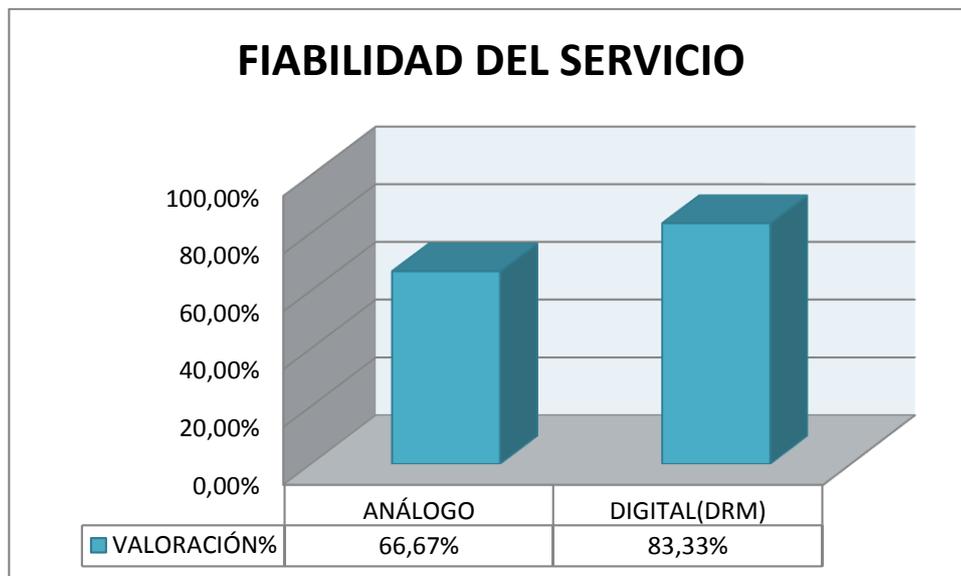


Figura 23 Comparación Análoga- Digital (DRM) de la fiabilidad del servicio

**Interpretación:** En el estudio realizado se pudo comprobar que la fiabilidad de recepción en los dos sistemas son iguales, pero la degradación gradual en el sistema análogo es un poco más evidente; de esta manera obtuvimos la valoración de 66,67% para la radio análoga y 83,33% para la digital.

### 4.3.6 MODULACIÓN DRM

Tabla XVI Comparación entre las modulaciones 16QAM y 64QAM en el sistema DRM

MODULACION DRM		
INDICADORES	16 QAM	64QAM
Protección contra errores	4	2
Corrección de errores	4	2
SNR	3	4
Cond. Propagación dif.	2	4
SUMATORIA	13	12
PROMEDIO	3.25	3
VALORACIÓN %	87,50%	75%
	MS	S

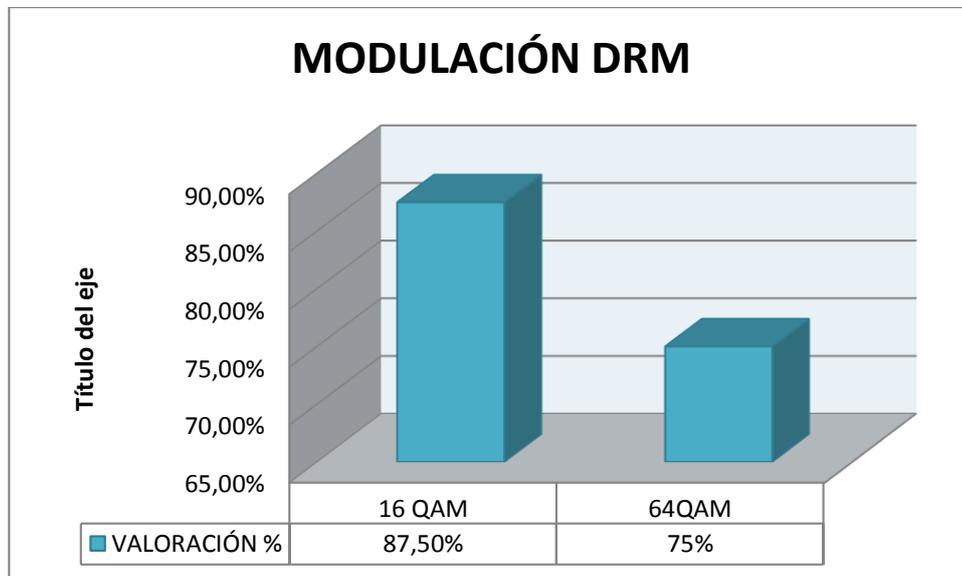


Figura 24 Comparación entre las modulaciones 16QAM y 64QAM en el sistema DRM

**Interpretación:** En cuanto a la modulación podemos ver que la más eficaz para el sistema DRM es la modulación 16QAM, debido a la protección y corrección de errores que tiene la misma, lo cual nos brinda, aunque es el esquema de modulación principal utilizado por DRM.

### 4.3.7 ANÁLISIS TOTAL

Tabla XVII Comparación total del Sistema de radiodifusión Análogo- Digital (DRM)

TABLA GENERAL PONDERIZACIÓN DE INDICADORES		
	ANÁLOGO	DIGITAL(DRM)
CALIDAD DE AUDIO NO DEGRADADA POR EL CODEC	3	4
FIABILIDAD DEL CIRCUITO DE TRANSMISIÓN EN PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA	2,5	3,5
ZONA DE COBERTURA Y DEGRADACIÓN GRADUAL	3,33	4
INTERFERENCIA	3	3,33
FIABILIDAD DEL SERVICIO	2,67	3,33
<b>SUMATORIA</b>	<b>14,5</b>	<b>18,16</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,9</b>	<b>3,632</b>
<b>VALORACIÓN%</b>	<b>72,5%</b>	<b>90,75%</b>
	S	MS

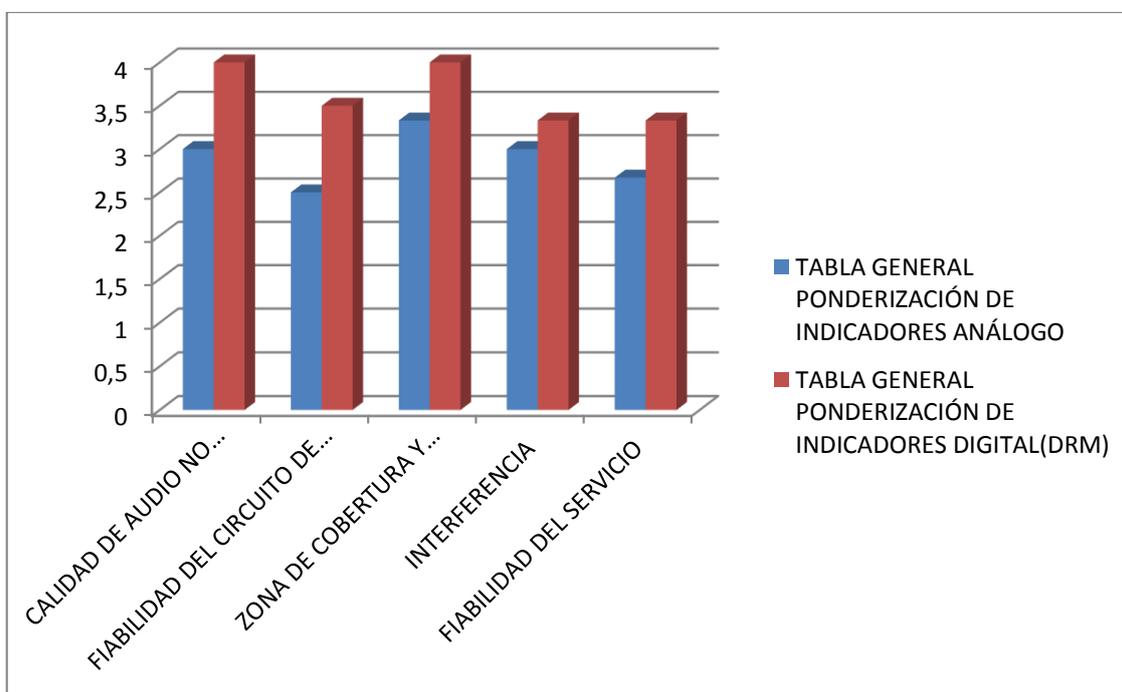


Figura 25 Comparación total del Sistema de radiodifusión Análogo–Digital (DRM)

- Interpretación:** Establecimos que el sistema digital basado en el estándar DRM tiene una valoración del 90,75% respecto al análogo con un 72,5% en todos los indicadores planteados, según ésta calificación obtenida consideramos importante que en el Ecuador se implemente ésta tecnología

ya que mejora la calidad de servicio para los radioescuchas pudiendo competir fácilmente con las emisoras FM, y teniendo mayor cobertura sin necesidad de repetidores en cada provincia, eliminando casi en su totalidad las interferencias, y proporcionando ciertos servicios adicionales que la hacen única.

## 4.4 GUÍA REFERENCIAL PARA EL DISEÑO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EMISORA CON EL ESTÁNDAR DRM.

### 4.4.1 SISTEMA DE UNA RADIODIFUSORA EN DRM

El estudio de la estación de la radiodifusión, es en donde se genera la programación de la emisora que se difunde. El sistema DRM es el que recoge las entradas de audio y luego les transforma a un formato DRM.

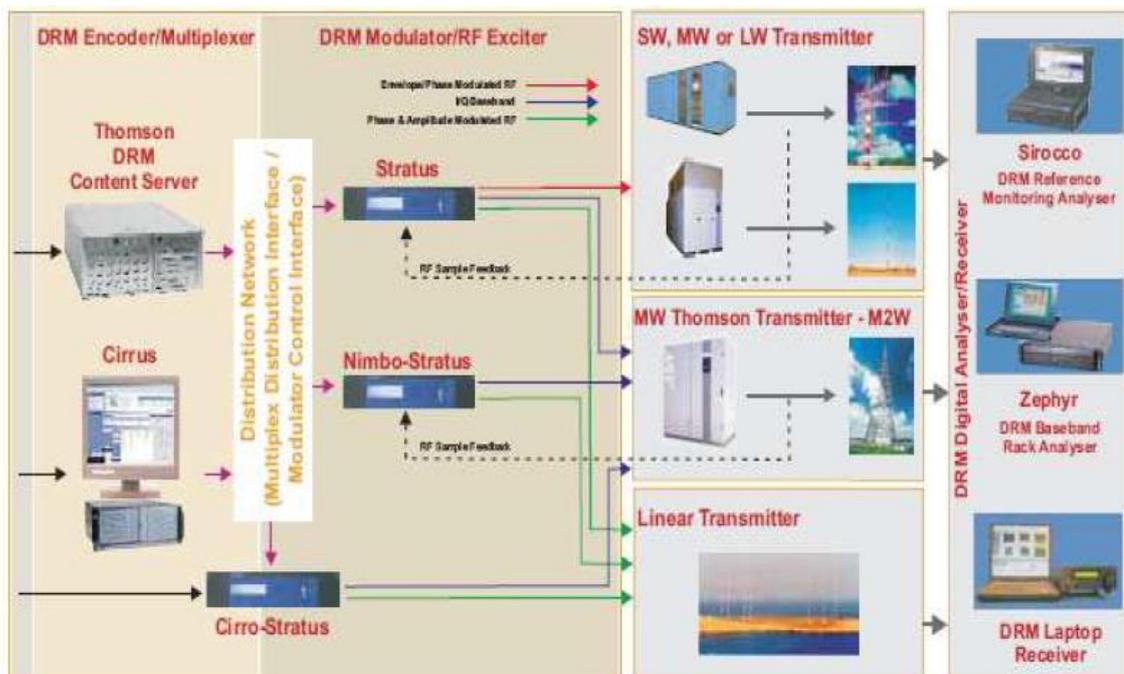


Figura 26 Diagrama del sistema DRM<sup>36</sup>

Del estudio al transmisor se mantiene un enlace, las señales que llegan al excitador son analógicas y digitales, el excitador sirve para administrar las fuentes de audio y el ajuste al estándar DRM.

<sup>36</sup>[bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6761/1/CD-5141.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6761/1/CD-5141.pdf)

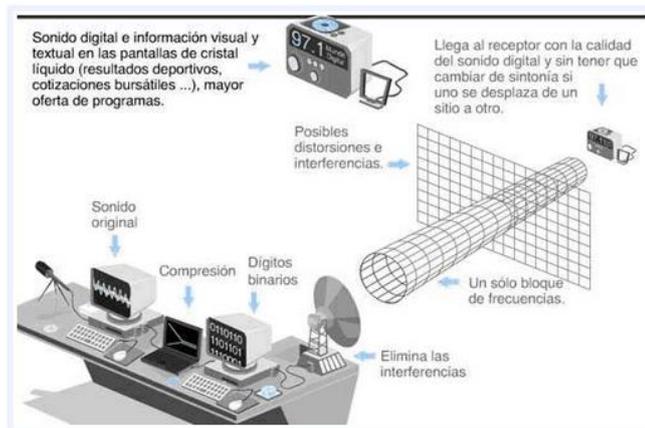


Figura 27 Esquema de la Radio Digital<sup>37</sup>

#### 4.4.2 SISTEMA DE CONTROL MASTER

En la sistematización se utiliza un computador que es el que controla todos los equipos de la radio estación.

El control master serie II es la herramienta más eficiente que se encontró para mejorar los procesos de interacción del operador para el mejor procesamiento de datos.

#### 4.4.3 MULTIPLEXOR DRM

Capaz de controlar cuatro datos de audio y servicios de datos, también una interfaz de distribución DRM para la radiodifusión AM.

Para actualizar las redes SFN se lo sincroniza mediante un receptor GPS, utiliza una GUI para la configuración y control.

#### 4.4.4 CODIFICADOR DE AUDIO

<sup>37</sup> <http://e-ciencia.com/blog/divulgacion/%C2%BFque-es-la-radio-digital/>

Se realiza en modo mono o stereo, desde las fuentes de audio analógico o digital por procesamientos en tiempo real.

Debe estar equipado con MPEG-4 AAC, MPEG-4 CELP, MPEG-4 HVXC

#### 4.4.5 CODIFICADOR DE DATOS

La codificación de audio se basa en MOT<sup>38</sup>, los datos se codifican en ASCII y los gráficos en HTML, GIF, BMP, PNG, JPEG.

#### 4.4.6 UBICACIÓN DEL TRANSMISOR

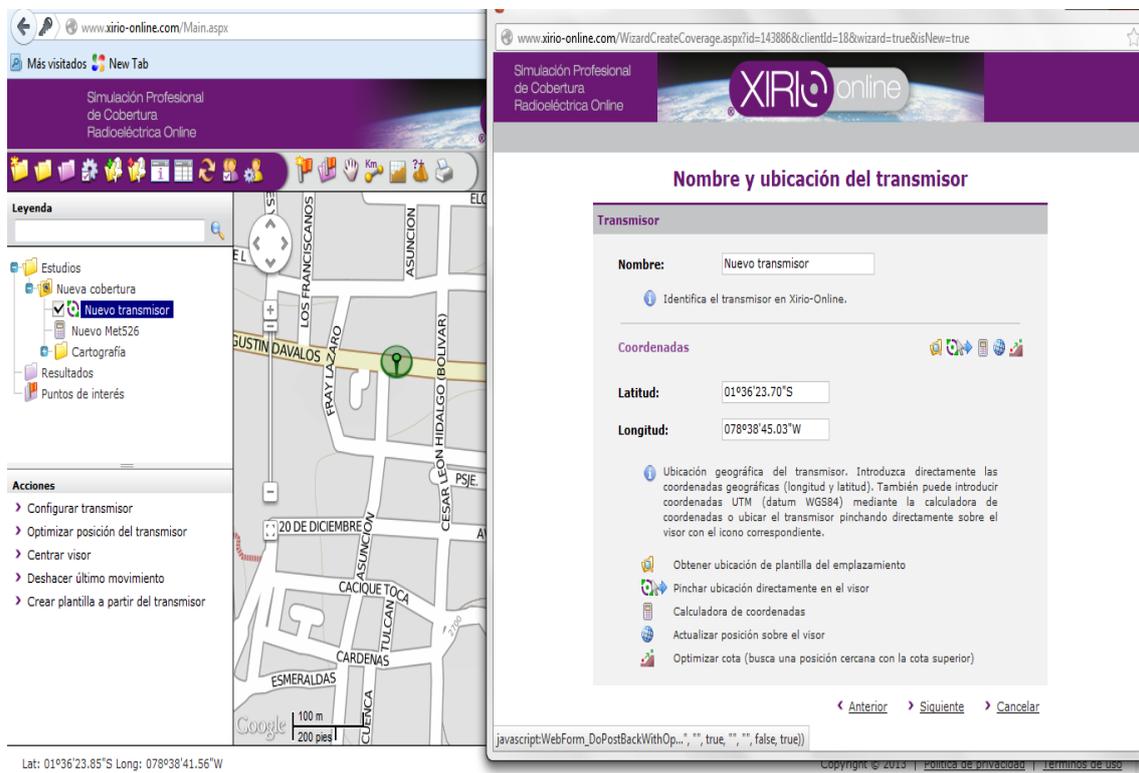


Figura 28 Coordenadas del transmisor en el Software XIRIO

Para saber la ubicación del transmisor en un sistema de radiodifusión digital con SFN que deben ser los que se utilizan actualmente en el sistema analógico.

<sup>38</sup> [http://www.nprlabs.org/sites/nprlabs/files/documents/pad/ts\\_102371v010201p.pdf#7652](http://www.nprlabs.org/sites/nprlabs/files/documents/pad/ts_102371v010201p.pdf#7652)

En áreas urbanas de tamaño pequeño no hay diferencia significativa en el número de transmisores que se utilicen pero si cuando tenemos una extensión mayor ya que gracias a esta se requiere menor número de transmisores porque crece el intervalo de guarda y menor potencia, si se aumenta algunos números de transmisores se consigue mayor homogeneidad en la cobertura.

La estación de radiodifusión AM debe ser colocada en un lugar con una línea de vista excelente hacia donde se instalará el transmisor, el estudio o estación radiodifusora se generan las señales de audio que luego son llevadas al transmisor.

Los actuales sistemas analógicos son ubicados en lugares donde su topografía sea plana, tenga cerca ríos y un tipo de vegetación húmeda ya que esto condiciona para un buen alcance de la señal. El lugar donde se colocará la antena tiene una altura de 2868 m, con coordenadas geográficas de  $1^{\circ} 37'34,27''$  S de latitud y  $78^{\circ}39'56,82''$  W de longitud, la ubicación del transmisor en este lugar va a permitir una excelente cobertura. En Chimborazo la mayoría de las emisoras se encuentran en el entorno rural por eso no necesitan un radioenlace, pero nosotros debemos tener en cuenta que el estudio o estación radiodifusora se encuentra en un entorno urbano y las leyes nos explican claramente que las antenas para radiodifusión AM deben estar colocadas en los perímetros rurales lejos de los centros poblados.

#### **4.4.6.1 ASPECTOS PARA EL DISEÑO DEL ENLACE**

Para el diseño del radioenlace, empezamos inspeccionando el lugar donde se va a instalar el sistema, es decir al hacer el análisis en el mapa geográfico determinando varios puntos de enlace, altura de la antena y líneas de vista.

Al explorar el lugar nos percatarnos que si existen accesos para el lugar, además se realizó la revisión de líneas de vista y recursos de energía eléctrica

Después de esto realizamos las respectivas comprobaciones con la ayuda de las expresiones matemáticas correspondientes para predecir la zona de fresnel, margen de despeje y pérdidas en el espacio libre se busca las especificaciones de los equipos a utilizar para el montaje de la radiodifusora.

Si se llegara a necesitar varios transmisores el intervalo de guarda debería ser de 2,66 ms y la distancia máxima entre transmisores debe ser de 798Km.

