

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**

**INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN CON EL ESTÁNDAR DAB  
PARA LA RADIO MUNICIPAL PACHA DEL DISTRITO METROPOLITANO  
DE QUITO**

**AUTORES:**

**FREDDY FELIPE ORDOÑEZ LOPEZ  
CLAUDIA INES TITUAÑA PILLAJO**

**TUTOR:**

**LUIS GERMAN OÑATE CADENA**

**Quito, Julio del 2020**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Freddy Felipe Ordoñez López, y Claudia Inés Tituaña Pillajo ,con documentos identificación N° 1723805824 y N° 1717414831 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud que somos autores del trabajo de titulación intitulado:“ DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN CON EL ESTÁNDAR DAB PARA LA RADIO MUNICIPAL PACHA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Freddy Felipe Ordoñez López  
Cédula: 1723805824



.....  
Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Cédula: 1717414831

Fecha: Quito, Julio del 2020

## DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: :  
“DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIODIFUSIÓN CON EL ESTÁNDAR DAB  
PARA LA RADIO MUNICIPAL PACHA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE  
QUITO realizado por Freddy Felipe Ordoñez López, y Claudia Inés Tituaña Pillajo,  
obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la  
Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de  
titulación.

Quito, Julio del 2020



.....  
Luis German Oñate Cadena

C.I.: 1712157401

## **DEDICATORIAS**

Dedico este triunfo a Dios que ha sido mi mayor apoyo, a mis padres Gonzalo Sánchez y Raquel López que nunca me han dejado caer, dedico a mis abuelos que me enseñaron valores para esta vida, en especial dedico a mi esposa María José que de la mano de ella he podido concluir este camino, también lo dedico a sus padres y hermano.

Freddy Ordoñez

Dedico ante todo a Dios por ser mi mejor apoyo, a mis padres Roberto Tituaña y Narcisa Pillajo que siempre estuvieron en las buenas y malas incondicionalmente tanto en la parte moral como económica para lograr esta meta.

Claudia Tituaña

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro profundo agradecimiento a Dios, por todas sus bendiciones que nos permitió perseverar en todo el tiempo y a cada una de nuestras familias.

De la misma manera un agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, a la Facultad de Ingeniería Electrónica en especial al Ing. Luis German Oñate por ser nuestro tutor durante este tiempo y apoyarnos a poder concluirlo, al Ing. Lenin Aucatoma, al Ing. Carlos Cuichan que con su ayuda, paciencia y amistad nos permitieron concluir con este proyecto.

A la Radio Municipal Pacha del Distrito Metropolitano de Quito, quienes nos brindaron la facilidad de realizar este trabajo de titulación y así poder concluirlo en un tiempo estimado.

Para concluir un agradecimiento a nuestros amigos y compañeros que han estado en todo este largo camino y tener una meta concluida.

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR .....	III
DEDICATORIAS .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	X
ABSTRACT .....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO 1 .....	1
ANTECEDENTES .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4 METODOLOGÍA .....	3
CAPÍTULO 2 .....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 HISTORIA DEL ESTANDAR DAB.....	4
2.2 FUNCIONAMIENTO DEL ESTÁNDAR DAB .....	5
2.2.1 Transmisión de la señal DAB .....	5
2.2.2 Recepción de la señal DAB .....	5
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR DAB.....	6
2.4 COMPARATIVA ENTRE EL ESTÁNDAR DAB Y FM .....	7
CAPÍTULO 3 .....	8
DESARROLLO Y PROCEDIMIENTO.....	8
3.1 DATOS DE LA RADIO MUNICIPAL PACHA.....	8

3.1.1 Estudio radio municipal pacha.....	8
3.2 EQUIPOS DE TRANSMISION DE LA RADIO MUNICIPAL PACHA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EN EL CERRO PICHINCHA.....	13
3.3 SIMULACIÓN DE LA COBERTURA DE LA RADIO MUNICIPAL PACHA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO .....	16
3.3.1 Simulación con ics telecom radio fm.....	17
3.3.5 Análisis espectral del sistema de radiodifusión FM .....	24
3.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ESTÁNDAR DAB .....	25
3.6 OTORGACION DE FRECUENCIAS .....	47
CAPÍTULO 4 .....	49
COSTOS.....	49
4.1 COSTOS DEL ESTANDAR DAB .....	49
4.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL ESTUDIO .....	52
CAPÍTULO 5 .....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
5.1 CONCLUSIONES.....	53
5.2 RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS .....	55
ANEXOS.....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa mundial dab .....	4
Figura 2.2. Transmisión señal dab .....	5
Figura 2. 3. Recepción de la señal dab .....	6
Figura 3. 1. Radio municipal pacha .....	8
Figura 3. 2. Rack de equipos .....	9
Figura 3. 3. Ecualizador phonic .....	9
Figura 3. 4. Radio data subcarrier encoder .....	10
Figura 3. 5. Td 16 / rd 16 .....	10
Figura 3. 6. Procesador digital de audio.....	11
Figura 3. 7. Selector de audio estéreo .....	12
Figura 3. 8. Transmisor stl-20c .....	12
Figura 3. 9. Antena cerro pichincha .....	13
Figura 3.10. Equipo ubicado en el cerro pichincha.....	13
Figura 3.11. Torre triangular .....	14
Figura 3.12. Excitador fx 50 .....	15
Figura 3. 13. Fm 10s .....	16
Figura 3. 14. Línea de vista tx/rx .....	17
Figura 3. 15. Cobertura radio municipal pacha.....	19
Figura 3. 16. Radio enlace estudio - cerro pichincha .....	22
Figura 3. 17. Estructura de audio digital .....	25
Figura 3. 18. Proceso digital .....	26
Figura 3. 19. Esquema de componentes dab .....	27
Figura 3. 20. Micrófono at-bp40 .....	27
Figura 3. 21. Audífono de estudio.....	28
Figura 3. 22. Altavoces krk rokit rp8g4 .....	28
Figura 3. 23. Consola aeq forum digital on air .....	29
Figura 3. 24. Estacion de trabajo de audio digital.....	29
Figura 3. 25. Transmisor onedrive .....	30
Figura 3. 26. Enlace microondas rtn 950 .....	30
Figura 3. 27. Diagrama de bloques cerro pichincha.....	31
Figura 3. 28. Filtro pasa - banda .....	31
Figura 3. 29. Transmisor 4500 watts.....	32
Figura 3. 30. Transmisor 4500 watts.....	32
Figura 3. 31. Pararrayos serie t .....	33
Figura 3. 32. Generador gesan dsp 20.....	34
Figura 3. 33. Radio sony xdr p1dbp.....	35
Figura 3. 34. Región del ecuador .....	35
Figura 3. 35. Radio enlace – microondas .....	38
Figura 3. 36. Patrón de radiación thomcast.....	41
Figura 3. 37. Cobertura dab - 2800 watts.....	43



## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Diferencias comparativas .....	7
Tabla 3. 1. Características fm 10s .....	16
Tabla 3. 2. Ficha técnica estudio – transmisor .....	17
Tabla 3. 3. Ficha técnica sistema de transmisión fm.....	18
Tabla 3. 4. Paleta de colores .....	20
Tabla 3. 5. Datos radio enlace en fm estudio - cerro pichincha.....	20
Tabla 3. 6. Ficha técnica enlace estudio – transmisor.....	21
Tabla 3. 7. Parámetros del transmisor.....	23
Tabla 3. 8. Parámetros del receptor.....	23
Tabla 3. 9. Parámetros de trayecto .....	24
Tabla 3. 10. Banda iii: 174,0 a 240,0 [mhz].....	36
Tabla 3. 11. Radioenlace estudio - cerro pichincha estándar dab .....	37
Tabla 3. 12. Parámetros del transmisor.....	39
Tabla 3. 13. Parámetros del receptor.....	39
Tabla 3. 14. Parámetros de trayecto .....	40
Tabla 3. 15. Ficha técnica sistema de transmisión dab .....	40
Tabla 3. 16. Tipos de servicio .....	42
Tabla 3. 17. Paleta de colores dab.....	44
Tabla 3. 18. Datos radio enlace en dab estudio - cerro pichincha.....	44
Tabla 3. 19. Información del trayecto dab .....	46
Tabla 3. 20. Comparativa sfr y pr .....	46
Tabla 3. 21. Comparación entre fm y estándar dab.....	47
Tabla 3. 22. Varias comparativas .....	47
Tabla 4. 1. Costos equipos estudio.....	49
Tabla 4. 2. Costos cerro pichincha .....	50
Tabla 4. 3. Costos de equipos varios.....	50
Tabla 4. 4. Mano de obra .....	51
Tabla 4. 5. Costo total del proyecto .....	51

## **RESUMEN**

La Radio Municipal Pacha del Distrito Metropolitano de Quito es dominio público la cual distribuye contenido de relevancia social, cultural para la ciudadanía de las ciudades de Quito, Sangolquí, Machachi, Tabacundo y Cayambe de acuerdo a la normativa de ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). Esta radio cuenta con equipos que cumplen con el adecuado funcionamiento de su cobertura, para una implementación futura estos equipos deben ser migrados para que soporten el estándar DAB (Digital Audio Broadcasting), con la tecnología analógica no se puede alcanzar a una cobertura donde no haya inconvenientes de carácter climatológicos y estos causen varios inconvenientes en los receptores convencionales. En el presente trabajo se plantea la utilización del estándar DAB en esta radio mediante el diseño de un sistema de radiodifusión el mismo que debe cumplir con los requerimientos de una mejor cobertura, menor potencia en su transmisión, al mismo tiempo que ayudan con una nueva infraestructura orientada a mejorar la calidad de transmisión y recepción, también se observan las simulaciones de la radio con su cobertura actual y la cobertura con el estándar planteado, dando así una mejor experiencia tanto para el radiodifusor como para los radio-oyentes. Con esto se obtiene un diseño donde los porcentajes calculados muestran cual es la parte espectral de la radio actual versus con el estándar DAB (Digital Audio Broadcasting), dando como resultado que la migración es factible, tomando en cuenta el costo versus beneficio.

