



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño de una estación de radiodifusión broadcasting digital DAB+ en
la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**

AUTOR:

Terán Coronel, Anthony Marcelo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Philco Asqui, Luis Orlando

Guayaquil, Ecuador

12 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Terán Coronel, Anthony Marcelo como requerimiento para la obtención del
título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

M. Sc. Philco Asqui, Luis Orlando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 12 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Terán Coronel, Anthony Marcelo**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación **“Diseño de una estación de radiodifusión broadcasting digital DAB+ en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil”**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 12 de marzo del 2019

EL AUTOR

TERÁN CORONEL, ANTHONY MARCELO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, Terán Coronel, Anthony Marcelo

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de una estación de radiodifusión broadcasting digital DAB+ en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 12 de marzo del 2019

EL AUTOR

TERÁN CORONEL, ANTHONY MARCELO

REPORTE DE URKUND

URKUND Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Documento: [Tesis Anthony Teran Coronel.docx](#) (D40240456)

Presentado: 2019-02-22 20:40 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: RV: Informe de titulación [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes:

- [Tesis Final Veliz Jorge_25Abril2014.docx](#)
- [Tesis Final Veliz Jorge_22Abril2014.docx](#)
- [https://www.itu.int/itu-t/rec/itu-t/REC-P.1546-4-200910-SUPP.5.pdf](https://www.itu.int/itu-t/rec/itu-t/rec/itu-t/REC-P.1546-4-200910-SUPP.5.pdf)
- 100% Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de ...
- 100% Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de ...

Fuentes no usadas

⚠ Advertencias 🔄 Reiniciar 📄 Exportar 📄 Compartir

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño de una estación de radiodifusión broadcast digital DAB+ en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

AUTOR: Teran Coronel, Anthony Marcelo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Ing. Orlando Philco

Guayaquil, Ecuador

9 de septiembre del 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mi abuelo Gilberto Coronel Barberán y a mi abuelita Bella Alzamora Cirino que, aunque no estén presentes para ver este logro, fueron un pilar importantísimo a lo largo de mi carrera universitaria, los amo y los recordare siempre.

A mis padres Victor Terán Parada, Maribel Coronel Alzamora que, gracias a su apoyo y dedicación he culminado esta etapa de mi vida.

Este logro es por la confianza que han depositado en mí ya que sin ustedes no estaría hoy aquí, les quedo agradecido por hacer de mi un gran profesional y un gran ser humano, jamás habrá palabras que expresen todo lo que siento por ustedes mis queridos padres, los amo.

EL AUTOR

TERÁN CORONEL, ANTHONY MARCELO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por no dejarme vencer en los peores momentos, el me ha demostrado que con un poco de fe y dedicación todo es posible.

A mi abuela Bélgica Alzamora por haber estado conmigo estos años, por nunca dejar que me falte un plato de comida sobre la mesa, una caricia cuando la necesitaba y por jamás haber dudado que algún día sería un gran profesional.

A mis amigos, con los cuales construí una de las mejores etapas de mi vida, en las cuales no solo me llevo conocimientos sino grandes experiencias de esta bella etapa, gracias. Porque quizás sin ustedes me hubiera graduado más rápido pero no la hubiera pasado tan bien.

A la ingeniera Degny Burbano que ha aportado de manera excepcional en este trabajo de titulación, te quedo muy agradecido por todo el esfuerzo que has hecho y la paciencia que me has tenido.

A mi tutor el M. Sc. Orlando Philco, por su gran labor como docente y tutor, que con paciencia y sabiduría supo guiarme de la manera correcta en mi culminar universitario.

Finalmente, a todos mis docentes y personal administrativo de la facultad técnica, por aquellos que verdaderamente se esfuerzan y que mas allá de ser maestros fueron amigos y jamás dudaron en dar la mano a más de uno, se les agradece a todos.

EL AUTOR

TERÁN CORONEL, ANTHONY MARCELO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

M. Sc. ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas	XIII
Capítulo 1: Descripción General.....	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Definición del Problema.....	3
1.4. Justificación del Problema.	3
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Metodología de Investigación.	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	6
2.1 Radio	6
2.1.1 Historia de la radio	6
2.1.2 Desarrollo de la radio	7
2.2 Sistemas de comunicación	8
2.3 Modulación.....	9
2.3.1 Razones para aplicar la modulación	9
2.4 Demodulación	9
2.5 Tipos de señales.....	9
2.5.1 Señales analógicas:	10
2.5.2 Señales digitales	10
2.6 Afectaciones a la Señal	10
2.6.1 Ruido eléctrico.....	11
2.7 Transmisión digital	13
2.7.1 Ventajas de la transmisión digital	14
2.7.2 Desventajas de la transmisión digital	14
2.8 Radiodifusión	14
2.8.1 Radiodifusión terrestre	15

2.8.2	Radiodifusión por satélite	15
2.8.3	Radiodifusión analógica	16
2.9	Radio digital.....	16
2.10	Ventajas de la Radio Digital Terrestre:	18
2.11	Comparación entre Radio Digital y Analógica	19
2.12	Estándares De Radiodifusión Digital Terrestre	21
2.12.1	HD Radio	21
2.12.2	DRM (Digital Radio Mondiale).....	22
2.12.3	DAB - Digital Audio Broadcast (Radiodifusión de audio digital).24	
2.13	Sistema DAB+.....	30
2.13.1	Esquema del sistema DAB+	30
2.13.2	Codificación de Audio	31
2.13.3	Multiplexación.....	32
2.13.4	Modulación COFDM.....	34
2.14	Ubicación en el Espectro Radioeléctrico.....	34
2.15	Bandas de frecuencia	35
	CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDO	37
3.1	Diseño y planeamiento de la estación de radiodifusión	37
3.2	Requisitos para el uso temporal de frecuencias	37
3.3	Frecuencia de transmisión y ancho de banda	38
3.4	Localización geográfica de la estación difusora	38
3.5	Distribución y ubicación de equipos en el Canal UCSG	39
3.6	Áreas técnicas del canal UCSG	40
3.6.1	Estudio de grabación	40
3.6.2	Funciones del sonidista	41
3.6.3	Monitoreo y control de equipos.....	42
3.6.4	Control de estudio.....	42
3.6.5	Master.....	42
3.6.6	Control técnico	42
3.6.7	Sala de ingreso multimedia	43
3.6.8	Área de transmisión y monitoreo	43

3.9 Equipos actualmente utilizados en el canal UCSG para la transmisión analógica.....	44
3.9.1 Consola de audio.....	44
3.9.2 Microondas	46
3.9.3 Modulador	47
3.9.4 Transmisor de línea RF	48
3.9.5 Amplificador	48
3.9.6 Sistema Radiante.....	49
3.9.7 Línea de transmisión.....	50
3.10 Zona de cobertura.....	51
3.11 Antena radiante.....	51
3.12 Altura de la torre	52
3.13 Ley de Fresnel.....	53
3.14 Altura de la torre transmisora	56
3.15 Angulo de inclinación.....	56
3.16 Medio de transmisión	57
3.16.1 Características técnicas cables TNC	58
3.17 Potencia de transmisión.....	59
3.18 Calculo de la altura efectiva	60
3.19 Simulación del diseño DAB+	63
3.20 Propuesta de equipos a adquirir para la implementación del sistema DAB+	66
3.20.1 Equipos para el proceso y transmisión de la señal en modulación digital DAB+	66
3.21 Costos de equipos para implementación del sistema	71
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	73
4.1. Conclusiones.....	73
4.2. Recomendaciones.....	74
BIBLIOGRAFIA	75
GLOSARIO.....	79

Índice de Figuras

Figura 2.1: Efectos del Ruido sobre una señal.....	11
Figura 2.2: Proceso de Transmisión Digital	13
Figura 2.3: Esquema del sistema de radio digital.....	19
Figura 2.4: Proceso de Generación de la Señal DAB.....	25
Figura 2.5: Países que tienen implementado el sistema DAB.....	29
Figura 2.6: Esquema de una red de radiodifusión DAB+	31
Figura 2.7: Conversión de una señal analógica a digital	32
Figura 3.1: Ubicación geográfica del canal UCSG	39
Figura 3.2: Canal UCSG planta baja.....	39
Figura 3.3: Ubicación de los equipos en la planta alta del canal UCSG	40
Figura 3.4: Estudio de radio del canal UCSG	41
Figura 3.5: Consola de audio Yamaha	45
Figura 3.6: Distribución actual de la consola de sonido.....	46
Figura 3.7: Microondas referencial Cambium Networks	47
Figura 3.8: Moduladores Ericsson SM6625	48
Figura 3.9: Antena radiante	50
Figura 3.10: Alcance de la antena de transmisión.....	51
Figura 3.11: Frecuencias de una antena radiante	52
Figura 3.12: Efecto del radio de Fresnel	53
Figura 3.13: Trayectoria del radio enlace del canal UCSG	55
Figura 3.14: Elevaciones del terreno en donde se ubicara la antena transmisora.....	55
Figura 3.15: Calculo del ángulo de inclinación de la antena de transmisión.....	57
Figura 3.16: Altura del suelo a la antena de transmisión.....	60
Figura 3.17: Calculo de la altura efectiva	62
Figura 3.18: Configuración de parámetros de transmisión.....	64
Figura 3.19: Configuración de parámetros de recepción.....	64
Figura 3.20: Rangos de la señal	65
Figura 3.21: Mapa orográfico de la potencia de transmisión	65
Figura 3.22: Mapa geográfico de la potencia de la antena transmisora	66
Figura 3.23: Codificador DIGIDIA	68
Figura 3.24: Servidor PAD Supermicro	69
Figura 3.25: Multiplexor D-Vaudax	70
Figura 3.26: Transmisor Harris	71

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Portadoras moduladas mediante QPSK	34
Tabla 2.2: Bandas de frecuencia DAB	34
Tabla 2.3: Bandas de frecuencias.....	35
Tabla 3.1: Características Yamaha MG32/14FX	45
Tabla 3.2: Equipo microondas del canal UCSG.....	46
Tabla 3.3: Equipo modulador del canal UCSG.....	48
Tabla 3.4: Amplificador del canal UCSG	49
Tabla 3.5: Sistema radiante del canal UCSG	49
Tabla 3.6: Línea de transmisión del canal UCSG	51
Tabla 3.7: Variables de la ganancia de la antena	52
Tabla 3.8: Variables para el cálculo de la zona de Fresnel.....	54
Tabla 3.9: Radio del elipsoide de la zona 1 de Fresnel	56
Tabla 3.10 :Características técnicas del cable TNC.....	58
Tabla 3.11: Variables para el cálculo de la altura efectiva	59
Tabla 3.12: Altura del suelo en distancias de 1 a 15 kilómetros.....	60
Tabla 3.13: Variables para el cálculo de PIRE	63
Tabla 3.14: Etapas de la transmisión DAB+	67
Tabla 3.15: Características del codificador Digia.....	67
Tabla 3.16: Características del servidor PAD – Factum Electronics	68
Tabla 3.17: Características del multiplexor VDL	69
Tabla 3.18: Características del transmisor Harris.....	70
Tabla 3.19: Costo de equipos para implementar el sistema	72

Resumen

El presente trabajo de investigación concierne en el diseño de una estación de radiodifusión digital terrestre en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, que cumplan las características técnicas del estándar Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+), cuyo objetivo es dar a conocer cuáles son los requerimientos de los diferentes Organismos de Control en el país para su ejecución y que equipos son necesarios para implementar o replicar dicho estudio en el futuro.

En el primer capítulo se examinara sobre el desarrollo de la UCSG radio, la evolución que ha tenido en su manera de transmitir información y cuáles son los principales problemas con la modulación usada actualmente. En el segundo capítulo se conocerá los diversos conceptos sobre los orígenes de la radio, las principales diferencias y similitudes entre la modulación analógica y la modulación digital, la función de una radio digital terrestre y las ventajas que ofrece sobre el estándar analógico. En el tercer capítulo se detallara los métodos que se utilizaron para llevar acabo la transformación de la señal analógica a la digital y los beneficios que ésta contiene.

De tal manera que al momento de que la entidad universitaria privada innove y se someta a la implementación de una radiodifusión digital, garantizará a sus oyentes brindar un servicio de mayor calidad con el fin de alcanzar la excelencia mediante los avances tecnológicos y así disminuir cualquier tipo de riesgo que impidiera el cumplimiento de objetivos institucionales.

Palabras claves: (RADIOCOMUNICACIÓN, TRANSMISIÓN, RADIO ANALÓGICA, RADIO AM, RADIO DIGITAL, UCSG RADIO)

Capítulo 1: Descripción General

1.1. Introducción.

Las constantes exigencias tecnológicas, económicas y sociales han hecho que la transmisión a través de modulación en AM se vea opacada frente a otras formas de modulación, haciendo de este un sistema obsoleto y necesario de actualizar según el entorno global.

Actualmente la gran mayoría de las señales que existen en el mundo son analógicas, por tal motivo la radio digital adopta un rol de innovación relevante en la sociedad, que si bien es cierto para la adquisición de éste servicio tiene un costo monetario superior al de una radio analógica, éste ofrece mejores productos tales como: sonidos de primera calidad, acceder a un mayor número de emisoras, ocupan menos espacio por lo tanto la oferta de contenidos es mucho mayor, considerándose una inversión de bajo riesgo ya que permite maximizar resultados en términos de eficiencia, eficacia, rentabilidad, indicadores que fortalecen el desarrollo de cualquier institución en un plazo oportuno.

Una vez planteada la importancia del diseño de una estación de radiodifusión digital terrestre en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil que cumplan las características técnicas del estándar Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+), se plasma la información necesaria para mejorar el conocimiento sobre la misma. La investigación está dividida en los siguientes capítulos: Marco Contextual, en el que se destaca los objetivos específicos, Marco Teórico, contiene todos los conceptos utilizados en la investigación, Metodología de la Investigación, describe cómo y con qué se llevó a cabo el desarrollo de la misma, Presentación de los Resultados, en el que se detallan los procesos realizados, como capítulo final las Conclusiones y Recomendaciones, otorgando los respectivos resultados de la investigación y su interpretación.

1.2. Antecedentes.

Las radios se convierten a partir del siglo XX en el medio de comunicación de mayor incidencia y dentro de este desarrollo surgen, desde 1920 las radios universitarias.(Gómez & Pulido, 2011).

La Universidad Católica Santiago de Guayaquil en su labor de informar y educar a la comunidad ecuatoriana crea en el año de 2008 la “UCSG radio” acogiéndose a la banda de AM, convirtiéndose en la segunda universidad de Guayaquil en poseer su propia estación radial. («Universidades, con radio y televisión», 2017).

Con los cambios de la sociedad, en el año 2015 la universidad católica lanza su aplicación “lacato.fm” para Android y BlackBerry, en la cual se podría escuchar una programación diferente al de “UCSG radio” con un toque más fresco y juvenil buscando atraer más oyentes. Sin embargo, esta última aplicación fue eliminada por inconvenientes administrativos quedándose así solo con UCSG radio y retransmitiéndola tanto vía web como por aplicación con una calidad mayor que su transmisión radial ocasional.

A pesar de los intentos que la UCSG radio ha hecho para alcanzar una audiencia más alta no puede omitir los inconvenientes que surgen mediante la modulación por amplitud en las cuales esta su escasa calidad de audio; Otro de los problemas de la modulación por amplitud es su afectación por fenómenos climáticos que hacen que se pierda calidad, interferencias con aparatos eléctricos, fenómenos atmosféricos lo cual se ve reflejado en ruido y pérdida de señal que, aunque no son lo suficientemente fuertes para anular la señal si se convierten en un molesto problema.

1.3. Definición del Problema.

¿Cómo afecta un sistema de transmisión analógico en AM a la comunidad de radioescuchas de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil?

1.4. Justificación del Problema.

El presente artículo de investigación pretende diseñar una estación de radiodifusión digital en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil que cumplan las características técnicas del estándar Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+), con la finalidad de dar a conocer las ventajas de migrar hacia una modulación digital, produciendo un mejor uso del ancho de banda y promoviendo el aprovechar las frecuencias del espectro, las cuales son

limitadas, ayudando a la incursión de nuevos radio emisores en el territorio nacional abaratando los altos costos de transmisión y la monopolizada industria de las radio emisoras.

La radio digital es considerada una herramienta fundamental para desarrollar los niveles de productividad, economía, y calidad del servicio de transmisión ya que no necesitan de muchas exigencias como la radio FM analógica y genera ingresos a plazos cortos.

Es imprescindible para la Universidad Católica Santiago de Guayaquil efectuar un estudio sobre la compatibilidad entre la modulación digital y analógica con el objeto de determinar si este diseño es posible llevarlo a cabo.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar una estación de radiodifusión digital en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil que cumplan las características técnicas del estándar Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+).