#### 4.4.7 ENLACE DEL ESTUDIO A LA ANTENA

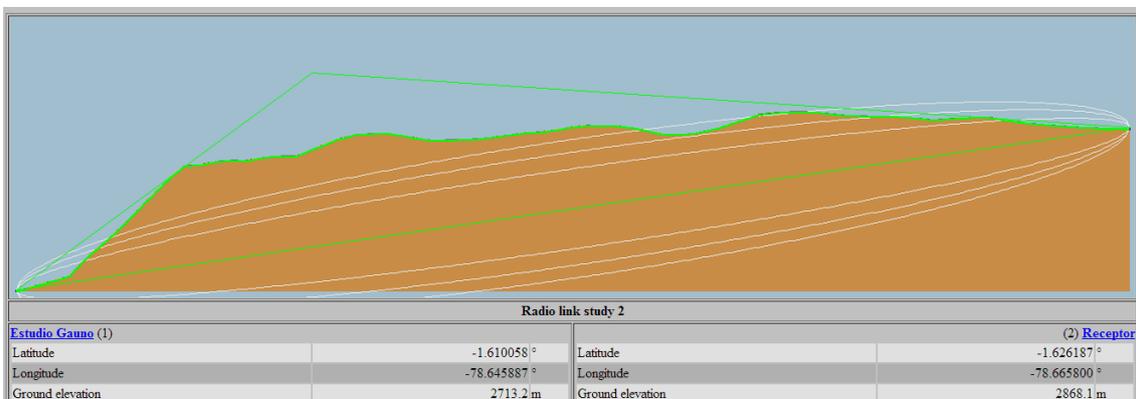


Figura 29 Enlace de Estudio a la Antena

##### 4.4.7.1 CÁLCULO DEL MÁRGEN DE DESPEJE

$$x(d) = h_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2} (h_2 - h_1) - \left[ x(d) + \frac{d_1 - d_2}{2KR_0} \right]$$

Dónde:

$$k = 4/3$$

$R_0$  = radio de la tierra [6370 Km]

$x(d)$  = altura del obstáculo [m]

$h_1$  = altura de la antena en el primer punto [m]

$h_2$  = altura de la antena en el segundo punto [m]

$d_1 =$  distancia desde el punto 1 hasta el obstaculo de mayor altura [m]

$d_2 =$  distancia desde el obstáculo hasta el segundo punto [m]

Los datos son los siguientes:

Tabla XVIII Datos para el cálculo del Margen de Despeje

Parámetro	Valor
$h_1$	2713.2 [m]
$h_2$	2868.1[m]
$d_1$	0.91[Km]
$d_2$	1.939[Km]
$x(d)$	2713.2 [m]

$$h(d) = 2713.2 [m] + \frac{0.91[Km]}{2.849[Km]} (2868.1[m] - 2713.2[m]) - (2846.2[m])$$

$$h(d) = 2713.2 + \frac{0.91[Km]}{2.849[Km]} (154.9) - \left( 2846.2 + \frac{(1.939)(0.91)[Km]}{2^{(4/3)}(6370[Km])} \right)$$

$$h(d) = 2713.2 + 49.48 - \left( 2846.2 + \frac{1.7645}{16986.67} \right)$$

$$h(d) = 2762.68 - (2846.2 + 1.038 \times 10^{-7})$$

$$h(d) = -83.52[m]$$

#### 4.4.7.2 CÁLCULOS ZONA DE FRESNEL

$$R1 = \sqrt{\frac{n\lambda d1d2}{f(d1 + d2)}}$$

**Dónde:**

$R_n =$  radio de la enesima zona de fresnel [m]

$n =$  número de elipsoide

$d_1 =$  la distancia del transmisor hasta el obstáculo u objeto [Km]

$d_2 =$  la distancia del objeto hasta el receptor [Km]

$f =$  frecuencia [Mhz]

Los datos son:

Tabla XIX Datos para el cálculo de la zona de Fresnel

Parámetro	Valor
$n$	1
$R_n$	$R_1$
$d_1$	0.091[Km]
$d_2$	1.939[Km]
$f$	1810[Mhz]

$$R_1 = 547.72 \sqrt{\frac{(1)(0.091[Km])(1.939[Km])}{1810[Mhz](2.849[Km])}}$$

$$R_1 = 547.72(0.02025)$$

$$R_1 = 11.09[m]$$

#### 4.4.7.3 CÁLCULOS DE LAS PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE DE LA TRAYECTORIA

$$L = 92.4 + 20lg(f) + 2lg(d)$$

$L$  = atenuación libre en el espacio[dB]

$f$  = frecuencia en el enlace

$d$  = distancia de separación de las antenas[Km]

$$L = 92.4 + 20lg(1.81[Ghz]) + 20lg(2.849[Km])$$

$$L = 166.65[dB]$$

#### 4.4.7.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA NOMINAL DE RECEPCIÓN

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_{Tx} + G_{Tx} - L + G_{Rx} - L_{Rx}$$

$P_{tx}$  = Potencia de transmisión [dBm]

$L_{tx}$  = Pérdidas en cables y conectores[dB]

$G_{Rx}$  = Ganancia en recepción[dBi]

$L_{Rx}$  = Pérdidas en recepción [dB]

$$L = \text{Pérdidas en espacio libre [dB]}$$

Tabla XX Datos para el cálculo de la potencia nominal de recepción

Parámetro	Valor
$P_{tx}$	67dBm (5000w)
$L_{tx}$	3 dB
$G_{Rx}$	4 dBi
$L_{Rx}$	3 dB
$L$	-166.65 dB

$$P_{Rx} = 67dBm - 3dB - 166.65dB + 4dBi - 3dB$$

$$P_{Rx} = -101.65 dBm$$

#### 4.4.7.5 CÁLCULO DEL MÁRGEN UMBRAL

$$MU = P_{Rx} - U_{Rx}$$

$$\text{Sensibilidad del receptor} = -187 dBm$$

$$P_{Rx} = \text{Potencia de recepción}$$

$$U_{Rx} = \text{Nivel de potencia umbral (sensibilidad)}$$

$$MU = -101.65 dBm - (-113.02 dBm)$$

$$MU = 11,37 dBm$$

#### 4.4.7.6 CÁLCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO

$$FM = 30lg(d) + 10lg(6ABf) - 10lg(1 - R) - 70$$

Tabla XXI Factores del terreno

FACTOR	CARACTERÍSTICA
A ¼	Terreno montañoso y áspero
B 1/8	Áreas montañosas

$FM$  = margen de desvanecimiento

$d$  = longitud del trayecto [Km]

$A$  = factor de rugosidad del terreno

$B =$  factor climático

$f =$  frecuencia del enlace [Ghz]

$R =$  confiabilidad

$$FM = 30\lg(2.849[Km]) + 10\lg\left(\left\{\frac{1}{4}\right\}\left\{\frac{1}{8}\right\}\{1.81[Ghz]\}\right) - 10\lg(1 - 0.9999) - 70$$

$$FM = 30(0.4547) + 10(-0.469) - (-40) - 70$$

$$FM = 13.64 + (-4.69) + 40 - 70$$

$$FM = -21.05$$

#### 4.4.8 MEDICIONES DE LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE UBICACIÓN



Figura 30 Coordenadas de la ubicación del Estudio en Guano en Radio-Mobile

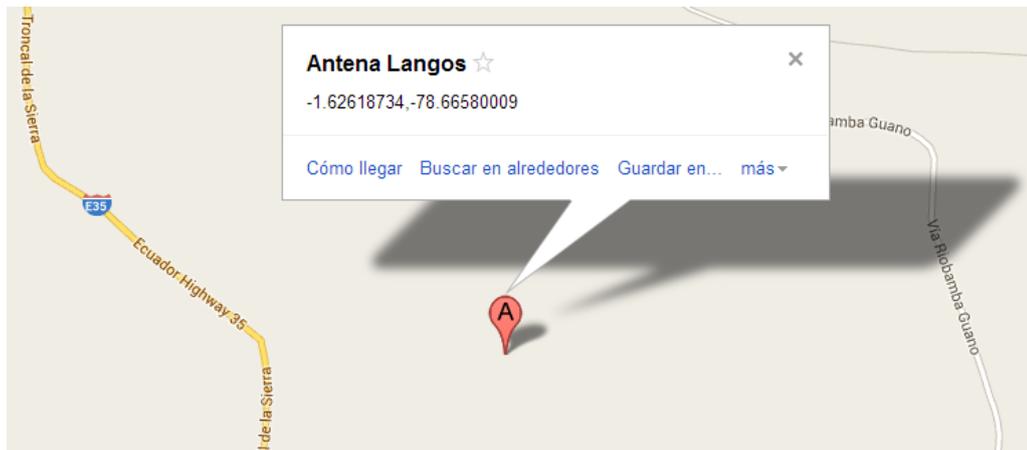


Figura 31 Coordenadas de la ubicación de la Antena en Langos

#### 4.4.9 SIMULACIÓN EN RADIOMOBILE

Los resultados que se obtuvieron al realizar la simulación del enlace entre el estudio y el transmisor son:

Tabla XXII Parámetros del radioenlace

PARÁMETRO	VALOR
Ángulo Azimuth TX	230.98°
Ángulo de Elevación TX	3.10°
Ángulo Azimuth RX	50.98°
Ángulo de Elevación RX	-3.12°
Power TX	43.07 dBm
Ganancia TX	6dBi
Ganancia RX	2dBi
Sensibilidad del receptor	-113.02dBm
Pérdidas en espacio libre	84.79dB
Distancia	2.849 Km

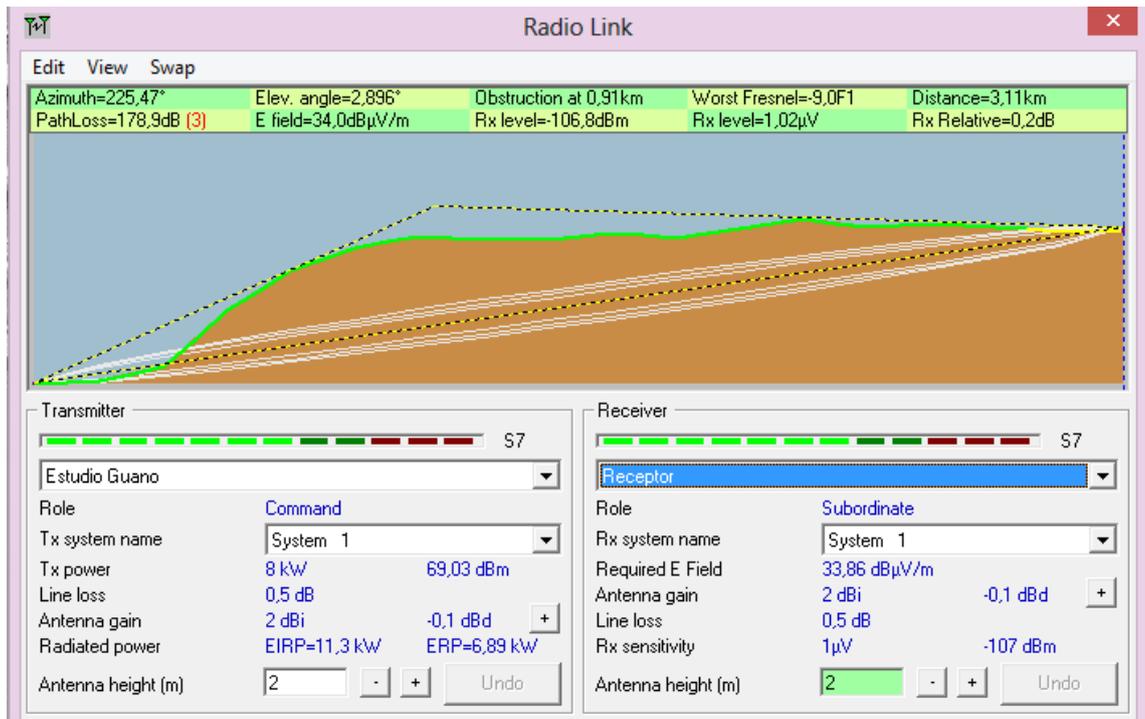


Tabla XXIII Radioenlace del estudio a la Antena.

#### 4.4.10 ZONAS DE COBERTURA

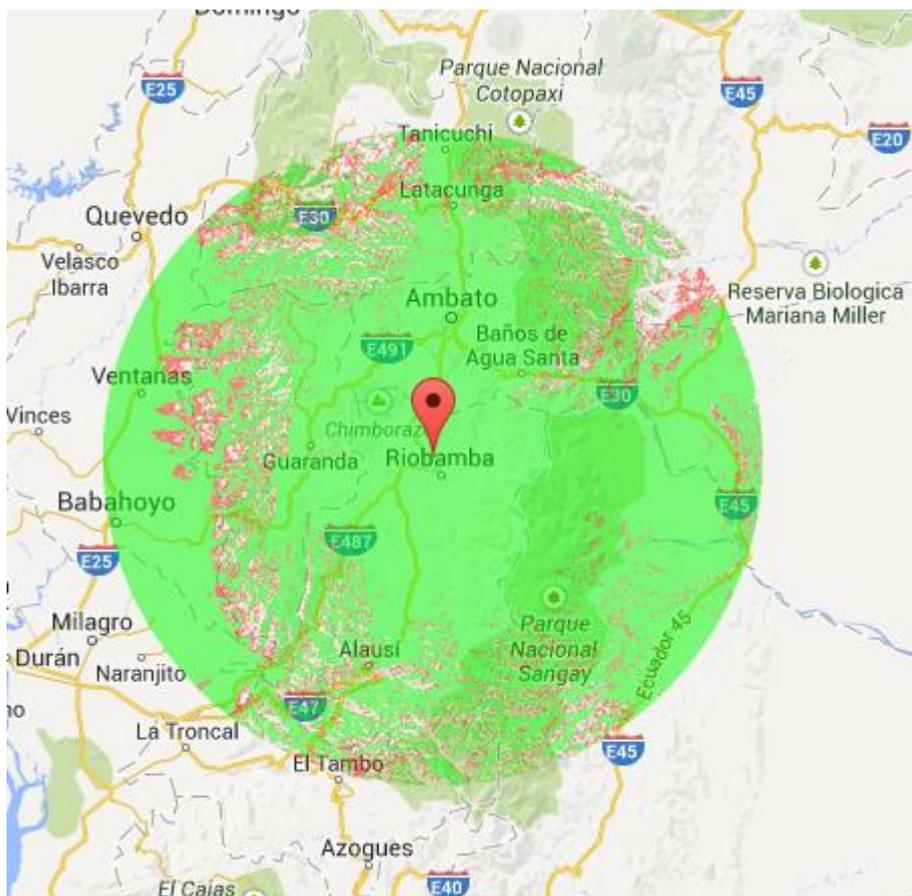


Figura 32 Estimación de la cobertura para el centro del país

## Radioenlaces a los receptores a varios puntos de la zona centro del Ecuador

Los resultados que se obtuvieron al realizar la simulación del enlace entre la ubicación de la antena y un receptor en la ciudad de Ambato son:

Tabla XXIV Parámetros radioenlace antena y un receptor en la ciudad de Ambato

PARÁMETRO	VALOR
Ángulo Azimuth TX	6.31°
Ángulo de Elevación TX	-0.52°
Ángulo Azimuth RX	186.31°
Ángulo de Elevación RX	0.15°
Power TX	69.03 dBm
Ganancia TX	6dBi
Ganancia RX	2dBi
Sensibilidad del receptor	-113.02dBm
Pérdidas en espacio libre	84.74dB
Distancia	41.401 Km

En la Fig. se ilustra gráficamente en radioenlace.

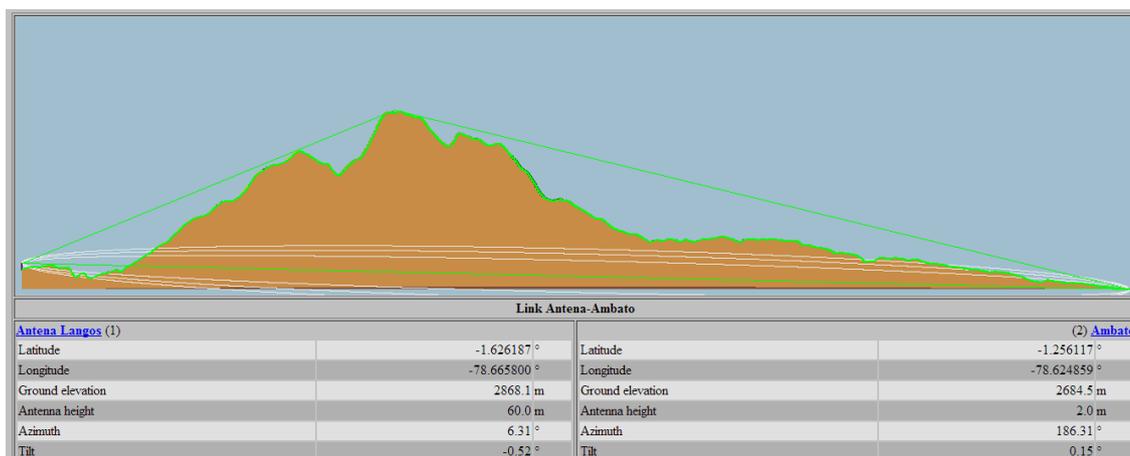


Figura 33 Radioenlace a un receptor en a ciudad de Ambato.

Los resultados que se obtuvieron al realizar la simulación del enlace entre la ubicación de la antena y un receptor en la ciudad de Latacunga son:

Tabla XXV Parámetros radioenlace Antena a un receptor en la ciudad de Latacunga

PARÁMETRO	VALOR
Ángulo Azimuth TX	3.91°
Ángulo de Elevación TX	-0.47°
Ángulo Azimuth RX	183.91°
Ángulo de Elevación RX	-0.22°
Power TX	69.03 dBm
Ganancia TX	6dBi
Ganancia RX	2dBi
Sensibilidad del receptor	-113.02dBm
Pérdidas en espacio libre	90.13Db
Distancia	77.027 Km

En la Fig. Se ilustra gráficamente en radioenlace.

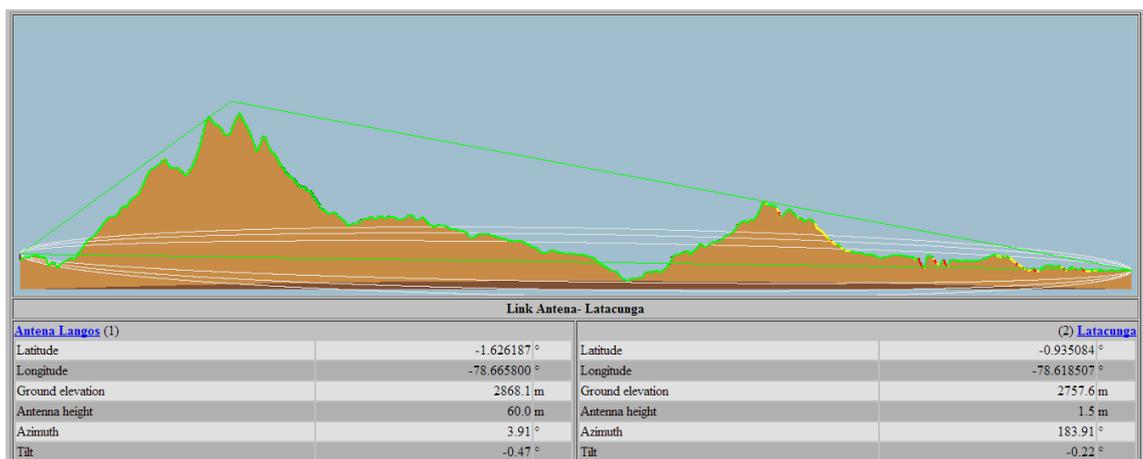


Figura 34 Radioenlace a un receptor en la ciudad de Latacunga

#### 4.4.11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

Para los equipos de transmisión en el Cantón Guano y el sistema de radiación ubicado en Langos, fuera del perímetro urbano, se debe tomar en cuenta el

espacio físico adecuado para construir una especie de cuarto para el equipo transmisor, básicamente conformado de la torre de soporte de la antena, línea de transmisión, el transmisor, el receptor y el sistema radiante.

#### **4.4.11.1 EQUIPOS RADIOMICROONDA**

Los sistemas de microonda permiten cubrir las necesidades de conectividad en las redes de transmisión; ofreciendo un sistema confiable y fácil de instalar. Para la comunicación vía microonda, se podrá utilizar el equipo de Radio Microondas marca Harris Truepoint y sus correspondientes accesorios los cuales permitirían un enlace muy fiable en el transporte de voz y datos.

El equipo microonda que cumple con los parámetros mencionados anteriormente en el diseño del radioenlace del transmisor a cada uno de los repetidores, se detalla a continuación:

##### ***Equipos microonda HARRIS***

Los equipos Harris de la serie Truepoint de radios digitales de punto a punto proveen soluciones de redes de microonda altamente flexibles y confiables para conexiones de comunicación de datos sobre un amplio rango de bandas de frecuencia desde 6 hasta 38 [GHz].

Los radios Truepoint permiten a los proveedores de servicio seleccionar por software la capacidad, el nivel de modulación, la frecuencia RF y la potencia de salida necesaria para cumplir con los requerimientos administrativos y de eficiencia del espectro a nivel mundial. El radio microonda puede ser administrado y supervisado utilizando cualquier red SNMP o administrador de elemento.

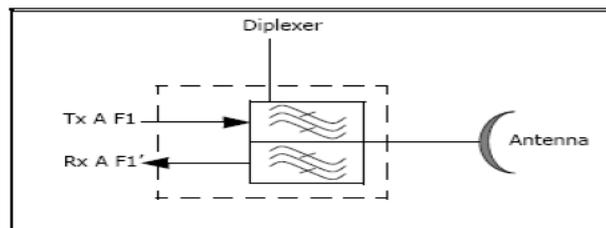
Los módulos fáciles de conectar hacen de este radio de microondas el más ligero, escalable y disponible; los proveedores de servicio podrán elegir un sistema que

cumpla con sus requerimientos y de esa forma, adaptar o ampliar fácilmente las redes para adecuar nuevas aplicaciones o un nuevo crecimiento.

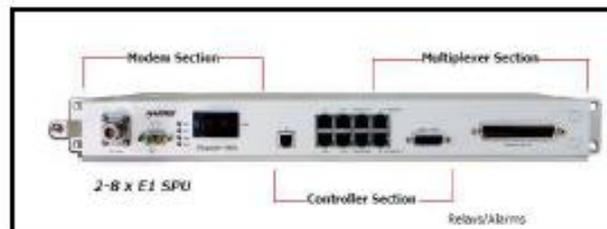
La fácil configuración del Truepoint proporciona a los proveedores un alcance sin precedentes de la red, permitiendo nuevas oportunidades de ingreso que pudiesen ser incosteables con un sistema menos flexible. Funciona en una red con conmutador de circuito tradicional y proporciona una transición simplificada al establecimiento de un sistema de redes IP.