## **ABSTRACT**

The Pacha Municipal Radio of the Metropolitan District of Quito, which is of a public nature, which distributes content of social, cultural relevance for the citizens of the cities of Quito, Sangolquí, Machachi, Tabacundo and Cayambe according to the regulations of ARCOTEL (Regulatory Agency and Telecommunications Control). This radio has equipment that meets the proper functioning of its coverage, for a future implementation of these equipment must be migrated to support the DAB (Digital Audio Broadcasting) standard, with analog technology a coverage cannot be reached where there are no inconveniences of climatological character and these cause several inconveniences in the specific receivers. In this work, the use of the DAB standard in this radio is proposed through the design of a broadcasting system that must meet the requirements of better coverage, lower power in its transmission, while helping with a new infrastructure oriented to improve the quality of transmission and reception, also to observe the simulations of the radio with its current coverage and the coverage with the raised standard, thus giving a better experience for both the broadcaster and the radio listeners. This results in a design where the calculated percentages are shown which is the spectral part of the current radio versus the DAB (Digital Audio Transmission) standard, resulting in the migration being feasible, taking into account the cost versus benefit.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido a la fuerte demanda de emisoras y a la saturación del espectro radio eléctrico, el MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información), julio 30 del 2017 fue la primera fecha dispuesta para realizar el apagón analógico pero se ha ido postergando dicha fecha por lo cual no se ha dispuesto que existirá un apagón analógico, sino que es el paso de analógica a digital como han adoptado otros países que han ido migrando a radio digitales para el caso de estudio el estándar DAB (Digital Audio Broadcasting). La radio FM se ve limitada en su cobertura por varios inconvenientes de carácter climatológico, vegetación circundante o factores externos por lo cual la señal se ve afectada para el radio-escucha.

La Radio Municipal Pacha es de uso público, y al ser una radio de la ciudad informa acerca de los problemas de la ciudadanía (Tráfico, robos, problemas en las calles, etc). La migración hacia el estándar DAB ayudará tanto a la ciudadanía como a las entidades relacionadas con el orden municipal.

Para realizar las simulaciones se empleó del software ICS Telecom el cual es una herramienta de trabajo para simular tanto la cobertura de FM como el estándar DAB, para las especificaciones de FM se obtuvo del informe técnico que maneja la Radio Municipal Pacha y del estándar DAB.

El documento se encuentra dividido en 5 capítulos donde, en el capítulo uno se refiere al problema de estudio, objetivo general, específicos, justificación y metodología de diseño para el estándar DAB en la Radio Municipal Pacha. En el capítulo dos se describe estándar DAB, su funcionamiento, características y comparación con la radiodifusión FM. En el capítulo tres se detalla la distribución actual de la radio FM, los equipos con los que cuenta tanto en el Estudio como en el Cerro Pichincha, se realiza simulación de las coberturas en el software ICS Telecom, de la misma manera los equipos que se usarán para tener el estándar DAB, además una comparación técnica entre los dos sistemas. El capítulo 4 se considera costos de los equipos y el costo del estudio con este estándar. En el capítulo 5 están las conclusiones y recomendaciones. En los anexos, se observan las gráficas de las distintas configuraciones para las respectivas simulaciones tanto de FM como para el estándar DAB.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Radio Municipal Pacha está ubicada en el sector Centro de Arte Contemporáneo, es una radio pública que trabaja con las frecuencias 109.2 FM y 720 AM, su cobertura abarca a todo el Distrito Metropolitano de Quito. Actualmente la cobertura que obtiene la Radio Municipal tiene una buena aceptación por parte de los radio - oyentes, este dato fue proporcionado por parte de los radiodifusores de la misma por medio del rating realizado en un horario matutino y los programas se emiten durante las 24 horas los 7 días de la semana. (Grados, 2019)

En la radio existen varias limitaciones con respecto a su recepción y cobertura debido a que es analógica, se presentan los siguientes problemas:

- Interferencia por efectos de propagación multitrayecto por las reflexiones en las montañas.
- Escasa capacidad para transmitir datos.
- Poca interacción con el radio-escucha.
- Al haber demasiadas emisoras existe una saturación en los receptores.

El diseño del estándar DAB permite mejorar de los aspectos antes mencionados además de una actualización de la tecnología, logrando mayor cobertura, eficiencia en la información y brindando mejores opciones al radio-oyente.

### 1.2 JUSTIFICACIÓN

En la última década, la digitalización de múltiples tecnologías ha consentido el desarrollo de significativos avances en los procesos de transmisión en todo el espectro electromagnético. En la actualidad la radiodifusión sonora se ha relegado a un segundo plano dado el auge de las tecnologías multimedia como la televisión digital o el Internet, también se han desarrollado tecnologías digitales importantes con el fin de

optimizar el uso de las frecuencias y a la vez mejorar la calidad del sonido para los radio oyentes.

El proyecto consiste en el diseño del estándar DAB (Digital Audio Broadcasting) para la frecuencia FM que implica varias mejoras, las cuales serían el acompañamiento de la información sonora con otros servicios y modalidades de acceso e interactividad (como la radiodifusión de imágenes o el sonido multicanal), un mayor número de estaciones en el mismo espectro, la mejor calidad del sonido o una oferta más amplia que la actual.

Una vez implementado el sistema, la Radio Municipal Pacha sería la primera en el país en aplicar esta tecnología, lo que redundaría en un significativo incremento de publicidad y de radio oyentes y de esta forma ser pionera para que las demás emisoras puedan migrar a la radio digital.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el sistema de radio difusión mediante el estándar Digital Audio Broadcasting (DAB) para la migración digital de la Radio Municipal Pacha del Distrito Metropolitano de Quito.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el estándar DAB para ser implementado en el sistema de radiodifusión de la Radio Municipal Pacha.
- Analizar el sistema de radio difusión actual de la Radio Municipal Pacha para la determinación de las condiciones de funcionamiento de un sistema FM.
- Diseñar un sistema de radio digital con el estándar DAB para la cobertura de Quito de la Radio Municipal Pacha.
- Obtener el costo de la migración analógica a digital para una futura implementación del proyecto.

## **1.4 METODOLOGÍA**

Para el proyecto técnico mencionado se usarán varias metodologías con las cuales se pretende llegar a los objetivos planteados de una mejor manera y de forma clara.

- Uno de los métodos a usar es el Deductivo ya que se basará en el estudio de real de la migración a una radio digital con la ayuda de artículos, libros, folletos, etc.
- El método analítico permitirá recopilar toda la información acerca de la radio y todo lo que conlleva a la migración digital y así tomar la información más adecuada para el estándar.
- Con la ayuda del método Experimental y con toda la información ya obtenida con anticipación procedemos a usar un software que nos facilite llegar a los propósitos de este estudio.





## 2.2 FUNCIONAMIENTO DEL ESTÁNDAR DAB

El estándar tiene una transmisión más eficiente y por ende llega con mayor cobertura hacia los radio-oyentes, dando un resultado de aceptación por las empresas que optan un cambio de una frecuencia analógica a una digital.

### 2.2.1 Transmisión de la señal DAB

Para comprender el funcionamiento del estándar DAB, se puede observar en la figura 2.2 donde existe dos servicios, el primero de audio y el segundo de datos, ambos servicios pasan por sus respectivos canales codificadores, una vez que ambos servicios se codifican se multiplexan en un canal de servicio principal (MSC), el servicio que ahora ya se encuentra multiplexado por el MSC pasa por el canal de información rápida (FIC), el último paso es la multiplexación por división de frecuencia ortogonal que este ya lleva la señal DAB, esta señal se acopla a la banda de la radio que será posteriormente amplificada y transmitida hacia sus radio-oyentes. (Wolfgang Hoeg, 2003).

Figura 2.2. Transmisión señal DAB

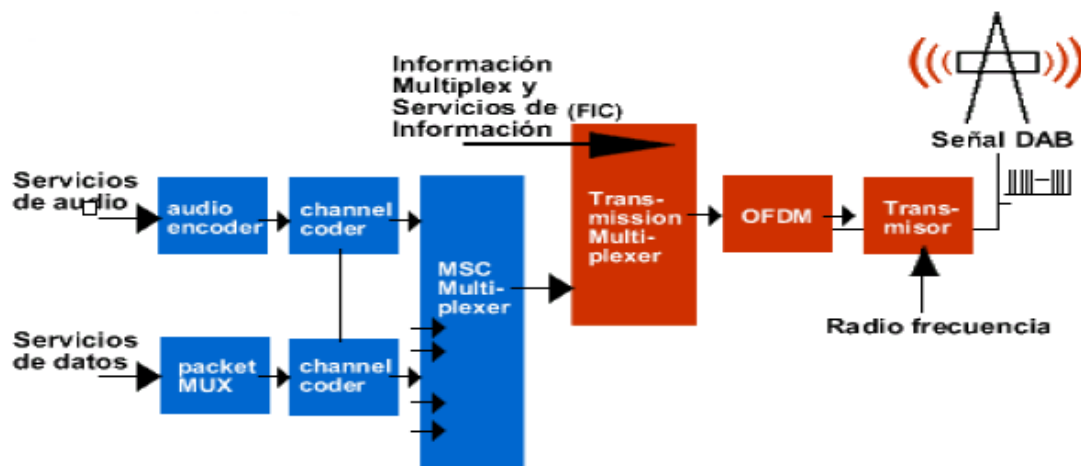


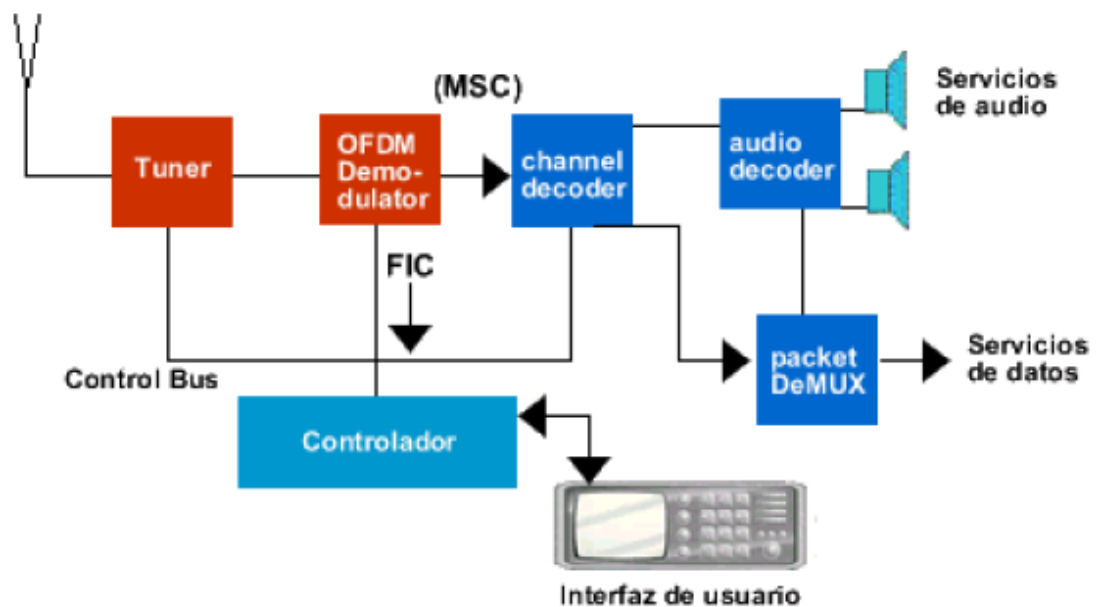
Diagrama de bloques de la transmisión DAB. (Wolfgang Hoeg, 2003)