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar un estudio de compatibilidad que estipule la factibilidad de reemplazar la modulación digital por la analógica en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Conocer los requerimientos de los diferentes Organismos de Control en el país para implementar una radio digital.
- Establecer los equipos que se utilizaran para llevar a cabo la transición.

1.6. Hipótesis.

Con este estudio la universidad Católica Santiago de Guayaquil podrá brindar un servicio de calidad a sus estudiantes y a la ciudadanía en general en materia de transmisión en frecuencias digitales, permitiendo así acaparar más audiencia y ahorrando gastos operativos.

1.7. Metodología de Investigación.

El método de investigación que se ha utilizado en este proyecto es del tipo descriptiva con enfoque cuantitativo, el cual describirá varias características de ciertos aspectos a tomar en cuenta, a través de este método se observa la información para poder tener un mejor entendimiento del problema. En esta investigación de tipo descriptivo se evidencian características físicas y técnicas del estudio realizado, para luego proceder al diseño de una radio en frecuencia digital propuesta en la universidad católica Santiago de Guayaquil.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1 Radio

Para (Otero, 2000) “La radio debería entenderse como la cristalización de un afanoso empeño en el que convergieron científicos ilustres, con sus postulados teóricos y gente ingeniosas con sus aportaciones técnicas, sus hallazgos experimentales y, por supuesto, con un gran entusiasmo y ese espíritu que demostró Marconi”.

2.1.1 Historia de la radio

La invención de la radio empieza en el año de 1887, cuando Heinrich Hertz descubre la radiación electromagnética cuando a partir de dos conductores de cobre conectados a una bobina de inducción se creaba una chispa eléctrica que formaba un enlace entre ellos, esta teoría fue nada más que confirmada ya que años antes Jaime Maxwell había estudiado los campos electromagnéticos y su comportamiento.

Otro de los científicos que aportaron para el desarrollo de la comunicación a largas distancias fue el científico Oliver Lodge, quien en 1894 se dio cuenta que las ondas electromagnéticas podían tener una aplicación práctica en la telegrafía, quien envió y recibió pulsos para simbolizar los puntos y rayas empleados en el código Morse que ya era empleado en la telegrafía alámbrica. (Derry & Williams, 1987)

Los mensajes enviados a través de un medio inalámbrico era algo fantástico para la época, aunque por los primeros teléfonos ya era posible transmitir voz a través de las líneas eléctricas. Al mismo tiempo, el profesor ruso Alexander Popov impuso una clara mejora de los sistemas de recepción de ondas electromagnéticas introduciendo un elemento imprescindible, la antena, dejando los cimientos de las antenas de hoy en día. (Otero, 2000)

Guillermo Marconi inspirado en los trabajos de Alexander Povov y Nikola Tesla, desarrolla de manera masiva su invento. Como un inicio,

Marconi transmitía código Morse por unos cuantos kilómetros hasta que en el año de 1901 desarrollo un transmisor lo bastante potente como para enviar mensajes de texto a 321 kilómetros de distancia, un gran avance comparado con su primer intento en el cual alcanzo los escasos 2 kilómetros de distancia. (Murray, 2005)

Su nuevo invento era mucho más rápido que el telégrafo y su principal ventaja era que no necesitaba de laboriosos tendidos de cobre. A partir de ahí la radio se transformó en el nuevo método para enviar y recibir código morse creando así "The Wireless Telegraph & Signal Company".

La industria que obtuvo un mayor provecho con la invención de Marconi fue la industria marítima, que usaba su invento como el principal medio de comunicación entre sus diferentes flotas y navíos.

2.1.2 Desarrollo de la radio

Nadie puede dudar que el código morse era una revolución a la manera en cómo se establecía la comunicación, incluso era una ayuda para muchos tipos de industrias, pero con el tiempo ya comenzó a salir la interrogante de que si este tipo de comunicación podía transmitir otros tipos de sonidos además de señales binarias, como la voz humana.

En 1906 se produjo una revolución en las transmisiones por radio, el inventor estadounidense Lee de Forest introdujo la rejilla entre el filamento y el cátodo de la válvula, este elemento se utilizó como amplificador y oscilador. Finalmente, en 1906 Reginald Fessenden produjo por primera vez la primera emisión de radio con música y voz en vivo. (Moya & Huidobro, 2011)

Muchos creían que la radio supliría al telégrafo o al teléfono convencional, pero sin embargo, nadie se dio cuenta que el principal problema de la radio convencional era que se podía receptar los mensajes de la radio desde cualquier receptor y por lo tanto escuchar los mensajes, haciéndolo un método poco efectivo para el uso bélico.

Sin embargo, esto no detuvo el avance de la radio, haciendo de este su principal atractivo el cual fue aprovechado por la "Westinghouse Company". En 1920 la KDKA, fue establecida en Pittsburgh por Westinghouse, la cual se encargaba de producir programación radial para los compradores de sus receptores de ondas de radio. (Otero, 2000)

Al cabo de unos años las transmisiones por radio fueron adquiriendo popularidad, esto se tradujo en que los ingenieros desarrollaran receptores de radio más pequeños.

Los primeros sistemas de radio fueron creados con la modulación de A.M (amplitud modulada), más adelante con el avance de la tecnología se agregó el F.M (frecuencia modulada), dando así mejoras en la fidelidad sonora y resistencia a condiciones climáticas.

Al principio las radios eran aparatos muy costosos de acceder además de poseer grandes tamaños, pero en 1947 con la producción del transistor a gran escala se hicieron mucho más económicos de producir para el mercado masivo, así nació el radio transistor que fue puesto en el mercado al alcance de todos, el cual dejó las bases para los sistemas de radio actuales. (Powers, 2010)

2.2 Sistemas de comunicación

En todo sistema de comunicación la información debe ser transportada a través de un canal o medio de transmisión, en el cual, deben haber dos participantes los cuales serán un emisor y un receptor. La información antes de ser enviada debe ser tratada para que pueda ser transportada debido a factores como el ruido, la atenuación, interferencias electromagnéticas, etc.

En la siguiente imagen se visualiza un sistema de comunicación cualquiera, en el cual se enviara cualquier tipo de información por un canal de transmisión, suponiendo el caso de una señal de video, digital o analógica que será enviada a través de un canal de comunicación.

Para poder conseguir la difusión de la información a baja frecuencia a través de un medio de comunicación, se utilizara una técnica llamada modulación.

2.3 Modulación

Según (autor) “la modulación consiste en la alteración sistemática de una onda senoidal (denominada portadora), en función de las características de otra señal (llamada moduladora o información), con la finalidad de obtener una nueva señal, más adecuada para la transmisión.”

2.3.1 Razones para aplicar la modulación

- Permite mejorar la radiación de la señal al utilizar una señal portadora, logrando así la implementación de antenas de tamaños más reducidos.
- Logra una asignación de frecuencias, evitando la interferencia entre las diferentes estaciones.
- Mejora la multiplexación de las señales, permitiendo trasladar más señales en un mismo canal sin el problema de la interferencia.

2.4 Demodulación

La demodulación es el proceso inverso, es decir, la onda modulada se convierte nuevamente a su forma original (banda base), mediante la utilización de circuitos electrónicos que permitan la captación de la señal con el fin de recuperar la información.

2.5 Tipos de señales

Una señal es una magnitud eléctrica cuya alteración transporta información sobre un suceso o magnitud física. (Areny, 1993)

2.5.1 Señales analógicas:

Las señales cuya amplitud varía de forma continua con el tiempo se denominan señales analógicas. (Al-hadithi & Al-Hadithi, 2006)

Se pueden dar varios tipos de variables para representarlas, muchas de estas vienen en forma de tensión, cargas eléctricas o corrientes. La señal tiende a variar entre los límites establecidos, tanto superior como inferior produciendo una gráfica del tipo senoidal. (Derry & Williams, 1987)

Una vez que los niveles en los que se encuentra la señal concuerdan con los niveles aceptados por el aparato receptor se puede concluir que la señal está normalizada. (Derry & Williams, 1987)

2.5.2 Señales digitales

Una señal digital es una señal eléctrica en la cual los niveles en los que se miden la señal tienen una diferencia notable el uno del otro. Estos niveles se intercalan en el tiempo transmitiendo información según una regla ya establecida. Cada nivel simboliza una constante en binario 1 o 0. Los niveles vienen dados dependiendo del tipo de aparato que se vaya a utilizar, el cual tiene sus propios niveles de medición. Hay transistores los cuales admiten niveles de 0 y 5 voltios, otros de 1 y 2.75, otros de 0 y 2.4. Aunque estos niveles no son estándar ni sus variaciones tampoco, el único requisito para interpretar la señal es que haya una diferencia notable entre los diferentes niveles de medición, que luego serán interpretados como unos o ceros.

En el caso de la transferencia de información se necesitan varios estados para poder transmitir información que pueda ser interpretada por el receptor, esta información viaja de forma secuencial en diferentes estados para luego poder ser interpretada en su destino final.

2.6 Afectaciones a la Señal

El ruido es el factor que más inconveniente ocasiona al momento de transmitir información, entre ellos se encuentran:

2.6.1 Ruido eléctrico

El ruido eléctrico es toda aquella corriente eléctrica no deseada que suele quedar entre la banda de paso de una respectiva señal. En el caso del audio, el ruido es toda aquella señal eléctrica que está en la banda de frecuencia de audio que va de 0 a 15 kHz, que produce un cierto tipo de interferencia con la música que se está escuchando como se puede observar en la Figura 2.1.

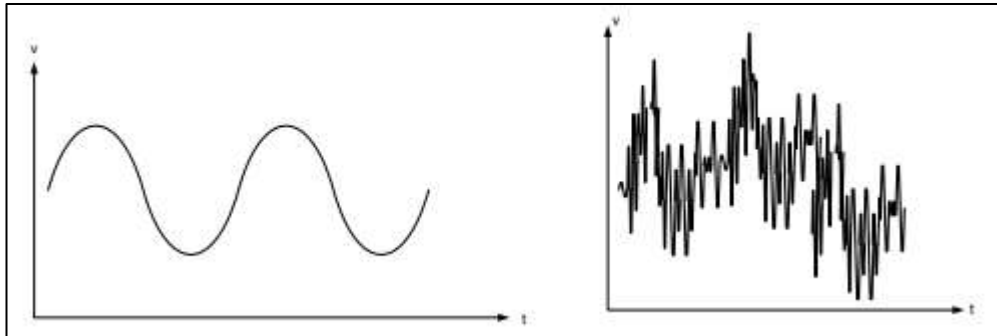


Figura 2.1: Efectos del Ruido sobre una señal

Elaborado por: (Sacaquirín, 2013)

El ruido eléctrico se subdivide en dos clases:

a) Ruido correlacionado

El ruido correlacionado es un tipo de ruido en el cual existe una correlación entre el ruido y la señal, por tanto, se puede definir que solo existe ruido correlacionado cuando existe una señal.

b) Ruido no correlacionado

El ruido no correlacionado es un tipo de ruido el cual estará presente sin importar si hay o no la existencia de una señal y se subdivide en dos categorías: Ruido Externo e Interno.

- **Ruido externo**

Es el tipo de ruido el cual es creado fuera del instrumento o circuito en donde se está trabajando y es el tipo de ruido más difícil de controlar, ya que

son ocasionados por factores externos que muchas veces están fuera del alcance del ser humano. Estos tipos de ruidos se subdividen en: Ruido atmosférico, Ruido extraterrestre y Ruidos generados por el hombre.

- **Ruido atmosférico**

El ruido atmosférico es originado por cambios eléctricos naturales que se crean en la atmosfera terrestre, este tipo de ruido externo también es conocido como electricidad estática. En la mayoría de los casos la electricidad estática es producida por los naturales cambios eléctricos que se dan, como por ejemplos rayos o truenos, este tipo de energías eléctricas producen alteraciones en diferentes aparatos eléctricos y sobre todo en las señales electromagnéticas que son muy susceptibles al ruido.

- **Ruido extraterrestre**

El ruido extraterrestre es originado por señales eléctricas que se producen en condiciones fuera de la atmosfera terrestre, generalmente este tipo de ruido se da en la vía láctea, galaxias cercanas o producido por el sol.

- **Ruido generado por el hombre**

Este tipo de ruido como su nombre lo indica es todo tipo de ruido generado por el hombre, más específicamente producido por todos los equipos de alta potencia además de otros pocos que generan chispas eléctricas en su encendido. Este tipo de ruido contiene una amplia gama de frecuencias que son propagadas por el espacio afectando a los equipos susceptibles más cercanos.

- **Ruido interno**

Es un tipo de intromisión eléctrica que se produce dentro de un instrumento o circuito eléctrico. En lo que corresponde a ruido interno se tienen tres tipos de generadores de ruido interno: Ruido de disparo, ruido térmico y ruido de tiempo de tránsito.

- **Ruido de disparo**

Este ruido se produce debido a la llegada de portadoras a un determinado elemento de salida de un circuito electrónico.

- **Ruido térmico**

Este tipo de ruido está directamente relacionado con el movimiento de electrones en un conductor, este movimiento se produce debido a la temperatura del medio en donde se encuentran las moléculas.

- **Ruido de tiempo de tránsito**

Es una variación de la corriente de la portadora en el momento que pasa desde la entrada a la salida de un determinado circuito, produciendo variaciones en la señal.

2.7 Transmisión digital

(Tomasi, 2003) Es el transporte de las señales digitales entre dos o más puntos en un sistema de comunicaciones. Las señales pueden ser binarias o cualquier otra forma de pulsos digitales de valores discretos. En la Figura 2.2 los sistemas de transmisión digital requieren una instalación física, como cable mecánico, cable coaxial o un enlace de fibra óptica, para interconectar los diversos puntos del sistema.

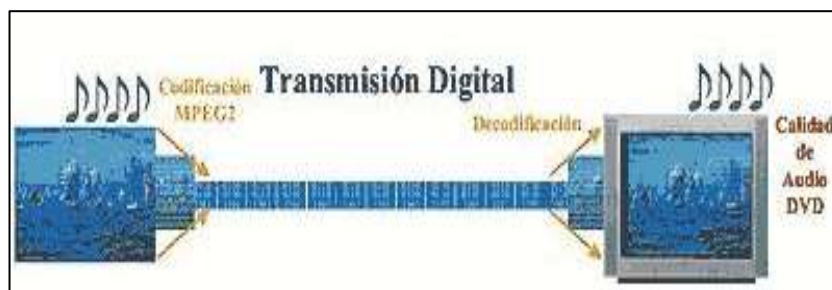


Figura 2.2: Proceso de Transmisión Digital

Elaborado por: Autor

2.7.1 Ventajas de la transmisión digital

- Producen una mayor facilidad en la lectura de sus valores, haciéndolos más fácil para su medición.
- Producen mayor adaptación a diferentes sistemas.
- Al tratarse de señales digitales los sistemas actuales pueden permitir analizar y detectar los errores de una transmisión digital que en una transmisión analógica.

2.7.2 Desventajas de la transmisión digital

- En el caso de una señal analógica codificada digitalmente requiere un ancho de banda mayor comparado con una simple señal analógica.
- Para transmitir señales analógicas a señales digitales deben convertirse antes y después de su envío, se utilizan complejos sistemas de codificación y decodificación.
- Requiere una sincronización adecuada requiriendo circuitos reloj de recuperación.
- Los sistemas digitales presentan incompatibilidad con los sistemas analógico, por eso necesitan ser codificados y decodificados para su envío.

2.8 Radiodifusión

La radiodifusión como medio de comunicación en América Latina está sujeta al mismo esquema de los otros medios. En lo relativo al flujo de la información que, en la mayoría de los casos, en el periodismo radial está dado por la lectura de las noticias de los diarios de mayor circulación, costumbre que necesariamente conduce a la misma dependencia de los medios escritos. (Camargo, 1980, pág. 6).

El flujo de la información, va de los países desarrollados hacia los países en desarrollo, pudiendo anotarse, que son cuatro los países que controlan la información en el mundo. (Camargo, 1980, pág. 6).

2.8.1 Radiodifusión terrestre

Para conseguir el alcance estimado en los servicios de radiodifusión se utiliza sistemas terrestres, los cuales se conectan a un único centro de radiodifusión por medio de enlaces que pueden ser radioenlaces o fibra óptica. Cada centro de emisión debe tener una cobertura que está limitada por la capacidad de los equipos, en los cuales lo que se quiere conseguir es cubrir toda una zona ya previamente limitada.

A veces es más complicado llegar a unas zonas que otras, debido a las condiciones orográficas de cada población, para este problema se utilizan repetidoras ubicadas en puntos estratégicos que nos permiten un alcance específico a zonas en donde normalmente no pueden ser receptadas.