**Tabla XXVI Rango de frecuencia para radioenlace microonda**

Frecuencia [GHz]	7; 8; 13; 15; 18; 23;26;38
Capacidad	2; 4; 8; 16 E1
Modulación	QPSK y 16 QAM



**Figura 35 Diagrama de bloques de la microonda**



**Figura 36 Multiplexor y Modem del radio microonda**

## 4.4.11.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DRM

### 4.4.11.2.1 TRANSMISOR MODULADOR DRM

Este sistema tiene las siguientes características:

- Sistema para ahorro de energía.
- Diseño modular amplificadores de potencia de 1[Kw], banda ancha en todo el rango de AM.
- Fácil cambio de frecuencia de operación.
- Unidad combinadora para sumar transmisiones estándar, para la obtención de grandes potencias.
- Opera en LW para transmisiones Broadcast en la banda 150 a 300 [KHz].
- Bandas de operación: LW 40 a 148 [KHz], LW 150 a300 [KHz], AM 525 a1710 [KHz].
- Salida de potencia entre 5 [Kw] y 600 [Kw] combinándose hasta 2000 [Kw].

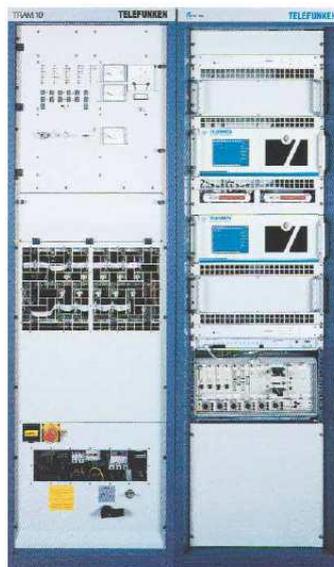
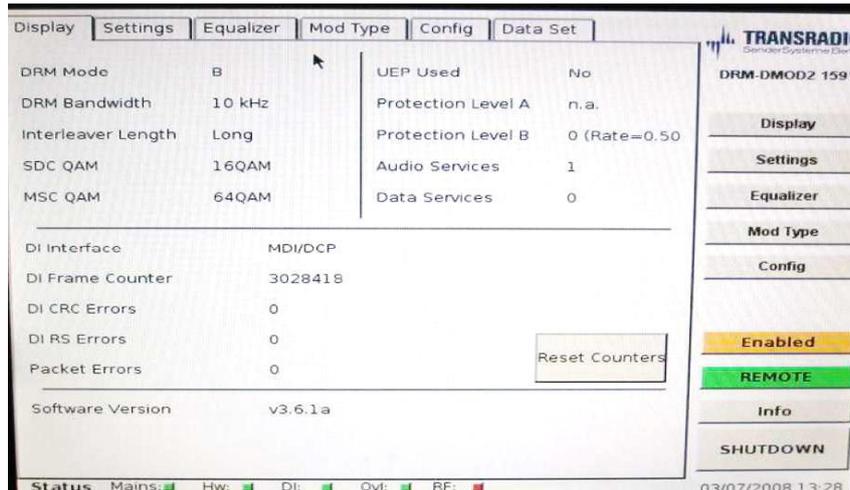


Figura 37 Transmisor TRAM 10 con modulador DRM



**Figura 38** Parámetros de configuración del modulador DRM

En ciertos equipos de amplificación es posible la integración junto con el modulador OFDM, donde el bloque del excitador es el encargado de trasladar al canal correspondiente la señal de audio digital procedente del modulador OFDM para luego entregarla al amplificador.

### ***Equipos Thomson***

*Modulador DRM alto Stratus (TXW 5123 D).*

Es un codificador / modulador del canal donde el procesamiento de la señal digital se realiza en tiempo real. El modulador es capaz de entregar la señal dependiendo de los modos de transmisión DRM para un ancho de banda de 20[KHz].

*Transmisor de onda corta DRM (TSW 2300).*

El transmisor de onda corta TSW 2300 D con una potencia de 300 [Kw] permite al radioescucha seleccionar entre la radiodifusión analógica o radiodifusión digital.

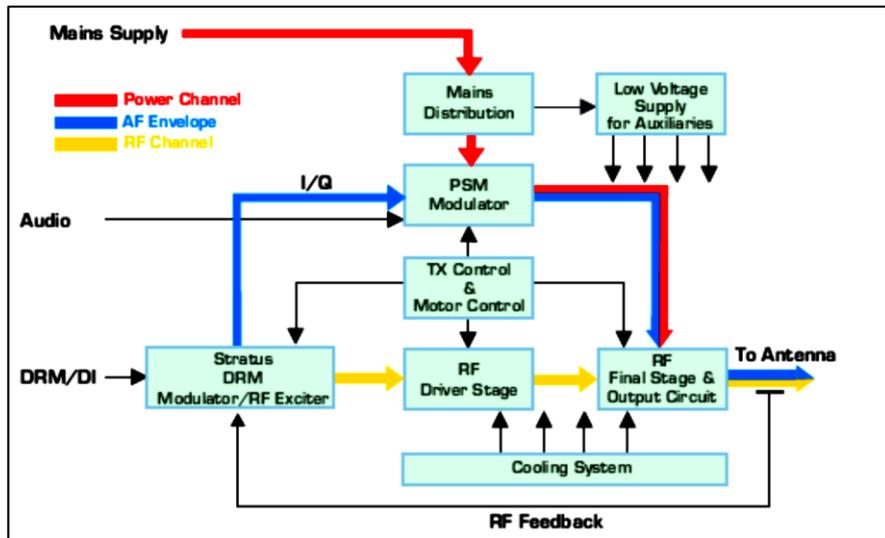


Figura 39 Diagrama de bloques del transmisor TSW 2300 D

Características Técnicas del transmisor TSW 2300 D.

- Modulación DRM DSB
- Rango de Frecuencia 5.95 MHz +26.1 (Estándar)
- Potencia de Salida RF 150 [Kw] Portadora : 300 [Kw]
- Impedancia de salida 50 ohmios (desbalanceado)
- 300 ohmios (balanceado)
- VSWR 2.0 a 50 ohmios (desbalanceado)
- 1.7 a 300 ohmios (balanceado)
- Voltaje 3 a 24 [Kv] (Trifásico)
- 400 [V] (Trifásico)
- Frecuencia 50 o 60 [Hz] (2 [Hz])
- Factor de Potencia 0.95 Potencia Nominal

*Transmisor Stratus (TXW 5126D).*

Es un modulador versátil y un excitador RF útil para alimentar al transmisor de amplificación; puede tomar los múltiples programas de audio y encapsularlos en formato DRM o DI MDI en una entrada de audio para radiodifusión analógica o simulcast combinando con entradas DRM / DI MDI. Para la operación de redes de frecuencia única el modulador puede realizar la sincronización mediante un receptor GPS interno mediante una referencia de tiempo de 1 pps.

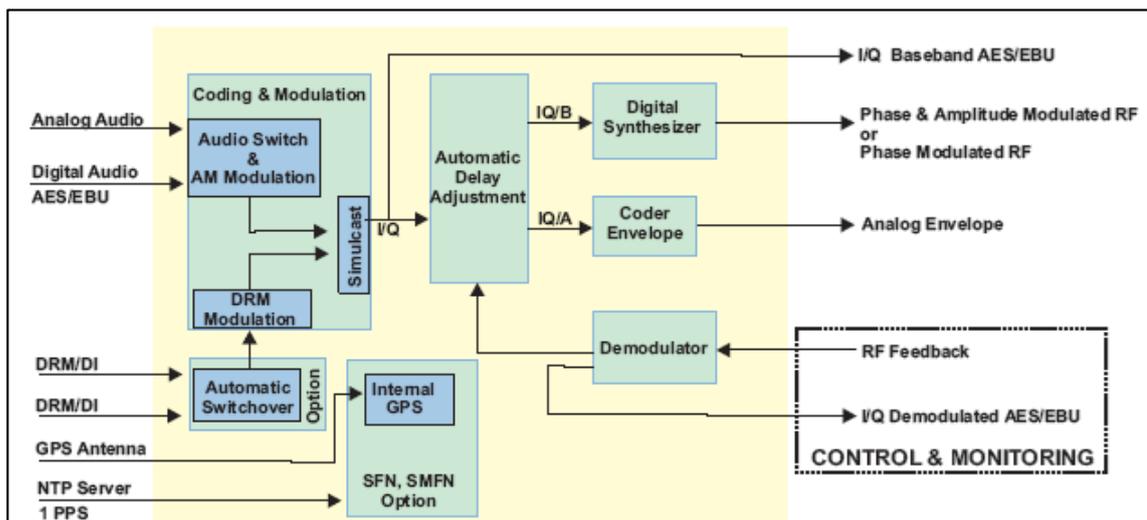


Figura 40 Diagrama funcional de un transmisor DRM

Características del modulador:

- Estructura de transmisión COFDM
- Ancho de Banda de señal 4.5, 5, 9, 10, 18 y 20 KHz
- Banda de Frecuencia
- LW: 148.5 + 283.5 KHz
- MW: 525 + 1705 KHz
- SW: 2.3 + 26.1 MHz
- Red de frecuencia única (Opcional)
- Receptor GPS interno o externo
- con referencia de tiempo 1 PPS.

- Potencia 150 W- 10 [Kw] (95 VAC – 264 VAC)
- Voltaje 110V / 240 V  $\pm$  10 %
- Frecuencia 50 / 60 Hz ( $\pm$  2 Hz)

Entre los fabricantes de equipos de radiodifusión DRM se tiene: TelefunkenSender Systeme Berlín AG que proporciona soluciones para la transmisión de radio digital. Continental Lensa es otra de las empresas que ha sido licenciada para desarrollar, fabricar y comercializar transmisores y excitadores para la radiodifusión en las bandas de AM y FM y la fabricación y distribución de equipos DRM.

#### **4.4.12.2 SISTEMA RADIANTE**

La antena es un circuito eléctrico formado por autoinducción, capacidad y resistencia cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda correspondiente a la alta frecuencia que la atraviesa. El sistema radiante es un conjunto de antenas, elementos de control y distribución de potencia para la radiación de señales RF generadas desde un transmisor.

##### **4.4.12.2.1 ANTENAS DRM**

En antenas para la banda de onda media (MF), el ancho de banda es el parámetro que permite evaluar una antena para los sistemas de radiodifusión digital por debajo de los 30 [MHz].

El ancho de banda de una antena se considera como el rango de frecuencias dentro del cual tiene un desempeño satisfactorio; con parámetros como la ganancia y el patrón de radiación de una antena depende de la frecuencia; la relación de

onda estacionaria VSWR se usa para describir el funcionamiento de una antena cuando se conecta a una línea de transmisión.

**Tabla XXVII Características VSWR para antenas de onda para DRM**

Sistema	VSWR	Rango de Frecuencias	Ancho de Banda
DRM	$\leq 1.2$	$\pm 10$ [KHz]	20 [KHz]
	$\leq 1.4$	$\pm$ DRM 15 [KHz]	30 [KHz]
	$\leq 1.035$	$\pm 5$ [KHz]	10 [KHz]

La fase y la amplitud de cada elemento de la antena son controladas por el proceso de señal en banda base y permite adaptar el modelo de la antena a las posiciones actuales del transmisor dentro del radio de la celda.

Con el uso de antenas inteligentes se puede aumentar la eficiencia espectral y el radio de la celda se puede direccionar correctamente; esto permite aumentar el nivel de potencia en el receptor, reducir el número de componentes multitrayectoria y cancelar algunos de las señales interferentes.

### ***Antenas para AM***

Como se dijo anteriormente el parámetro crítico para evaluar una antena con el fin de ajustarse a los requerimientos de los sistemas de radiodifusión digital por debajo de los 30 MHz, es el ancho de banda, que para efectos prácticos está relacionado estrechamente con la relación de onda estacionaria.

El ancho de banda de una antena se considera como el rango de frecuencias dentro del cual la antena presenta un desempeño satisfactorio, es decir, una o más

características de la antena (esto es ganancia, patrón de radiación e impedancia), tienen valores aceptables entre los límites de este rango.

Para la mayoría de antenas, parámetros como la ganancia y el patrón de radiación no tienen variaciones abruptas conforme avance la frecuencia, en cambio la impedancia si, razón por la cual los acoplamientos entre las antenas y las líneas se vuelven un problema en el caso de que el comportamiento de impedancia no presente estabilidad en el ancho de banda requerido, por lo que se toma la relación de onda estacionaria como un parámetro para estimar el comportamiento de la antena entre una frecuencia máxima y una mínima.

La relación de onda estacionaria (SWR<sup>39</sup>), también conocida como relación de onda estacionaria de voltajes VSWR, no es estrictamente una característica que presentan las antenas, pero es comúnmente usada para describir el funcionamiento de una antena cuando se conecta a una línea de transmisión, es decir, es una medida de que tan bien la impedancia de la antena se acopla a la impedancia característica de la línea de transmisión.

Si la impedancia que ofrece la antena no presenta componente reactivo tan solo componente resistiva, y a su vez esta componente resistiva es igual a la impedancia característica de la línea, entonces se dice que tanto la antena como la línea de transmisión están acopladas. Por consiguiente cualquier señal enviada a la antena no presentará onda de reflexión y el VSWR será idealmente 1, de no darse esta condición los dispositivos estarán desacoplados y se presenta una onda estacionaria caracterizada por los máximos y mínimos de voltaje en la línea, dando como resultado un VSWR mayor que 1.

---

<sup>39</sup>Proviene del inglés **Standing Wave Ratio**. También se conoce como ROE por sus siglas en español.

Los valores de VSWR comprendidos entre 1.1 y 1.5 se consideran excelentes, valores entre 1.5 y 2 se consideran buenos, valores superiores a 2 en determinadas aplicaciones se consideran inaceptables.

Teóricamente se requiere que entre la antena y la línea de transmisión exista acoplamiento para optimizar la radiación de potencia, esto puede ser alcanzado para una frecuencia individual, en la práctica una antena se usa sobre un ancho de banda y su impedancia variará sobre este rango, por esta razón es necesario que las especificaciones de antenas contengan un diagrama de la variación del VSWR en función de la frecuencia. Para los sistemas de radiodifusión sonora digital abordados en este proyecto de titulación los valores de VSWR requeridos son los siguientes:

**Tabla XXVIII Valores de VSWR en DRM para antenas AM**

Sistema	VSWR	Rango de Frecuencias	Ancho de banda
DRM	≤1.2	±10KHz	20 KHz
	≤1.4	±15 KHz	30 KHz
	≤1.035	±5KHz	10 KHz

#### 4.4.12.3 RECEPTORES DRM

Entre los equipos receptores que el usuario debe adquirir para poder acceder al servicio de radiodifusión, existen receptores para todo tipo de características y de diferentes precios, a continuación se presenta diferentes tipos de receptores

DRM.

##### Receptor DRM MAYAH 2010.

Es un receptor multibanda Digital y Analógico, que cumple perfectamente con las exigencias de la Norma DRM, recibe programas en audio stereo y datos; permite también recibir la señal de las bandas convencionales actuales de AM y FM.



Figura 41 Receptor DRM MAYAH 2010

## Receptor digital DRM.

Es el primer receptor para radio digital mundial que funciona mediante conexión USB, por lo que no necesita alimentación externa ni pilas, trabaja en conexión a un computador del que recibe la corriente necesaria. El margen de frecuencias llega a los 30 [MHz] en modos AM y FM, guarda hasta 8 emisoras por banda y mediante un programa muestra los servicios de cada emisión y los mensajes emitidos por las estaciones de radiodifusión. Permite trabajar en sistemas operativos como Windows 2000 y Windows XP; pesa 110 gramos y mide 11 x 6 x 3 cm. e incluye software, cable USB y antena; el costo aproximado del receptor es de 200 € (euros).



Figura 42 Receptor digital DRM-USB<sup>40</sup>

## 4.5 EQUIPOS PARA RADIO DIGITAL AM (DRM)

La situación actual en el país no permite el acceso a equipos que puedan ser adquiridos con facilidad, debido a que ésta tecnología es nueva,; se necesitará de equipos actuales y robustos y compatibles para la implementación de la radio digital AM; los equipos serán adquiridos por la empresa mediante proveedores de internet. Para lo cual hemos realizado una estimación de los costos de los equipos necesarios.

---

<sup>40</sup> <http://www.laopinon.cl/admin/render/noticia/14737>

Tabla XXIX Tabla de Equipos, Marcas y Precios<sup>41</sup>

EQUIPO	MARCA	PRECIO
Servidor de Contenido ALTO-DRM Básico	Digidia	\$35600
Modulador SOPRANO- DRM Básico	Digidia	\$30300
Excitador TENOR-DRM Básico	Digidia	\$64600
Excitador TENOR-DRM Avanzado	Digidia	\$77800
DIAPASON-DRM sincronización GPS	Digidia	\$4220
Excitador DRM (servidor de contenido, modulador)	Harris	\$42000
Transmisor (DX, 3DX, DAX)	Harris	\$130000 (para la potencia requerida)
Orban 9200D Procesador de audio digital		\$4750
UPS		\$350
Equipo de estudio digital		\$1000 - \$30000
Otros equipos / costos		\$12000 - \$30000

<sup>41</sup>[bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf)

Cabe recalcar que los precios de los equipos varían de acuerdo a las características requeridas para el sistema a implementarse.

#### **4.6 ANÁLISIS REGULATORIO**

El uso de sistemas digitales permite optimizar el uso del espectro radioeléctrico ya que se requiere un menor ancho de banda; evidentemente en nuestro país la radiodifusión digital no ha ido más allá que de estudios para posibles implementaciones, pero el uso de éstos sistemas nos permitirán estar a la par con otros países de Sudamérica como Chile, Brasil; los cuales llevan ya años utilizando la tecnología digital en cuanto a radiodifusión se refiere.

También es imprescindible contemplar un período de transición a la nueva tecnología, tal como se viene realizando con la televisión digital en nuestro país.

Todos los requisitos de concesiones de frecuencias e infracciones se encuentran adjuntas a los anexos.

## CONCLUSIONES

- La calidad de audio no degradada por el códec del estándar DRM es mejor a la analógica, como punto de referencia en la radio analógica la calidad de audio tiene una degradación del 75% mientras que en la digital su ponderación es 100%, por lo tanto esto representa un progreso importante del nivel de audio.
- En cuanto a la fiabilidad del circuito de transmisión se realizaron pruebas de la propagación ionosférica, éste indicador tiene una ponderación en el sistema analógico del 62,5% que es satisfactoria con respecto a la radio digital con DRM tiene una valoración del 87,5% que es muy satisfactoria; y referente a la fiabilidad de recepción en los dos sistemas son iguales, pero la degradación gradual en el sistema analógico es un poco más evidente; de esta manera obtuvimos la valoración de 66,67% para la radio analógica y 83,33% para la digital.
- Los índices de la interferencia nos muestran que en la potencia de transmisión analógica debe ser más potente que la digital para que no causen interferencias admisibles, de ésta manera la ponderación de la radio analógica es del 75%, y la digital de un 83,33% siendo muy satisfactoria con respecto a la analógica.
- Hemos demostrado los objetivos planteados; estableciendo que el sistema digital basado en el estándar DRM tiene una valoración del 90,75% respecto al analógico con un 72,5% en todos los indicadores planteados., según ésta calificación obtenida consideramos importante que en el Ecuador se

implemente ésta tecnología ya que mejora la calidad de servicio para los radioescuchas pudiendo competir fácilmente con las emisoras FM; para lo cual se propone una guía referencial en cuanto a estándares a elegir, equipos, simulación y normativa para la implementación de ésta tecnología.

## RECOMENDACIONES

- Para la implementación del sistema de radio AM digital en cualquier lugar se debe tener en cuenta los requisitos legales que rigen en el país.
- Al momento de adquirir todos los equipos necesarios para la implementación de la radiodifusora se debe revisar muy bien todas las características de los mismos teniendo en cuenta que deben cumplir todos los requisitos considerados en el estudio realizado con anterioridad con respecto a la ubicación del transmisor, antena y demás cálculos efectuados.
- Implementar un plan de seguridad en el que se detalle muy bien un cronograma de visitas técnicas para que los equipos se mantengan en excelente funcionamiento y hacer las recomendaciones oportunas para mantenimiento, reparación o cambio de equipos
- Se propone ésta tecnología para su implementación debido a tener mayor cobertura sin necesidad de repetidores en cada provincia, eliminando casi en su totalidad las interferencias, y proporcionando ciertos servicios adicionales que la hacen única.