### 2.2.2 Recepción de la señal DAB

Una vez que la señal este en emisión comienza el proceso de recepción hacia los radio-oyentes, en la figura 2.3 mediante un diagrama de bloques se observa como la señal

llega hacia un receptor DAB conceptual, primero llega a un tuner o sintonizador analógico, esta señal ya está digitalizada y llega al demodulador OFDM y el decodificador de canales los cuales por el proceso eliminan los errores, este proceso tiene un bus de control para su funcionamiento adecuado, la interfaz con el usuario está contenida en el FIC donde se selecciona el servicio y el receptor. Los datos en el canal de servicio principal (MSC), son procesados por el decodificador de audio que contiene las señales audibles y por el decodificador de datos es el Demux. (Wolfgang Hoeg, 2003).

Figura 2. 3. Recepción de la señal DAB



Esquema de bloques de la transmisión DAB. (Wolfgang Hoeg, 2003)

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR DAB

Entre las principales características con las que cuenta el estándar DAB esta su sistema de alerta rápida, como se muestra en la figura 2.3 dentro de su infraestructura cuenta con el FIC que es el canal de información rápida.

Al contar con un servicio de datos hace al sistema más robusto dando mayor cobertura, de esta manera al momento de enviar un mensaje a los radio-oyentes este llega con efectividad en el caso que ocurra algún desastre natural o por el hombre.

Los equipos que tienen la adecuada infraestructura para el estándar DAB, han permanecido en el aire sin fallas como es muy común en las radios analógicas.

Los radiodifusores cuentan con la elección de las portadoras, y tienen en cuenta la codificación y decodificación de los sistemas para el radio-oyente.

La característica más aplicada del estándar DAB es la ayuda en tiempo real siempre y cuando se esté usando el equipo de recepción adecuado es la información que será transmitida y actualizada de forma automática, a esta característica se pueden dar los siguientes ejemplos:

- Peligro en las vías
- Flujo de tránsito
- Clima
- Noticias., etc.

Se debe tener en cuenta que el estándar DAB ya es bidireccional, tanto el radiodifusor como el radio-oyente se pueden comunicar en tiempo real, haciendo así un sistema más eficiente. (WORLD DAB, 2019)

## 2.4 COMPARATIVA ENTRE EL ESTÁNDAR DAB Y FM

En la tabla 2.1 encontramos sistemas de radiofrecuencia que usan diversas bandas de funcionamiento y sus diferentes modulaciones para que no tengan interferencia con las demás bandas que existe en el medio de comunicación, para esto existe un rango ya establecido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Tabla 2. 1. Diferencias comparativas

	<b>DAB</b>	<b>FM</b>
Frecuencias	30 MHz – 300 MHz	87 MHz – 110 MHz
Bandas	BII, BIII y BIV	BII o VHF
Emisión	Bidireccional	Unidireccional
Nivel de señal	30 dB $\mu$ V – 70 dB $\mu$ V	40 dB $\mu$ V – 70 dB $\mu$ V
C/N: Señal vs Ruido	$\geq 18$ dB	$\geq 38$ dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO Y PROCEDIMIENTO

En el presente capítulo se entiende cual es el funcionamiento de radiodifusión actual de la Radio Municipal Pacha y se analizará el diseño del estándar DAB para la cobertura del Distrito Metropolitano de Quito.

#### 3.1 DATOS DE LA RADIO MUNICIPAL PACHA

La Radio Municipal Pacha cuenta con equipos que se encargan de llevar la producción final hacia los radio-oyentes del Distrito Metropolitano de Quito, posee transmisión y recepción. Para la etapa de transmisión o estudio es donde se encuentra el radiodifusor y el personal encargado de manipular los equipos para su posterior envío de señal hacia la recepción, la ubicación del Estudio está en la figura 3.1.

Figura 3. 1. Radio Municipal Pacha



Ubicación Radio Municipal Pacha. Fuente: Google Maps

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

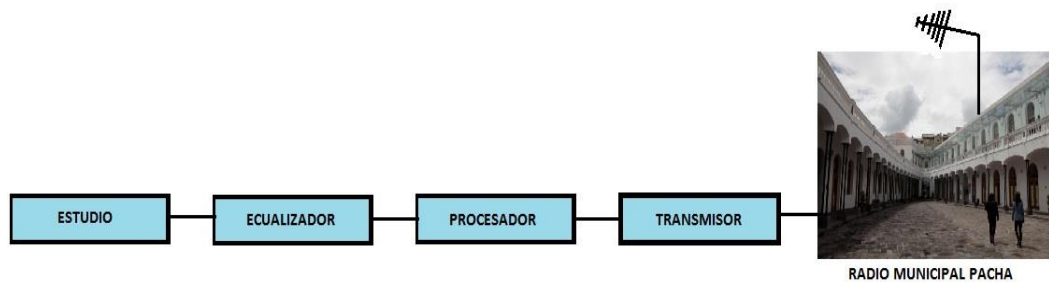
##### 3.1.1 Estudio radio municipal pacha

En el estudio se encuentran los equipos encargados de la modulación, programación de las distintas emisiones en el transcurso del día, también se encuentra los equipos

que se encargan de llevar la transmisión hacia el cerro pichincha donde se encuentran las antenas que transmiten hacia los radio-oyentes.

En la figura 3.2 se observa el rack de equipos con los que cuenta la radio para su posterior transmisión en la frecuencia 102.9 FM

Figura 3. 2. Rack de equipos



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

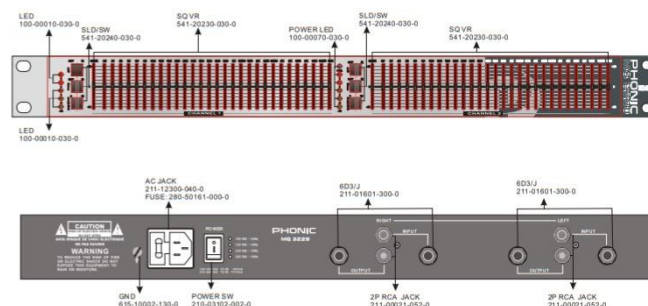
Fuente: Estudio Radio Municipal Pacha

### 3.1.2 Ecualizador

#### 3.1.2.1 Phonic mq 3229 (ecualizador)

Un ecualizador figura 3.3 es importante durante el transcurso como la digitalización de la señal, ya que permite la manipulación de la amplitud dentro de la frecuencia que se esté usando para su respectiva transmisión. (Ramírez, 2017)

Figura 3. 3. Ecualizador Phonic



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

#### 3.1.2.2 Deva (model smartgen 5.0)

La figura 3.4 muestra el modelo admite la compatibilidad con el sistema de radio difusión de datos y se aplica a los estándares europeos y de USA vigentes, de esta manera se puede decir que es compatible con el estudio del estándar DAB, debido a

que entre sus funciones tiene la interactividad con texto que es desplazado por su panel donde se visualizan los textos, como los datos que han sido transmitidos, canciones, advertencias entre otras funciones. (DEVA, 2019)

Figura 3. 4. Radio Data Subcarrier Encoder



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### 3.1.2.3 Td/16 rd/16 digital encoder / decoder for fm broadcast

Finalmente, en el rack de equipos para la radiodifusión sonora se tiene a dos equipos que funcionan conjuntamente mientras el uno es un codificador digital figura 3.5, el otro sería su complemento, es decir, el decodificador digital, de esta manera permite que la transmisión tenga más canales auxiliares y su audio sea de mejor calidad. (BHPHOTOVIDEO, 2019)

Figura 3. 5. TD 16 / RD 16



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### 3.1.3 Procesador

#### 3.1.3.1 *Orban-optimod 8500 fm digital audio processor*

Este procesador digital de audio es compatible con el estándar DAB o Eureka 147 ya que su procesamiento digital de señales tiene compresión multibanda, una protección en el grupo de las subportadoras, en el caso de la radio analógica tiene el mejor sonido frente a otros, como se puede observar en la figura 3.6. (ORBAN, 2019)

Figura 3. 6. Procesador Digital de Audio

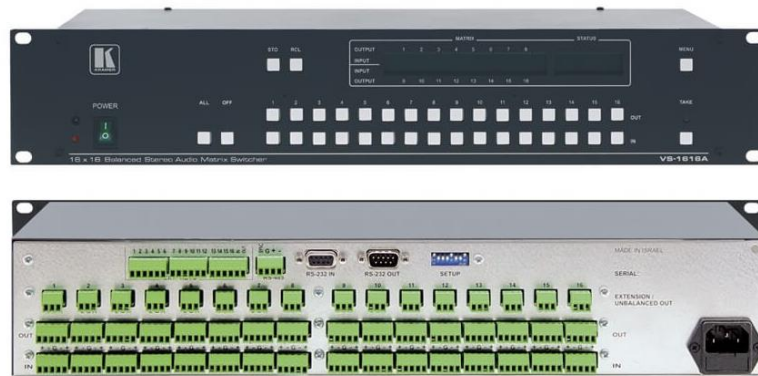


Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

#### 3.1.3.2 *Kramer vs 16 x 16*

Al tener 16 x 16 entradas/salidas permite la conmutación de las señales estéreo en el mismo tiempo, siendo así útil al momento de tener muchas bandas de trabajo, como se puede observar en la figura 3.7. (KRAMER, 2019)

Figura 3. 7. Selector de audio estéreo



Procesador Digital de Audio Optimod.