En el país, este tipo de situaciones se presenta bastante en la región sierra, una zona que está cubierta ampliamente por valles y montañas, para llegar a ciertas ciudades del país es necesario instalar estos equipos repetidores en los puntos más altos de cada región, para asegurar un alcance óptimo.

2.8.2 Radiodifusión por satélite

Otro de los sistemas de radiodifusión que se encuentran son los sistemas de radiodifusión por satélite, en los cuales la información se envía directamente a un satélite desde los distintos centros de radiodifusión, en el cual, una vez receptada por el mismo la réplica hacia abajo para que pueda ser captada por los diferentes radioescuchas o radio televidentes. La preeminencia de este sistema frente a los sistemas de radiodifusión terrestre es que no necesita de onerosas redes terrestres para replicar su señal, abaratando costos.

En los sistemas de radiodifusión por satélite existen tres tipos de recepción:

a) Recepción privada:

El enlace viene directamente del satélite al equipo receptor de un cliente en particular utilizando una antena parabólica.

b) Recepción colectiva:

El enlace viene hacia un centro de recepción común, el cual luego es distribuido a los diferentes usuarios finales.

c) Tecnologías de radiodifusión:

Para transmitir la información se utilizan diferentes tecnologías de radiodifusión, entre estos están la radiodifusión analógica y radiodifusión digital.

2.8.3 Radiodifusión analógica

La parte negativa desde este tipo de transmisión es que su fidelidad se ve ligada directamente a las condiciones climáticas en donde trabajan, en donde si las condiciones cambian ambas pierden calidad en su transmisión.

En la transmisión FM la recepción se ve gravemente afectada por el sombreado y la señal de reflexión de edificios o colinas (multitrayecto y propagación), y los sistemas de AM se ven afectadas por la variación de propagación estacional que causa la decoloración y pérdida ocasional de señal. Esto ocurre porque estos sistemas no proporcionan medidas para combatir los efectos de la propagación e interferencia multitrayecto, lo cual es difícil de hacer cuando se está hablando de entornos de comunicación móvil.

2.9 Radio digital

Cuando se habla de radio digital se refiere a la radio tradicional, la nueva generación de radio por ondas electromagnéticas. La forma correcta sería decir Radio Digital Terrestre. No hay que confundirla con la Radio en

internet que, aunque también transmite en digital, no tiene que ver con este formato. En esta nueva fórmula de transmisión lo que cambia es el modo en el que se envían los contenidos, es decir, la señal moduladora. La portadora seguirá siendo una onda electromagnética de alta frecuencia, pero la información que lleve en su interior será digital. (Gago, 2010, pág. 203)

A partir de ahora, toda la información que recibirá la audiencia será digital, independientemente del canal que se utilice (ondas electromagnéticas, redes satelitales, cable, fibra óptica o Internet). En la nueva Radio Digital Terrestre la señal que sale de los estudios de radio y lleva la música y la voz estará convertida en 1 y 0. El formato va a depender del estándar que sea utilizado en cada país, pero será audio comprimido de gran calidad. Es muy probable que el MPEG-4 (AAC) se termine imponiendo por su alta tasa de compresión. (Gago, 2010, pág. 203)

En la nueva Radio Digital Terrestre la señal que sale de los estudios de radio y lleva la música y la voz estará convertida en 1 y 0. El formato va a depender del estándar que se utilice en cada país, pero será audio comprimido de gran calidad. Es muy probable que el MPEG-4 (AAC) se termine imponiendo por su alta tasa de compresión. (Gago, 2010, pág. 203)

Ya no se modulará en frecuencia o amplitud, sino en nuevos sistemas digitales. El estándar europeo DAB, por ejemplo, usa el sistema de modulación COFDM (Múltiplex por división de frecuencias ortogonales). Estas modulaciones incorporan sistemas de corrección de errores con lo que está garantizada una óptima recepción de la señal. La señal de audio digital podrá ser, además, multiplexada. Es posible “montar” en la frecuencia de la portadora varias señales, es decir, varios canales cada uno con su programación independiente. (Gago, 2010, pág. 203)

El multicasting o transmisión múltiple de señales es una de las mayores ventajas frente a la transmisión analógica. Los canales de FM están separados entre sí por 200 KHz. Este ancho de banda permite enviar una sola señal analógica. Como los datos digitales ocupan menos espacio, por ese

mismo ancho de banda se envían 3, 5, 9 o más señales, dependiendo del estándar elegido, la regulación de cada país y la calidad de la transmisión. (Gago, 2010, pág. 203)

2.10 Ventajas de la Radio Digital Terrestre:

(Gago, 2010, pág. 204) Además del multicasting hay otras ventajas que ofrece la transmisión digital:

- **Calidad**

Es muy superior a los sistemas analógicos. El sonido de una FM se asemejará al de un CD y el de la AM y la Onda Corta a la actual FM. Además, se eliminarán las alteraciones de la señal y las interferencias, mejorando la calidad principalmente en los automóviles o cuando se escucha la radio en movimiento. (Gago, 2010, pág. 204).

- **Igual cobertura con menor potencia**

Se logra la misma cobertura de la señal con menos watts digitales. Esto supondrá una pequeña reducción de los costos eléctricos. (Gago, 2010, pág. 204).

- **Selección automática de frecuencia**

Para países que tienen circuitos nacionales de radio la transmisión digital constituirá una gran ventaja. Hasta ahora, cada zona de cobertura tiene una frecuencia diferente y al cambiar de ciudad a ciudad, como al viajar en auto, debes resintonizar para seguir escuchando la misma emisora. Con la radio digital el aparato lo hace sólo. (Gago, 2010, pág. 204).

- **Servicios adicionales**

En la pantalla de los nuevos receptores digitales aparecerá información meteorológica, sobre tráfico, noticias de última hora, cotizaciones de bolsa... Se pueden difundir datos, habrá mayor interactividad y, sobre todo, más publicidad. (Gago, 2010, pág. 204).

2.11 Comparación entre Radio Digital y Analógica

La radio digital consiste en la transmisión y la recepción de sonido que ha sido procesado utilizando una tecnología comparable a la de un CD (Ver Figura 2.3). En síntesis, un transmisor de radio digital convierte sonidos en series de números, o dígitos, de ahí el término "radio digital"; por el contrario, las radios analógicas tradicionales convierten los sonidos en series de señales eléctricas que se asemejan a ondas de sonido. (Mudarra, 2009).

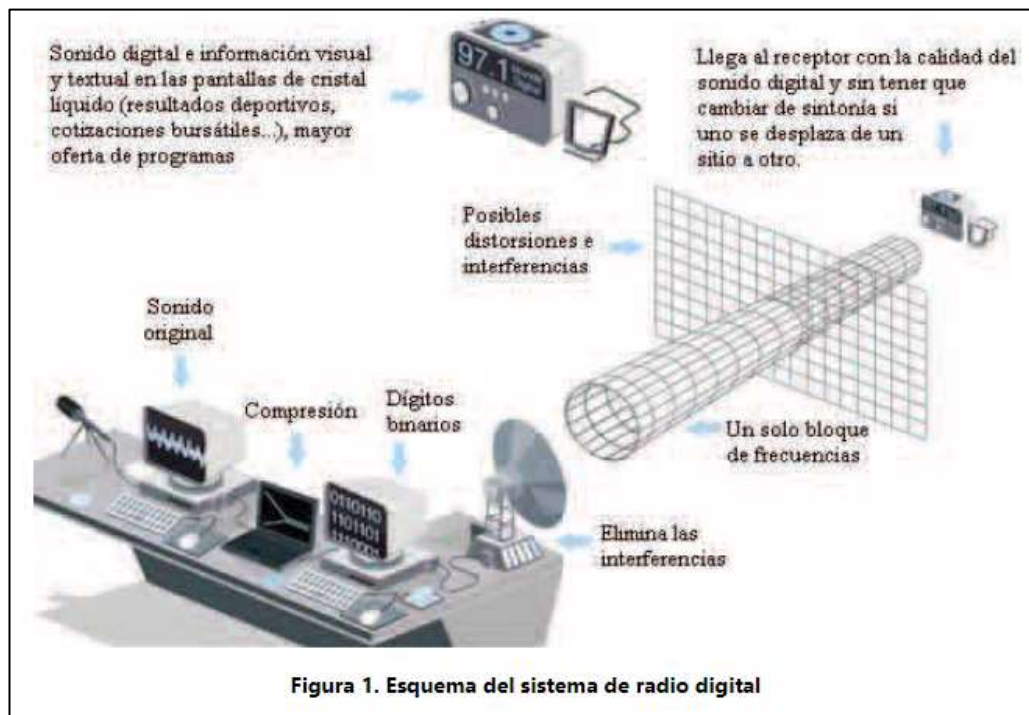


Figura 2.3: Esquema del sistema de radio digital

Elaborado por: (Mudarra, 2009)

(Mudarra, 2009) Entre las ventajas de la radio digital sobre la analógica se tienen:

- **Mejora en el sonido**

La calidad de sonido de la radio digital es superior a la de la analógica. También se podría decir en forma de una analogía: la radio digital es a la radio analógica como los CD han sido para el disco de vinilo. La radio digital no sufre los efectos de las interferencias causadas por las condiciones atmosféricas adversas o por otros equipos eléctricos que deterioran las emisiones analógicas. (Mudarra, 2009).

Con la radio digital se obtiene un sonido limpio y claro en todo momento, y no importa que tan lejos se traslade el usuario. La transmisión digital utiliza las ondas radiofónicas de manera más eficiente que la analógica, lo cual significa que los emisores pueden ofrecer más programas y servicios. (Mudarra, 2009).

- **Resistencia a interferencias**

Las señales de radio digital corresponden a dígitos binarios (bits), los cuales son transportados por las ondas radiales de manera que resultan más resistentes a las interferencias. Se puede oír sin las molestas interrupciones provocadas por la orografía. (Mudarra, 2009).

- **Información extra**

Ahora también se puede recibir información visual. Los nuevos aparatos de radio digital tienen pantallas de cristal líquido (LCD) que muestran información textual complementaria de lo que se está escuchando. (Mudarra, 2009).

Se puede obtener información sobre los resultados deportivos, el nombre del grupo musical que se esté escuchando o detalles sobre el título y el artista. Algunos aparatos tienen pantallas con la capacidad de hacer "scroll" (la información va pasando a lo largo de la pantalla: de arriba a abajo, o de izquierda a derecha) lo que permite mostrar hasta 128 caracteres de una sola vez. (Mudarra, 2009).

- **Compresión de audio**

Con la modulación de frecuencia se utiliza la compresión de audio en casi todas las radioemisoras por razones técnicas. Aunque tiene muchas ventajas, los amantes de la música de alta fidelidad pueden sentirse irritados por la compresión del sonido. En el caso de la radio digital no es imprescindible comprimir la señal con el fin de proporcionar un sonido más nítido. (Mударra, 2009).

- **Modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)**

Consiste en una modulación que permite transformar las señales de audio analógicas a una codificación digital. El empleo de esta técnica reduce considerablemente los problemas en la transmisión "Broadcast (emisión)" en cuanto al deterioro de la señal debido a resultados por cambios en las condiciones climatológicas, otro de los beneficios es que la interferencia por multi-trayectoria es eliminada o minimizada en la señal de Radio Digital. Esto permite diseñar redes de frecuencia única, consiguiendo que la mayor parte de las señales que entran en el receptor se sumen, es decir, que contribuyan positivamente a la recepción, el resultado es sonido de alta calidad para las transmisiones. (Mударra, 2009).

2.12 Estándares De Radiodifusión Digital Terrestre

En la radio la elección de los estándares digitales va despacio y lo más probable es que algunos países no se decanten por sistemas digitales pensados exclusivamente para radio, sino que elijan estándares de televisión que permiten también la transmisión digital de radio. (Gago, 2010).

2.12.1 HD Radio

Usa la tecnología IBOC, In Band ON Channel (en-banda, en-canal). Fue desarrollada en los Estados Unidos por el consorcio iBiquity y

seleccionada por la FCC (Federal Communications Commission) como el estándar americano para radio digital. A pesar de tener calidad inferior al DAB, muchos apuestan por este estándar frente al europeo, ya que HD Radio transmite en la misma banda de frecuencias analógicas. (Gago, 2010).

La radio que se sintonice en el 92.9 MHz del dial, seguirá en el mismo lugar después del apagón analógico. Además, durante la transición, las emisoras pueden funcionar en modo híbrido o simultáneo, difundiendo señales análogas y digitales dentro del mismo canal de la AM o de FM. (Gago, 2010).

2.12.2 DRM (Digital Radio Mondiale)

El consorcio DRM creó un sistema con el mismo nombre (DRM) con el objetivo de establecer un sistema digital para las bandas de radiodifusión con modulación de amplitud, onda larga, onda media y onda corta, y es un estándar para la radiodifusión (Mudarra, 2009).

Los sistemas de radiodifusión digital comprenden distintas etapas de transmisión. Primero, la señal de audio se convierte en digital, normalmente con una reducción en la velocidad binaria, conforme a las características de la señal y el audio codificado, se multiplexa con otras señales de datos que conforman la señal a transmitir. Luego se codifican los datos y se convierten en una señal de radiofrecuencia para su transmisión adecuada. (Mudarra, 2009).

El sistema DRM también utiliza modulación COFDM. En el sistema DRM el número de subportadoras varía desde 88 a 458, dependiendo del modo y del ancho de banda ocupado. (Mudarra, 2009).

Cada símbolo OFDM está formado por un conjunto de sub-portadoras que se transmiten durante un tiempo. La duración del símbolo es la suma de dos partes: una parte útil y un intervalo de guarda, que consiste en una continuación cíclica de la parte útil. Esto permite diseñar redes de frecuencia

única y evitar los problemas de la recepción de multi-trayectoria, consiguiendo que la mayor parte de las señales que entran en el receptor contribuyan de manera positiva a la recepción. (Mударra, 2009).

(Radio Difusión Digital, 2004) En el sistema DRM la codificación del audio ocupa el ancho de banda disponible del canal 9 ó 10 KHz.

Las entradas FAC Information (Fast Access Channel) y SDC Information (Service Description Channel) corresponden a información enviada a los receptores relacionada con el modo y codificación que se está utilizando para enviar la programación musical de la estación, de manera similar a las entradas FIC y MCI del sistema EUREKA.

- **Aplicaciones Actuales de la Radio Digital**

La radio con el pasar de los años se ha ido reinventando, abandonando su funcionamiento tradicional y haciendo uso de la tecnología digital. Últimamente se está desarrollando con mayor auge la radio web, que es una vía de comunicación musical, sin costos, a nivel mundial. (Mударra, 2009).

Una importante aplicación de la radio digital consiste en que una emisora se puede escuchar en una misma frecuencia en todo el territorio del estado, mediante una tecnología que permite el uso de las señales directas y también reflejadas. (Mударra, 2009).

Otra de las ventajas es que se escucha sin interferencias y con una alta calidad de sonido, teniendo una mejor recepción y permite la señal digital de información en tiempo real. Existen pocos receptores digitales y los que existen son costosos, debido a que esta tecnología es novedosa. La radio digital satelital, cuyos precursores fueron dos compañías norteamericanas (Sirius y XM), no ha sido totalmente acogida, ya que se ha desarrollado en pocos países, y no abastece la diversidad de idiomas, además de que los usuarios están acostumbrados a un medio gratuito. (Mударra, 2009).

La radio digital sin ninguna duda, seguirá innovando, se generalizará e impondrá, ya que sus prestaciones son notablemente mayores que las que ofrece la radio analógica. (Mudarra, 2009).

2.12.3 DAB - Digital Audio Broadcast (Radiodifusión de audio digital)

Es el pionero de los estándares para la transmisión digital. Desarrollado en la década de los 80 en la Unión Europea, se le bautizó como EUREKA-147. En 1995, fue aprobado como el estándar para Europa. Prácticamente, todas las grandes empresas radiofónicas del viejo continente tienen transmisiones simultáneas en analógico y digital. Canadá también adoptó el DAB. (Gago, 2010).

La característica principal de este sistema, que pasa a ser también su mayor inconveniente, es que se utilizan frecuencias distintas a las actuales. Con la implementación del nuevo sistema, en Europa no se volverán a sintonizar radios en los antiguos diales de AM y FM. El nuevo rango de frecuencias es: 174 MHz a los 240 MHz (en banda III) y entre 1452 MHz y 1492 MHz (en banda L). (Gago, 2010).

Esto supone mayor compresión de la señal con mejor calidad. Otra aplicación de la tecnología DAB es la DMB (Digital Multimedia Broadcasting), sistema para transmitir video, audio y datos a teléfonos celulares. (Gago, 2010).