## BIBLIOGRAFÍA

- **BEUTLER., R.**, Digital Terrestrial Broadcasting Networks., 1ª.ed., Berlin- Alemania., Springer., 2008., pg. 1-55
- **BRUCE G.**, La Radio Popular y Comunitaria En La Era digital, El bit de la Cuestión., 1ª.ed., Buenos Aires- Argentina., Amarc-Alc., 2010., pg. 15-34
- **CRESPO C.**, Radiocomunicaciones., 1ª ed., Madrid-España., Prentice-Hall, 2008., pg. 61-98, 137- 187

- **JONES., G., A.,** Broadcast Engineering Tutorial For Non-Engineers., 3<sup>a</sup>.ed., Washington D.C.- EEUU., Focal Press., 2005., pg. 87-123., 210- 280
  
- **NUÑO., M., M.,** Documentación en el Medio Radiofónico: hacia un entorno digital., 1<sup>a</sup>.ed., Madrid- España., Síntesis, S.A 2007., pg. 15-45
  
- **PROAKIS, J. G. Y SALEHI, M.,** “Communication Systems Engineering”. 2<sup>a</sup> ed., Englewood Cliff- EEUU. Prentice-Hall, 2001., pg. 70-131, 217- 261, 341- 661
  
- **WOLFGANG H.,** Digital Audio Broadcasting., 3<sup>a</sup> ed., Londres- Gran Bretaña., Wiley, 2009., pg. 70- 131 2009., pg. 1- 229

## ÉSTANDARES RADIO DIGITAL

- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2058/1/98T00018.pdf>

2013-07-21

- <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8495/5/T%2011154%20CAPITULO%202.pdf>

2013-08-18

- <http://abs.docsread.com/docs/index-9984.html>

2013-06-12

## IMPLEMENTACIÓN RADIO DIGITAL

- <http://www.slideshare.net/manigordo/tesis-radio-digital>

2013-09-03

## MODULACIÓN OFDM

- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4162/1/CD-2570.pdf>

2013-05-03

- <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2477/1/T-ESPE-027548.pdf>

2013-07-12

- [http://ursi.usc.es/articulos\\_modernos/articulos\\_coruna\\_2003/actas\\_pdf/SESSION%205/S5.%20Aula%202.5/1488-ANALISIS%20EMISIONES.PDF](http://ursi.usc.es/articulos_modernos/articulos_coruna_2003/actas_pdf/SESSION%205/S5.%20Aula%202.5/1488-ANALISIS%20EMISIONES.PDF)

2013-08-24

## **RADIO DIGITAL**

- [www.bocc.ubi.pt/pag/rodero-emma-radio-futuro.](http://www.bocc.ubi.pt/pag/rodero-emma-radio-futuro)

2013-05-12

- <http://www.franciscobastarrica.com/index.php/el-minidisc-en-la-radio/>

2013-04-26

- <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf>

2013-06-28

## **ECUADOR, CONSEJO NACIONAL DE RADIO Y TELEVISIÓN**

- [www.conartel.gob.ec](http://www.conartel.gob.ec)

2013-07-03

## **ECUADOR, SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES**

- [www.supertel.gob.ec](http://www.supertel.gob.ec)

2013-05-11

## **SUIZA, UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

- [www.itu.int](http://www.itu.int)

2013-09-14

**ANEXOS**

# **ANEXO 1: Recomendación UIT-R BS.1514-1**

(03/2011)

## **Sistema para radiodifusión sonora digital**

**en las bandas de radiodifusión**

**por debajo de 30 MHz**

### **Prólogo**

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

#### **Series de las Recomendaciones UIT-R**

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

<b>Series</b>	<b>Título</b>
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	<b>Servicio de radiodifusión sonora</b>
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología

<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

*Publicación electrónica*  
Ginebra, 2011

© UIT 2011

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1514-2

### **Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz**

(Cuestión UIT-R 60/6)

(2001-2002-2011)

#### **Cometido**

Esta Recomendación describe las características de varios sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal actualmente utilizados en las bandas de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas y alienta a los fabricantes de receptores radioeléctricos a desarrollar receptores de radiocomunicaciones digitales portátiles multibanda y multinorma diseñados para que admitan emisiones no sólo en las bandas de onda media y onda corta sino también en otras bandas previstas para la recepción directa de radiodifusión sonora dirigida al gran público.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que hay una creciente necesidad mundial de medios adecuados para radiodifundir señales sonoras monofónicas o estereofónicas de alta calidad a receptores instalados en vehículos, portátiles y fijos;
- b) que los oyentes de programas radiofónicos en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas no pueden aún beneficiarse de las transmisiones de radiodifusión sonora digital;
- c) que la radiodifusión sonora digital terrenal en estas bandas ofrece la posibilidad de servicios nuevos y mejorados a los oyentes;
- d) que los oyentes se beneficiarían de la existencia de una norma mundial única para la radiodifusión terrenal de señales de sonido digitales;
- e) que la actual congestión de las bandas de radiodifusión sonora terrenal por debajo de 30 MHz origina en algunos países un alto nivel de interferencia y limita el número de programas que pueden ser transmitidos;
- f) que los organismos de radiodifusión dependen considerablemente del uso de estas bandas debido a sus condiciones de propagación favorables, en particular para cobertura de zona amplia;
- g) que para facilitar la transición de la radiodifusión sonora analógica a la radiodifusión sonora digital de una manera que asegure la continuidad de servicio, puede ser necesaria una solución basada en la radiodifusión simultánea (analógica y digital combinada) además de soluciones solamente digitales;
- h) que la Recomendación UIT-R BS.1348 relativa a los requisitos de servicio de la radiodifusión sonora digital en estas bandas especifica una serie de requisitos para que los diseñadores de sistema en varios países puedan superar las actuales deficiencias de la calidad audio y robustez de la señal y proporcionar nuevos servicios;
- j) que en respuesta a una «solicitud de propuestas» del UIT-R, en la que se pedían descripciones de sistema y resultados de prueba en laboratorio y servicio real, dos Miembros del Sector del UIT-R han presentado documentación sobre diferentes sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para su utilización en bandas de frecuencia por debajo de 30 MHz;

k) que las especificaciones de diseño funcionales concisas de las dos propuestas indicadas en el *considerando* j) figuran en los Anexos 1 y 2, mientras que en el Apéndice 1 se dan detalles más amplios;

l) que cada uno de los proponentes ha presentado resultados de pruebas en laboratorio y en servicio real, en los documentos mencionados en el Apéndice 1 para el equipo prototipo, y que en los Anexos 4 y 5 se presentan las versiones condensadas de estos resultados de prueba, comparadas con los criterios de evaluación definidos en el Anexo 3,

*considerando también*

a) que actualmente se están utilizando otros sistemas de radiocomunicaciones digitales en distintas partes del mundo, para servicios radioeléctricos en diversas bandas de frecuencias, y que sistemas diferentes requieren a veces filtros de FI diferentes para proporcionar funcionalidades mejoradas; por ejemplo, permitir la recepción de radiodifusión simultánea analógica-digital y transmisiones estereofónicas;

b) que dicha multiplicidad de sistemas y aplicaciones puede confundir a los usuarios finales y también puede desembocar en la disponibilidad en el mercado de receptores radioeléctricos diseñados para admitir únicamente algunos sistemas de radiocomunicaciones digitales;

c) que sería muy ventajoso para los usuarios, especialmente los que necesitan utilizar los receptores radioeléctricos también mientras viajan, que los receptores disponibles en el mercado puedan admitir todos los sistemas de radiocomunicaciones digitales actualmente utilizados o previstos;

d) que algunos medios interactivos, tales como Internet, permiten mejorar el software empleado para decodificar y presentar programas de audio y sería útil que pudiese disponerse también de esta característica en los receptores radioeléctricos digitales; ello permitiría además tener en cuenta las necesidades específicas de las personas con dificultades de audición y de las personas de la tercera edad,

*recomienda*

**1** que en las bandas de ondas decamétricas entre 3 y 30 MHz:

- las características de sistema expuestas en el Anexo 1, con la información más detallada del Apéndice 1, que satisfacen los requisitos de servicio indicados en la Recomendación UIT-R BS.1348, y que responden afirmativamente a la Cuestión UIT-R 60/6, constituyen el sistema de radiodifusión sonora digital común único que debe utilizarse en las bandas de radiodifusión con arreglo a las disposiciones del Artículo 12 del Reglamento de Radiocomunicaciones;
- cualquier realización de radiodifusión sonora digital en las bandas mencionadas debe incorporar las características de sistema indicadas en el Anexo 1;

**2** que en las bandas de radiodifusión por debajo de 3 MHz:

- las características de sistema expuestas en los Anexos 1 y 2, con la información más detallada del Apéndice 1, que satisfacen los requisitos de servicio indicados en la Recomendación UIT-R BS.1348, y que responden afirmativamente a la Cuestión UIT-R 60/6, constituyen el sistema de radiodifusión sonora digital que debe utilizarse en estas bandas de radiodifusión; y
- cualquier realización de radiodifusión sonora digital en las bandas mencionadas debe incorporar las características de sistema indicadas en los Anexos 1 ó 2;

- las administraciones que deseen implementar sistemas para la radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 3 MHz que satisfacen algunos o todos los requisitos estipulados en la Recomendación UIT-R BS.1348 utilicen el Cuadro 1 para evaluar, los respectivos méritos de los sistemas seleccionados.

*invita a los fabricantes de receptores radioeléctricos a desarrollar*

**1** receptores radioeléctricos asequibles portátiles, multinorma y multibanda diseñados para recibir, mediante selección manual o preferiblemente automática, todos los distintos sistemas de radiodifusión analógica y digital actualmente utilizados en todas las bandas de frecuencia pertinentes;

**2** receptores radioeléctricos digitales que permitan la descarga de mejoras para algunas de sus funcionalidades específicas tales como decodificación, navegación, capacidad de gestión, etc.

NOTA 1 – La revisión de la presente Recomendación, una vez adoptada y aprobada, debe señalarse a la atención de la ISO/CEI/TC 100, según el caso.

CUADRO 1

Grado en que los sistemas DRM e IBOC cumplen los requisitos de la UIT

Características de los sistemas	Importancia	En el diseño		Estado de la prueba			Terminación prevista		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
			MW	SW	MW	MW	SW	MW	
1 <i>Requisito estándar del sistema</i> a) El receptor digital debe funcionar en todo el mundo	A	Sí	Sí	TP	TP	NPA			07/2002
2 <i>Capacidad de efectuar la transición analógico a digital gradualmente</i> a) Simulcast (analógico y digital comparten un único canal)  b) Multicast (analógico y digital ocupan canales diferentes)	A  A	Sí  Sí (si la administración permite este modo)	Sí (permite la transición analógico a digital gradual)  Sí (si la administración permite este modo)	TP  TP	EC  TP	TP  NPA		07/02	
3 <i>Difusión de datos</i> a) Audio y datos, o sea capacidad de difusión de datos b) Haz control de acceso y aleatorización	B  C	Sí  Sí (cuestión abierta)	Sí  Sí (cuestión abierta)	TP  NPA	TP  NPA	TP  EC		03/03  03/03	  07/02
4 <i>Requisitos de calidad de funcionamiento audio</i> a) Mejorar la calidad audio con respecto a la de los sistemas analógicos equivalentes b) Varios idiomas o monodual c) Capacidad de estéreo  d) División dinámica de velocidad binaria entre audio y datos (datos oportunisticos)	A B B  B	Sí Sí Sí (seudoestéreo a 9 ó 10 kHz) Sí	Sí No Sí Sí	TP NPA TP TP	TP NPA TP TP	TP  TP TP		07/02  07/02	

CUADRO 1 (Continuación)

Características de los sistemas	Importancia	En el diseño		Estado de la prueba			Terminación prevista		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
				MW	SW	MW	MW	SW	MW
e) Velocidad binaria seleccionable en etapas cortas y velocidad binaria mayor soportada más que conseguible en el momento de introducción	B	Sí	Sí	TP	TP	TP			
5 <i>Uso eficaz del espectro</i>									
a) Frecuencia única desde transmisores separados geográficamente o co-situados	B	Sí	Sí	TP	TP	NPA			12/02
b) Cumplir las normas de la UIT sobre anchura de banda y espaciamiento de canales RF	A	Sí	Sí (totalmente digital)	TP	TP	EC			03/02
c) Potencial de interferencia no superior a la modulación de amplitud equivalente	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
d) Susceptibilidad a la interferencia no superior a la modulación de amplitud equivalente	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
6 <i>Fiabilidad del servicio</i>									
a) Mejorar la fiabilidad de recepción	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
b) Susceptibilidad a efectos de desvanecimiento considerablemente reducida	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
c) – Conmutación automática de frecuencias del receptor	A	Sí	Sí	NPA	NPA	NPA	12/02	12/02	07/02
– Conmutación automática inaudible de frecuencias del receptor	C	Sí	Sí	NPA	NPA	NPA	12/02	12/02	07/02
d) Recepción vehicular, portátil y fija	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			07/02
e) Sintonización rápida	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
f) Degradación gradual	B	Sí (varios modos + UEP)	Sí (modo híbrido)	EC	EC	TP			
g) Mantiene zona de cobertura	A	Sí	Sí	TP	EC	TP		07/02	
h) Bueno en recepción en interiores	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			

CUADRO 1 (Continuación)

Características de los sistemas	Importancia	En el diseño		Estado de la prueba			Terminación prevista		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
				MW	SW	MW	MW	SW	MW
7 <i>Información de servicio para elección de sintonización</i>									
a) Selección simplificada de servicios mediante datos relacionados con el programa para seleccionar el radiodifusor y el contenido de programa	B	Sí (proporcionado en la norma)	Sí	NPA	NPA	NPA	12/02	12/02	07/02
8 <i>Consideraciones sobre el sistema de transmisión</i>									
a) Uso de transmisores modernos existentes en modo digital y analógico	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
b) Ahorro de energía al cubrir la misma zona de servicio con la misma fiabilidad de servicio	C	Sí	Sí	TP	TP	TP			
c) Las emisiones no esenciales y fuera de banda se conforman al Reglamento de la UIT	A	Sí	Sí	TP	TP	TP			
9 <i>Consideraciones sobre el receptor</i>									
a) La complejidad del sistema no impedirá los receptores baratos	A	Sí (microplaqueta en desarrollo, probada con DSP)	Sí (microplaqueta demostrada CES2002)	EC	EC	TP	12/02	12/02	
b) La complejidad del sistema permitirá receptores de baterías de bajo consumo	B	Sí (la tecnología de microplaqueta lo permite)	Sí	EC	EC	EC	06/03	06/03	06/03

CUADRO 1 (Fin)

Características de los sistemas	Importancia	En el diseño		Estado de la prueba			Terminación prevista		
		DRM	IBOC	DRM		IBOC	DRM		IBOC
			MW	SW	MW	MW	SW	MW	
10 <i>Elección de variables</i> a) Posibilidad de seleccionar los parámetros de sistema según los requisitos del radiodifusor	B	Sí	Sí	TP	TP	TP			

Ni el Sistema A ni el B han terminado las pruebas en banda larga (LW). No obstante, los resultados obtenidos en banda media (MW) son quizá representativos para la banda larga. La única dificultad posible es la anchura de banda de la antena RF.

DSP: Procesamiento de la señal digital

EC: En curso

NPA: No probado aún

SW: Banda corta

TP: Totalmente probado, por lo que no se indica la fecha prevista de terminación

UEP: Protección de errores desigual

## Anexo 1.1

### Descripción resumida del sistema mundial de radiodifusión digital (DRM, *Digital Radio Mondiale*)

1 Características esenciales del diseño de sistema para los mercados que han de ser servidos por el sistema DRM

El sistema DRM es un sistema de radiodifusión sonora digital (DSB, *digital sound broadcasting*) flexible que ha de ser utilizado en las bandas de radiodifusión terrenal por debajo de 30 MHz.

Es importante reconocer que los receptores radiofónicos domésticos del futuro cercano tendrán que ser capaces de decodificar algunas o todas las diversas transmisiones terrenales; es decir, transmisión digital de banda estrecha (para RF de < 30 MHz), transmisión digital de banda más ancha (para RF de > 30 MHz) y transmisión analógica para las bandas de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas y la banda de ondas métricas con modulación de frecuencia. El sistema DRM será un componente importante dentro del receptor. No es probable que un receptor radiofónico diseñado para recibir transmisiones terrenales con una capacidad digital excluya la capacidad analógica.

En el receptor radiofónico doméstico, el sistema DRM proporcionará la capacidad de recibir radiodifusión digital (programas radiofónicos, datos relacionados con el programa, otros datos, e imágenes fijas) en todas las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz. Puede funcionar de manera independiente pero, como se indica anteriormente, muy probablemente formará parte de un receptor más general, muy parecido a la mayoría de los receptores actuales que incluyen la capacidad de recepción analógica en bandas con modulación de amplitud (MA) y modulación de frecuencia (MF).

El sistema DRM ha sido diseñado para ser utilizado en canales de 9 ó 10 kHz o múltiplos de estas anchuras de banda de canal. Las diferencias detalladas de cómo parte del tren de bits disponibles para estos canales se utiliza para audio, protección contra errores y corrección de errores y para datos depende de la banda asignada (ondas kilométricas, hectométricas o decamétricas) y del uso previsto (por ejemplo, onda de superficie, onda ionosférica a corta distancia u onda ionosférica a larga distancia). En otras palabras, hay compromisos modales disponibles de modo que el sistema pueda satisfacer las diversas necesidades de los organismos de radiodifusión a escala mundial. Como se indica en el punto siguiente, cuando existen procedimientos reglamentarios para utilizar canales de anchura de banda mayor que 9/10 kHz, la calidad audio del sistema DRM y la capacidad total del tren de bits pueden ser mejoradas considerablemente.

El sistema DRM emplea codificación de audio avanzada (AAC, *advanced audio coding*), complementada con replicación de banda espectral (SBR, *spectral band replication*) como su codificación digital principal. La SBR mejora la calidad de audio percibida mediante una técnica de frecuencia de banda de base más alta que utiliza información de las frecuencias más bajas como señales de aviso. Para la codificación y modulación de canal se utiliza multiplexión por división ortogonal de frecuencia (OFDM) modulación de amplitud en cuadratura (MAQ), junto con entrelazado temporal y corrección de errores sin canal de retorno (FEC) con codificación multinivel (MLC, *multi-level coding*) basada en un código convolucional. Se utilizan símbolos de referencia piloto para obtener información de igualación de canal en el receptor. La combinación de estas técnicas resulta en un sonido de más alta calidad con recepción más robusta dentro de la zona de cobertura prevista, en comparación con la calidad de la MA utilizada actualmente.

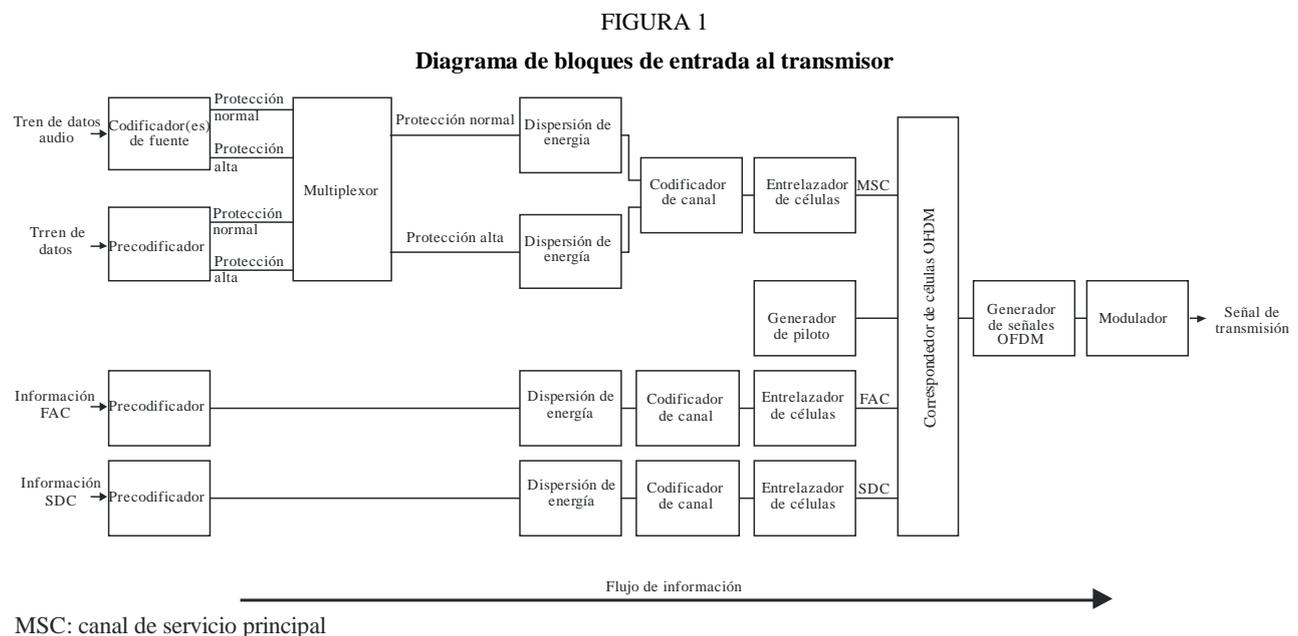
El sistema funciona bien en condiciones de propagación difíciles, tales como la propagación de la onda ionosférica en la banda de ondas decamétricas por trayectos múltiples a larga distancia, y también en condiciones más fáciles, como la propagación de la onda de superficie en la banda de ondas hectométricas. En este último caso, se utilizan al máximo los algoritmos de codificación de fuente AAC y SBR, lo que produce un audio de calidad mucho más alta que la obtenida con MA, porque hay que emplear una cantidad mínima de corrección de errores. Para muchas condiciones de propagación en la banda de ondas decamétricas, la necesidad de lograr un alto grado de robustez reduce la calidad audio comparada con la transmisión digital en ondas hectométricas; no obstante, la calidad audio será aún mejor que la calidad MA actual.

El diseño permite utilizar el sistema DRM con una red a una sola frecuencia (*SFN, single frequency network*).

Proporciona también la capacidad de la conmutación automática de frecuencia, que es particularmente útil para los organismos de radiodifusión que envían las mismas señales en diferentes frecuencias de transmisión, como suelen hacerlo, por ejemplo, las grandes organizaciones de radiodifusión en ondas decamétricas que emplean MA para aumentar la probabilidad de una buena señal por lo menos en la zona de recepción prevista. El sistema DRM permite que un receptor adecuado seleccione automáticamente la mejor frecuencia para un programa, sin ningún esfuerzo por parte del oyente.

## 2 Breve descripción del sistema DRM

### 2.1 Diseño general



BS.1514-01

La Fig. 1 describe el flujo general de las diferentes clases de información (audio, datos, etc.) desde la codificación, a la izquierda de la figura, hasta un transmisor de sistema DRM, a la derecha. Aunque no se incluye una figura con un diagrama del receptor, éste sería el diagrama inverso.