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### 3.1.4 Transmisor

#### 3.1.4.1 Marti stl-20c (composite transmitter)

Este transmisor tiene un enlace de alta calidad al ser modular con el ancho de banda que necesita transmitir este tiene dos subportadoras y la capacidad de transmitir en audio digital al requerirlo, tiene un alto rechazo de las interferencias entre otras opciones, como se puede observar en la figura 3.8. (7BD, 2019)

Figura 3. 8. Transmisor STL-20C



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Una vez que la señal ha sido generada al pasar por los equipos anteriormente ilustrados, mediante un arreglo de antena tipo Yagi de seis elementos, polarización vertical, la transmisión es enviada hacia el receptor ubicado en el cerro Pichincha, como se puede observar en la figura 3.9, en donde se encuentra la antena receptora con las mismas características que la antena de transmisión.



Figura 3. 9. Antena Cerro Pichincha



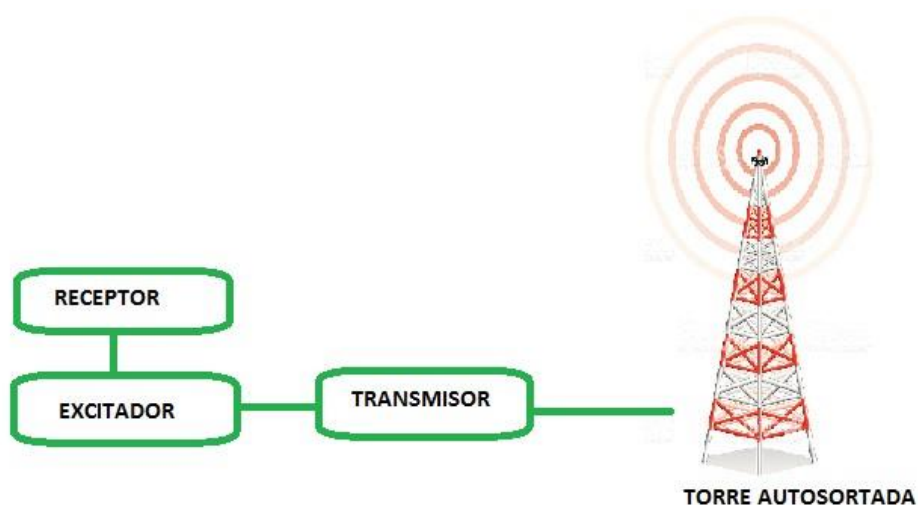
Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Google Maps

### **3.2 EQUIPOS DE TRANSMISION DE LA RADIO MUNICIPAL PACHA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EN EL CERRO PICHINCHA**

La figura 3.10 muestra el diagrama de bloques de los equipos para la transmisión tanto de radio como televisión están ubicados en el cerro Pichincha, es un sitio estratégico ya que se obtiene una vista muy amplia sobre la ciudad y de esta forma llegar a la mayor parte de radio – escuchas. La caseta donde se encuentran los equipos de transmisión pertenece a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS – AGUA DE QUITO) la cual no ocupa en su totalidad el espacio disponible.

Figura 3.10. Equipo ubicado en el cerro Pichincha



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### 3.2.1 Equipos de transmisión ubicados en el cerro Pichincha receptor

#### 3.2.1.1 Torre autosoportada, antena de recepción y transmisión

La torre auto soportada está compuesta por 7 secciones cada sección mide 6 metros, en la sección 5 comenzando desde la parte inferior se encuentra ubicado la antena yagi de 6 elementos que sirve para recibir la señal que se envía desde la estación de radio ubicado en el centro de Arte Contemporáneo.

En la sección 7 se localiza un arreglo de antenas el cual servirá para la transmisión en la frecuencia de 102.9 FM y de esta manera dar la cobertura al Distrito Metropolitano de Quito, este tipo de antena es de fabricación nacional trabaja en la frecuencia de FM de 88MHz a 108MHz, se caracteriza por tener un diseño de anillo doble con un arreglo de 4 antenas las cuales están separadas por  $0.75\lambda$ , tanto su tamaño como su peso hacen que este tipo de antena sea muy fácil al momento de transportar como la instalar, como se puede observar en la figura 3.11.

Figura 3.11. Torre triangular



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Estudio Radio Municipal Pacha

### 3.2.2 Excitador

#### 3.2.2.1 Excitador FM de banda ancha de 50w

Este equipo viene junto al transmisor FM 10S, consta de un sintetizador de frecuencia programable digital el cual mantiene y genera la fase y la frecuencia de la portadora. Posee un amplificador de RF con un ancho de banda de 3 a 50 vatios lo que provee una mejor amplificación con la señal de FM.

Para visualizar todas medidas este equipo viene incorporado un panel frontal, una pantalla LED y una LCD con multímetro digital de esta forma evitar monitorear todo lo que sucede en la estación ubicada en el cerro Pichincha, como se puede observar en la figura 3.12. (BDCAST, 2004)

La función principal del excitador que se observa en la figura 3.12 es generar la frecuencia con la cual trabaja la emisora que es 102.9 FM y al momento de realizar el radio enlace entre el estudio y el cerro Pichincha con la ayuda de las antenas Yagi este tiene 223.9 MHz.

Figura 3.12. Excitador FX 50



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### 3.2.3 Transmisor

#### 3.2.3.1 Transmisor FM 10 sde estado sólido de 10 kw

El equipo usado para la transmisión figura 3.13 es de la marca Broadcast Electronics modelo FM 10S, tiene la capacidad de mantener al aire su señal en condiciones muy extremas gracias a que también posee bancos de alimentación, el sistema tiene de

redundancia, está dotado de un excitador FX 50. FM 10S trabaja en una banda de transmisión desde 87.5 MHz a 108 MHz. (BDCAST, 2004)

Figura 3. 13. FM 10S



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Tabla 3. 1. Características FM 10S

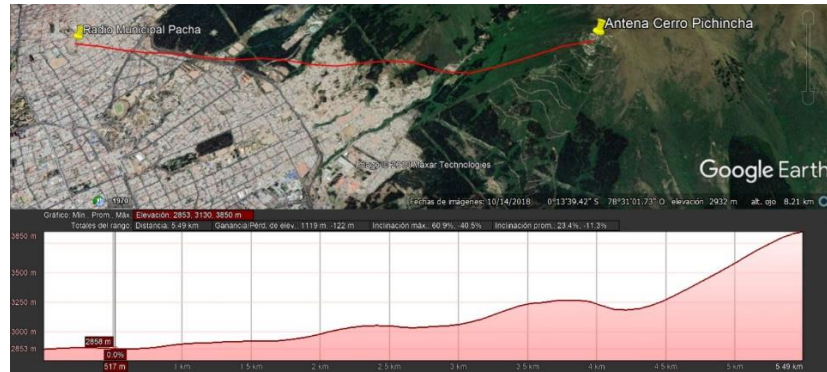
CARACTERISTICAS	
Salida de potencia RF	5Kw a 11kW
Rango de frecuencia	87.5 a 108 MHz
Impedancia de salida de RF	50 ohmios

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### **3.3 SIMULACIÓN DE LA COBERTURA DE LA RADIO MUNICIPAL PACHA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

En la figura 3.14 se puede observar que entre los puntos donde se ubicaran los equipos se tendrá una vista directa sin obstáculo alguno, con una distancia de 11.29 Km, así se logra obtener un enlace sin problemas e interrupciones. A continuación, para visualizar la cobertura que tiene la radio en FM se dispone del software ICS TELECOM.

Figura 3. 14. Línea de vista Tx/Rx



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Google Earth

COBERTURA GEOGRAFICA: Distrito Metropolitano de Quito

OYENTES APROXIMADOS: 23.000 personas (Naranjo, 2014)

### 3.3.1 Simulación con ICS Telecom radio FM

El análisis de la cobertura de la Radio Municipal Pacha, en la frecuencia 102.9 FM se muestra en las siguientes tablas.

### 3.3.2 Ubicación geográfica del estudio y transmisor

La tabla 3.2 muestra el punto exacto del Estudio y del Cerro Pichincha con sus ubicaciones geográficas.

Tabla 3. 2. Ficha Técnica ESTUDIO – TRANSMISOR

Nº	UBICACIÓN	PROVINCIA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA <u>s.n.m.</u> (mts)
1	Estudio: Ciudad de Quito Luis Dávila, S/N y Montevideo, Edificio de Arte Contemporáneo	Pichincha	0°12'40.9''S	78°30'26.0''W	2850
2	Transmisor: Cerro Pichincha	Pichincha	0°10'3.0''S	78°31'22.0'' W	3800

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Radio Municipal Pacha

### 3.3.3 Características técnicas de operación del sistema de transmisión

En la tabla 3.3 se observan los datos técnicos que tiene la radio para su respectiva simulación con el uso del software ICS Telecom pero antes de la simulación se deben especificar los modelos de propagación los cuales se especifican en el Anexo 1.