La técnica DAB permite introducir muchos canales en el espectro y con ello muchos programas. Además, el sistema permite transmitir un gran número de programas por medio del multiplexor, dependiendo de la calidad que se requiera; dado que la señal DAB puede transportar 1.5 Mbps de información. Igualmente, existe la capacidad de transmitir otra información de servicio como puede ser el estado del tráfico en las autopistas o carreteras, partes meteorológicos o emergencias. El resultado de toda la información empaquetada se llama "DAB ensemble". La salida del multiplexor se llama ETI "Ensemble Transport Interface", la cual es un interfaz de 2 Mbps. En la Figura 2 se muestra el proceso de generación de una señal DAB. (Mudarra, 2009).

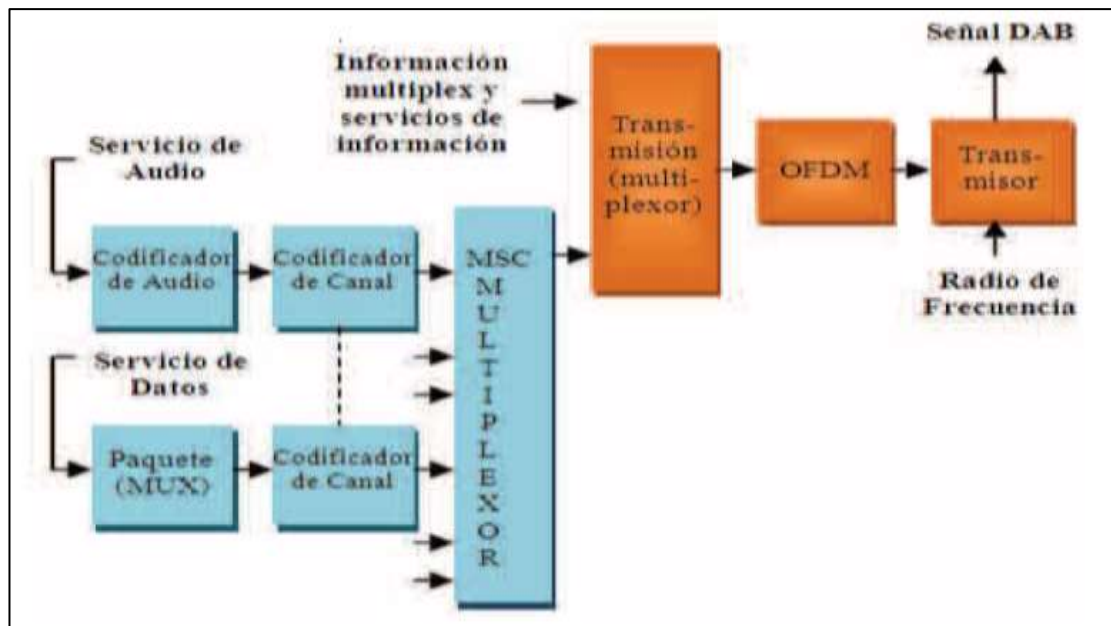


Figura 2.4: Proceso de Generación de la Señal DAB

Elaborado por: (Mudarra, 2009)

Como hemos observado en la Figura 2.4, en la transmisión analógica de audio, la señal que llega al receptor en un canal multitrayecto se altera por diversos efectos físicos. Debido a estos problemas en la transmisión se ha desarrollado la modulación COFDM. La trama ETI se distribuye en 1536 portadoras en modo 1 y cada una de ellas está modulada en QPSK (cambio de fase por cuadratura) a la correspondiente baja velocidad. Las portadoras están colocadas de forma que una no influya en las demás. Como resultado el periodo de cada símbolo es superior que cualquier retardo de la señal. (Mudarra, 2009).

Además, se introduce un intervalo de guarda para eliminar interferencias entre símbolos adyacentes. El receptor entonces encuentra una señal libre limpia, sin interferencias. Como la información se distribuye entre varias portadoras, sólo algunas partes de ésta se destruirán si existe desvanecimiento selectivo de frecuencia, mientras que en métodos de portadora única toda la información se perdería. La información perdida se podría recuperar con la ayuda de los métodos de corrección de errores. (Mudarra, 2009).

La relación entre la potencia pico y la potencia media de la señal está entre 8 a 10 dB. El amplificador del transmisor debe ser capaz de transmitir una potencia pico con extrema linealidad, si no fuera así aparecerán productos de intermodulación dentro y fuera de la señal DAB, esto degradaría la relación señal a ruido y provocaría interferencias con otros servicios. (Mudarra, 2009).

- **Características del Sistema DAB**

Según (Huerta, 2002) El Sistema DAB proporciona radiodifusión digital multi servicio de alta calidad, destinada a receptores móviles, portátiles y fijos, tanto para la radiodifusión terrenal como para radiodifusión por satélite. Es un sistema flexible que permite una amplia gama de opciones de codificación de los programas, de los datos asociados a los programas radiofónicos y de los servicios de datos adicionales.

(Huerta, 2002) Sus principales características son las siguientes:

- **Eficiencia en la utilización del espectro y la potencia**

Se utiliza un único bloque para una Red nacional, territorial o local terrenal, con transmisores de baja potencia. (Huerta, 2002).

- **Mejoras en la recepción**

Mediante el sistema DAB se superan los efectos que la propagación multitrayecto, debida a las reflexiones en edificios, montañas, etc., produce en los receptores estacionarios, portátiles y móviles y se protege la información frente a interferencias y perturbaciones. Estas mejoras se logran mediante la transmisión COFDM que utiliza un sistema de codificación para distribuir la información entre un elevado número de frecuencias. (Huerta, 2002).

- **Rango de frecuencias de transmisión:**

El sistema DAB está diseñado para poder funcionar en el rango de frecuencias de 30 MHz. a 3.000 MHz. (Huerta, 2002).

- **Distribución**

Se puede realizar por satélite y/o transmisiones terrenales o de cable utilizando diferentes modos que el receptor detectará automáticamente. (Huerta, 2002).

- **Calidad de sonido**

Es equivalente a la del Disco Compacto (CD). En el sistema DAB se aprovecha el efecto de enmascaramiento que se produce debido a las características psico acústicas del oído humano, ya que no es capaz de percibir todos los sonidos presentes en un momento dado, y por tanto no es necesario transmitir los sonidos que no son audibles. El sistema DAB utiliza un sistema de compresión de sonido llamado MUSICAM para eliminar la información no audible, consiguiendo así reducir la cantidad de información a transmitir. (Huerta, 2002)

- **Multiplexado**

De manera análoga a como se entra en un cine donde se exhiben varias películas y seleccionamos una de ellas, es posible “entrar” en un múltiplex DAB y seleccionar entre varios programas de audio o servicios de datos. El sistema DAB permite multiplexar varios programas y servicios de datos para formar un bloque y ser emitidos juntos, obteniéndose la misma área de servicio para todos ellos. (Huerta, 2002)

- **Capacidad**

Cada bloque (múltiplex) tiene una capacidad útil de aproximadamente 1,5 Mbit/s, lo que por ejemplo permite transportar 6 programas estéreo de 192 kbit/s cada uno, con su correspondiente protección, y varios servicios adicionales. (Huerta, 2002)

- **Flexibilidad**

Los servicios pueden estructurarse y configurarse dinámicamente. El sistema puede acomodar velocidades de transmisión entre 8 y 380 kbit/s incluyendo la protección adecuada. (Huerta, 2002)

- **Servicios de Datos**

Además de la señal de audio digitalizada, en el múltiplex se transmiten otras informaciones (Huerta, 2002):

- **El canal de información**

Transporta la configuración del múltiplex, información de los servicios, fecha y hora, servicios de datos generales como: radio búsqueda, sistema de aviso de emergencia, información de tráfico, sistema de posicionamiento global, etc.

- **Servicios adicionales**

Son servicios que van dirigidos a un grupo reducido de usuarios, como, por ejemplo: cancelación de tarjetas de crédito robadas, envío de imágenes y textos a tableros de anuncios electrónicos, etc. Los datos se reciben a través de una pantalla incorporada al receptor

- **Coberturas**

La cobertura puede ser local, regional nacional y supranacional. El sistema es capaz de añadir constructivamente las señales procedentes de diferentes transmisores en el mismo canal, lo que permite establecer redes de frecuencia única para cubrir un área geográfica determinada en la que es posible utilizar pequeños transmisores para cubrir las zonas de sombra dejadas por aquellos.

- **Uso de DAB a nivel mundial**

“El DAB está disponible en Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, China, Croacia, República Checa, Dinamarca, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Hong Kong, Hungría, India, Israel, Italia, Noruega,

Polonia, Portugal, Sudáfrica, Singapur, Suecia, Suiza y Taiwan.” (Bustamante, 2008)

Como es claro divisar en la Figura 2.5, la inmersión del estándar DAB dependerá mucho de factores tanto políticos como económicos, en los cuales los países con intenciones de implementar el estándar tienen que estar abiertos a trabajar con él, así como realizar la inversión necesaria para que este pueda funcionar adecuadamente.

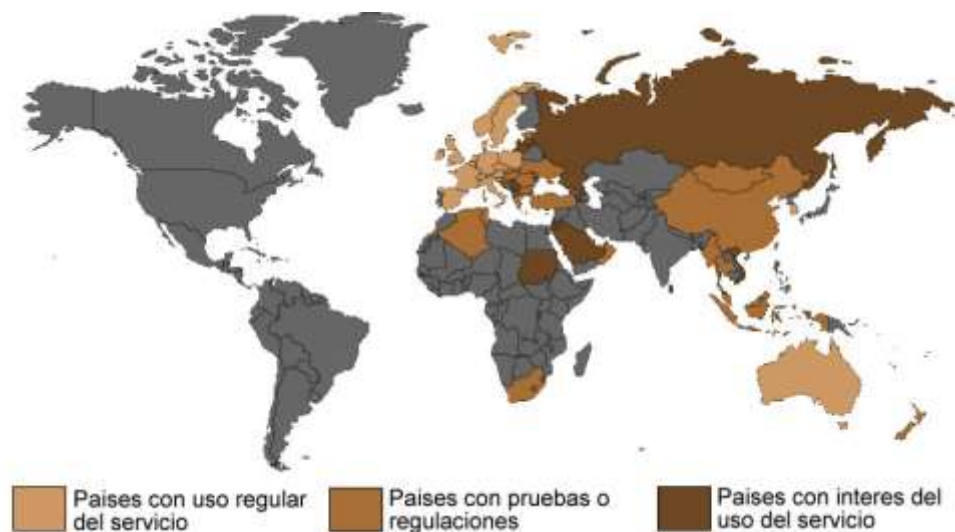


Figura 2.5: Países que tienen implementado el sistema DAB

Elaborado por: Autor

Sin embargo la multiplexación en DAB+, se puede describir independientemente del modo de transmisión. Para conseguirlo, se definen contenedores de información y se usan para transportar los datos de las aplicaciones a los receptores.

Los datos de las componentes de la señal de audio y otras aplicaciones se transportan en el canal principal de servicio MSC. Cada 24 ms, los servicios de datos y audio son recolectados en ciertas secuencias, a las que se les llama trama común entrelazada. El múltiplex y la información de los servicios son principalmente transportados en el canal de información rápida FIC, que es muy similar al MSC, los datos FIC son combinados en bloques de información rápida, FIB's.

Según el modo de transmisión utilizado, un número de CIF's y FIB's se agrupan en la trama de transmisión que es mapeada para un cierto número de símbolos OFDM.

El MSC para los sistemas DAB+ tienen una capacidad de multiplex máxima de 2.304 [Mbps]. Dado que muchas aplicaciones sencillas no usan toda esta capacidad, se puede dividir el MSC en subcanales, en los que la información se transporta codificada a nivel convolucional y con un entrelazado de tiempo.

2.13 Sistema DAB+

Por lo versátil en el manejo de una amplia gama de frecuencias ha hecho posible que DAB + sea implementado en diferentes espacios de frecuencia del espectro electromagnético según cada país, en la norma el estándar fue elaborado para desenvolverse en la banda de los 30 [MHz] a 3 [GHz], otra de las bandas utilizadas es la banda III que va desde 174 a 240 [MHz], y la banda L de 1452 a 1492 [MHz]. (Sacaquirín, 2013)

2.13.1 Esquema del sistema DAB+

(Luz, 2015) En el estándar DAB+ cabe hacer énfasis en los cuatro procesos que engloban al sistema, estos procesos son necesarios para el tratamiento y envío de la señal desde el estudio de radio hacia la antena emisora y por último hacia el receptor final, estos procesos son los siguientes y se pueden diferenciar en la figura 2.1:

- Codificación de Audio.
- Multiplexación.
- Modulación COFDM.
- Transmisión.

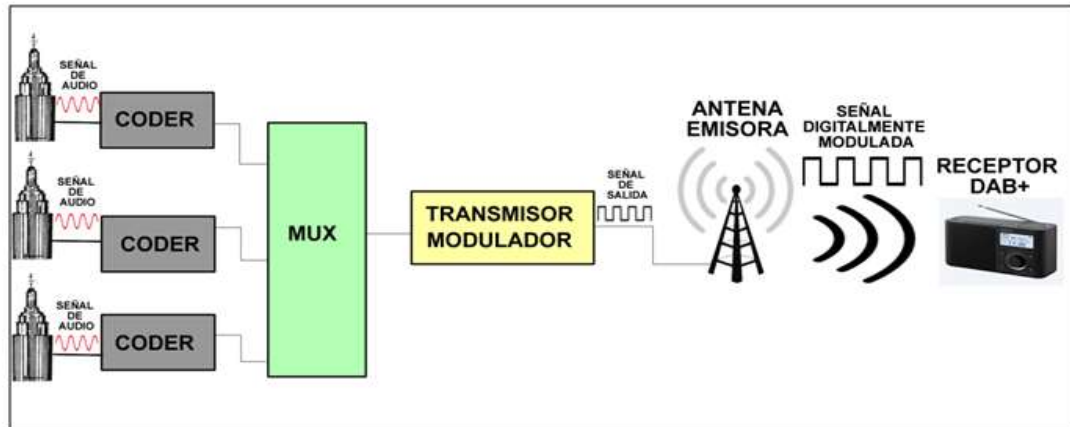


Figura 2.6: Esquema de una red de radiodifusión DAB+

Elaborado por: Autor

En la Figura 2.6 podemos ver un claro ejemplo del funcionamiento de nuestro sistema. En el primer escenario se observa el coder, que es el encargado de codificar y empaquetar los datos de sonido usando el códec asignado, esto queda a decisión de cada operador que elegirá el códec adecuado correspondiente a su ancho de banda, en el siguiente punto la señal en particular es multiplexada, con la cual es posible tener hasta 6 programas de radio transmitiendo simultáneamente, por último en la fase final se tiene un OFDM que transmite los datos de sonido codificados digitalmente hacia una antena emisora que a su vez enviara el audio hacia un equipo receptor compatible con DAB+.

2.13.2 Codificación de Audio

Los bloques de sonido codificado poseen procedimientos que generalmente están hechos por un solo hardware, esto procedimientos son la codificación del sonido y la compresión del mismo. (Luz, 2015)

El cambio de un simple sonido en formato analógico a un formato digital como es el caso de AAC+ comprende, como primer requisito, en la transformación del sonido a formato digital antes de ser codificado, en el cual será utilizada la modulación en PCM para lograrlo. (Luz, 2015)

En la Figura 2.7 se observa los procesos requeridos para digitalizar una señal utilizando modulación PCM. (Luz, 2015)

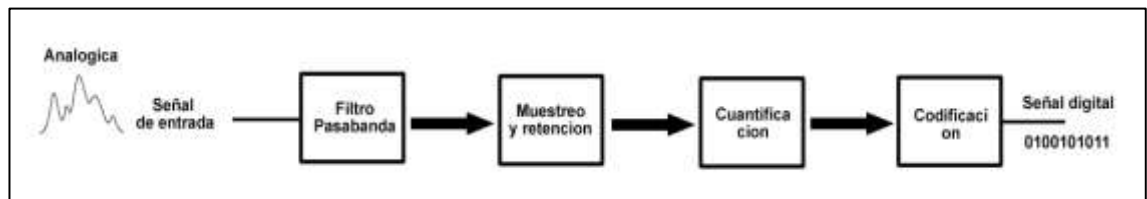


Figura 2.7: Conversión de una señal analógica a digital

Elaborado por: Autor

Accede una señal simple, se incorpora a un canal de pasa banda, en este filtro la señal es restringida en dominio de frecuencia, en ese punto se inspecciona el movimiento del rendimiento de la señal en el canal teniendo en cuenta como objetivo final de mantener una distancia estratégica de "asociación". La señal que ha sido tomada de muestra luego se cuantifica, que es un procedimiento de medición, que comprende en el cambio a un número binario o computarizado, este número o palabra puede ser de 16, 20 o 24 bits para cada señal cuantificada. (Luz, 2015)

En la última fase de este cambio, la muestra de bits ya cuantificada se codificada en PCM para así poder ser enviada digitalmente. (Luz, 2015)

Para el proceso de compresión de sonido en formato AAC+, se tiene como objetivo principal el de disminuir la velocidad de bits del sonido a transmitir, este proceso comprende dos partes. En primera instancia es el de sustraer la repetición de la señal de sonido usando una correlación estadística, el segundo proceso consiste en disminuir la cantidad de datos insignificantes en la señal a transmitir. (Luz, 2015)

2.13.3 Multiplexación

La etapa de multiplexación DAB+ recibe la información de los diferentes servicios de audio y datos, añade la información de configuración del múltiplex MCI, en el FIC, y genera una trama DAB+ completa según el formato

preestablecido en el estándar. Las interfaces de salida de las tramas DAB+ es ETI y las interfaces de entrada de los servicios son STI en sus diferentes interfaces físicas como V11, WG1/WG2, G703, o G704, aunque es bastante común que los equipos presenten también interfaces ETI o interfaces propietarias según el fabricante.