A la izquierda hay dos clases de información de entrada:

- audio y datos codificados que están combinados en el multiplexor de servicio principal y

- canales de información que evitan el multiplexor y que se denominan canal de acceso rápido (FAC, *fast access channel*) y canal de descripción de servicio (SDC, *service description channel*) cuyos objetivos se describen en el § 2.3.

El codificador de fuente de audio y los precodificadores de datos aseguran la adaptación de los trenes de entrada a un formato digital apropiado. Su salida puede comprender dos partes que requieren dos niveles diferentes de protección dentro del siguiente codificador de canal.

El multiplexor combina los niveles de protección de todos los servicios de datos y audio.

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

El codificador de canal añade información redundante para la corrección de errores y define la correspondencia de la información codificada digital con células MAQ. El sistema tiene la capacidad, si el radiodifusor lo desea, de transportar dos categorías de bits, estando una categoría mejor protegida que la otra.

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

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

El correspondedor de células OFDM recopila las diferentes clases de células y las coloca en una rejilla de tiempo-frecuencia.

El generador de señales OFDM transforma cada conjunto de células con el mismo índice temporal a una representación de la señal en el dominio temporal, que contiene una pluralidad de portadoras. El símbolo OFDM completo en el dominio del tiempo se obtiene a partir de esta representación en el dominio temporal insertando un intervalo de guarda, una repetición cíclica de una porción de la señal.

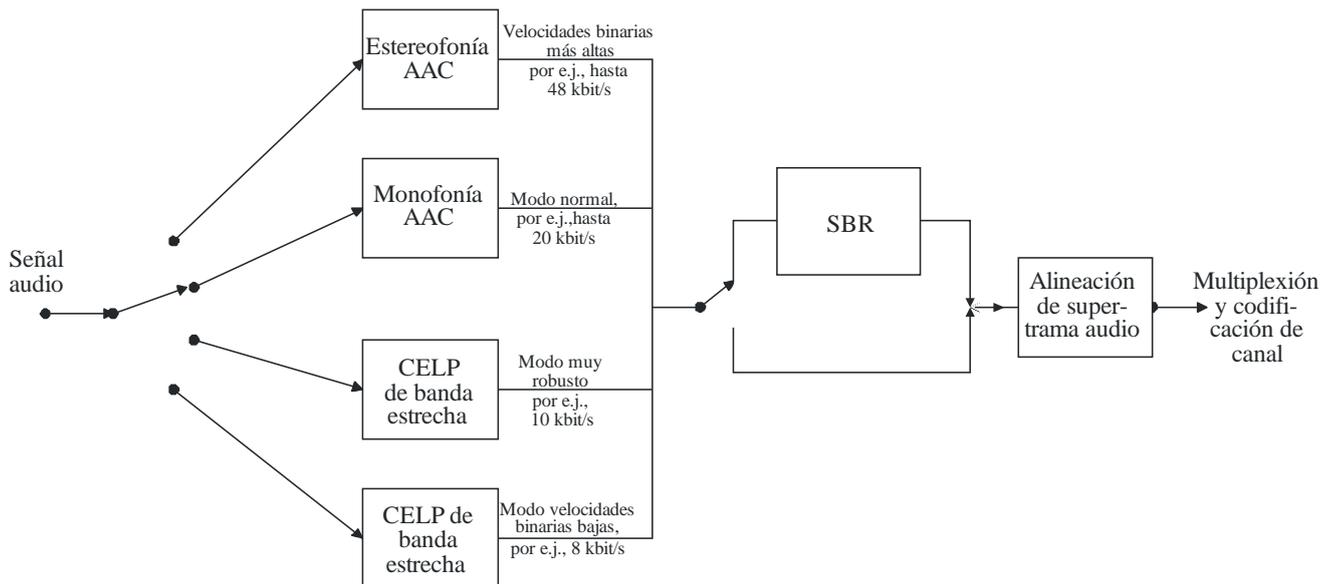
El modulador convierte la representación digital de la señal OFDM en la señal analógica que será transmitida por un transmisor/antena por el aire. Esta operación conlleva la conversión elevadora de frecuencia, la conversión digital/analógica y el filtrado, de modo que la señal emitida cumpla los requisitos espectrales del UIT-R.

Con un transmisor de alta potencia no lineal, la señal es separada primero en sus componentes de amplitud y de fase (esto puede hacerse ventajosamente en el dominio digital), y después es recombinada (por la acción del propio transmisor) antes de la emisión final.

## 2.2 Codificación de la fuente audio

FIGURA 2

Visión general de la codificación de la fuente audio



CELP: predicción lineal con excitación por código.

BS.1514-03

Las opciones de codificación de la fuente disponibles para el sistema DRM se presentan en la Fig. 2. Todas estas opciones, con excepción de la que está en la parte superior de la figura (estereofonía AAC) están diseñadas para ser utilizadas dentro de los actuales canales de 9/10 kHz para radiodifusión sonora por debajo de 30 MHz. La opción CELP proporciona codificación vocal a velocidad binaria relativamente baja y la opción AAC emplea un subconjunto de MPEG-4 normalizado para velocidades binarias bajas (es decir, hasta 48 kbit/s). Estas opciones pueden ser mejoradas por un instrumento de mejora de anchura de banda, tales como la SBR ilustrada en la figura, donde se indican también las velocidades binarias de salida representativas. Todo esto es seleccionable por el radiodifusor.

Se ha de tener especial cuidado de que el audio codificado pueda ser comprimido en supertramas de audio de duración temporal constante (400 ms). La multiplexión y la protección de errores desigual (UEP, *unequal error protection*) de los servicios de audio/vocales se efectúa por medio del múltiplex y los componentes de codificación de canal.

Como un ejemplo de la estructura, considérese el trayecto de la Fig. 2 de la señal monofónica AAC más SBR, cuyas propiedades son las siguientes:

- Longitud de trama: 40 ms
- Velocidad de muestreado AAC: 24 kHz
- Velocidad de muestreado SBR: 48 kHz
- Gama de frecuencia AAC: 0-6,0 kHz
- Gama de frecuencia SBR: 6,0-15,2 kHz
- Velocidad binaria promedio SBR: 2 kbit/s por canal

En este caso, hay una señal de audio básica con una anchura de 6 kHz, que proporciona una calidad audio mejor que la MA normalizada, más la mejora obtenida con la técnica SBR que la amplía a 15,2 kHz. Todo esto consume aproximadamente 22 kbit/s. El tren de bits por trama contiene una fracción de datos AAC y SBR altamente protegidos de tamaño fijo, más la mayoría de los datos AAC y SBR, menos protegidos, de tamaño variable. La supertrama audio de duración temporal fija de 400 ms está compuesta por varias de estas tramas.

### 2.3 Múltiplex, incluidos los «canales especiales»

Como se indica en la Fig. 1, el múltiplex total del sistema DRM consiste en tres canales: el MSC, el FAC y el SDC. El MSC contiene los servicios, audio y datos. El FAC proporciona información sobre la anchura de banda de la señal y otros parámetros y se utiliza también para permitir la exploración rápida de la información de selección de servicio. El SDC da información al receptor sobre cómo decodificar el MSC, cómo hallar fuentes alternas de los mismos datos y da atributos a los servicios dentro del múltiplex.

El múltiplex MSC puede contener hasta cuatro servicios, cualquiera de los cuales puede ser audio o datos. La velocidad binaria bruta del MSC depende de la anchura de banda de canal y del modo de transmisión utilizados. En todos los casos, se divide en tramas de 400 ms.

La estructura del FAC se establece también alrededor de una trama de 400 ms. Los parámetros de canal se incluyen en cada trama FAC. Los parámetros de servicio son transportados en tramas FAC sucesivas, un servicio por trama. Los nombres de los parámetros del canal FAC son: bandera básica/mejorada, identidad, ocupación de espectro, bandera de profundidad de entrelazador, modo de modulación, número de servicios, índice de reconfiguración, y reservado para uso futuro, todo lo cual utiliza un total de 20 bits. Los parámetros de servicio dentro del FAC son: identificador de servicio, identificador abreviado, indicación de acceso condicional (CA), idioma, bandera de audio/datos, y reservado para uso futuro, todo lo cual utiliza un total de 44 bits. (Los detalles de estos parámetros, incluido el tamaño de campo, se indican en la especificación del sistema.)

La periodicidad de la trama de SDC es 1 200 ms. Sin detallar el uso de cada uno de los muchos elementos dentro de los campos del SDC, los nombres de éstos son: descripción de múltiplex, etiqueta, acceso condicional, información de frecuencia, información de calendario de frecuencia, información de aplicación, soporte y conmutación de anuncio, identificación de región de cobertura, información de fecha y hora, información de audio, información de copia FAC y datos de enlazado. Además de transportar estos datos, el hecho de que el SDC es insertado periódicamente en la forma de onda se aprovecha para permitir la conmutación sin fisuras entre frecuencias alternas.

### 2.4 Codificación de canal y modulación

El esquema de codificación/modulación utilizado es una variedad de la multiplexión por división de frecuencia con codificación ortogonal (COFDM) que combina la OFDM con la MLC basada en una codificación convolucional. Estos dos componentes principales son complementados por el entrelazado de células y la provisión de células piloto para estimación de canal instantánea, que juntos mitigan los efectos del desvanecimiento a corto plazo, sea selectivo o plano.

Considerada en conjunto, esta combinación proporciona posibilidades excelentes de transmisión y protección de la señal en los canales estrechos de 9/10 kHz en las bandas kilométricas, hectométricas y decamétricas de radiodifusión. Asimismo, se puede utilizar eficazmente en estas frecuencias de radiodifusión para anchura de banda de canal mayores cuando éstas sean permitidas en el futuro desde el punto de vista reglamentario.

Para OFDM, la señal transmitida se compone de una sucesión de símbolos, cada uno de los cuales incluye un intervalo de guarda, un prefijo cíclico que proporciona robustez con respecto a la dispersión por retardo. La ortogonalidad se relaciona con el hecho de que, en el caso del diseño del sistema DRM, cada símbolo contiene aproximadamente 200 subportadoras espaciadas a través de

los 9/10 kHz de manera que sus señales no interfirieran entre sí (son ortogonales). El número preciso de subportadoras y otras consideraciones relativas a los parámetros dependen del modo utilizado: transmisiones de onda de superficie, de onda ionosférica y muy robustas.

MAQ se utiliza para la modulación que es imprimida en cada una de las diversas subportadoras para transportar la información. Se utilizan dos constelaciones MAQ primarias: MAQ-64 y MAQ-16. Se incorpora también un modo MDP-4 para señalización muy robusta (pero no para el MSC).

El intervalo de tiempo de entrelazador para transmisiones en ondas decamétricas está en la gama de 2,4 s para tener en cuenta el desvanecimiento selectivo en tiempo y en frecuencia. Con condiciones de propagación menos difíciles, es posible aplicar un entrelazador abreviado con un intervalo de tiempo de 0,8 s para las frecuencias en ondas kilométricas y hectométricas.

El esquema de codificación convolucional multinivel utilizará velocidades de código en la gama entre 0,5 y 0,8, estando la velocidad más baja asociada con las condiciones de propagación difíciles en ondas decamétricas.

#### 2.5 Consideraciones relativas al transmisor

El excitador del sistema DRM se puede utilizar para imprimir señales en transmisores lineales y no lineales. Se prevé que los transmisores no lineales de alta potencia constituirán la forma normal de servicio de los organismos de radiodifusión. Esto es similar a la práctica actual que existe para la modulación de amplitud de doble banda lateral.

En vista de esta necesidad, en los últimos años, con la utilización del sistema DRM y otros prototipos, se han realizado esfuerzos para determinar cómo es posible utilizar estos transmisores no lineales con señales digitales de banda estrecha. Los resultados han sido alentadores, como puede observarse en las recientes pruebas en servicio del sistema DRM.

Resumiendo, la señal entrante a un transmisor clase C (amplificación no lineal) tiene que ser separada en sus componentes de amplitud y de fase antes de la amplificación final. Lo primero se efectúa mediante los circuitos de ánodo y lo segundo a través de los circuitos de rejilla, que se combinan con la sincronización temporal apropiada para formar la salida del transmisor.

Las mediciones de los espectros de salida muestran lo siguiente: la energía de la señal digital se dispersa más o menos uniformemente a través del canal asignado de 9/10 kHz; los bordes son pendientes, y caen rápidamente a unos 40 dB por debajo del nivel de densidad espectral dentro del canal asignado de 9/10 kHz, y los niveles de densidad espectral de potencia continúan disminuyendo a una velocidad más baja de  $\pm 4,5/5,0$  kHz con respecto a la frecuencia central del canal asignado.

#### 2.6 En el aire

La información de fase/amplitud digital de la señal RF se corrompe en diferentes grados a medida que la señal RF se propaga. Alguno de los canales de ondas decamétricas encuentran situaciones de desvanecimiento plano bastante rápidos e interferencia debido a la propagación por trayectos múltiples que produce desvanecimiento selectivo en frecuencia y grandes dispersiones de retardo del trayecto en el tiempo, así como altos niveles inducidos ionosféricamente de desplazamientos Doppler y dispersiones Doppler.

La protección contra errores y la corrección de errores incorporada en el diseño del sistema DRM mitiga estos efectos en un alto grado, lo que permite que el receptor decodifique con precisión la información digital transmitida.

#### 2.7 Selección, demodulación y decodificación de una señal del sistema DRM en un receptor

El receptor debe ser capaz de detectar el modo de sistema DRM que se está transmitiendo, y tratarlo apropiadamente. Esto se hace utilizando muchas de las entradas de campo (véase el § 2.3) dentro de los canales FAC y SDC.

Una vez identificado el modo apropiado (y verificado repetidamente), el proceso de demodulación es el inverso del mostrado en la parte superior de la Fig. 1, el diagrama de bloques del transmisor.

De manera similar, el receptor es informado también de los servicios que están presentes y, por ejemplo, cómo se ha de efectuar la decodificación de la fuente de un servicio audio.

## Anexo 1.2.-Criterios de evaluación

Correspondencia entre la Cuestión UIT-R 217/10 y los criterios más importantes:

<b>Estudios decididos en la Cuestión UIT-R 217/10</b>	<b>Criterios más importantes</b>
<i>decide 1</i>	1, 2, 3, 6, 8, 11, 12
<i>decide 2</i>	5, 8, 10
<i>decide 3</i>	1, 2, 3, 6, 8, 9, 11, 13
<i>decide 4</i>	4, 5, 8, 10
<i>decide 5</i>	6, 9, 13, 14
<i>decide 6</i>	7, 13, 14

Criterios de evaluación

- 1 Calidad de audio no degradada por el códec
  - 2 Fiabilidad del circuito de transmisión
  - 3 Zona de cobertura y degradación gradual
  - 4 Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes
  - 5 Consideraciones sobre la planificación de canales
  - 6 Funcionamiento de la red a un sola frecuencia
  - 7 Coste y complejidad del receptor
  - 8 Interferencia
  - 9 Sintonía rápida y adquisición del canal
  - 10 Compatibilidad con los formatos analógicos existentes
  - 11 Utilización eficaz del espectro
  - 12 Norma única
  - 13 Comparación con los actuales servicios con MA
  - 14 Radiodifusión de datos
  - 15 Modularidad.
- 1 Definiciones de criterios de evaluación

### **Criterio 1 – Calidad audio no degradada por el códec**

Medida de la percepción subjetiva de la señal de audio comprimida y codificada procedente de la fuente de entrada básica sin ruido inducido ni otros problemas de transmisión.

### **Criterio 2 – Fiabilidad del circuito de transmisión**

Calidad subjetiva y objetiva de la señal de audio proporcionada por el sistema en condiciones razonables de transmisión y recepción reales. Esto tiene en cuenta la capacidad de los parámetros de diseño del sistema, tales como la forma de onda tras la modulación, las técnicas de corrección de errores, etc., de proporcionar un comportamiento satisfactorio para diversas condiciones de propagación; dichas condiciones de propagación deben especificarse.

### **Criterio 3 – Zona de cobertura y degradación gradual**

Zona de cobertura real estimada del sistema para un nivel de potencia dado en diversas condiciones de propagación. La zona de cobertura viene determinada por los segmentos de zona de superficie en los que la señal decodificada es aceptable para el mercado al que se destina.

### **Criterio 4 – Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes**

Capacidad para transmitir eficazmente las señales del sistema utilizando:

- las combinaciones de transmisor y antena actualmente disponibles sin necesidad de modificar los equipos o con una modificación muy pequeña;
- los equipos de transmisor y de antena específicamente diseñados para transmitir dichas señales;
- los equipos de transmisor y de antena específicamente diseñados para transmitir esas señales y los formatos analógicos existentes.

Capacidad de tales configuraciones para funcionar con niveles aceptables de emisiones no esenciales.

NOTA 1 – Muchos organismos de radiodifusión desearán o necesitarán utilizar su planta de radiodifusión analógica existente para ofrecer los nuevos servicios digitales durante bastante tiempo.

### **Criterio 5 – Consideraciones sobre la planificación de canales**

El actual sistema de disposición de canales y las reglas de interferencia vigentes constituirán inicialmente una limitación importante, incluso si los estudios y adelantos realizados permiten introducir cambios en el futuro mediante el proceso reglamentario pertinente.

Por consiguiente, es necesario evaluar las posibilidades del sistema teniendo en cuenta las reglas actuales relativas a ocupación de anchura de banda, emisiones fuera de banda, emisiones no esenciales, efectos de interferencia, etc.

### **Criterio 6 – Funcionamiento de la red a una sola frecuencia**

Debe evaluarse la capacidad de cualquier nuevo sistema para funcionar como una red a una sola frecuencia. Muchos organismos de radiodifusión lo consideran una característica muy conveniente.

### **Criterio 7 – Coste y complejidad del receptor**

Deben considerarse las posibilidades de los receptores básicos y avanzados. El coste del receptor está relacionado evidentemente con otros criterios; será preciso realizar una estimación aproximada del coste para cada criterio y variante.

### **Criterio 8 – Interferencia**

Calidad subjetiva y objetiva de la señal de audio proporcionada por el sistema cuando funciona con interferencia cocanal y/o de canal adyacente procedente de fuentes digitales o analógicas. Debe tenerse en cuenta la capacidad de la señal para superar la interferencia en sus propias zonas de servicio y su tendencia a provocar interferencia a otras emisiones de radiodifusión fuera de esas zonas.

### **Criterio 9 – Sintonía rápida y adquisición de canal**

Los oyentes están acostumbrados a que no haya ningún retardo, o éste sea muy pequeño, cuando encienden o sintonizan un receptor radiofónico. Por lo tanto, en el diseño del sistema se debe considerar:

- la facilidad con la que el oyente puede seleccionar la estación o señal deseada;
- la velocidad para reconocer una petición de selección o de cambio de canal;

- la velocidad para adquirir la señal de audio;
- los silencios (si existieren) que se producen en la señal de audio al cambiar a una fuente alternativa o más fuerte de la señal deseada.

### **Criterio 10 – Compatibilidad con los formatos analógicos existentes**

Durante la fase de transición entre el actual entorno de radiodifusión analógica y el futuro entorno digital, los servicios digitales y analógicos deberán coexistir. Para facilitar esta coexistencia deben considerarse algunos aspectos:

- la interferencia cocanal y de canal adyacente (véase el criterio 8);
- la capacidad de los organismos de radiodifusión para mantener la actual audiencia de los sistemas analógicos mediante la radiodifusión simultánea (simulcasting) mientras se establece la base de receptores digitales;
- la capacidad del sistema digital para funcionar dentro de las actuales limitaciones que impone el marco reglamentario.

### **Criterio 11 – Utilización eficaz del espectro**

El sistema debe utilizar el espectro radioeléctrico de manera más eficaz que los servicios analógicos existentes. Un sistema más eficiente desde el punto de vista de la utilización del espectro deberá proporcionar una calidad equivalente con una anchura de banda inferior o una mejor calidad para la misma anchura de banda.

### **Criterio 12 – Norma única**

Es comúnmente aceptado el hecho de que todos los sistemas se beneficiarán de la utilización de parámetros optimizados para distintas bandas de frecuencias o en diferentes condiciones de propagación; onda de superficie y onda ionosférica, por ejemplo.

Sin embargo, una norma única deberá:

- utilizar los mismos bloques básicos fundamentales (por ejemplo, sistema de codificación de audio), aunque con parámetros de funcionamiento potencialmente distintos (por ejemplo, velocidad binaria) para diferentes circunstancias de propagación;
- permitir el diseño de un receptor que admita automáticamente todos los modos de funcionamiento sin que sea necesario duplicar los dispositivos del mismo.

### **Criterio 13 – Comparación con los actuales servicios con modulación de amplitud**

Conjunto de mediciones representativas que deben realizarse en los sistemas analógicos existentes de manera que puedan efectuarse comparaciones significativas con los sistemas sometidos a prueba.

### **Criterio 14 – Radiodifusión de datos**

Capacidad para prestar servicios de datos adicionales junto con los servicios de audio o en vez de los mismos. Tales servicios de datos pueden estar relacionados o no con el servicio de audio.

### **Criterio 15 – Modularidad**

Capacidad de adaptación a una anchura de banda más amplia, paso a paso y con agrupación de canales.

2 Definiciones de las características con las que deben realizarse las mediciones de prueba

2.1  $E_b/N_0$  para una BER =  $1 \times 10^{-4}$

Se ha definido un umbral de proporción de bits erróneos (BER) de  $1 \times 10^{-4}$  para proporcionar un canal de transmisión «transparente» con el fin de garantizar la integridad del audio. La señal transmitida se ajusta de forma que la BER recibida tras aplicar la corrección de errores sea mejor de  $1 \times 10^{-4}$  y a continuación se realiza la medida de la relación  $E_b/N_0$ .