Tabla 3. 3. Ficha técnica sistema de transmisión FM

FRECUENCIA DE OPERACIÓN	102.9 MHz
ANCHO DE BANDA AUTORIZADO	220 KHz
TIPO Y FORMA DE ANTENA	TIPO CIRCULAR
POLARIZACIÓN	CIRCULAR
POTENCIA EFECTIVA RADIADA	19278.07 W
POTENCIA DEL TRANSMISOR	5889.3 W
Nº ANTENAS	4
AZIMUT / TILT	120° / -2°
GANANCIA	4.76 dBd (6.91 dBi)
PERDIDAS TX	1.5
PIRE	204667.45

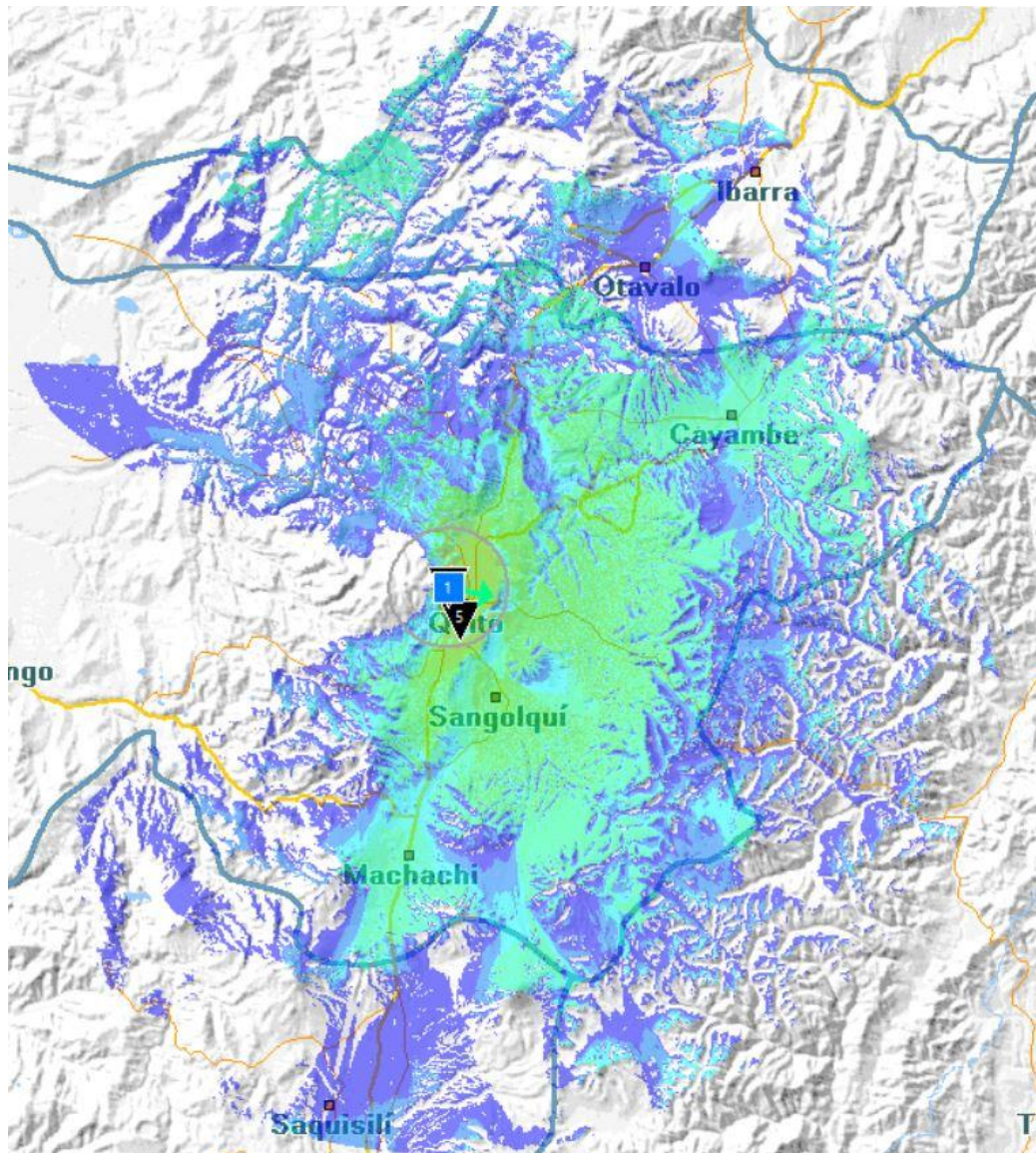
Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Radio Municipal Pacha

La figura 18 indica la cobertura de la Radio Municipal Pacha donde se observa que cubre el Distrito Metropolitano de Quito, Cayambe, Tabacundo, Machachi y Sangolquí como lo especifica ARCOTEL. (SIRATV, 2015)



Figura 3. 15. Cobertura Radio Municipal Pacha



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

En el Anexo 2 se especifican todos los datos técnicos de la radio que se simuló como se observa en la figura 3.18. Donde se realizó un análisis de cobertura se utiliza 4 antenas tipo doble anillo circulares, polarización circular, azimuth de  $120^\circ$  y tilt de  $-2^\circ$ .

En la tabla 3.4 se puede apreciar una paleta de colores y valores donde el valor de 54 dBuV/m es el nivel de umbral con el que un receptor tiene el margen básico de escucha y su nivel máximo es de 144 dBuV/m el cual significa que su nivel de recepción es excelente.

Tabla 3. 4. Paleta de colores

54/-57	63/-48	72/-39	81/-30	91/-21	99/-12	108/-3	117/+5	126/+14	135/+23	144/+32	DBuV/m/dBm
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	------------

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

En la tabla 3.5 se puede observar el diferente análisis en los sitios antes mencionados los cuales indican datos como FSR (nivel de intensidad de campo eléctrico recibido), PR( Potencia de Recepción ), distancia y ToA(Tiempo de arribo), estos datos sirven para ver con que intensidad llega la señal.

Tabla 3. 5. Datos radio enlace en FM Estudio - Cerro Pichincha

	FSR dBuV/m	PR dBm	FREC(MHz)	DIST(km)	ToA(usec)
QUITO	105	-6.46	102.9	3.48	11.60
MACHACHI	85	-26.46	102.9	38.23	127.45
CAYAMBE	83	-28.46	102.9	46.98	156.61
SANGOLQUI	92	-19.46	102.9	17.17	57.23
TABACUNDO	86	-25.46	102.9	40.35	134.50

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

Para la cobertura FM los parámetros como el FSR o nivel de campo eléctrico recibido entre las ciudades analizadas, la de mayor intensidad es Quito con 105 dBuV/m por su cercanía en comparación a Cayambe con 83 dBuV/m, en el PR o potencia recibida con la paleta de colores, Quito con el valor de -6.46 dBm tiene una mejor recepción comparado con Cayambe y ToA o Tiempo de Arribo mientras mayor es la distancia del receptor mayor es su tiempo.

### 3.3.4 Características técnicas de operación del radio enlace estudio – transmisor

En la tabla 3.6 se muestran los datos como la frecuencia, polarización, número de antenas etc., valores que representan la simulación del radio enlace entre el Estudio y el Cerro Pichincha.



Tabla 3. 6. Ficha técnica enlace ESTUDIO – TRANSMISOR

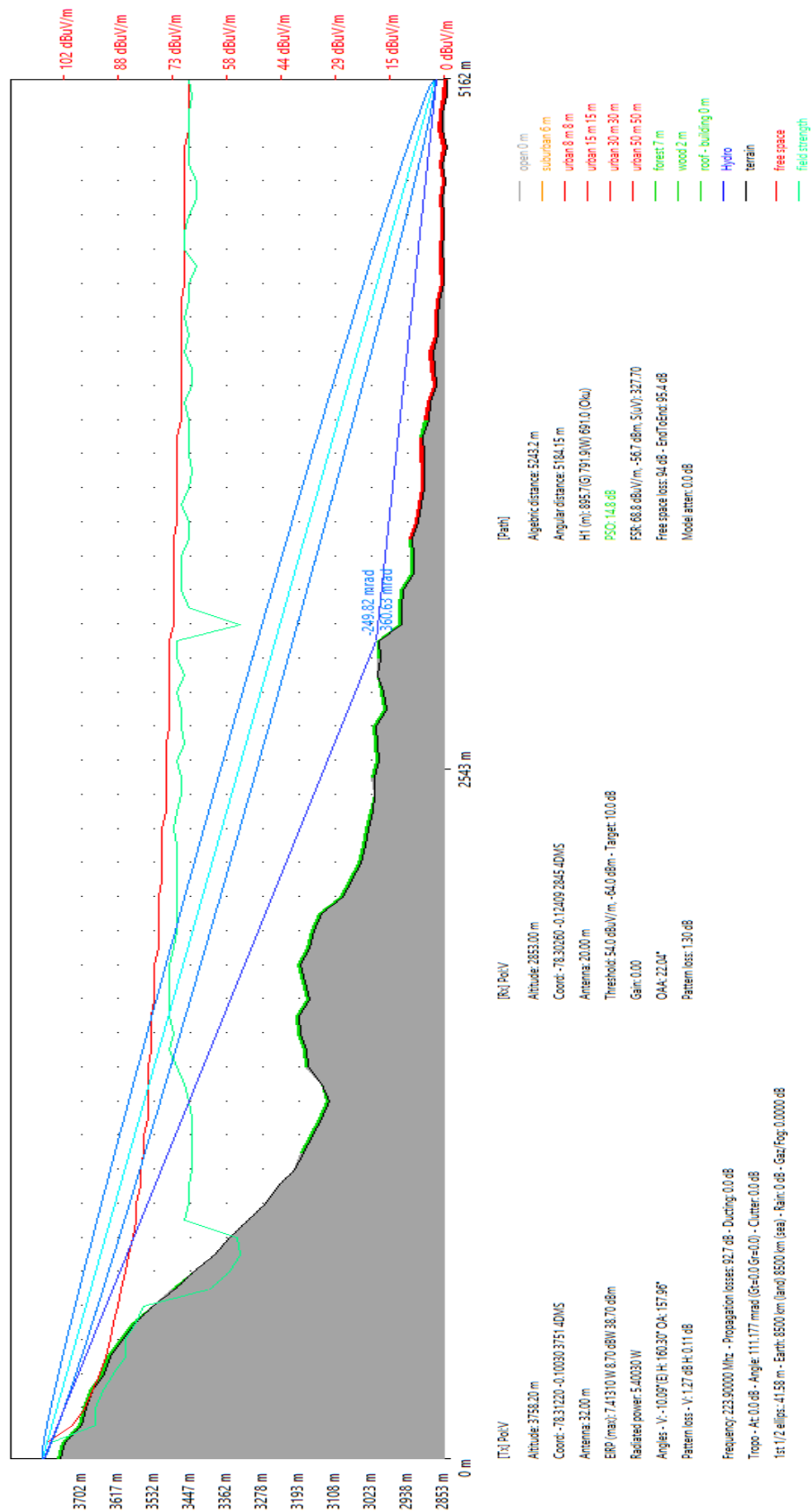
TRAYECTO	ESTUDIO QUITO – CERRO PICHINCHA
FRECUENCIA	223.9 MHz
ANCHO DE BANDA AUTORIZADO	220 KHz
TIPO Y FORMA DE ANTENA	TIPO YAGUI / 6 ELEMENTOS
POLARIZACIÓN	VERTICAL
POTENCIA EFECTIVA RADIADA	173.3804 W
POTENCIA DEL TRANSMISOR	10 W
Nº ANTENAS	1
AZIMUT / TILT	338.44° - 155.05° / 2° - 2°
GANANCIA	12 dBd (14.15 dBi)
PERDIDAS TX	1.5
PIRE	7.079458 Watts

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Radio Municipal Pacha

Como se muestra en la figura 3.16 se puede apreciar que su línea de vista no posee ningún obstáculo, esta simulación muestra varios parámetros que ayudan para poder interpretar de mejor forma el radio enlace.