Un multiplexor combina 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 que contiene. Estos componentes son: audio y datos, que se combinan en el multiplexor formando un flujo denominado canal de servicio principal. (Mudarra, 2009).

(Mudarra, 2009) El multiplexor utiliza tres canales, uno principal y dos canales subsidiarios de información:

1. El canal de servicio principal (MSC "Main Service Channel")

Contiene la información de todos los servicios contenidos en el multiplexor. La velocidad binaria depende del ancho de banda del canal y el modo en que se esté transmitiendo. (Mudarra, 2009, pág. 17).

2. El canal de acceso rápido (FAC "Fast Access Channel")

Se utiliza para la selección rápida de la información del servicio. (Mudarra, 2009, pág. 17).

3. El canal de descripción del servicio (SDC "Service Description Channel")

Contiene la información para decodificar el canal de servicio principal. (Mudarra, 2009, pág. 17).

La transmisión para dispositivos móviles no puede lograrse con un solo conjunto de parámetros OFDM, por ello se definen cuatro modos de transmisión diferentes, como se expuso anteriormente, y están en función de parámetros específicos de cada red DAB+ como la distancia entre transmisores o la frecuencia de transmisión.

2.13.4 Modulación COFDM

(Sacaquirín, 2013) Este tipo de modulación, es el empleado en el sistema de radiodifusión DAB por su robustez frente a los ecos en la recepción, cada una de sus portadoras se encuentran modula QPSK por un conjunto definido de datos digitales, el modulador COFDM recibe, junto con los datos, símbolos de sincronismo, los cuáles se sitúan al principio de cada trama. En la tabla 2.1 se observa los 3 modos de la modulación COFDM y sus principales diferencias entre portadoras y su separación en kilo Hertz.

Tabla 2.1: Portadoras moduladas mediante QPSK

MODO	I	II	III	IV
PORTADORAS	1536	384	192	768
SEPARACIÓN	1 KHz	4 KHz	8 KHz	2 KHz

Referencia: Autor

2.14 Ubicación en el Espectro Radioeléctrico

(Sacaquirín, 2013) El sistema DAB, puede trabajar en frecuencias que van de 300 MHz a 3 GHz para ubicar los denominados “multiplex” o canales multiprograma que pueden emitir las emisoras de radio digital. Sin embargo, existen dos bandas para transmisión por tierra y por satélite, cuyos valores de frecuencia se describen en la tabla 2.2:

Tabla 2.2: Bandas de frecuencia DAB

174-240 MHz	Canal correspondiente a la banda III de VHF para las emisoras con enlace por tierra, al modo de las convencionales con modulación AM y FM.
1452-1492 MHz	Canal correspondiente a la banda L para las emisoras que transmiten vía satélite, con enlace descendente situado en ese margen.

Referencia: Autor

2.15 Bandas de frecuencia

Como se observa en la tabla 2.3 el espectro radioeléctrico se divide en diferentes secciones o bandas de frecuencias. A cada banda se le ha asignado un nombre y un rango, en cada banda de frecuencia se encuentra un diferente tipo de servicio, estos rangos se actualizan y cambian con constancia dependiendo de las necesidades de comunicación de cada país.

Tabla 2.3: Bandas de frecuencias

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
3	ULF	300-3 000 Hz	Ondas hectakilométricas	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300-3 000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas	B.cmm
14		30-300 THz	Ondas micrométricas	B.µm
15		300-3 000 THz	Ondas decimicrométricas	B.dµm

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO 3: SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDO

3.1 Diseño y planeamiento de la estación de radiodifusión

Según lo especificado en el presente capítulo, es importante pensar en el planeamiento de la estación de radiodifusión, donde es básico establecer el modo de operación de la misma, los equipos a utilizar, ubicación, enlaces necesarios, etc.

En este caso en específico se cuenta con un equipamiento ya existente, donde es necesario armar un plan acorde a los equipos con los que se cuenta para definir cuáles serán los cambios necesarios que se vayan a implementar en el presente proyecto.

3.2 Requisitos para el uso temporal de frecuencias

En Ecuador la ARCOTEL establece que para obtener un espacio en el espectro en donde vaya a operar ya sea una estación de radio o televisión, se debe entrar a un concurso en donde se participara para la adjudicación de una frecuencia en el territorio ecuatoriano, este proceso llamado “Concurso público de frecuencias de radio y televisión” establece ciertos requerimientos detallados a continuación:

1. Solicitud general (IT-CTR-01)
2. Proyecto técnico (IT-DRE-02 e IT-DRE-03)
3. Certificado de no afectar a los sistemas de radionavegación aeronáutica emitido por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

(ARCOTEL, s. f.)

Solicitud general (IT-CTR-01)

La primera solicitud especifica los datos de la empresa o la persona natural a la cual se le vaya a adjudicar una frecuencia, en esta solicitud se encontraran campos como Nombre o razón social de la empresa, fecha de constitución de la empresa, objetivo o finalidad, RUC, número de registro oficial, etc.

Proyecto técnico (IT-DRE-02 e IT-DRE-03)

En este documento se encuentra con información un poco más técnica en donde nos pide especificar cierta información con respecto al proyecto y a los equipos en general que se vayan utilizar.

Certificado DGAC

Emitido por la Dirección General de Aeronáutica Civil, es el documento en el cual se tiene establecido todos los requerimientos técnicos del proyecto, certifica que no interferirá con los equipos que ellos utilizan para la radionavegación.

3.3 Frecuencia de transmisión y ancho de banda

Partiendo de lo más básico, es importante cumplir con todos los requisitos legales para el establecimiento de la frecuencia y utilización del canal en donde va a trabajar el sistema DAB+.

Como se menciona en el enunciado 3.2, una vez completado el proceso de la asignación de frecuencias se comenzara con las implementaciones técnicas del caso.

Se operara en la BANDA VHF, que es la banda más adecuada para la ejecución del estándar escogido. Esta banda va desde los 300 a los 3000 Mhz. Según las recomendaciones del estándar DAB+, es necesario trabajar en la banda III del mismo, el cual va desde los 174 Mhz a los 220 Mhz en VHF.

Se asume que ha sido asignada la frecuencia de "191,5", el cual será tomado como el dial de la radio estación en DAB+.

La asignación de la frecuencia de transmisión le corresponde al ente regulador de asignar, sin embargo, se trabajara con un ancho de banda de 1,536 Mhz con bandas de guarda de 1,76 Mhz. (Karrenberg, 2007)

3.4 Localización geográfica de la estación difusora

La UCSG radio y televisión se encuentra en las instalaciones de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, la cual está ubicada en el kilómetro 1/2 de la Av. Carlos Julio Arosemena, con una latitud de 2°11'0.08"S y una longitud de 79°54'10.52"O.

Las instalaciones cuentan con una posición privilegiada encima de una colina, la cual la hace para el establecimiento de un enlace punto a punto hacia la antena emisora que estará ubicada a unos kilómetros de distancia.

En el establecimiento de una señal microondas, se requiere que el radioenlace no cuente interferencias de ningún tipo, para así no obstruir la línea de vista. En el caso del establecimiento de una conexión por tierra, la ubicación es importante puesto que es requerido que el proveedor de servicio

pueda establecer el enlace necesario desde el sitio hacia el destino final. (Rábanos, Tomás, & Salis, 2013)



Figura 3.1: Ubicación geográfica del canal UCSG

Elaborado por: Autor

3.5 Distribución y ubicación de equipos en el Canal UCSG

El canal UCSG cuenta con dos pisos, las cuales están divididas en planta alta y planta alta. En el siguiente plano se describen las diferentes áreas que conforman una radio y en que sitio se desarrollan.

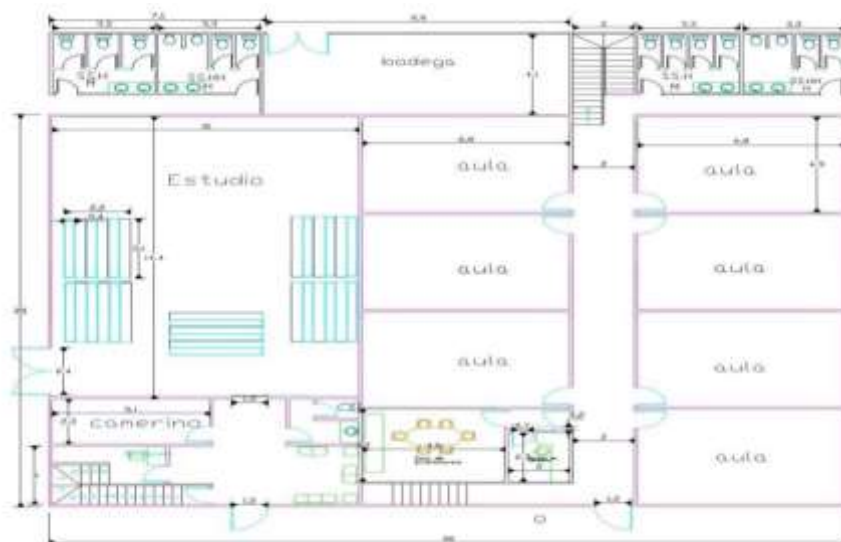


Figura 3.2: Canal UCSG planta baja

Elaborado por: (Safadi, Khristel, Cedeño, & Vanessa, 2013)

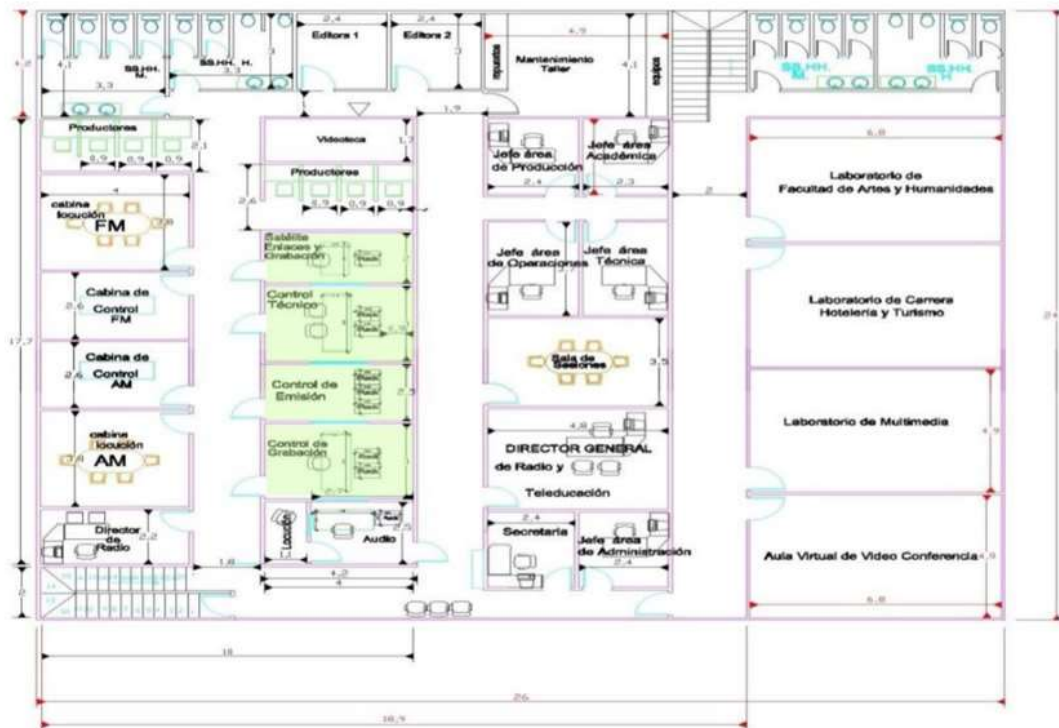


Figura 3.3: Ubicación de los equipos en la planta alta del canal UCSG

Elaborado por: (Safadi et al., 2013)

En cuanto a la instalación de nuevos equipos se refiere, se debe respetar la distribución de espacios ya creada en el canal, puesto que, a pesar que los equipos no ocupen un espacio significativo en el mismo, en los espacios resaltados en el mapa, se puede observar las principales áreas en donde se realizara los cambios de los nuevos equipos que entran a producción, de ser necesario se necesitaría definir la ubicación de los mismos para una correcta interconexión entre ellos.

3.6 Áreas técnicas del canal UCSG

3.6.1 Estudio de grabación

El estudio de grabación es el área donde se encuentran los equipos que llevaran a cabo la tarea de recibir y controlar los niveles de sonido del estudio, estas labores se llevaran a cabo por el sonidista que usa los siguientes elementos:

- Micrófonos
- Equipos de convergencia de audio
- Grabadora

3.6.2 Funciones del sonidista

- Operador de los equipos de convergencias de audio, es el encargado de manejar las grabaciones con respeto a lo indicado.
- Se encarga de analizar el audio que ha sido captado a lo largo del día y corrige las fallas en los equipos de recepción sonora.
- Se encarga de los equipos de captación acústica, procurando siempre el buen estado de los mismos.
- Crea efectos de sonido y bandas sonoras para los diferentes programas radiales que aquí se presenten.
- En la siguiente figura se puede observar el estudio de grabación y los equipos que lo conforman.



Figura 3.4: Estudio de radio del canal UCSG

Elaborado por: Autor

3.6.3 Monitoreo y control de equipos

Es el área destinada para la normalización de los procesos de audio, además de la centralización de todos los servicios, entre estos destacan:

3.6.4 Control de estudio

En este sector se encuentra la mezcladora, que es el equipo encargado de converger los servicios de audio provenientes de diferentes medios como es televisivo, llamadas telefónicas.

3.6.5 Master

La zona Master es una de las partes más esenciales en lo que al estudio respecta, aquí se controla la programación en vivo, el desarrollador de esta región construye el formato en el cual los programas van a ser presentados, procura se respeten los tiempos e itinerarios.

El ingeniero master realiza lo siguiente:

- Administrar la programación diaria avalada por el Director General.
- Audita los registros de grabación en los servidores.
- Evalúa la factibilidad de los programas al aire, analizando su impacto e inmersión en los espectadores.

La ARCOTEL dispone que todos los programas de radio deben estar almacenados por lo menos treinta días luego de su emisión, por esto el master se encarga de analizar y guardar las grabaciones por si la autoridad de control lo necesita. (ARCOTEL, s. f.)

3.6.6 Control técnico

En esta área se da la convergencia entre los equipos de monitoreo y análisis de audio de todo el estudio.

Se produce la integración del resto de los departamentos: Master, Monitoreo, estudio de grabación, para asegurar la correcta configuración de los equipos.

- **Labores del control técnico**

- Especializado a cargo de la emisión de los programas radiales.
- Ejecuta la alineación e inicio del hardware de control
- Profesional y estudios en medio de su día de trabajo.
- Reparaciones básicas del hardware de obtención de audio.
- Despliega las mejoras en la infraestructura técnica del departamento del control técnico y las oficinas subyacente.
- Especializado a cargo de la generación de proyectos, lanzamientos, postproducción y grabación.

3.6.7 Sala de ingreso multimedia

En esta área se guarda y se procesa todos los elementos multimedia de medios externos como televisión, discos de audio, información externa, para crear así un banco de archivos multimedia.

3.6.8 Área de transmisión y monitoreo

Esta región es la encargada de verificar los signos de rendimiento al satélite y el radioenlace que se encuentra en Cerro del Carmen, monitorea el material que está siendo propagado al radio oyente. En esta área llegan las señales de video del canal UCSG y el sonido de parte de radio UCSG.

El encargado de radiofrecuencia posee habilidades para el manejo de la señal de audio, quedando, así como el responsable de que la señal siempre llegue en condiciones óptimas hacia todo lugar.