Pueden realizarse también medidas por encima y por debajo de este umbral, obteniendo por interpolación el valor de la relación  $E_b/N_0$  para una  $BER = 1 \times 10^{-4}$ .

## 2.2 Desplazamiento Doppler, dispersión Doppler y dispersión por retardo

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

- El desplazamiento Doppler es la diferencia en frecuencias entre la señal recibida y emitida, debida al movimiento relativo entre la fuente y el receptor. La propagación por onda ionosférica también puede causar una deriva de la frecuencia.
- La dispersión Doppler es la máxima diferencia entre los desplazamientos Doppler cuando se recibe más de una señal a través de distintos trayectos de transmisión.
- La dispersión por retardo es la máxima diferencia en los tiempos de llegada al receptor de las distintas señales recibidas a través de diferentes trayectos de transmisión.

## 2.3 Interferencia cocanal y de canal adyacente (todas las combinaciones)

Será necesario establecer valores de las relaciones de protección para los casos de:

- señales digitales que interfieren a señales digitales;
- señales digitales que interfieren a señales analógicas;
- señales analógicas que interfieren a señales digitales.

## 2.4 Sincronización y acceso (adquisición de la señal)

El oyente no desea esperar mucho tiempo a que el receptor se sincronice con la señal recibida con el fin de acceder al servicio. Por consiguiente, es necesario medir el tiempo transcurrido desde que se enciende el aparato receptor hasta que se puede escuchar el programa.

## 2.5 Complejidad del receptor/consumo de potencia/coste

Una de las consideraciones más importantes será el coste de fabricación del receptor doméstico que vendrá influenciado por la complejidad del sistema. La complejidad de los equipos, y por lo tanto su coste, depende de los criterios empleados para elegir la mejor forma de realizar las diversas funciones (demodulación, decodificación de canal, protección contra errores, etc.).

## 2.6 Eficacia del transmisor

Relación entre la potencia media de salida del transmisor y la potencia media entregada al transmisor. ¿Cuánta potencia se necesita para obtener la misma cobertura que con la transmisión analógica?

## 2.7 Calidad de audio a la máxima velocidad binaria

En un canal normal, con el tipo de protección más baja, es posible difundir la mejor calidad de audio (máxima velocidad binaria atribuida a la señal de audio comprimida).

## 2.8 Máxima calidad de audio para el sistema jerárquico

Es posible contar con más de un esquema de protección para los datos (incluidos los datos de audio). Los datos menos protegidos proporcionarán la mayor calidad de audio en las mejores condiciones de transmisión.

## 2.9 Mínima calidad de audio para el sistema jerárquico

Es posible contar con más de un esquema de protección para los datos (incluidos los datos de audio). Los datos más protegidos garantizarán la disponibilidad de la señal en las condiciones de transmisión más desfavorables.

#### 2.10 Calidad de audio para la modulación analógica

La radiodifusión de la señal digital no debe perturbar a la radiodifusión de la señal analógica en el mismo canal (simulcast) o en canales adyacentes (multicast o distintos contenidos).

#### 2.11 Codificación de la señal vocal

En los requisitos de salida, algunos organismos de radiodifusión solicitan poder difundir al mismo tiempo en varios idiomas (únicamente el contenido vocal) con un sistema de codificación de la señal vocal especializado. Es necesario verificar que el sistema puede gestionar esta capacidad de radiodifusión multilingüe.

#### 2.12 Transición de sistemas con modulación de amplitud a sistemas digitales

El sistema propuesto debe ser capaz de llevar a cabo una transición paulatina entre la radiodifusión totalmente analógica y la radiodifusión totalmente digital. Ello incluye la capacidad de difusión simultánea (simulcast) y multidifusión (multicast).

#### 2.13 Comparación con la MA para las bandas de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas

En todos los casos, el sistema digital debe proporcionar mejoras con respecto al sistema analógico. Por lo tanto, es necesario comparar todos los parámetros mensurables tales como la cobertura, la fidelidad de la señal, la disponibilidad de la señal, la calidad de audio (anchura de banda, gama dinámica, distorsión, etc.) en todas las bandas con MA.

#### 2.14 Posibilidad realista de radiodifusión simultánea (simulcast)

Varios organismos de radiodifusión que sólo tienen un canal disponible deberán difundir al mismo tiempo señales analógicas y digitales (simulcast).

*Criterios de evaluación N.º 1 a N.º 15*

- |  |   |
|--|---|
| 1: Calidad de audio no degradada por el códec              | 8: Interferencia  |
| 2: Fiabilidad del circuito de transmisión                  | 9: Sintonía rápida y adquisición de canal                             |
| 3: Zona de cobertura y degradación gradual                 | 10: Compatibilidad con los formatos analógicos existentes             |
| 4: Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes | 11: Utilización eficaz del espectro                                   |
| 5: Consideraciones sobre la planificación de canales       | 12: Norma única   |
| 6: Funcionamiento de la red a una sola frecuencia          | 13: Comparación con los actuales servicios con modulación de amplitud |
| 7: Coste y complejidad del receptor                        | 14: Radiodifusión de datos  |
|  | 15: Modularidad   |

Puntos	Mediciones de prueba del sistema	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 4	N.º 5	N.º 6	N.º 7	N.º 8	N.º 9	N.º 10	N.º 11	N.º 12	N.º 13	N.º 14	N.º 15
2.1	$E_b/N_0$ para una BER = $1 \times 10^{-4}$		x	x				x	x	x				x	x	
2.2	Desplazamiento Doppler, dispersión Doppler y dispersión por retardo		x	x			x	x						x		
2.3	Interferencia cocanal y de canal adyacente (todas las combinaciones)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
2.4	Sincronización y acceso (adquisición de la señal)		x	x			x	x	x	x				x	x	x
2.5	Complejidad del receptor/consumo de potencia/coste	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x	x	
2.6	Eficacia del transmisor/cobertura		x	x	x		x		x		x	x		x		x
2.7	Calidad de audio a la máxima velocidad	x	x	x		x	x	x						x		
2.8	Máxima calidad de audio para el sistema jerárquico	x	x	x				x								
2.9	Mínima calidad de audio para el sistema jerárquico	x	x	x				x								
2.10	Calidad de audio para la modulación analógica	x	x	x			x	x	x	x						
2.11	Codificación de la señal vocal	x	x	x			x	x	x				x	x		
2.12	Transición de sistemas con MA a sistemas digitales			x	x	x	x	x	x		x	x	x			x
2.13	Comparación con la MA para las bandas de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas	x	x	x			x		x	x		x	x	x	x	x
2.14	Posibilidad realista de radiodifusión simultánea (simulcast)	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

## **Anexo 1.3.- Resumen de la calidad de funcionamiento (véase la Nota 1) del sistema DRM basado en los criterios contenidos en el Anexo 2**

NOTA 1 – Este Anexo contiene un resumen del funcionamiento del sistema DRM basado en los resultados de las pruebas en laboratorio y en servicio documentadas en el Apéndice 1.

### **1 Calidad de audio no degradada por el códec**

El sistema DRM utiliza la codificación AAC y la codificación de fuente CELP, con una opción de aumento de AAC por SBR. Con excepción del aumento, el funcionamiento de estos códecs a las velocidades binarias utilizadas por el sistema DRM está documentado en otro lugar. Las mediciones de calidad de funcionamiento incluyen experimentos de escucha subjetiva utilizando la Recomendación UIT-R BS.1284. Esta Recomendación define una escala de cinco grados, de malo (1) a excelente (5) para la evaluación.

La calidad no degradada del sistema para AAC es muy superior a la calidad analógica de doble banda lateral. Como un punto de referencia, la AAC a 24 kbit/s alcanza un nivel de escucha subjetivo de 4,2 para música, mientras que la modulación analógica no degradada alcanza un nivel de menos de 3 para la misma entrada audio. Esto representa una mejora importante del nivel de calidad de funcionamiento de las radiodifusiones MA actuales. La mejora lograda utilizando AAC + SBR aumenta aún más esta diferencia de calidad de funcionamiento, haciéndola comparable a la modulación de frecuencia monofónica.

### **2 Fiabilidad del circuito de transmisión**

La robustez del sistema DRM se ha determinado utilizando una variedad de condiciones de propagación tanto en laboratorio como en servicio real.

Las condiciones de propagación simuladas en el laboratorio se basaron en varios años de observación de condiciones de propagación por trayectos múltiples, etc., por diversos investigadores. Esto incluyó las mediciones de propagación efectuadas recientemente en 2000 por diseñadores del sistema DRM para diversos trayectos de propagación ionosférica que comprenden desde distancias cortas hasta más de 15 000 km. Esto aseguró que la propagación de la onda ionosférica pudiera ser representada adecuadamente en los modelos de laboratorio.

Durante julio y agosto se realizó una serie extensiva de pruebas en servicio real utilizando un prototipo del sistema DRM. Se dispusieron trayectos de propagación para utilizar una variedad de condiciones que se encontrarían durante operaciones normales de radiodifusión.

En los circuitos probados, la señal OFDM de banda de estrecha encontró dispersión por retardo y dispersión de frecuencia. No obstante, no se pudo identificar ninguna deterioración del funcionamiento del sistema, con respecto a valores excesivos del efecto Doppler o dispersión por retardo. En consecuencia, cabe suponer que los límites de diseño del sistema no fueron rebasados y que son adecuados para la finalidad prevista.

Como se describe en el punto relativo a las pruebas en servicio real, la secuencia de prueba repetitiva incluyó transmisiones analógicas de doble banda lateral normalizadas y varios modos de transmisión digital. Estos modos digitales utilizaron diferentes niveles de modulación digital (MAQ-16 y MAQ-64) y asignaciones de bits para corrección de errores. En todos los casos, las señales fueron transmitidas dentro de una anchura de banda de 10 kHz para transmisiones en ondas hectométricas y dentro de una anchura de banda de 9 kHz para transmisiones en ondas hectométricas. Por consiguiente, fue posible comparar el funcionamiento de los diversos modos entre sí y con transmisiones analógicas para cada trayecto.

La calidad de funcionamiento de las transmisiones digitales fue mucho mejor que las transmisiones analógicas, en el sentido de mantener la calidad audio original en condiciones de ruido y de propagación por trayectos múltiples que frecuentemente hicieron la recepción analógica menos atractiva para el oyente.

Hay dos razones principales para esto:

- La señal digital puede sobrevivir a un cierto grado de interferencia cocanal y de canal adyacente, cuyos límites se indican en el informe de las pruebas en el laboratorio. Por debajo de estos límites de la relación señal/interferencia, la calidad de audio no es degradada absolutamente.
- La señal OFDM puede encontrar desvanecimiento selectivo, y la combinación con las técnicas de entrelazado y de corrección de errores, permite un alto nivel de funcionamiento ininterrumpido en dichas condiciones de propagación por trayectos múltiples que causan interferencia autogenerada.

Por lo general, cuando un receptor digital experimenta realmente una interrupción detectable por una persona, la recepción de la señal analógica es muy deficiente.

### 3 Zona de cobertura y degradación gradual

La cobertura de las ondas hectométricas que utiliza la propagación de la onda de superficie resultó como se había previsto. Es decir, la cobertura es por lo menos tan buena como para la modulación analógica en niveles de potencia transmitidos del orden de 5 dB menos que el de una señal analógica.

Por los motivos descritos en el § 4, la potencia digital se debe mantener alrededor de 7 dB menos que la de transmisiones analógicas en situaciones típicas conectadas con planificación de canales en la banda de ondas hectométricas. Por consiguiente, cabe concluir que la capacidad de cobertura del sistema DRM para utilización en la banda de ondas hectométricas será similar a la que existe actualmente para las transmisiones analógicas.

Las pruebas en servicio en la banda de ondas decamétricas se realizaron utilizando la potencia de transmisión nominal para las secuencias MA. Para las secuencias digitales, el nivel de potencia medio fue 10 dB por debajo de la potencia de la envolvente de cresta del transmisor. El valor de 10 dB es el resultado del factor de cresta, que es un parámetro del sistema DRM. Dado que en el funcionamiento MA la potencia de salida media generalmente es 6 dB por debajo de PEP, la salida media del sistema DRM es 4 dB menor que la potencia MA para una situación comparable.

La cobertura en ondas decamétricas se estimó utilizando los datos de recepción analógica y digital asociados con las pruebas en servicio real realizadas durante los meses de julio y agosto de 2000. Estas estimaciones puntuales en espacio/tiempo muestran que la cobertura útil empleando el diseño del sistema DRM resulta en una cobertura por lo menos tan grande como la de la recepción analógica, con una potencia de transmisión digital aproximadamente 4 dB menor que la transmisión analógica.

El sistema DRM incluye varios modos de modulación digital que permiten al operador de la transmisión seleccionar el modo con el grado de robustez más adecuado a la propagación prevista. Los receptores serán capaces de detectar automáticamente el modo en uso.

La secuencia de prueba incluyó dos niveles de modulación (MAQ-64 y MAQ-16). Según lo previsto, los resultados muestran que la señal MAQ-16 más robusta, que añadía protección contra errores y corrección de errores, podría funcionar mejor que la señal MAQ-64 con relaciones señal/ruido más bajas y en condiciones de propagación más difíciles.

#### 4 Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes

Las pruebas en servicio real, realizadas desde diciembre de 1999, incluyeron el uso de cuatro transmisores clase C y un transmisor lineal en ondas decamétricas y un transmisor lineal en ondas hectométricas. Los transmisores clase C eran de tres fabricantes diferentes y cada uno de ellos pudo aceptar la señal OFDM y transmitirla.

Los transmisores lineales pueden aceptar la señal OFDM en su entrada y amplificar y transmitir la señal directamente. Sin embargo, los transmisores no lineales requieren que la señal OFDM sea generada a la salida del transmisor aplicando al transmisor señales separadas de amplitud y de fase. Para asegurar que la señal OFDM es generada correctamente, los dos trayectos a través del transmisor deben estar alineados temporalmente, lo que se logra en general retardando la señal de amplitud con respecto a la señal de fase antes de su aplicación al transmisor.

La señal OFDM generada tiene un espectro que tiene aproximadamente densidad espectral constante dentro del canal elegido de 9 ó 10 kHz. El nivel de la señal cae rápidamente en los límites superior e inferior (los bordes) del canal. Este nivel ha sido medido como 35 dB durante las pruebas y para sistemas de transmisor optimizados, este nivel será 50 dB por debajo del valor de cresta.

La atenuación en los bordes depende del tipo y diseño del transmisor. En general, la atenuación más rápida se obtiene en los transmisores no lineales más modernos, porque tienen mayor anchura de banda de modulador (usualmente utilizan un modulador transistorizado) y mejor linealidad. Éstos son los dos factores más importantes para determinar la forma de espectro transmitida.

#### 5 Consideración sobre la planificación de canales

Este criterio y el criterio 8 (§ 8 – Interferencia) están estrechamente relacionados. A continuación figura un examen más detallado.

Sobre la base de las mediciones efectuadas en laboratorio y el análisis de las mismas, cabe concluir que, con una consideración apropiada de los niveles de potencia digitales, las señales analógicas y digitales pueden coexistir en la misma banda. En otras palabras, las relaciones de protección son tales que una señal digital de 10 kHz puede ser acomodada dentro de una banda de ondas decamétricas y una señal de 9 kHz dentro de la banda de ondas hectométricas.

Hay varias posibilidades dentro de la totalidad de las bandas de radiodifusión en ondas decamétricas, aunque eso tiene que ser estudiado cuidadosamente en lo que respecta a la introducción de un servicio digital. Como ejemplo, además de permitir que el audio digital ocupe canales adyacentes al audio analógico, puede ser conveniente dedicar una porción de una subbanda de ondas decamétricas al audio digital.

#### 6 Funcionamiento de la red a una sola frecuencia

No se realizaron pruebas asociadas con este criterio, aunque como este sistema se basa en un sistema OFDM con un intervalo de guarda, es implícitamente adecuado para el funcionamiento de la red a una sola frecuencia. Esta capacidad OFDM ha sido demostrada durante los últimos años con otros sistemas en otras bandas de radiofrecuencias. No obstante, durante la planificación de la red hay que tener especial cuidado para asegurar que las diferencias de retardo entre todas las señales transmitidas hacia la zona de servicio están dentro de los límites del diseño del sistema.

#### 7 Coste y complejidad del receptor

Por razones comerciales, se espera que la capacidad de recepción digital para estas bandas de frecuencias se incorpore como parte de un receptor, en vez de fabricar un receptor autónomo. Ésta es una ampliación de la radiodifusión típica actual, que incluye las bandas MA y MF.

Por tanto, la antena, la unidad frontal, los altavoces y la envoltura tienen en un sentido, múltiples fines. La funcionalidad de la señal digital para las bandas MA se convierte en una característica «de valor añadido» del receptor. Su complejidad radica en el procesamiento digital requerido. Se prevé que el procesamiento del sistema DRM pueda residir en una «microplaqueta», lo que se pudiera lograr aplicando los adelantos efectuados en otros campos de radiodifusión y transmisión digital para utilizar el mayor número posible de elementos comunes.

## 8 Interferencia

Se efectuaron pruebas cuidadosas en laboratorio para establecer una base de datos cuantitativos sobre las variables de interferencia usuales:

- cocanal y de canal adyacente para
- digital a digital, analógico a digital y digital a analógico. (Los resultados detallados de las pruebas y análisis conexos se presentan en el Documento 6-6/6, 15 de septiembre de 2000, páginas 19-37, § 3.3.3.2.)

El resultado esencial es el siguiente: las relaciones de protección necesarias aplicables a la interferencia de sistemas analógicos a DRM, de sistemas DRM a sistemas analógicos y entre señales DRM están vinculadas con las relaciones de protección de transmisión analógica-analógica existentes de manera que es posible lo siguiente. Se determinó primero el nivel de potencia permitido de una transmisión analógica existente o ficticia que respeta los criterios de protección analógicos establecidos actualmente. Si esta transmisión analógica es sustituida por una señal DRM cuyo nivel de potencia es 7 dB más bajo, otras transmisiones existentes no recibirán ni causarán interferencia inadmisibles. Este sencillo procedimiento se derivó de las amplias mediciones indicadas en el Apéndice 1, [4].

Cabe señalar que las señales digitales son un poco más robustas, por lo que requieren relaciones de protección más bajas que los valores requeridos para la protección de señales analógicas a analógicas.

## 9 Sintonización rápida y adquisición del canal

La recepción de la onda de superficie en la banda de ondas hectométricas sólo requiere un entrelazado de tiempo de 800 ms. Por consiguiente, debido a la estructura de señal con los tres canales diferentes para señalización y datos, se necesita un promedio de 1,6 s para la adquisición hasta que el audio es entregado.

La recepción en modo de onda ionosférica en la banda de ondas decamétricas utiliza un entrelazado de tiempo de unos 2,4 s que se ha de aplicar a los datos transmitidos para mitigar las distorsiones de audio que de otro modo podrían ser causadas por el canal de transmisión variable. Debido a este entrelazado más largo y a los canales de propagación más difíciles, el tiempo medio de adquisición será 3,6 s hasta que el audio pueda ser entregado. No obstante, una etiqueta de estación transmitida en la sección de datos de señalización puede ser decodificada normalmente después de 1,6 s.

## 10 Compatibilidad con los formatos analógicos existentes

Los aspectos de este criterio se consideran en los § 8, 11 y 15.

#### 11 Utilización eficaz del espectro

Los diseñadores del sistema DRM han atendido a la necesidad de contener una señal digital dentro de su anchura de banda de canal asignada. Los rebordes del canal asignado son muy pendientes y la densidad espectral de potencia alcanza rápidamente un nivel mayor que 35 dB por debajo del nivel dentro del canal asignado. Esto favorece directamente la utilización eficaz del espectro porque se minimiza la interferencia más allá de una separación de 4,5/5 kHz con respecto al centro del canal.

Actualmente el Registro del UIT-R de las transmisiones estacionales en ondas decamétricas incluye más de una transmisión del mismo programa a una zona objetivo para algunas organizaciones de radiodifusión. Esto se hace para aumentar la posibilidad de una buena recepción de la señal. El audio digital más robusto debe reducir, a la larga, esta necesidad, lo que será un factor principal en la mejora de la utilización eficaz del espectro. Se ha de reconocer, no obstante, que durante el periodo de introducción de la recepción digital, se necesitará aún una cantidad importante de transmisión analógica en ondas decamétricas porque sólo habrá una pequeña base de receptores digitales. De este modo, esta importante mejora de la utilización eficaz del espectro, aunque será real, no se obtendrá a corto plazo.

Para la radiodifusión en ondas hectométricas y algunos aspectos de la radiodifusión en ondas decamétricas, el concepto de la red a una sola frecuencia es atractivo para algunos mercados. Ésta es otra forma de obtener la utilización eficaz del espectro y, según se ha mencionado anteriormente, sólo será realizable cuando la población de receptores digitales en la zona de radiodifusión prevista haya alcanzado un alto nivel.

#### 12 Norma única

El sistema DRM incluye múltiples modos de funcionamiento para diferentes condiciones de radiodifusión, lo que permite indicar una norma única para la radiodifusión digital en las bandas por debajo de 30 MHz.

#### 13 Comparación con los actuales servicios con modulación de amplitud

Como se describe en este informe resumido, la calidad de funcionamiento del sistema DRM se ha comparado con la del sistema MA de doble banda lateral con las mismas anchuras de banda de canal.