Figura 3. 16. Radio enlace ESTUDIO - CERRO PICHINCHA



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: ICS TELECOM

En la tabla 3.7 se observa los parámetros del transmisor (altitud, coordenadas, altura de la antena).

Tabla 3. 7. Parámetros del transmisor

Tx (Pol)	Vertical
Altitud	3758.20m
Coordenadas	-78.31220 -0.100303751 4DMS
Antena	32m
EIRP(max)	7.41310 W 8.70 dBw 38.70 dBm
Potencia Radiada	5.40030 W
Ángulos	V:-10.09(E) H:160.30 OA :157.96
Perdidas de patrón	V:1.27Db H:0.11dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En tabla 3.8 se observa los parámetros del receptor (altitud, coordenadas, altura de la antena).

Tabla 3. 8. Parámetros del Receptor

Rx(Pol)	Vertical
Altitud	2853m
Coordenadas	-78.30260 – 0.12409 2845 4DMS
Antena	20m
Threshold	54.0 dBuV/m -64.0 dBm Target: 10.0 dB
Ganancia	0
OAA	22.04 grados
Perdidas de patrón	1.30 dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En la tabla 3.9 se observa información con respecto al trayecto que tendrá como el nivel de intensidad de campo eléctrico recibido (FSR) es de 68.8 dBuV/m y el PSO (Probabilidad de operación exitosa) es de 14.8 dB.

Tabla 3. 9. Parámetros de trayecto

Distancia algebraica	5243.2m
Distancia angular	5184.15m
PSO	14.8 dB
FSR	68.8dBuV/m -56.7 dBm
Perdida por espacio libre	94 dB EndToEnd 94.4 dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

### 3.3.5 Análisis espectral del sistema de radiodifusión FM

Para comparar los sistemas de radiodifusión analógica y digital se procede a un análisis técnico con diferentes fórmulas para tener datos más específicos.

Para el análisis del espectro radial se debe conocer que el Distrito Metropolitano de Quito se localiza en el sector FP001 lo que asigna a los grupos 1, 3 y 5 dando un total de 50 radios, con este dato se procede a generar la ecuación 3.2:

$$Uso\ del\ espectro = \frac{(cantidad\ del\ espectro\ utilizado)}{(banda\ de\ frecuencia\ asignada\ al\ servicio)} \times 100\% \quad Ec.\ (3.1)$$

$$Uso\ del\ espectro = \frac{(50 \times 0.2 [MHz])}{(108 - 88 [MHz])} \times 100\% = 55\%$$

Este resultado indica que la eficiencia del uso del espectro radial en FM tiene una eficiencia del 55%.

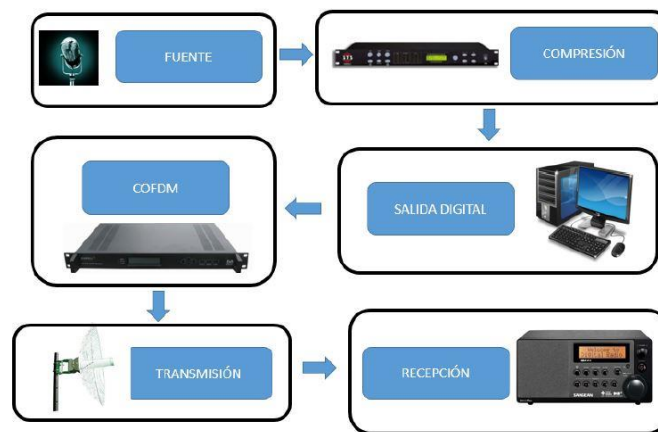
El Distrito Metropolitano de Quito tiene una saturación de espectro de 50 emisoras dentro del sector FP001 todas se encuentran en funcionamiento, por lo cual se usará la ecuación 3.3:

$$\text{Saturación del espectro} = \frac{(\text{Estaciones en funcionamiento})}{(\text{Estaciones disponibles})} \times 100\% = 100\% \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$\text{Saturación del espectro} = \frac{(50)}{(50)} \times 100\% = 100\%$$

### 3.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ESTÁNDAR DAB

Figura 3. 17. Estructura de audio digital



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Diagrama de bloques estándar DAB. (SUPERTEL, 2013)

El estándar DAB se divide en distintos procesos hasta llegar al usuario, como se puede observar en la figura 3.17, los cuales son:

**Origen:** Es aquel donde se genera la producción del audio de la radio.

**Compresión de audio:** En este punto se realiza una disminución a la capacidad de procesamiento ya que la radio analógica necesita un almacenamiento de 1.4 Mbps y con la técnica de MPEG Audio Capa 2 que también es llamada como MUSICAM (Masking Pattern Universal Sub-band Integrated Coding and Multiplexing) lo que efectúa la eliminación de aquellas frecuencias de interferencia solo requiriendo de 192 kbps.

**Salida Digital:** En la figura 3.18 se observa el proceso la señal de origen análogo sufre un cambio de diferentes procesos con una salida digital:

Figura 3. 18. Proceso Digital

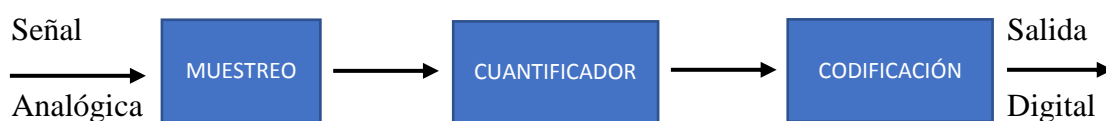


Diagrama de bloques del muestreo, cuantificador y codificación.

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

**Muestreo:** Una vez enviada la señal analógica por medio de la amplitud de onda se pueden tomar muestras que van en intervalos de un segundo.

**Cuantificador:** La cuantificación da los resultados de un proceso de selección con valores tomados del muestreo, estos nuevos valores son como un promedio para que existan menos valores.

**Codificación:** Es la señal resultante después de alterar la cuantificación y de esta forma tener un código binario dependiendo la salida a ser analizada.

**Transmisión:** En esta etapa ya se tiene un audio digital libre de interferencias debido a los grupos ortogonales, esto ayuda a que su cobertura sea mayor y eviten la saturación de la frecuencia que sea la usada.

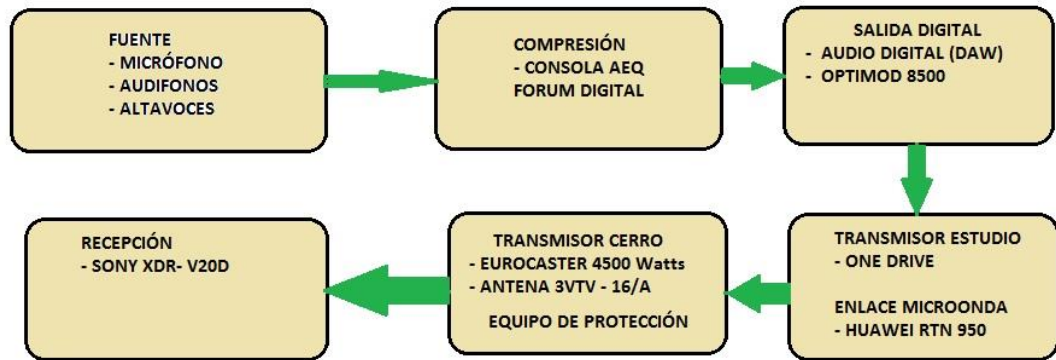
**Recepción:** Una vez ya modificada la señal análoga a digital existen varios beneficios que llegan al usuario tal y como son las imágenes en sus diferentes formatos (GIF, JFIF, JPG, BMP), multimedia (MPEG O Java), emisión de datos generales (MIME/Http), texto (txt, html), esto es parte del protocolo MOT (Multimedia Object Transfer Protocol), entre otros servicios. (Félix Molero, 2006)

**OFDM:** Este tipo de modulación se la emplea para la distribución de audio digital como video, es usada en aplicaciones de banda ancha por su eficiencia al no perder información por multitrayecto. (Behaine, 2020)

### **3.4.1 Equipos para usar en una configuración con el estándar DAB.**

En el Anexo 3 se observa una tabla comparativa de otros productos y el porqué de la elección de los equipos actuales. En la figura 3.19 se observa el diagrama de bloques de los componentes seleccionados para el estándar DAB.

Figura 3. 19. Esquema de componentes DAB



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Autores

### 3.4.2 Equipos de baja potencia en el estudio

#### 3.4.2.1 *Micrófono at-bp40*

Es el equipo ideal que se puede encontrar en un estudio de radio referido al diagrama de bloques del estándar DAB conocido como Fuente, con el cual se puede transmitir profesionalmente el contenido radial, como se puede observar en la figura 3.20.

Figura 3. 20. Micrófono AT-BP40



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: broadcaststoreurope

#### 3.4.2.2 *Audífonos AKG HSC171*

Es un auricular referido al diagrama de bloques del estándar DAB conocido como Fuente, que no permite el ruido externo se acomoda dependiendo de su entorno o su manipulación, como se ve en la figura 3.21.

Figura 3. 21. Audífono de Estudio



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: broadcaststoreurope

### **3.4.2.3 Altavoces *KRK ROKIT RP8G4***

Este tipo de altavoces sirve para la ecualización del sonido referido al diagrama de bloques del estándar DAB conocido como Fuente y de esta forma ajustar los errores acústicos, como se puede observar en la figura 3.22.