- **Funciones del encargado de transmisión y monitoreo**

- Controla los elementos físicos para la administración especializada de sistemas de comunicación y radiodifusión.

- Gestiona los recursos humanos necesarios para los soportes de las diferentes redes de difusión.
- Administra las redes de telecomunicaciones.
- Asesorar sobre la correcta ejecución de las nuevas oficinas por su reunión.
- Prepara informes de movimientos y problemas en la región desplegada.

3.9 Equipos actualmente utilizados en el canal UCSG para la transmisión analógica

En este apartado se detallarán los equipos que actualmente se encuentran en producción y sus respectivas funciones, estos equipos representan un papel fundamental en las diferentes etapas de transmisión de la señal, sin embargo, estos equipos no necesitaran cambios puesto que son compatibles con el nuevo estándar que se va a implementar.

3.9.1 Consola de audio

La cabina principal del estudio de grabación se encuentra con una consola de audio marca Yamaha, esta es la encargada de la integración de todos los sonidos provenientes de todos los periféricos exteriores como micrófonos y archivos de sonido almacenados externamente.

En la tabla 3.1 se puede apreciar más claramente las características de este equipo ya mencionado:

Tabla 3.1: Características Yamaha MG32/14FX

Especificaciones generales		MG32 / 14FX	MG24 / 14FX
Distorsión armónica total		Menos de 0.1%	Menos de 0.1%
Respuesta frecuente		0, +1.0, -3dB 20Hz-20kHz	0, +1.0, -3dB 20Hz-20kHz
Hum y nivel de ruido	Ruido de entrada equivalente	-128dBu	-128dBu
	Ruido de salida residual	-99dBu	-99dBu
Diafonía		-70dB	-70dB
Requerimientos de energía		Depende del área de compra; AC100V, 120V o 220-240V; 50 / 60Hz	Depende del área de compra; AC100V, 120V o 220-240V; 50 / 60Hz
El consumo de energía		120W	100W
Dimensiones:	W	1027 mm; 40-7 / 16in	819 mm; 32-1 / 4in
	H	140 mm; 5-1 / 2in	140 mm; 5-1 / 2in
	re	551 mm; 21-11 / 16in	551 mm; 21-11 / 16in
Peso neto		22 kg; 48.5 libras	18.5 kg; 40.8 libras
Accesorios		Manual del propietario, cable de alimentación de CA	Manual del propietario, cable de alimentación de CA

Elaborado por: («MG32/14FX, MG24/14FX | Analog Mixers | Archived Products | Products | Yamaha», s. f.)



Figura 3.5: Consola de audio Yamaha

Elaborado por: Autor

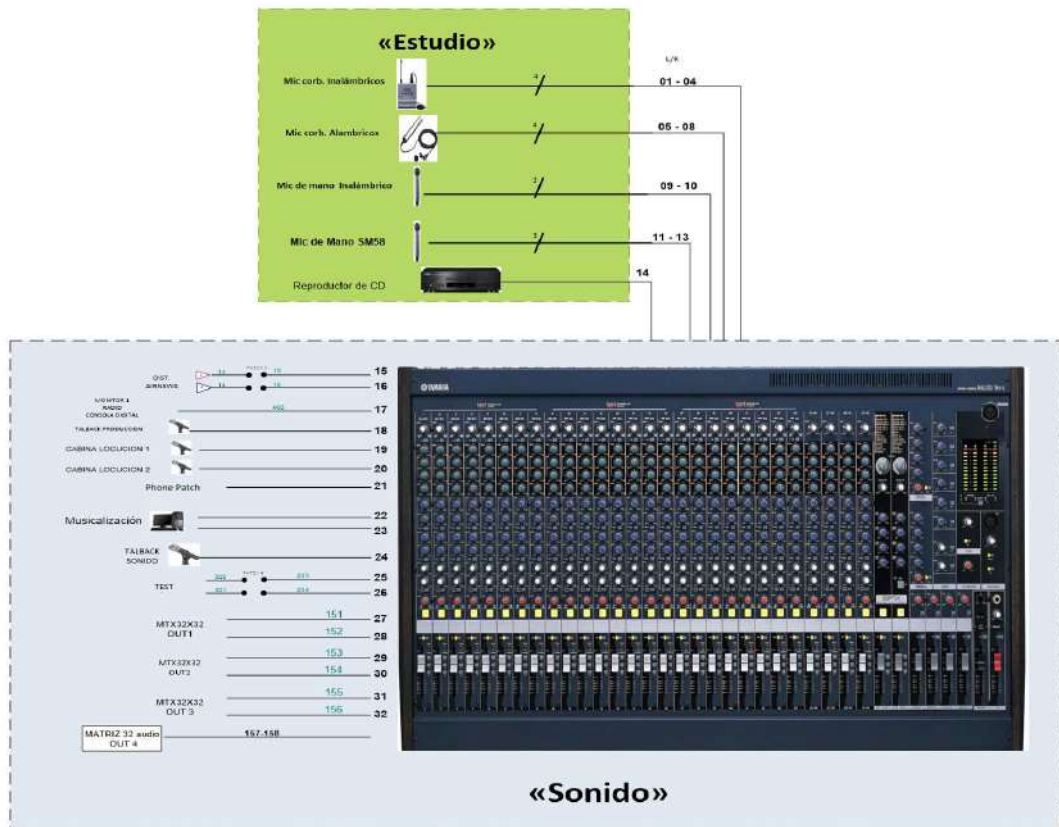


Figura 3.6: Distribución actual de la consola de sonido

Autor: (Vera & Eduardo, 2016)

3.9.2 Microondas

El equipo microondas que está en el canal UCSG se encuentra ubicado en la sala de telepuerto.

Este equipo es utilizado para establecer el enlace hasta cerro del Carmen, para irradiar las señales provenientes del canal.

Tabla 3.2: Equipo microondas del canal UCSG

Microondas canal UCSG	
<ul style="list-style-type: none"> • Conversión Single de una Frecuencia Intermedia (70Mhz) a niveles de Radio Frecuencia (2 GHz – 15 GHz). • Amplificación a diferentes niveles de potencia. • Tarjetas moduladoras para control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo retardo de grupos • Menor ruido en el receptor (menor a 6 dB). • Soporte para modulación; QPSK, 8QPSK, 16QAM. • Tasa de datos desde 1 a 45 Mbps. • Mantiene niveles de salida de potencia igual a 3 dB

Elaborado por: Autor



Figura 3.7: Microondas referencial Cambium Networks

Elaborado por: Autor

Para escoger este equipo hay que tomar en cuenta valores como la ganancia y el tipo de proyecto en donde vaya a ser implementado, según lo especificado en la tabla 3.2 este equipo es idóneo para su implementación en el sistema.

3.9.3 Modulador

En la tabla 3.3 se observan las diferentes características del modulador usado actualmente en el canal UCSG, después de que las señales de sonido se encuentran codificadas en su respectivo encoder, estas señales codificadas experimentan un aislamiento para modularla de acuerdo a unos parámetros especializados para la transmisión. La señal se transpone sobre la señal portadora, que se ajusta a los atributos perfectos para transmitirse a través del equipo emisor. Cuentan con 2 moduladores Ericsson SM6625, que se encuentra en el Telepuerto.

Tabla 3.3: Equipo modulador del canal UCSG

Modulador canal UCSG	
<ul style="list-style-type: none">• Entradas ASI.• Corrige las distorsiones de fase / magnitud introducidas por el equipo de enlace ascendente.• Corrige las distorsiones de fase / magnitud introducidas por el satélite• Corrige las distorsiones introducidas por retardo de grupo del transpondedor del satélite.	<ul style="list-style-type: none">• Operación con la norma ETSI EN 300 421 (DVB-S: BPSK y QPSK)• Variable de operación de velocidad de símbolos: 1 Msym / s a 48 s / Msym• La calidad de transmisión de salida de banda L: 950 MHz y 1750 MHz, sintonizable en pasos de 1 kHz• Modo de adaptación de velocidad de datos - incluyendo la corrección de PCR

Elaborado por: Autor



Figura 3.8: Moduladores Ericsson SM6625

Elaborado por: Autor

3.9.4 Transmisor de línea RF

El transmisor de línea se encarga de que la señal luego de acabar el proceso de codificación y multiplexación, transporta la señal desde una línea de transmisión hacia un equipo receptor en el otro extremo.

3.9.5 Amplificador

El canal UCSG cuenta con un amplificador que se encarga de aumentar la ganancia de la señal de entrada.

En la tabla 3.4 es posible encontrar las características del- amplificador del canal UCSG, este equipo es la puerta de salida a la señal finalmente tratada, en donde se aumentará la potencia de la misma para poder ser transmitida.

Tabla 3.4: Amplificador del canal UCSG

Amplificador del canal UCSG	
<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de salida de 14 a 14.5 Ghz. • Frecuencia de entrada de 950 a 1450 Mhz. • Ganancia de 40 Mhz a 1 dB a temperatura ambiente. • Ganancia completa de 2.5 dB a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganancia de 2,5 dB por encima del rango de temperaturas normales de funcionamiento. • Funcionamiento en banda L • Espuria de potencia nominal: -50 dbc max.

Elaborado por: Autor

3.9.6 Sistema Radiante

El sistema radiante del canal UCSG Televisión está compuesto por antenas tipo panel, con 4 dipolos operando en la banda de 470- 860 MHz, con una ganancia de 10.83 dB.

Estas antenas son configuradas según el sitio de transmisión y a la vez al área que se desea abarcar (población de interés).

Tabla 3.5: Sistema radiante del canal UCSG

Sistema radiate del canal UCSG			
Ancho del lobulo horizontal	Potencia maxima	Impedancia de entrada	Soporte a vientos
3 dB de 64	1Kw por panel	50 Amp.	200 Km/H

Elaborado por: Autor



Figura 3.9: Antena radiante

Elaborado por: Autor

Según lo observado en la tabla 3.5, el sistema de las antenas es alimentadas a través de distribuidores de potencia para cada salida que se necesita, además cuentan con una relación de ondas estacionarias de voltaje menor a 1.15. Están diseñadas para distribuir de manera equilibrada la potencia a fin de implementar la inclinación necesaria que cubrirá a la población de interés, todo esto gracias a su simetría y desfaseamiento en la alimentación.

3.9.7 Línea de transmisión

En la tabla 3.6 se muestran las características de la línea de transmisión, en el área de la transmisión física, existe un cable coaxial que sale desde las instalaciones del canal UCSG hacia la antena radiante. Este sistema está más especificado en la figura 3.6 y cuenta con las siguientes características:

Tabla 3.6: Línea de transmisión del canal UCSG

Tipo de línea	Heliac Coaxial
Marca	Andrew
Diámetro	7/8
Atenuación	3.1 db
Impedancia	50 ohm
Banda	UHF

Elaborado por: Autor

3.10 Zona de cobertura

El estudio de cobertura para cada una de las antenas fue realizado por el programa Ecuatronix tomando en cuenta los parámetros de potencia a la salida de transmisor, altura efectiva, características de radiación e inclinación electrónica de los sistemas radiantes, como se observa en la Figura 3.10.



Figura 3.10: Alcance de la antena de transmisión

Elaborado por: Autor

3.11 Antena radiante

Se trabajará con una antena tipo Dipolo que tiene una ganancia aproximada de 5,24 dB en banda media, operando en frecuencias que van desde los 175 a 245 Mhz. Este tipo de antenas se polarizan en vertical, en la

figura 3.11 se observa el respectivo sistema radiante y los patrones de radiación polar. (Tomasi, 2003)

Este tipo de antenas son ideales para cubrir la zona deseada del área de Guayaquil, para enfocar la energía radiada en la zona del servicio donde se la va a proyectar.

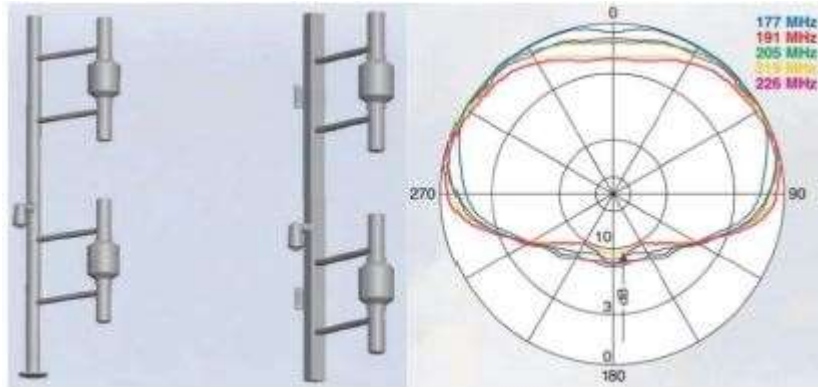


Figura 3.11: Frecuencias de una antena radiante

Elaborado por: Autor

La ganancia de la antena viene dada de la siguiente ecuación:

$$G_T = G_A + 10 \log(At)$$

Donde se tienen los datos que vienen dados en la siguiente tabla 3.9:

Tabla 3.7: Variables de la ganancia de la antena

Gt = Ganancia del arreglo	
Ga = La ganancia de un solo elemento	5,24 dB
At = número de elementos del arreglo	4 elementos

Elaborado por: Autor

$$G_T = (5,24)dBd + 10 \log(4) = 11,26 \text{ dB}$$

3.12 Altura de la torre

Las alturas de la torres según los estándares internacionales pueden ir desde los 30 hasta los 200 metros (Rembovsky, Ashikhmin, Kozmin, &

Smolskiy, 2009). Para calcular la altura de la torre en donde ira la antena transmisora se toma como referencia un radioenlace en un punto medio en la zona que se desea cubrir con respecto a la antena transmisora.

Para calcular el radio de la zona se usa la Ley de Fresnel que nos ayudara a determinar este valor, este dato se usara más adelante para calcular la altura de la torre.

3.13 Ley de Fresnel

Según Garcia, Virgos, & Virgos Rovira la ley de Fresnel “Permiten obtener la relación entre la amplitud incidente y las reflejada y transmitida para los componentes del campo eléctrico paralela y perpendicular al plano de incidencia...” (Rodríguez García, Virgos, & Virgós Rovira , 1999)

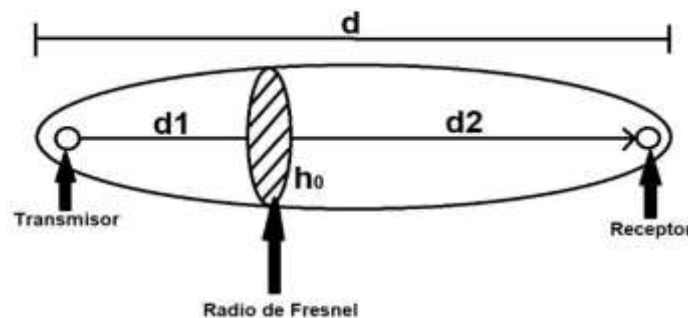


Figura 3.12: Efecto del radio de Fresnel

Elaborado por: Autor

La UIT en su recomendación UIT-R P.528-2 con respecto al cálculo de la zona de Fresnel recomienda que la zona debe estar libre al menos por un 60%, esto lograra que la comunicación suceda sin mayores inconvenientes. (UIT, 2012)

Con respecto a la zona, se define que la primera zona de Fresnel concentra cerca de la mitad de la potencia que es enviada, se debe tener en cuenta esto para tener un especial cuidado en el cálculo del elipsoide.

La siguiente ecuación establece las relaciones entre las zonas del transmisor y el receptor, como se observó anteriormente en la figura 3.8, en este cálculo se toma como longitud de onda 1,6 que es la longitud de onda de la estación de radiodifusión.

En donde:

$$h_0 = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d}}$$

Tabla 3.8: Variables para el cálculo de la zona de Fresnel

h ₀ = radio de la zona de Fresnel.
n = número de la zona de Fresnel.
d es la distancia total del enlace.
d ₁ es la distancia desde el transmisor hasta el obstáculo expresado en metros.
d ₂ es la distancia desde el receptor hasta el obstáculo expresado en metros.
λ es la longitud de onda de la señal.

Elaborado por: Autor

En la tabla 3.8 se detallan las respectivas variables para el cálculo de la zona de Fresnel, se realiza un cálculo repetitivo con relación a las distancias entre el emisor y receptor, en donde se realizara una variación en las distancias d₁ y d₂. La recomendación UIT – R P.1546 establece que para el estudio de un punto de recepción de la señal en banda III se establece un punto medio de recepción el cual será el que mayor potencia de transmisión recibirá, este será el área central de servicio. (UIT, Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz, 2009)

Se usara como herramienta Google Earth en la cual se establece la ubicación de la antena de radiodifusión, la misma se encuentra ubicada en la

latitud $2^{\circ}10'54.93''\text{S}$ y longitud $79^{\circ}53'1.18''\text{O}$ como se observa en el mapa de la figura 3.13.