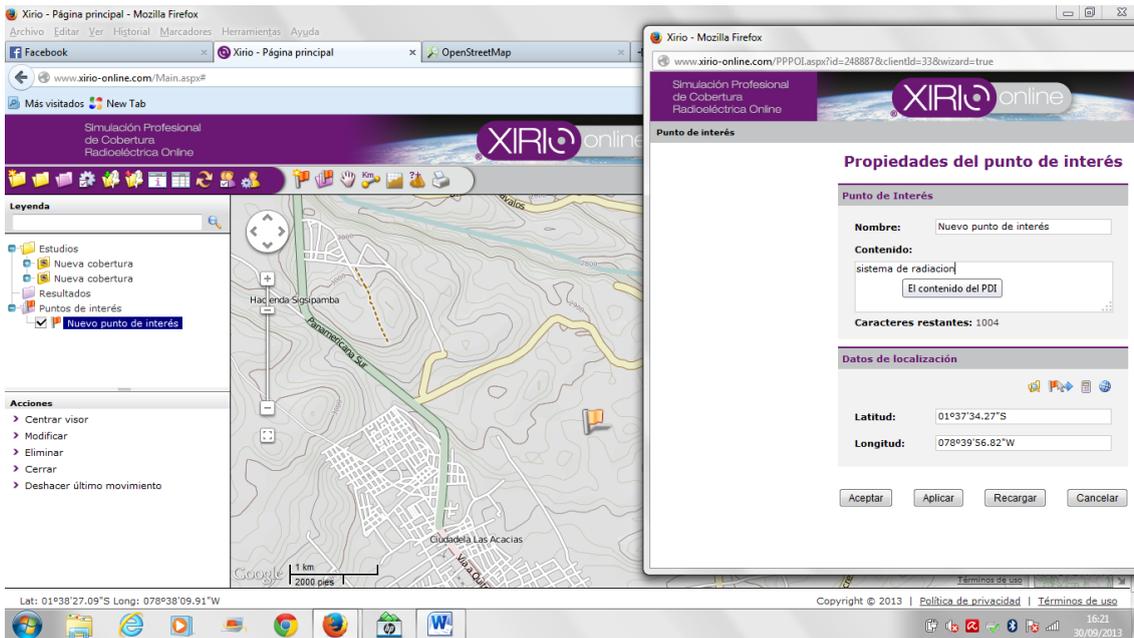
#### 14 Radiodifusión de datos

Se hace referencia a la descripción resumida del sistema DRM y al proyecto de especificación del sistema más detallado presentado al UIT-R en enero de 2000, que indican la gama de caudal de datos posible con el sistema DRM en un canal de 9/10 kHz. En efecto, esta capacidad, que es inherente en el diseño, forma parte de un compromiso entre la calidad de audio, la robustez y la capacidad disponible para la radiodifusión de datos. El sistema permite una gama de velocidades de datos que pueden utilizar entre 0 y 100% de la capacidad de datos neta transmitida.

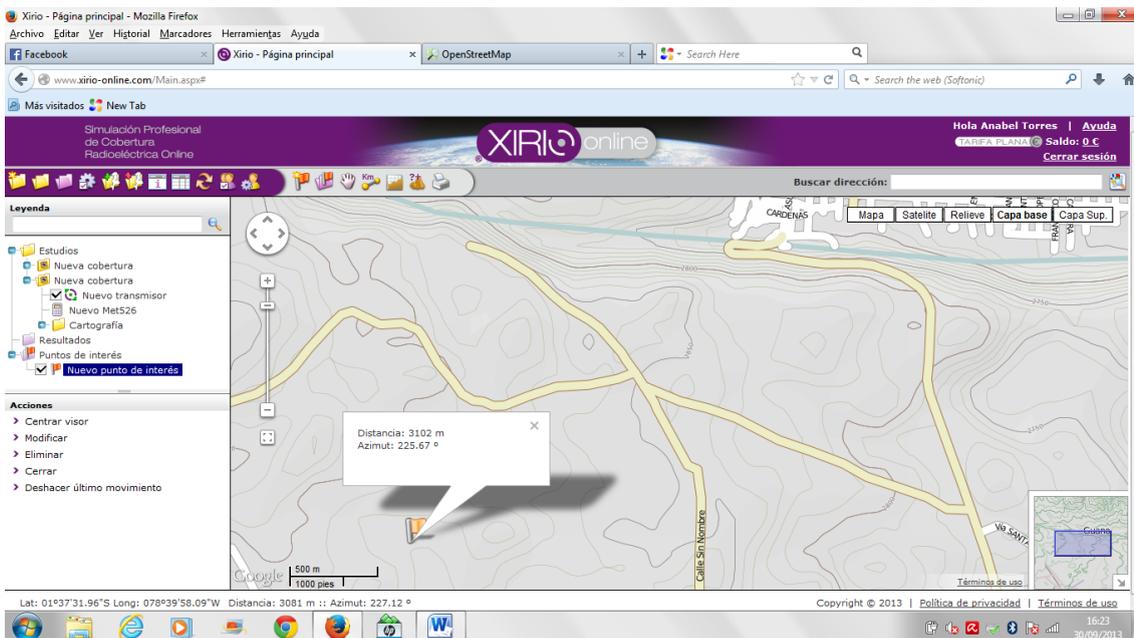
#### 15 Modularidad

El diseño del sistema DRM contiene también medios para aprovechar anchuras de banda de canal mayores si se dispusiese de esta posibilidad en el futuro. En particular, la disponibilidad de anchuras de banda de 18/20 kHz por canal aumentaría considerablemente la calidad de audio y el potencial de radiodifusión de datos.

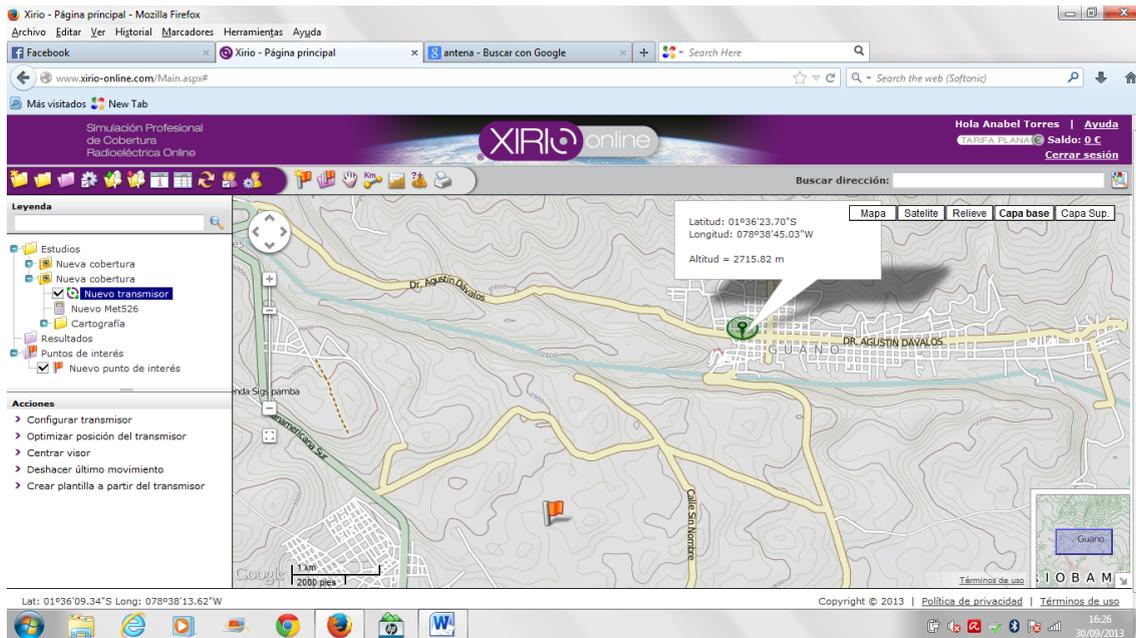
## **ANEXO 2: Imágenes de pruebas en software utilizados**



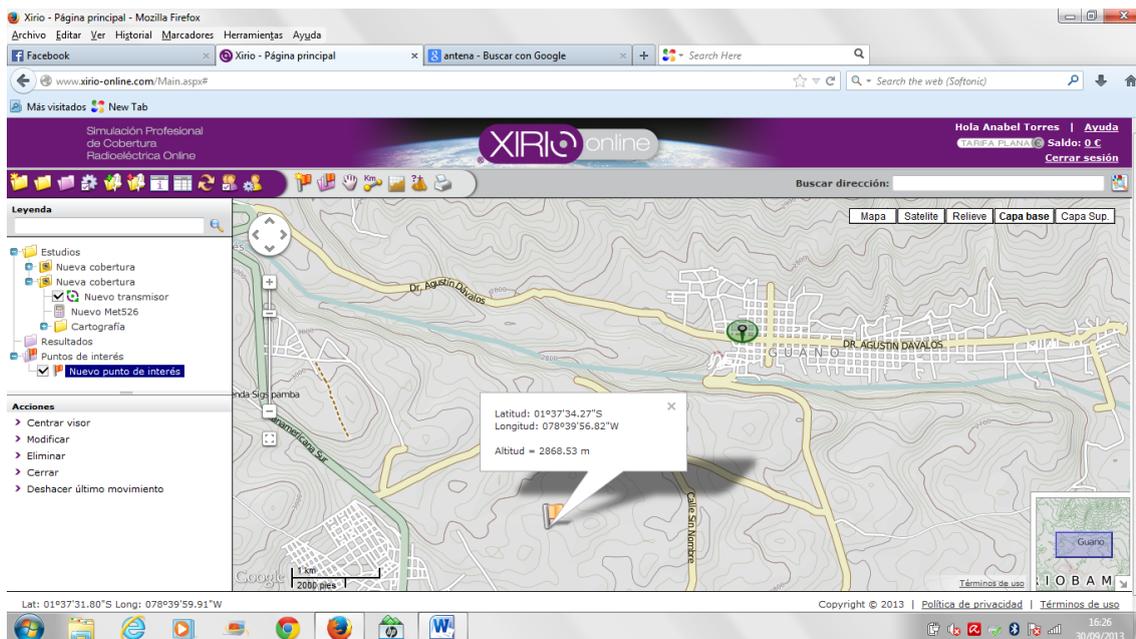
### **Img sistema de radiación**



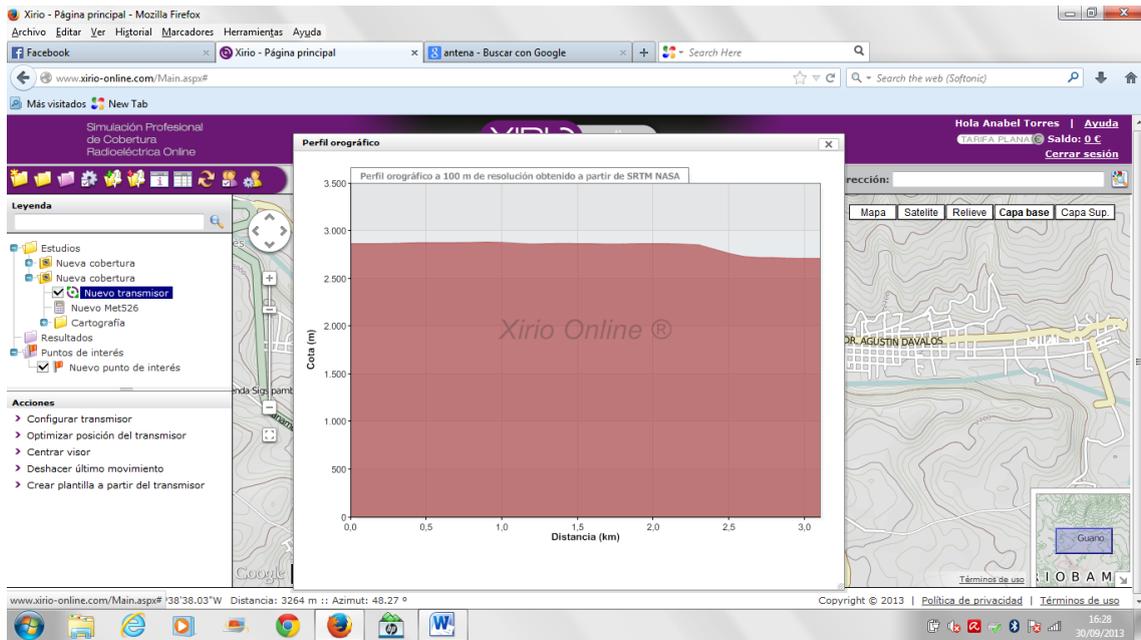
### **Img. Distancias ente los sistemas**



## Img. Altitud estación base



## Img. Altitud sistema radiante



Img. Distancias

## **ANEXO 3: REQUISITOS DE SERVICIO PARA LA RADIODIFUSIÓN**

### **SONORA DIGITAL Y SU IMPORTANCIA**

En la siguiente tabla se presenta los requerimientos que debe cumplir un sistema de radiodifusión digital.

Características de los sistemas	Importancia
1 Requisito de la norma del sistema a) El receptor digital debe funcionar en todo el mundo.	A
2 Capacidad para una transición gradual del sistema analógico al sistema digital a) Radiodifusión simultánea («simulcast») (el sistema analógico y el sistema digital comparten un solo canal). b) Multidifusión («multicast») (el sistema analógico y el sistema digital ocupan canales distintos).	A
3 Difusión de datos a) Audio y datos; es decir capacidad de difusión de datos. b) Provisión de control de acceso y aleatorización.	B C
4 Requisitos de la calidad de audio a) Calidad de audio mejorada con respecto a la de los sistemas analógicos equivalentes. b) Multi-idioma o dual-mono. c) Capacidad estereofónica. d) División de velocidad binaria dinámica entre audio y datos (datos oportunistas). e) Velocidad binaria seleccionable en pequeños incrementos y soporte de la velocidad binaria superior a la que podría lograrse en la fecha de introducción.	A B B B B
5 Eficacia espectral a) Una sola frecuencia desde transmisores geográficamente separados o cúbicos. b) Cumple los requisitos de la UIT con respecto a la anchura de banda y a la separación de canales en RF. c) Posible interferencia no superior a la modulación de amplitud equivalente.	B A A A

d) Susceptibilidad a la interferencia no superior a la de la modulación de amplitud equivalente.	
6 Fiabilidad de los servicios	A
a) Mejora en la fiabilidad de la recepción.	A
b) Disminución importante de la susceptibilidad a los efectos del desvanecimiento.	A
c) 1. Conmutación de frecuencia automática en el receptor.	C
2. Conmutación de frecuencia automática en el receptor inaudible.	A
d) Recepción en vehículos, portátil y fija.	A
e) Sintonía rápida.	B
f) Degradación gradual.	A
g) Mantenimiento de la zona de cobertura.	A
h) Buena recepción en interiores.	
7 Información del servicio para selección de sintonía	B
a) Selección simplificada de servicios utilizando datos relacionados con el programa para seleccionar el organismo de radiodifusión y el contenido del programa.	
8 Consideraciones sobre el sistema de transmisión	A
a) Utilización de los actuales transmisores modernos capaces de funcionar con sistemas digitales y analógicos.	C A
b) Ahorro de potencia cubriendo la misma zona de servicio con la misma fiabilidad de servicio.	
c) Las emisiones no esenciales y fuera de banda deben cumplir la reglamentación de la UIT.	
9 Consideraciones sobre el receptor	A
a) La complejidad del sistema no debe impedir la fabricación de receptores de bajo costo.	B
b) La complejidad del sistema debe permitir la fabricación de receptores alimentados por pilas con un bajo consumo de potencia.	
10 Compromiso variable	B
a) Posibilidad de seleccionar los parámetros del sistema dependiendo de los requisitos del organismo de radiodifusión.	

Tabla : Requisitos de servicio para la radiodifusión sonora digital.

## **ANEXO 4: Infracciones y sanciones**<sup>42</sup>

Monday, 14 November 2011 11:59

El Art. 4 de la Ley Reformatoria de la Ley de Radiodifusión y Televisión, Registro Oficial No. 691 / 9 de mayo de 1995, establece que las infracciones en que pueden incurrir los concesionarios y/o las estaciones de radiodifusión y televisión, se clasifican en delitos y faltas técnicas o administrativas. Las mismas que están determinadas en el Reglamento; y el Art. 32, establece que la Superintendencia de Telecomunicaciones podrá imponer a las estaciones, por infracciones de carácter técnico o administrativo previstas en esta Ley o en el Reglamento, las siguientes sanciones:

Amonestación escrita;

Multa de hasta diez salarios mínimos vitales;

Suspensión del funcionamiento, por reincidencia de una misma falta de carácter técnico o administrativo, o por mora en el pago de las tarifas o derechos de la concesión, mientras subsista el problema.

**INFRACCIONES** El Art. 80 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, Registro Oficial N° 867 de 17 de enero de 1996, define las infracciones en las que incurran los concesionarios de las estaciones de radiodifusión y televisión, se clasifican en infracciones de carácter técnico y administrativo.

Infracciones Clase I

a) Técnicas:

Instalar la estación sin los dispositivos de seguridad humana, señalización para navegación aérea y rotulo de identificación.

Instalar los transmisores sin los instrumentos de medida.

b) Administrativas:

Incumplir con la transmisión de programas de interés social, público o mensajes e informaciones del Presidente o otros entes estatales.

Transmitir publicidad comercial si es de servicio público.

Transmitir programación en otros idiomas no autorizados por la Ley

Uso incorrecto del lenguaje

---

<sup>42</sup><http://www.supertel.gob.ec/>

No comunicar a la SUPTEL el cambio de representante legal.

No informar o registrar cambios en los estatutos de las compañías

No enviar la lista actualizada del personal de la estación.

No identificar la estación al menos cada media hora.

#### Infracciones Clase II

##### a) Técnicas:

Impedir el ingreso de personal de la SUPTEL para inspecciones y no presentar la documentación requerida.

Realizar emisiones de prueba sin autorización de la SUPTEL

Instalar los estudios fuera del área de servicio autorizada.

Utilizar la subportadora residual sin autorización de la SUPTEL

Indicar características diferentes a las autorizadas o falsear en cuanto a su origen.

Incumplir la obligación de solucionar causas de interferencias.

Operar con características diferentes a las autorizadas.

Realizar cambios técnicos no autorizados por la SUPTEL o el CONARTEL.

##### b) Administrativas:

Suspender emisiones por más de 8 días consecutivos, sin autorización de la SUPTEL.

No notificar a la SUPTEL la fecha de inicio de operaciones en el plazo establecido.

No promover la música y valores artísticos nacionales o de atentar contra su indiosincrasia nacional, costumbres, aspectos religiosos.

Incumplir la disposición del artículo 57 de la Ley de Radiodifusión y Televisión

Transmitir programación o avances publicitarios no aptos para todo público entre las 6h00-21h00

No comunicar a la SUPTEL la transmisión en forma simultánea de programación diferentes en una o más estaciones de un sistema de televisión

Retransmitir programas de otras estaciones de radio y televisión en forma simultánea con carácter permanente, sin las autorizaciones de la estación matriz y de la SUPTEL.

Transmitir programas sin la calidad artística, cultural y moral conforme lo dispuesto en la Ley y el Reglamento.

Infringir los artículos 61 ó 63 de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

Infracciones Clase III a) Técnicas:

Cambiar de ubicación los transmisores o repetidoras sin autorización de la SUPTEL.

Instalar un transmisor adicional en lugar distinto al autorizado

Instalar un estudio adicional al principal en una zona distinta del área de cobertura autorizada.

No resolver problemas de interferencia perjudicial o mejorar el servicio de radiodifusión y televisión, en lo referente a cambios en las características de las estaciones y su ubicación

b) Administrativas:

Realizar actividades prohibidas completadas en el artículo 58 de la Ley de Radiodifusión y Televisión que no sean tipificadas como infracciones penales y que el Superintendente haya determinado que es de su competencia el juzgarlas.

Transmitir o retransmitir programas, obras, actos o eventos, para lo cual exista el registro de exclusividad en la SUPTEL.

Contratar asesores técnicos o de programación extranjeros sin autorización del Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos.

Transmitir o retransmitir en forma directa o diferida programas recibidos de estaciones espaciales del servicio fijo por satélite sin autorización de la SUPTEL y del Propietario del satélite o programa.

Incumplir lo dispuesto en el artículo 43 de la ley de Radiodifusión y Televisión.

Incumplir que las estaciones que transmitan televisión por cable, incluyan a todas las estaciones de televisión del área dentro de las listas de opciones que ofrezcan a sus abonados, con el mismo número de canal que le corresponda, debiendo esta inclusión prevalecer sobre cualquier otra de origen nacional o extranjera.

Modificar las características técnicas básicas de operación la estación de servicio público o la estación de tipo comercial, sin la correspondiente autorización del CONARTEL

No guardar grabaciones de los programas transmitidos hasta 30 días después del mismo.

Infracciones Clase IV Administrativas:

Reincidencia de una misma falta de carácter técnico o administrativo; siempre que la misma haya sido cometida dentro del período de 1 año, o que el concesionario no haya rectificado dentro del plazo que señale la SUPTEL.

Mora en el pago de las tarifas por más de tres meses consecutivos.

Infracciones Clase V a) Técnicas:

Suspender emisiones por más de 180 días consecutivos, sin autorización de la SUPTEL.

Cambiar de lugar de operación la estación de servicio público comunal sin la correspondiente autorización del CONARTEL.

Transmitir en forma permanente la señal de una estación extranjera, con el fin de justificar su funcionamiento.

b) Administrativas:

Arrendar la estación sin autorización del CONARTEL

Traspasar los derechos de la frecuencia a otra persona sin autorización del CONARTEL.

Mora en el pago de tarifas por 6 o más meses consecutivos.