Figura 3. 22. Altavoces KRK ROKIT RP8G4



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: broadcaststoreurope

### **3.4.3 Consola o mezclador AEQ Forum Digital on air mixing console**

La consola sirve como filtro de ruidos de esta manera se controla las diferentes frecuencias existentes, como se puede observar en la figura 3.23.



Figura 3. 23. Consola AEQ FORUM DIGITAL ON AIR



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: broadcaststoreurope

### **3.4.4 Salida digital**

#### ***3.4.4.1 Estación de trabajo de audio digital (daw) – aeq audioplus playout radio automation***

Este es un software que sirve para la reproducción tanto de audio entre las cuales se obtiene la publicidad, música, contenido informativo y programas en general, como se puede observar en la figura 3.24.

Figura 3. 24. Estación de trabajo de audio digital



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: broadcaststoreurope

#### ***3.4.4.2 Orban-optimod 8500 FM digital audio processor***

Antes de ser enviada la señal hacia el transmisor debe pasar por un procesador de audio, Orban - Optimod 8500FM Digital Audio Procesador.

### **3.4.5 Equipos de alta potencia en el estudio**

#### ***3.4.5.1 Transmisor estudio - Onedrive multid transmisor multicanal DAB/DAB+ supercompacto (3 canales en 1 RU)***

El transmisor OneDrive MultiD en su interior aloja tres transmisores para el estándar DAB/DAB+ y cada uno posee una entrada independiente, es compatible con diferentes modulaciones DAB+/DAB/T – DMB para poder operar con canales adyacentes no es necesario tener un combinador de RF externo, como se puede observar en la figura 3.25 (ONETASTIC, 2018).

Figura 3. 25. TRANSMISOR ONEDRIVE



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: onetastic

#### ***3.4.5.2 Enlace de microonda***

Para ser enviada la señal que se encuentra modulada, se usara el enlace de microonda RTN 950 de Huawei, como se puede observar en la figura 3.26.

Figura 3. 26. Enlace microondas RTN 950



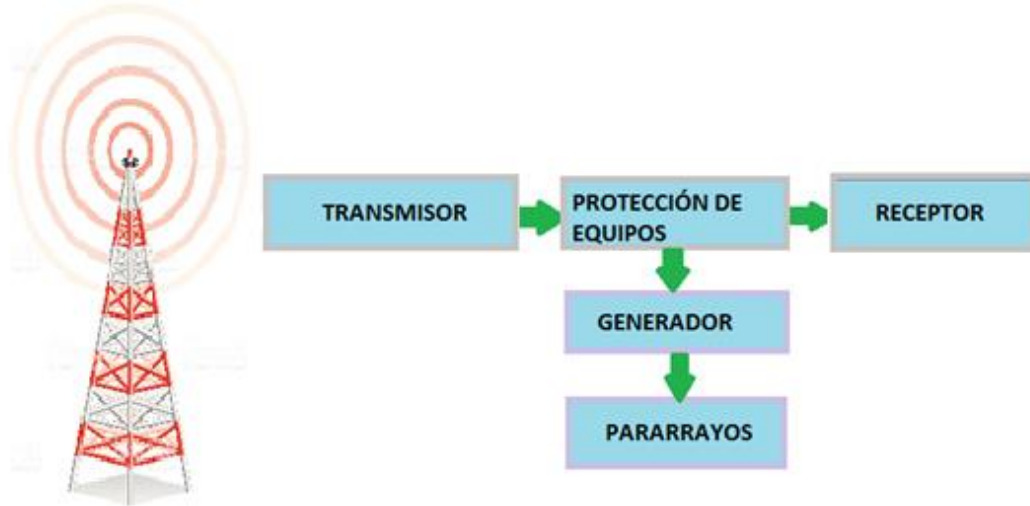
Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Huawei

#### **3.4.6 Equipos a usar en el cerro Pichincha para la cobertura**

En la figura 3.27 se observa el diagrama de bloques de cómo está estructurado en el cerro Pichincha para el estándar DAB.

Figura 3. 27. Diagrama de Bloques cerro Pichincha



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

### 3.4.7 Transmisor

#### 3.4.7.1 Filtro pasa-banda band 3 DAB 1.6 KW 7-16

El filtro pasa-banda tiene la capacidad de bloquear las diferentes frecuencias que interfieran con la frecuencia que ocupa el radio enlace, como se puede observar en la figura 3.28.

Figura 3. 28. Filtro pasa - banda



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: products.spinner-group

#### 3.4.7.2 Transmisor Eurocaster SFT-DAB 4500 radio DAB/DAB+

Este transmisor cuenta con la cobertura de la banda III y si fuera necesario bajo pedido cubre la banda L tiene el servicio de redundancia, como se puede observar en la figura 3.29.

Figura 3. 29. Transmisor 4500 Watts

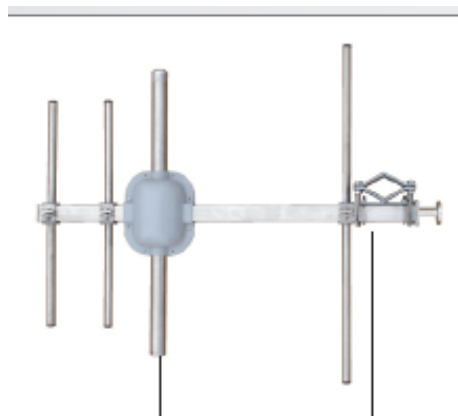


Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: broadcaststoreurope

### ***3.4.7.3 Antena para la cobertura 3vtv-16/a***

La antena 3VTV-16/A trabaja en la frecuencia de banda III el tipo de polarización depende de lo que se desee cubrir y puedes ser de forma vertical u horizontal, son idóneas para los torres auto portables su arreglo puede ser omnidireccional o direccional, cómo se puede observar en la figura 3.30. (KATHREINUSA, 2018).

Figura 3. 30. Transmisor 4500 Watts



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: kathreinusa

### **3.4.8 Equipo de protección**

#### **3.4.8.1 Pararrayos serie T**

Es importante optar por una protección para los rayos, como se puede observar en la figura 3.31, debido que el cerro pichincha por su altura siempre existen este tipo de fenómeno natural para lo cual se usa pararrayos serie T condensador atmosférico.

Figura 3. 31. Pararrayos serie T



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: PSR

#### **3.4.8.2 Generador eléctrico Gesan DSP 20**

Finalmente se debe tener un generador eléctrico, como se puede observar en la figura 3.32 si se llega a dar un corte del suministro de energía este supla instantáneamente la alimentación a todos los aparatos que se encuentren operando en el cerro pichincha, la marca es la GESAN DSP 20.

Figura 3. 32. Generador GESAN DSP 20



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: mascus

Se debe comprender que el equipo transmisor y el generador que se ocuparan en el cerro pichincha para sus respectivos usos están diseñados originalmente para funcionar en su potencia nominal a no más de 2500 m.s.n.m. esto afecta en la capacidad de enfriamiento a sus respectivos elementos debido a la presión atmosférica, para lograr la compensación del aire requerido para el apropiado enfriamiento se necesita la instalación de una ventilación que corra dentro del cuarto de máquinas y así se logre compensar la falta del aire. (Vicuña, 2009)

### **3.4.9 Recepción**

#### ***3.4.9.1 Sony xdr-v20d negro, radio portátil DAB+ y FM***

En la figura 3.33, Sony XDR-P1DBP es una Radio portátil digital ultra compacta con calidad de sonido nítida y más potencia en tu bolsillo.

Figura 3. 33. Radio Sony XDR P1DBP

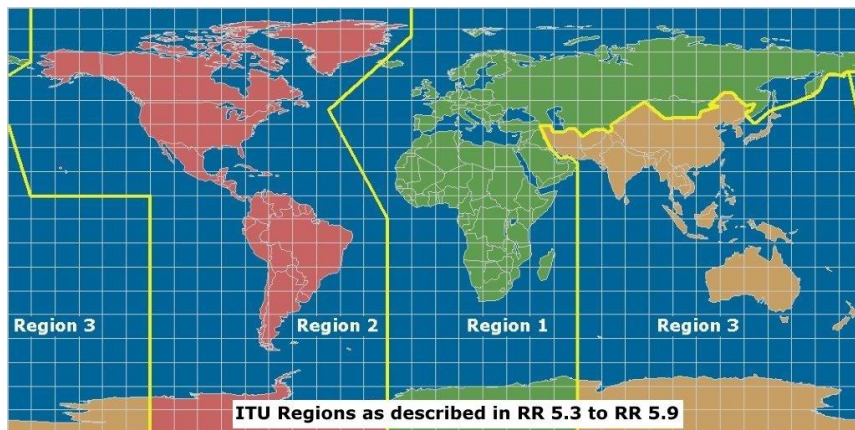


Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: blauden

### 3.4.10 Simulación radio enlace estudio – cerro pichincha con estándar DAB

Para comprender un poco sobre porque se escogió la frecuencia en la que se va a simular y la banda de funcionamiento de la región en la que está Ecuador, se puede observar en la figura 3.34.

Figura 3. 34. Región del Ecuador



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: ITU

En la tabla 3.10 la frecuencia de trabajo está en el bloque 22 y su frecuencia central es la 190.64 MHz con sus límites de frecuencias que da el ancho de banda de 1536 KHz.