Figura 3.13: Trayectoria del radio enlace del canal UCSG

Elaborado por: Autor

Con respecto al punto central de difusión está ubicado en latitud $2^{\circ}10'22.83''\text{S}$ y longitud $79^{\circ}55'12.00''\text{O}$ mostrado en la imagen 3.9.

Al tener dos zonas elevadas es posible afirmar que entre el emisor y el equipo receptor no habrá obstáculos, sin embargo, se puede apreciar la elevación del terreno en la figura que la ubicación de la antena transmisora la es un punto estratégico en la ciudad de Guayaquil para la emisión de la señal.



Figura 3.14: Elevaciones del terreno en donde se ubicara la antena transmisora

Elaborado por: Autor

En la figura 3.14 se muestran los valores de radio de la zona calculados en la zona 1, hay entre ellos una variación aproximada de 750 metros, que ha sido tomado de manera arbitraria para establecer el radio de Fresnel, también se tiene una longitud de onda de 1,6 metros que es la frecuencia operante del centro de radiodifusión.

En la tabla 3.9, se define la distancia desde la antena transmisora hasta el punto final de recepción que sería de 7000 metros.

Tabla 3.9: Radio del elipsoide de la zona 1 de Fresnel

d1	d2	h0
6500	500	27,25
6000	1000	37.03
5500	1500	43.42
5000	2000	47.80
4500	2500	50.70
4000	3000	52.37
3500	3500	52.91
3000	4000	52.37

Elaborado por: Autor

3.14 Altura de la torre transmisora

La recomendación UIT establece que la altura de las antenas transmisoras deben ir desde los 30 hasta los 300 metros de altura, sin embargo se tomara como referencia un valor de altura de 55 metros, tomando en cuenta que el valor de la zona de Fresnel es de 52.91 m en el centro del elipsoide.

3.15 Angulo de inclinación

Es posible establecer los puntos máximos de radiación entre 45 y 315 grados de azimut, es posible dirigir la antena en cualquier rango de estos dos puntos, pero realizando el cálculo con respecto al ángulo de inclinación, se

tiene un valor mas aproximado. La antena debe estar inclinada con relación al sector central en donde se quiere repartir el servicio, entonces se establece el ángulo con respecto a los parámetros especificados en la siguiente Figura 3.15:



Figura 3.15: Calculo del ángulo de inclinación de la antena de transmisión

Elaborado por: Autor

Con respecto a la figura 3.12 hay una distancia desde la zona central de servicio de 7000 metros con una altura de 21 metros, la altura de la zona de transmisión es de 113 metros incluyendo el valor de 55 metros de la torre en donde se encuentra la antena, se toma entonces una altura de 91 metros para el cálculo del ángulo, dándonos un ángulo de 0.75 grados.

$$\text{Angulo alfa} = 89,25 \text{ grados}$$

3.16 Medio de transmisión

Para transmisiones en banda III se utilizara cable coaxial con interfaces TNC. Este cable establecerá la conexión entre la etapa de transmisión y amplificación, las características vienen dadas en la siguiente tabla 3.12.

Por sus características se utilizara el cable RG-213 que cuenta con las siguientes características explicadas en la tabla 3.12.

Tabla 3.10 :Características técnicas del cable TNC

Tipo	Ohm	Factor Velocidad	Tensión máxima en RMS	pF por metro	Atenuación en dB por cada 100 metros							Diámetro en milímetros
					10 Mhz	50 Mhz	100 mhz	200 Mhz	400 Mhz	800 Mhz	1 Ghz	
RG-213	50	0,66	5000	101	10 Mhz	50 Mhz	100 mhz	200 Mhz	400 Mhz	800 Mhz	1 Ghz	10,3
					1,8	4,5	6,7	9,9	14,3	21,3	24,3	

Elaborado por: Autor

3.16.1 Características técnicas cables TNC

Los conectores TNC ofrecen una pérdida de entrada de señal aproximada de 0,2 dB, en este caso se utilizará dos conectores tanto para la antena transmisora como para el amplificador. En este caso se asumirá que la distancia desde transmisión desde la etapa de amplificación hasta la antena transmisora es de 50 metros, como una distancia máxima.

La pérdida total del sistema sería calculado de la siguiente manera:

$$\text{Pérdida total} = (\text{Pérdida de entrada de señal}) * (\text{numero de conectores}) + (\text{atenuación en decibeles por cada 100 metros a una frecuencia de 191,4 Mhz}) / (2)$$

Donde:

$$(0,2) * (2) + \frac{9,47}{2} = 5,13 \text{ dB}$$

3.17 Potencia de transmisión

Para el cálculo de la potencia de transmisión, es necesario definir que valor será dispuesto en el transmisor, con respecto al valor mínimo de intensidad que es necesaria para recibir la señal.

Estos pasos son detallados en la recomendación UIT-R P.1546 (REFERENCIA)

Formula para el calculo de la altura efectiva:

$$h_{ef} = h_t + C_0 - h_m$$

Donde:

Tabla 3.11: Variables para el cálculo de la altura efectiva

hef = Calculo de la altura efectiva
ht = altura del suelo a la punta de la antena de transmisión
C0= altura del terreno al punto de transmisión
hm = valor promedio de las alturas del terreno

Elaborado por: Autor

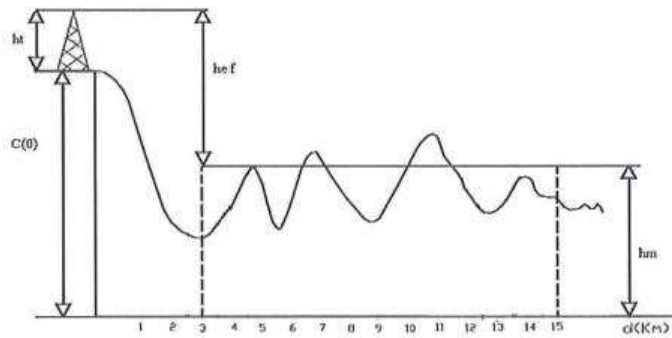


Figura 3.16: Altura del suelo a la antena de transmisión

Elaborado por: Autor

3.18 Calculo de la altura efectiva

El cálculo de la altura efectiva de la antena se obtiene por el nivel promedio del terreno en donde se encuentra la antena transmisora con distancias entre 1 a 15 kilómetros, la elevación del terreno con respecto a la antena de transmisión y la altura de la antena con respecto al suelo, esto se puede observar mas detalladamente en la siguiente tabla 3.14.

En la tabla 3.14 se muestran los valores de altura entre 1 y 15 kilómetros en dirección a la zona central de transmisión, estos valores han sido calculado por medio de Google Earth.

Tabla 3.12: Altura del suelo en distancias de 1 a 15 kilómetros

Distancia	Elevación del terreno
1	10
2	8
3	12
4	6
5	9
6	8
7	18
8	21

9	15
10	17
11	11
12	31
13	18
14	8
15	11

Elaborado por: Autor

Se concluye entonces que la altura promedio del terreno son 13.53 m.
Con estos valores se define que:

$$h_{ef} = 55 + 68 - 13,57$$

$$h_{ef} = 109.43m$$

Una vez determinada la altura efectiva es necesario calcular el punto más lejano de cobertura de servicio que se tienen con respecto al punto de transmisión, el cual sería la provincia de Santa Elena a 40 km en dirección hacia el lugar de transmisión.

Tomando a consideración la fórmula de la recomendación UIT-R P.1546 se concluyen entonces que para trayectos mayores a 1 km la altura efectiva es equivalente al valor base de la antena transmisora, para el cálculo de intensidad de campo.

$$h_1 = h_{ef}$$

Se establece que si los valores de h1 coinciden con las alturas 10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 o 1200 metros, se usa la siguiente Figura 3.17 para obtener la intensidad de campo necesaria del sistema de transmisión.

FIGURA 1
100 MHz, trayecto terrestre, 50% del tiempo

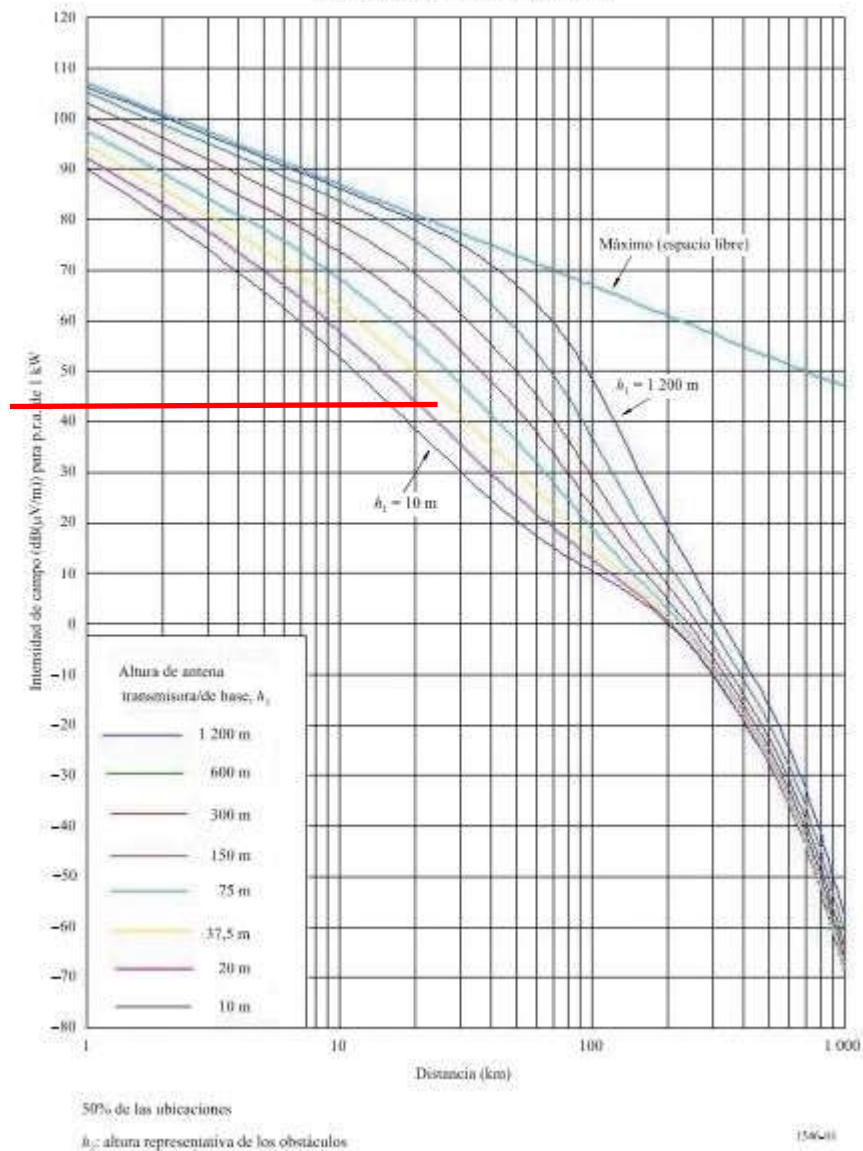


Figura 3.17: Cálculo de la altura efectiva

Elaborado por: Autor

En el caso del arreglo ya presentado, el valor de la altura efectiva es de (77,13), por lo tanto según la tabla es posible definir que el valor final de la intensidad de campo es 43dB.

Según la norma ETSI EN 300 401, establece que el valor de intensidad de campo eléctrico mínimo utilizable para el 50% en el 50% de las locaciones es de 58 dB uv/m, por lo cual se procede a tomar a este como valor de referencia del diseño.

$$P_{tx} = 58 \text{ dB}$$

Potencia isotrópica irradiada equivalente

La potencia isotrópica irradiada (PIRE) por sus siglas en ingles viene dada por la siguiente formula:

$$PIRE = P_{Tx} - L_C + G_A$$

Donde:

Tabla 3.13: Variables para el cálculo de PIRE

Ptx = potencia nominal de transmisión
Ga = es la ganancia del sistema
Lc = Perdidas es el valor total de pérdidas en la línea transmisión.

Elaborado por: Autor

$$PIRE = 58\text{dB} - 5.13\text{dB} + 11.26$$

$$PIRE = 54.13$$

$$PIRE = 258.82 \text{ Watts}$$

3.19 Simulación del diseño DAB+

Para la simulación del sistema DAB+ será utilizada la herramienta online llamada Xirio, en la cual me dará una imagen del alcance de la estación de radiodifusión online, su registro es gratuito y ofrece gran precisión a la hora de hacer simulaciones.

Configuración de parámetros de transmisión

Parámetros de transmisión
Ayuda ?

Los parámetros de radio del transmisor se han configurado automáticamente para el servicio radioeléctrico del estudio. Es conveniente que revise y personalice los mismos.

Antena:

Altura antena: m

Orientación: [0,359]

Inclinación: [-90,90]

Frecuencias de transmisión

Frecuencias
191.400 MHz

Polarización:

Feeder:

Longitud del feeder: m

Pérdidas del feeder: dB

Pérdidas pasivos: dB

Potencia: W

Figura 3.18: Configuración de parámetros de transmisión

Elaborado por: Autor

En la Figura 3.18 se observa los parámetros que son necesarios configurar en el programa Xirio, para poder calcular el alcance de la antena transmisora.

Configuración de parámetros de recepción

Parámetros de recepción
Ayuda ?

Los parámetros de recepción se han configurado automáticamente para el servicio radioeléctrico del estudio. Es conveniente que revise y personalice los mismos.

Antena:

Altura antena: m

Polarización:

Feeder:

Longitud del feeder: m

Pérdidas del feeder: dB

Pérdidas pasivos: dB

Umbral recepción: Campo Potencia

dBu

Figura 3.19: Configuración de parámetros de recepción

Elaborado por: Autor

En la Figura 3.19 es posible configurar los parámetros de recepción de la antena, además de otros datos como la altura y la polarización en la que se encuentra.

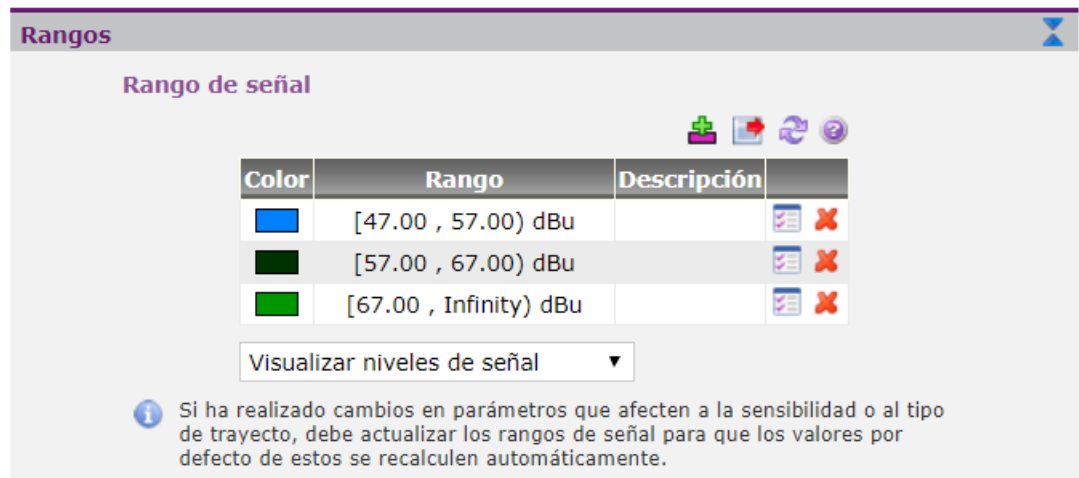


Figura 3.20: Rangos de la señal

Elaborado por: Autor

En la Figura 3.20 nos mostrara una tabla de colores que indicara las diferentes potencia de la señal en decibeles.



Figura 3.21: Mapa orográfico de la potencia de transmisión

Elaborado por: Autor

En la Figura 3.21 es posible divisar que la señal será mas fuerte en sectores altos, debido a la ubicación de la antena transmisora que se colocaria en el cerro del Carmen, sin embargo, a medida que se va alejando o llegando a terrenos mas bajos, su potencia se va perdiendo.



Figura 3.22: Mapa geográfico de la potencia de la antena transmisora

Elaborado por: Autor

En la Figura 3.22 se observa un mapa orográfico del alcance de la señal que se va a transmitir, en este mapa se puede divisar que nuestra señal podrá cubrir un 92% de la ciudad de Guayaquil, llegando con una potencia mas baja a cantones aledaños como Duran y Daule.