Ceder, gravar, dar en fideicomiso o enajenar total o parcialmente la concesión, los derechos en ella conferidos, instalaciones, servicios auxiliares dependencias u accesorios a un gobierno o persona extranjera.

Transmitir publicidad comercial si la estación es de servicio público comunal.

**SANCIONES** El Art. 81 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, indica que las sanciones se aplicarán de acuerdo a la clase de infracción cometida, conforme se indica a continuación:

Infracción:	Sanción:
Clase I	Amonestación por escrito.
Clase II	Sanción económica de hasta 50% del máximo de la multa.
Clase III	Sanción económica del 100 % del máximo de la multa.
Clase IV	Suspensión de emisiones hasta 90 días.
Clase V	Cancelación de la concesión

**OTROS ASPECTOS DE PROCEDIMIENTOS DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES**

Los siguientes artículos del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, establece lo siguiente:

Art. 82.- En caso de incumplimiento del artículo 10 de la Ley de Radiodifusión y Televisión, la Superintendencia de Telecomunicaciones revertirá al estado las concesiones otorgadas por incumplimiento, que sean motivo de esta infracción.

Art. 83.- La Superintendencia de Telecomunicaciones, podrá disponer la clausura de la estación, que no obstante haber sido sancionada con suspensión de emisiones por interferir a otras estaciones o sistemas de telecomunicaciones, no hayan acatado esa disposición, para lo cual oficiará al Intendente o autoridad competente de Policía de la respectiva jurisdicción donde funcione la estación y de ser necesario colaborará con el asesoramiento de técnico.

Art. 84.- La persona natural o jurídica concesionaria que incurra en las infracciones señaladas en las clases I, II, III y IV serán sancionadas por el Superintendente de Telecomunicaciones para el juzgamiento de infracciones de la clase II, III, IV, se procederá conforme al procedimiento contemplado en el Artículo 71 segundo inciso de la Ley de Radiodifusión y Televisión de la siguiente manera:

**NOTIFICACION:** La notificación se hará por boleta en el domicilio mercantil o civil del infractor haciéndole conocer la falta o faltas en que hubiere incurrido. Cuando no se conociere el domicilio o se trate de notificar a los herederos del infractor, la notificación se hará mediante una publicación en un período de la capital de provincia de su domicilio, cuando hubiera, y además en uno de los períodos de mayor circulación en el país. Las notificaciones por la prensa podrán hacerse individual o colectivamente, cuando fueren varios los presuntos infractores.

**CONTESTACION:** El presunto infractor tendrá el término de ocho días contados a partir de la fecha de notificación respectiva para contestarla y presentar las pruebas de descargo que la Ley le faculta y ejercer plenamente su derecho de defensa.

**RESOLUCION:** El Superintendente de Telecomunicaciones dictará su resolución en el término de quince días contados desde el vencimiento del término para contestar, haya o no recibido la contestación.

Las resoluciones contendrán la referencia expresa a las disposiciones legales y reglamentarias aplicadas y a la documentación y actuaciones que las fundamenten.

El trámite para que proceda la terminación de la concesión por resolución del CONARTEL, será el previsto en el artículo 67 inciso 2 de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

Art. 85.- El CONARTEL, resolverá las apelaciones que presenten los concesionarios en el término de ocho días de haber sido notificado con la resolución de sanción impuesta por la Superintendencia de Telecomunicaciones, el que podrá confirmarla, revocarla o modificarla en la siguiente sesión de este organismo, en este caso, no procederá el voto del Superintendente de Telecomunicaciones.

Art. 86.- La Superintendencia de Telecomunicaciones mantendrá un libro de registros de sanciones, en el que se inscribirán las sanciones impuestas a los concesionarios, la causa, la fecha y el número de oficio o Resolución con el que se ha impuesto la sanción.

Art. 87.- Para el pago a la Superintendencia de Telecomunicaciones del valor de la sanción económica se concederá al concesionario el plazo de 30 días, caso contrario, la Superintendencia de Telecomunicaciones iniciará el cobro por la vía coactiva.

Art. 88.- Las personas naturales o jurídicas que arbitrariamente instalen y operen estaciones de radiodifusión o televisión sin autorización del CONARTEL o de la Superintendencia de Telecomunicaciones, serán clausuradas a pedido del CONARTEL o de la Superintendencia de Telecomunicaciones, por el Intendente o autoridad competente de Policía de la respectiva jurisdicción donde se encuentre instalada la estación.

Los equipos de la estación serán requisados por la Superintendencia de Telecomunicaciones y pasarán a ser de propiedad de la misma y por tanto, constituirán parte de su patrimonio.

Al infractor no se le concederá ninguna frecuencia de radiodifusión o televisión.

## **ANEXO 5: REQUISITOS PARA SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN Y**

### **CONEXOS**

## **CONSEJO NACIONAL DE RADIODIFUSION Y TELEVISION CONARTEL**

Según el Art. 16 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, se establece el siguiente formato de requisitos que deben presentar los peticionarios, con el objeto de obtener la concesión para instalar y operar una frecuencia para Radiodifusión.

### **REQUISITOS PARA SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN Y CONEXOS**

- a) Solicitud escrita dirigida al señor Presidente del CONARTEL, en la que consten los nombres completos del solicitante y su nacionalidad, la dirección a la que se le puede enviar correspondencia, teléfono y fax.
- b) Nombre propuesto para la estación o sistema a instalarse;
- c) Clase de sistema (según formato 1)
- d) Banda de frecuencia (según formato 2)
- e) Estudio de Ingeniería suscrita por un ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, colegiado y registrado en la Superintendencia de Telecomunicaciones (según formato 3)
- f) Ubicación y potencia de la estación o estaciones g)

Horario de trabajo

- h) Dos certificados bancarios que acrediten la solvencia económica del solicitante (originales o copias certificadas)
- i) Currículum Vita para caso de persona natural
- j) Declaración Juramentada que el peticionario no se encuentra incurso en ninguna de las limitaciones establecidas en la Ley de Radiodifusión y Televisión, en relación con el número de estaciones de las que puede ser concesionario (original o copia certificada).
- k) Si es persona natural, deberá presentar copias certificadas de la Cédula de Ciudadanía, papeleta de votación y original de la partida de nacimiento, del solicitante y del cónyuge; si es persona jurídica, deberá presentar los documentos que acrediten su existencia legal y el nombramiento del representante legal. Para el caso de compañías, corporaciones o fundaciones, deberá adjuntar las partidas de nacimiento de los socios o miembros; para las sociedades anónimas, el certificado de porcentaje de inversión extranjera otorgado por la Superintendencia de Compañías.
- l) Fe de presentación de la comunicación dirigida al Comando Conjunto de las FFAA, solicitando el Certificado de Idoneidad.

**ACLARACION 1.-** Previa la suscripción del contrato de concesión, el peticionario deberá presentar la garantía de cumplimiento del contrato, de acuerdo a lo que señala el Art. 20 de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

**ACLARACION 2.-** Si el peticionario ya es concesionario (tiene autorización para operar un sistema de radiodifusión o televisión), no requiere presentar el requisito de la letra "l)".

*NOTA: Toda la documentación deberá presentarse en original y copia (dos carpetas), en la Unidad de Documentación y Archivo de la Institución.*

# FORMATO1

## RADIODIFUSION Y CONEXOS

### CLASE DE ESTACION O SISTEMA

1) Nombre del peticionario: \_\_\_\_\_

Si el peticionario tiene frecuencias de radiodifusión o televisión, indique la frecuencia o canal de estación matriz: ..... ciudad: .....

2) Clase de estación:

- Comercial privada (fines de lucro): SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_
- Servicio público (sin publicidad): SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3) Clase de sistema que solicita:

- a) Radiodifusión en AM: Matriz: Repetidora: \_\_\_\_\_
- b) Radiodifusión en FM: Matriz: Repetidora: \_\_\_\_\_
- c) Radiodifusión en OC: Matriz: Repetidora: \_\_\_\_\_
- d) Televisión Abierta en VHF: Matriz: Repetidora: \_\_\_\_\_
- e) Televisión Abierta en UHF: Matriz: Repetidora: \_\_\_\_\_

4) Sistemas conexos que solicita:

- a) Enlace(s) terrestre Estudio-Transmisor: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_
- b) Frecuencias auxiliares: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_
- c) Enlace satelital Estudio-Transmisor: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

5) Tipo de estación sistema

a) Para radiodifusión AM

- Sistema Local (500w-3000w): \_\_\_\_\_
- Sistema regional (3Kw-10Kw.): \_\_\_\_\_
- Sistema nacional (más de 10Kw.): \_\_\_\_\_

b) Para radiodifusión FM

- Baja potencia (250w.): \_\_\_\_\_
- Potencia normal (más de 250w.): \_\_\_\_\_

c) PararadiodifusiónOC

- Regional(1-10Kw.): \_\_\_\_\_
- Internacional(másde10Kw.): \_\_\_\_\_

d) Televisiónabierta

- Sistema local(sinrepetidoras): \_\_\_\_\_
- Sistemaregional(hasta2repetidoras): \_\_\_\_\_
- Sistemanaacional.Incluyeobligaciónde  
instalar1repetidoraenelOrienteyla  
provinciadeGalápagos(másdedos  
repetidoras): \_\_\_\_\_

# FORMATO2

## RADIODIFUSION Y CONEXOS

### BANDA DE FRECUENCIA

Nombre del peticionario: \_\_\_\_\_

1) Para enlace estudio-transmisor (matriz o repetidoras):

#### ENLACE BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)

a)

b)

c)

d)

e)

2) Para frecuencias auxiliares (ejemplo estudio-móvil 1)

#### DESCRIPCION

#### CANTIDAD BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)

a)

b)

c)

3) Enlace satelital Estudio-Transmisor

Ubicación estación transmisora:

Satélite a través del cual se conectará:

Banda de frecuencia a operar:

**NOTA:** Mayores detalles de los sistemas que se solicitan se indicarán en el Estudio de Ingeniería

# **FORMATO3**

## **RADIODIFUSIÓN Y CONEXOS**

### **PARA ESTUDIOS DE INGENIERIA**

El Estudio de Ingeniería se realizará en uno o más de los siguientes formatos:

3.1: Radiodifusión

3.2: Televisión

3.3: Enlace terrestre

3.4: Frecuencias auxiliares

3.5: Enlace satelital Estudio-Transmisor(es)

# FORMATO 3.1

## PARA ESTUDIOS DE INGENIERIA DE ESTACIONES DE RADIODIFUSION

Nombre del peticionario: \_\_\_\_\_

**1. DECLARACION DEL PROFESIONAL:** El profesional debe declarar que el Estudio de Ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presenta bajo su responsabilidad; demostrará que su especialización se encuentra dentro del campo de la Electrónica y/o Telecomunicaciones; indicará claramente su nombre y número de afiliación al Colegio Profesional correspondiente; y manifestará que conoce la Ley de Radiodifusión y Televisión; su Reglamento General y la Norma Técnica para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica.

### 2. DATOS DEL ESTUDIO DE LA ESTACION (1):

a) Ubicación:

- Dirección (calle No., ciudad, teléfono, fax, e-mail):
- Coordenadas geográficas: Longitud: Latitud: \_\_\_\_\_
- Alturas sobre el nivel del mar:

b) Equipos:

- Características técnicas (acústicas) de la cabina de locución, incluir plano (2)
- Diagrama de bloques de los equipos a instalarse en el estudio
- Especificaciones de los equipos (catálogo de los equipos principales del estudio)

### 3. DATOS DEL TRANSMISOR:

a) Ubicación del transmisor:

- Nombre del lugar:
- Coordenadas geográficas: Longitud: Latitud: \_\_\_\_\_
- Alturas sobre el nivel del mar:
- Para radiodifusión AM, indicar área disponible del terreno:

b) Equipo:

- Marca
- Modelo
- Banda de frecuencia de operación
- Ancho de banda y clase de emisión
- Potencia nominal a la salida del transmisor
- Potencia efectiva radiada (PER), en la dirección de máxima radiación
- Se adjuntarán los catálogos con las especificaciones técnicas, que contengan como mínimo lo siguiente:
  - Descripción e instrucciones del funcionamiento
  - Datos de sintonización y normas de ajustes (2)
  - Descripción de los dispositivos de control del funcionamiento del equipo (2)
  - Descripción de los dispositivos de seguridad (2)

c) Sistema irradiante:

- Tipo de antena

- Polarización
- Ganancia en la dirección de máxima radiación (dB)
- Azimut (en dirección de máxima radiación):
- Angulo de cobertura del lóbulo principal de irradiación a -3dB y a -6dB (2)
- Angulo de elevación (2)
- Relación del lóbulo frontal y posterior en dB (2)
- Diagramas de radiación horizontal y vertical
- Altura de la antena en relación al nivel del suelo en metros
- Sistema de tierra
- Protecciones para rayos y corrientes estáticas (2)

d) Cable RF entre el transmisor y la antena (2)

- Tipo
- Longitud
- Atenuación a la frecuencia RF/metro:

e) Energía eléctrica (2):

- Fuente(s): Red comercial, grupo electrógeno, otros:
- Voltaje de alimentación
- Consumo
- Regulación y estabilización
- Protecciones
- Equipo de emergencia f)

Mantenimiento (2):

- Descripción de equipo de prueba y mantenimiento g)

Instalación:

- Diagramas en bloque de las instalaciones de equipos en el local del transmisor
- Área disponible para la instalación del transmisor (2)
- Planos de la caset del transmisor (2)

h) Cobertura:

- Cálculo de propagación
- Perfil topográfico desde el transmisor con azimut de 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° (grados)
- Determinación del área de cobertura teórica dibujadas sobre un mapa topográfico original del lugar, escala apropiada de acuerdo a los procedimientos aprobados por la UIT o mejores, para 54 dBuV/m (3) y 30 dBuV/m
- Estudio de intermodulación si hay otros sistemas radiantes a menos de 100m. de separación en FM o 500m. en AM.

#### 4. ENLACE ESTUDIO-TRANSMISOR (Principal repetidoras)

Si el enlace se realiza mediante línea física, adjuntar diagrama de la ruta, con distancias (2).

Si el enlace se realiza mediante radiocomunicación, adjuntar formato 3.3 o 3.5, según corresponda, debidamente llenado.

## 5. FRECUENCIAS AUXILIARES

Si para la operación del sistema se requiere de frecuencias auxiliares, adjuntar formato 3.4, debidamente llenado

### NOTAS:

- (1) No requerido para estaciones repetidoras
- (2) No requerido para estaciones sistemas locales en radiodifusión AM ni para estaciones de baja potencia en radiodifusión FM
- (3) 43 dBuV/m para estaciones de baja potencia

Elaborado por: \_\_\_\_\_

f) \_\_\_\_\_

Licencia Profesional: .....

## FORMATO 3.3

### PARA ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE ENLACE TERRESTRES DEL SERVICIO DE RADIO DIFUSIÓN

Nombre del peticionario: \_\_\_\_\_

**1. DECLARACION DEL PROFESIONAL:** El profesional debe declarar que el Estudio de Ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presenta bajo su responsabilidad; demostrará que su especialización se encuentra dentro del campo de la Electrónica y/o Telecomunicaciones; indicará claramente su nombre y número de afiliación al Colegio Profesional correspondiente; y manifestará que conoce la Ley de Radiodifusión y Televisión; su Reglamento General y las Normas Técnicas pertinentes.

#### 2. DATOS DEL ESTUDIO DE LA ESTACION:

##### 2.1 Datos generales

- Enlace Transmisión (A)-Recepción (B)
- Coordenada sitio A: Longitud: Latitud: Altura: \_\_\_\_\_
- Coordenada sitio B: Longitud: Latitud: Altura: \_\_\_\_\_

##### 2.2 Transmisor (del enlace):

- Marca
- Modelo
- Banda de frecuencias de operación
- Ancho de banda y clase de emisión
- Potencia nominal
- Especificaciones del equipo (adjuntar catálogo con especificaciones)

##### 2.3 Antenas de transmisión:

- Marca y modelo
- Tipo
- Polarización
- Ganancia
- Ángulo de cobertura del lóbulo principal de irradiación (entre puntos a -3dB)
- Ángulo de elevación
- Azimut de radiación máxima
- Relación del lóbulo frontal y posterior en dB
- Diagramas de radiación horizontal y vertical (adjuntar)
- Alturas sobre el suelo

##### 2.4 Receptor:

- Marca
- Modelo
- Banda de frecuencias de operación
- Especificaciones: Se adjuntará los catálogos y diagramas electrónicos

##### 2.5 Antena de recepción:

- Tipo

- Polarización
- Ganancia
- Angulo de elevación
- Ancho del lóbulo principal de radiación entre puntos de -3dB
- Azimut de recepción
- Relación del lóbulo frontal y posterior (dB)
- Diagrama de radiación horizontal y vertical (adjuntar)
- Alturas sobre el suelo

#### 2.6 Cálculos:

- Cálculos del radio enlace
- Perfil topográfico

#### **CONCLUSIONES:**

Para otros enlaces: Llenar los datos de 2.1 a 2.6 para cada transmisor

### **3. ENERGIA ELECTRICA**

- Fuente: Red comercial, grupo electrógeno, otro:
- Voltaje
- Consumo
- Regulación y estabilización
- Protecciones
- Equipo de emergencia

### **4. MANTENIMIENTO**

- Equipo de prueba y mantenimiento

### **5. INSTALACION**

- Esquemas eléctricos
- Planos de la casetta con ubicación de equipos

Elaborado por: \_\_\_\_\_

f) \_\_\_\_\_

## FORMATO 3.4

### PARA ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA FRECUENCIAS AUXILIARES (SERVICIO FIJO MOVIL) DEL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN

Nombre del peticionario: \_\_\_\_\_

- 1. DECLARACION DEL PROFESIONAL:** El profesional debe declarar que el Estudio de Ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presenta bajo su responsabilidad; demostrará que su profesión se encuentra dentro del campo de la Electrónica y/o Telecomunicaciones; indicará claramente su nombre y número de afiliación al Colegio Profesional correspondiente; y manifestará que conoce la Ley de Radiodifusión y Televisión; su Reglamento General y las Normas Técnicas pertinentes.

#### 2. SISTEMA(S) DE RADIO ENLACE(S)

2.1 Equipos:

	TRANSMISOR	RECEPTOR
Marca		
Modelo		
Banda de frecuencias de operación		
Clase de operación		
Especificaciones (catálogos)	Adjuntar	Adjuntar

#### 3. ANTENA:

	TRANSMISOR	RECEPCION
Tipo		
Polarización		
Ganancia		
Angulo de cobertura del lóbulo principal de irradiación -3Db		
Angulo de elevación		
Angulo vertical a -3Db		
Relación del lóbulo frontal y posterior en dB		
Diagramas de radiación horizontal y vertical	Adjuntar	Adjuntar
Altura de la antena en relación al nivel del suelo en metros		
Altura máxima efectiva de la antena en metros		

#### 4. CABLE ENTRE EL TRANSMISOR Y LA ANTENA:

- Tipo
- Longitud
- Atenuación en función de la frecuencia/metro

## 5. CALCULOS:

### Datos

- Distanciadelenlace
- PotenciadelTx
- SensibilidaddelRx
- Atenuacióndelcable
- Otros(detallar)

### Cálculos

- Atenuaciónespaciolibre
- Pérdidasenelcable
- Otraspérdidas
- Otros cálculosintermediosdeinterés(detallar)

### **Conclusióndeloscálculosdelradioenlace:**

---

---

Elaboradopor: \_\_\_\_\_

f) \_\_\_\_\_

## FORMATO 3.5

### PARA ESTUDIOS DE INGENIERIA DE ENLACE SATELITALES DE RADIODIFUSION

Nombre del peticionario: \_\_\_\_\_

**1. DECLARACION DEL PROFESIONAL:** El profesional debe declarar que el Estudio de Ingeniería, planos de equipos e instalaciones y demás documentación técnica los presenta bajo su responsabilidad; demostrará que su especialización se encuentra dentro del campo de la Electrónica y/o Telecomunicaciones; indicará claramente su nombre y número de afiliación al Colegio Profesional correspondiente; y manifestará que conoce la Ley de Radiodifusión y Televisión; su Reglamento General y las Normas Técnicas pertinentes.

**2. NOMBRE DE LA ESTACION TERRENA:** \_\_\_\_\_

**3. OPERADOR:**

3.1 Nombre: \_\_\_\_\_

3.2 No. Telefónico: \_\_\_\_\_

3.3 No. Fax: \_\_\_\_\_

3.4 Dirección: \_\_\_\_\_

**4. INFORMACION GEOGRAFICA**

4.1 Latitud: grados min seg. Norte Sur \_\_\_\_\_

4.2 Longitud: grados min seg. Oeste \_\_\_\_\_

4.3 Dirección (calles, No., ciudad)

**5. SATELITALES A UTILIZARSE:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**6. TIPO DE ESTACION TERRENA:**

6.1 Diámetro de antena: metros

6.2 Tipo de polarización: \_\_\_\_\_

6.3 Método de rastreo: \_\_\_\_\_

6.4 Banda de recepción a MHz

6.5 Figura de mérito G/T: dB/°K

6.6 Capacidad para variar la frecuencia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6.7 Sistemas de control de la estación terrena: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**7. INDICAR LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD HUMANA Y DENAVEGACION AEREA  
QUE DISPONDRALA ESTACION TERRENA:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**8. ADJUNTAR LITERATURA TECNICA DE LOS EQUIPOS Y ANTENAS A UTILIZARSE**

Elaborado por: \_\_\_\_\_

f) \_\_\_\_\_

## ANEXO 6: MEDICIONES