3.20 Propuesta de equipos a adquirir para la implementación del sistema DAB+

Se ha elaborado una propuesta de los equipos que son necesarios para la implementación de este sistema, a diferencia de los equipos usados actualmente, estos equipos transmitirán una señal en una calidad superior.

3.20.1 Equipos para el proceso y transmisión de la señal en modulación digital DAB+

El estándar de transmisión DAB+ define las etapas de codificación, multiplexación, interactividad y transmisión, como etapas de procesamiento y emisión separadas e independientes, sin embargo muchos fabricantes de dispositivos que realicen estas funciones han integrado algunas de ellas en un mismo dispositivo para mejorar el costo del mismo.

Para la implementación de un sistema de modulación digital DAB+ se define 4 etapas esenciales para el tratamiento final de la señal para su

posterior emisión, estas etapas están señaladas en la figura 3.14 donde se define su respectivo orden:

Tabla 3.14: Etapas de la transmisión DAB+

Etapas para la transmisión DAB+
Codificación
Interactividad
Multiplexacion
Transmisión de la señal

Elaborado por: Autor

- Codificador

Para la etapa de codificación será utilizado un equipo de marca DIGIDIA, con sus características debidamente especificadas en la tabla 3.15, este será el encargado del procesamiento de la señal de audio para su posterior entramado y muestreado de la señal.

Tabla 3.15: Características del codificador Digia

Marca	Característica
DIGIDIA	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre: FlexiCOD - Soporte completo para familia de estándares DAB y DAB+. - Versiones de 1 RU y 2 RU. - Sistema operativo Windows XP Pro. - Sincronización externa vía NTP. - Transporte de señal vía IP con FEC y entrelazado. - Salida de STI vía G703. - Conexión directa a servidor PAD vía IP y RS232. - Posibilidad de configuración redundante en 1+1. - Salidas ETI vía BNC a 75 Ohmios. - Interfaces físicas XLR. - Monitoreo a través de la red vía SNMP. - Interfaz gráfica de configuración. - Administración y gestión remota vía HTTP. - Fuentes de energía redundantes.

Elaborado por: Autor



Figura 3.23: Codificador DIGIDIA

Elaborado por: Autor

- Servidor PAD

Para establecer una diferencia tangible entre DAB+ y las modulaciones ya conocidas, el servidor PAD que se montara sobre un servidor de marca Supermicro nos ayudara a ingresar en el entramado información relevante acerca del trafico, clima o programas los cuales el radio oyente se encuentre receptando, se utilizara un equipo de marca Factum Electronics establecido en la tabla 3.16.

Tabla 3.16: Características del servidor PAD – Factum Electronics

Marca	Característica
Factum Electronics Holding AB	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre: DBS100. - Soporte de EPG, BWS, TDC y DLC. - Ofrece el paquete de desarrollo de API SDK. - Soporte completo de MOT para DAB+. - Hasta 24 entradas para contenido externo. - Sistema operativo Linux. - Integración a múltiples fabricantes. - Fuentes de energía redundantes.

Elaborado por: Autor



Figura 3.24: Servidor PAD Supermicro

Elaborado por: Autor

- **Multiplexor**

Sera el encargado de integrar la información proveniente de la etapa de codificación e interactividad y como objetivo principal será el encargado de generar la trama DAB+, será utilizado un equipo de marca VDL con las características mas descritas en la tabla 3.17.

Tabla 3.17: Características del multiplexor VDL

VDL	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre: D-Vaudax. - Soporte parcial de codificación, MPEG 1/2 de capa II y ETSI EN 300 401. - Montaje en versiones de 2 y 4 RU. - Sistema operativo Linux. - Manejo de hasta 63 streams de audio. - Interfaces físicas BNC a 75 Ohmios. - Alarmas vía SNMP. - Interfaz gráfica de configuración y estado sobre Windows. - Redundancia de servicio en configuración N+N. - Redundancia de energía.
-----	--

Elaborado por: Autor

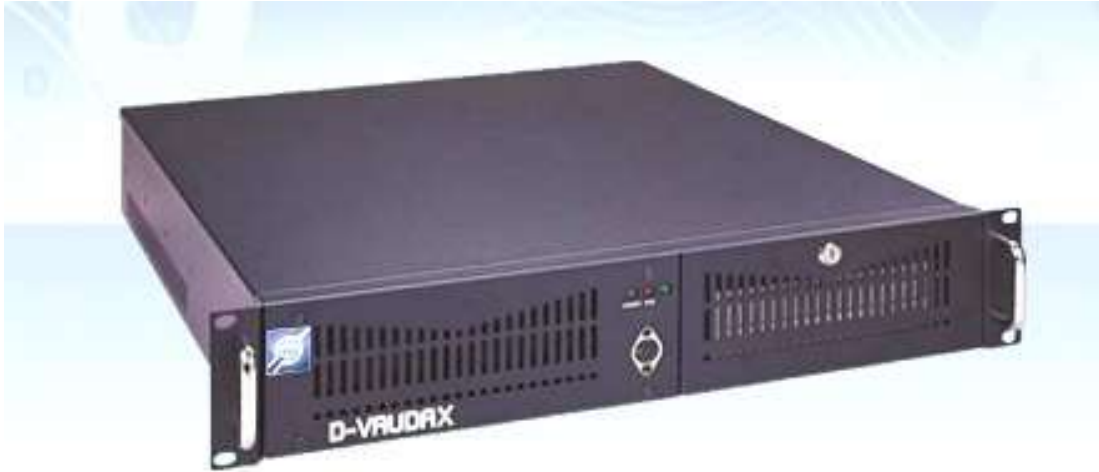


Figura 3.25: Multiplexor D-Vaudax

Elaborado por: Autor

- **Transmisor**

Uno de los equipos más relevantes a la hora de la construcción del sistema de radiodifusión, se utilizara un equipo de una marca bien conocido como es Harris, con la potencia ya especificada en los enunciados anteriores, sus principales características es posible apreciarlas en la tabla 3.18.

Tabla 3.18: Características del transmisor Harris

Marca	Característica
Harris Corporation	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre: DMB 670. - Soporte de señales DAB y DAB+. - Niveles de potencia desde 125 W a 10 kW. - Receptor GPS de alta precisión. - Interfaces de monitoreo SNMP-Ethernet. - Conexiones en caliente. - Capacidad de conexión redundante. - Integración a múltiples fabricantes. - Fuentes de energía redundantes.

Elaborado por: Autor



Figura 3.26: Transmisor Harris

Elaborado por: Autor

3.21 Costos de equipos para implementación del sistema

Para el entramado y consiguiente distribución de la señal DAB+ que será enviada desde la estación, es necesario adquirir los equipos mostrados en la tabla 3.19.

Estos costos han sido cálculos en función de los precios del mercado internacional, sin embargo, para su posterior envío a Ecuador habría que reconsiderar valores como procesos de desaduanización e impuestos acordados al país donde vayan a ser adquiridos.

En este listado se incluirán todos los equipos tanto de etapas como codificación, interactividad, multiplexación, sistema radiante y conexiones respectivas, los costos de la implementación del sistema se visualizan en la tabla 3.19.

Se tiene en cuenta que los conectores TNC y el rollo de cable coaxial esta siendo adquirido en mercado local.

Tabla 3.19: Costo de equipos para implementar el sistema

Marca	Equipo	Canti dad	Precio	AD- VALO REM	FOD INFA	IVA	Precio final
Kathrein	Antena tipo dipolo	1	6500.00	1300	25	975	9100
Harris Corporation	Transmisor	1	17000.0 0	3400	50	2550	23800
VDL	Multiplexor	1	9000.00	1800	50	1350	12600
Supermicro	Servidor para interactividad	1	2500.00	500	25	375	3500
DIGIDIA	Codificador	1	3800.00	760	90	570	5320
X	Rollo de cable coaxial	1	50	X	X	6	56
Heliax	Conectores TNC	2	18	X	X	4,32	20.16
Total							54396.16

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones

Durante el presente trabajo de investigación se logró obtener las siguientes conclusiones:

1. Con lo observado en los cálculos con el programa Xirio online, es posible concluir que con el presente diseño se puede lograr una cobertura cercana al 90% del perímetro urbano de la ciudad de Guayaquil.
2. Luego de un análisis de costos, fue posible determinar que una implementación del presente sistema de transmisión digital no debería superar un presupuesto aproximado de 70000 dolares.
3. Tomando como referencia los países que tienen en funcionamiento diferentes estándares de radiodifusión digital, es posible concluir que la situación de nuestro país le tomaría algunos años aun la migración a este tipo de sistemas, influyendo directamente factores tanto económicos como sociales.

4.2. Recomendaciones

1. Para una cobertura correcta se recomienda que el transmisor principal tenga una potencia mínima de 200 a 500 W.
2. Es recomendable que la antena de propagación no sobrepase los 50 metros de altura, exceder esta altura no solo implicaría costos más grandes de construcción, sino que incurriría en pagar mas impuestos.
3. Para abaratar costos de transmisión y sacar todo el provecho del dial solicitado, se podría establecer alianzas con cadenas radiales para transmitir los programas por la misma frecuencia en diferentes canales.

BIBLIOGRAFIA

Autor, E. (s.f.).

Brand, R. (2015). *sistemas cableados colombia*. Obtenido de

http://www.tel.uva.es/personales/co/curso_sistemas_cableado.pdf

Bustamante, E. (2008). *Hacia un nuevo sistema mundial de comunicacion: Las industrias culturales en la era digital*. Editorial GEDISA.

Camargo, J. G. (1980). *La Radio por Dentro y por Fuera*. (Ecuador, Ed.) Quito: Coleccion Intiyan.

Carvajal, M. F. (2014). *repositorio ucsg*. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2895>

Gago, S. G. (2010). *Manual para Radialistas Analfatécnicos*. Quito, Ecuador: Artes Gráficas SILVA.

Huerta, J. (2002). *El Sistema DAB (Digital Audio Broadcasting)*.

Juarez, c. (2015). *Transmision y recepcion por fibra optica*. Mexico.

Luz, R. R. (2015). *Sistemas de Radiocomunicaciones*. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.

Martinez Arismendi, J. p. (marzo de 2014). *Bibing*. Obtenido de

[http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+-)

[Cap%C3%ADtulo3+-](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+-)

[+Redes+inal%C3%A1mblicas+de+%C3%A1rea+local+%28WLAN%29.pdf+](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+-)

Mudarra, A. L. (2009). Tecnologías de Radio Digital. *Revistas Académicas UTP*, 18.

Otero, G. D. (2000). *La Radio Antigua*. Barcelona (España): Boixareu Editores .

Pezo Apolinario, I. s. (agosto de 2017). Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9202>

Pinto, M. (2015). *repositorio ucsg*. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3929>

(2004). *Radio Difusión Digital*.

Remache, M. (14 de sep de 2016). *repositorio ucsd*. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6595>

Rodríguez García, J., Virgos, J., & Virgós Rovira, J. (1999). Fundamentos de óptica ondulatoria. En J. Rodríguez García, J. M. Virgos, & J. Virgós Rovira, *Fundamentos de óptica ondulatoria* (pág. 260). Universidad de Oviedo.

Sacaquirín, F. S. (2013). *Estudio y Análisis de la Estandarización y Regulación para la migración del Sistema de Radio Análogo al Digital en el Ecuador*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Telconet. (2017). *telconet.sa*.

telecable. (abril de 2016). Obtenido de <https://www.telecable.com/blog/tipos-de-fibra-optica-monomodo/1577>

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Prentice Hall.

UIT. (octubre de 2009). *Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf

UIT. (23 de Febrero de 2012). *Union Internacion de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.528-3-201202-P/es>

Vidal, F. (2017). *Portales*. Obtenido de c3comunicaciones.es:

<https://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Cables%20opticos.pdf>

Al-hadithi, B. M., & Al-Hadithi, B. M. (2006). *ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL: teoría y problemas resueltos*. Editorial Visión Libros.

- ARCOTEL, A. (s/f). Requisitos para uso de frecuencia [Gubernamental].
Recuperado el 10 de agosto de 2019, de
<http://www.arcotel.gob.ec/requisitos-temporal-de-uso-de-frecuencias/>
- Areny, R. P. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Marcombo.
- Derry, T. K., & Williams, T. I. (1987). *Historia de la tecnología*. Siglo XXI de España Editores.
- Gómez, J. I. A., & Pulido, P. C. (2011). *La radio universitaria como servicio público para una ciudadanía democrática*. Netbiblo.
- Karrenberg, U. (2007). *An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing*. Springer Science & Business Media.
- MG32/14FX, MG24/14FX | Analog Mixers | Archived Products | Products | Yamaha. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2019, de
http://www.yamahaproaudio.com/northamerica/en_us/products/archived_products/analog_mixers/mg_fx/index.jsp
- Moya, J. M. H., & Huidobro, J. M. (2011). *Radiocomunicaciones : viajando a través de las ondas*. Creaciones Copyright SL.
- Murray, R. P. (2005). *The Early Development of Radio in Canada, 1901-1930: An Illustrated History of Canada's Radio Pioneers, Broadcast Receiver Manufacturers, and Their Products*. Sonoran Publishing.
- Otero, G. D. (2000). *La radio antigua: evolución de los receptores de lámparas y guía práctica para su restauración : reseña histórica de la radiodifusión*. Marcombo.
- Powers, R. (2010). *ASVAB For Dummies*. John Wiley & Sons.
- Rábanos, J. M. H., Tomás, L. M., & Salis, J. M. R. (2013). *Transmisión por radio*. Editorial Universitaria Ramon Areces.

Rembovsky, A., Ashikhmin, A., Kozmin, V., & Smolskiy, S. M. (2009). *Radio Monitoring: Problems, Methods and Equipment*. Springer Science & Business Media.

Safadi, B., Khristel, S., Cedeño, M., & Vanessa, C. (2013). Estudio sobre la organización y el funcionamiento en las áreas de producción y operaciones del canal educativo UCSG televisión : propuesta de un plan de mejoras. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/8446>

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Pearson Educación.

Universidades, con radio y televisión. (2017, junio 29). Recuperado el 11 de junio de 2019, de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2017/06/29/nota/6253693/universidades-radio-television>

Vera, B., & Eduardo, G. (2016). Propuesta del diseño de un sistema de televisión para completar el proceso de migración de análogo a digital en el canal UCSG TV. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6609>

GLOSARIO

AM: Amplitud modulada
DAB: Digital Audio Broadcasting
UCSG: Universidad Católica Santiago de Guayaquil
KHZ: Kilo Hertz
FM: Frecuencia Modulada
MPEG-4: Moving Pictures Experts Group version 4
AAC: Advance Audio Coding
COFDM: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CD: Compact Disk
LCD: *Liquid Cristal Display*
DRM: Digital Radio Mondiale
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DBM: DIGITAL MULTIMEDIA BROADCASTING
ETI: ensemble transport interface
MHZ: Megahertz
FCC: Federal communications commission
HD: High definition
FAC: Fast access channel
SDC: Service description channel
DMB: Digital Multimedia Broadcasting
MBPS: Mega bytes por segundos
QPSK: Quadrature Phase-Shift Keying
MSC: Main Service Channel
SDC: Service Description Channel
VHF: Very high frequency
CCIR: Comité Consultivo Internacional de Radio
ARCOTEL: Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones
DB: Decibeles
UIT: Union internacional de las telecomunicaciones
TNC: Threaded Neill–Concelman



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Teran Coronel, Anthony Marcelo** con C.C: # 092699378-3 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de una estación de radiodifusión broadcasting digital DAB+ en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de marzo del 2019

f. _____

Nombre: Teran Coronel, Anthony Marcelo

C.C: 092699378-3



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de una estación de radiodifusión broadcasting digital DAB+ en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
AUTOR(ES)	TERAN CORONEL, ANTHONY MARCELO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Philco Asqui, Luis Orlando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de marzo del 2019	No. DE PÁGINAS:	94
ÁREAS TEMÁTICAS:	Radiodifusión y radiodifusión digital		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	RADIODIFUSION, RADIO ANALÓGICA, RADIO AM, RADIO DIGITAL, UCSG RADIO		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de investigación concierne en el diseño de una estación de radiodifusión digital terrestre en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, que cumplan las características técnicas del estándar Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+), cuyo objetivo es dar a conocer cuáles son los requerimientos de los diferentes Organismos de Control en el país para su ejecución y cuáles serán los equipos que son necesarios para implementar o replicar dicho proyecto en el momento que se presente una migración. De tal manera que al momento de que la entidad universitaria privada innove y se someta a la implementación de un estándar de radiodifusión digital, garantizará a sus oyentes brindar un servicio de mayor calidad con el fin de alcanzar la excelencia mediante el uso de herramientas tecnológicas y así disminuir cualquier tipo de riesgo que impidiera el cumplimiento de objetivos institucionales.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593984885840	E-mail: tonyteran@outlook.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			