Tabla 3. 10. Banda III: 174,0 a 240,0 [MHz]

NÚMERO DE BLOQUE T – DAB/DAB+	Número del bloque DAB	Frecuencia central (MHz)	Rango de frecuencias (MHz)
13	5A	174,28	174,160 - 175,696
14	5B	176,640	175,872 - 177,408
15	5C	178,352	177,584 - 179,120
16	5D	180,064	179,296 - 180,832
17	6A	181,936	181,168 - 182,704
18	6B	183,648	182,880 - 184,416
19	6C	185,360	184,592 - 186,128
20	6D	187,072	186,304 - 187,840
21	7A	188,928	188,160 - 189,696
22	7B	190,640	189,872 - 191,408
23	7C	192,352	191,584 - 193,120
24	7D	194,064	193,296 - 194,832
25	8A	195,936	195,168 - 196,704
26	8B	197,648	196,880 - 198,416
27	8C	199,360	198,592 - 200,128
28	8D	201,072	200,304 - 201,840
29	9A	202,928	202,160 - 203,696
30	9B	204,640	203,872 - 205,408
31	9C	206,352	205,584 - 207,120
32	9D	208,064	207,296 - 208,832
33	10A	209,936	209,168 - 210,704
34	10B	211,648	210,880 - 212,416
35	10C	213,360	212,592 - 214,128
36	10D	215,072	214,304 - 215,840
37	11A	216,928	216,160 - 217,696
38	11B	218,640	217,872 - 219,408
39	11C	220,352	219,584 - 221,120
40	11D	222,064	221,296 - 222,832
41	12A	223,936	223,168 - 224,704
42	12B	225,648	224,880 - 226,416
43	12C	227,360	226,592 - 228,128
44	12D	229,072	228,304 - 229,840
45	13A	230,784	230,016 - 231,552
46	13B	232,496	231,728 - 233,264
47	13C	234,208	233,440 - 234,976
48	13D	235,776	235,008 - 236,544
49	13E	237,488	236,720 - 238,256
50	13F	239,200	238,432 - 239,968

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ITU

Para la simulación con el estándar DAB se debe ingresar los respectivos datos de la tabla 3.11.



Tabla 3. 11. Radioenlace ESTUDIO - CERRO PICHINCHA ESTÁNDAR DAB

TRAYECTO	ESTUDIO – CERRO PICHINCHA
FRECUENCIA	7000 MHz
ANCHO DE BANDA AUTORIZADO	28 MHz
TIPO Y FORMA DE ANTENA	Tambor
POLARIZACIÓN	Horizontal
POTENCIA EFECTIVA RADIADA	45.8267
POTENCIA DEL TRANSMISOR	0.5 W
Nº ANTENAS	1
AZIMUT / TILT	155.05 ° / 338.44 ° /-2°
GANANCIA	32.6 dBi
PERDIDAS TX	1.3
PIRE	644.1246

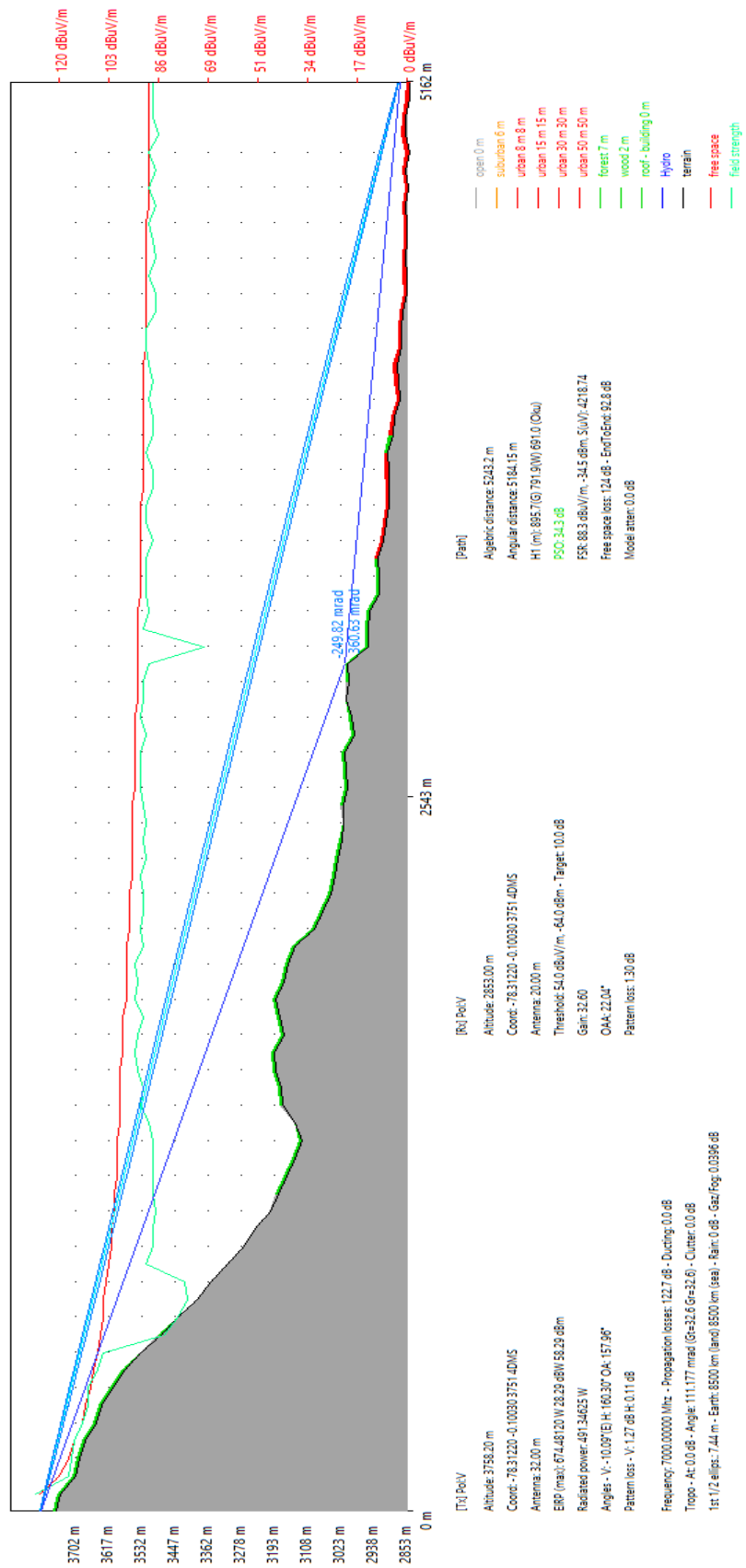
Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En la figura 3.35 se puede observar el radio enlace del ESTUDIO al CERRO PICHINCHA mediante el enlace de microondas, dando así la vista lateral del radio enlace con el estándar DAB.

Como se observa en la figura 3.35 se puede apreciar que su línea de vista no posee ningún obstáculo, esta simulación muestra varios parámetros que ayudan para poder interpretar de mejor forma el radio enlace. Tal como es los parámetros del transmisor (altitud, coordenadas, altura de la antena), informa sobre la propagación (frecuencia, perdidas de propagación), parámetros del receptor (altitud, coordenadas, altura de la antena).

Figura 3. 35. Radio enlace – Microondas



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: ICS TELECOM

En la tabla 3.12 se observa los parámetros del transmisor (altitud, coordenadas, altura de la antena).

Tabla 3. 12. Parámetros del transmisor

Tx (Pol)	Vertical
Altitud	3758.20m
Coordenadas	-78.31220 -0.100303751 4DMS
Antena	32m
EIRP(max)	674.48120 W 28.29 <u>dBW</u> 58.29dBm
Potencia Radiada	491.34625 W
Ángulos	V:-10.09(E) H:160.30 OA :157.96
Perdidas de patrón	V:1.27 dB H:0.11dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En tabla 3.13 se observa los parámetros del receptor (altitud, coordenadas, altura de la antena).

Tabla 3. 13. Parámetros del receptor

Rx(Pol)	Vertical
Altitud	2853m
Coordenadas	-78.31260 – 0.12409 2845 4DMS
Antena	20m
Threshold	54.0 dBuV/m -64.0 dBm Target: 10.0 dB
Ganancia	32.6 dB
OAA	22.04 grados
Perdidas de patrón	1.30 dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En la tabla 3.14 se observa información con respecto al trayecto que tendrá como el nivel de intensidad de campo eléctrico recibido (FSR) es de 88.3 dBuV/m y el PSO (Probabilidad de operación exitosa) es de 34.3 dB.

Tabla 3. 14. Parámetros de trayecto

Distancia algebraica	5243.2m
Distancia angular	5184.15m
PSO	34.3 dB
FSR	88.3dBuV/m -34.5 dBm
Perdida por espacio libre	124dB EndToEnd 92.8 dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En la tabla 3.15 están los datos para la simulación con el estándar DAB, en el anexo 4 se detallan cada característica para que se lo pueda observar en el software.

Tabla 3. 15. Ficha técnica sistema de transmisión DAB

FRECUENCIA DE OPERACIÓN	109.64 MHz
ANCHO DE BANDA AUTORIZADO	1536 KHz
TIPO Y FORMA DE ANTENA	DAB TIPO YAGI
POLARIZACIÓN	VERTICAL
POTENCIA EFECTIVA RADIADA	5154.162W
POTENCIA DEL TRANSMISOR	2800 W
Nº ANTENAS	2
AZIMUT / TILT	36° / -2°
GANANCIA	9.96 dBi
PERDIDAS TX	1.5
PIRE	19640.755

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

Para obtener el patrón de radiación de la cobertura se realizó un arreglo de 2 antenas con la ayuda de software ANTIOS con el modelo Thomcast 2170ha como se muestra en la figura 3.36 las cuales estarán situadas a una altura de 36m, con un azimuth de 47 y 125 grados respectivamente, ver anexo 5.

Para hacer este arreglo se usó la antena 3VTV-16/A la cual tiene una ganancia de 4.8 dB para se usó la ecuación 3.3

Calculo para el arreglo de antenas:

$$G_T = G_A + 10 * \log(A_T) \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:  $G_T$  es la ganancia del arreglo en dB

$G_A$  es la ganancia de la antena individual en dB

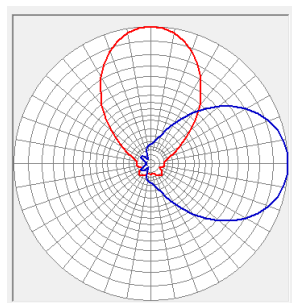
$A_T$  es el número total de antenas del arreglo

$$G_T = 4.8 + 10 * \log(2)$$

$$G_T = 7.81 \text{ dB}$$

Una vez obtenido la ganancia del arreglo es de 7.81 dB pero debido a que en software ICS Telecom trabaja con dBi a este valor se le suma 2.15 dB dando como ganancia final 9.96 dBi.

Figura 3. 36. Patrón de radiación Thomcast



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo  
Fuente: ANTIOS

Según la resolución 072 – 04 – CONATEL – 2010 se determina que las pérdidas de transmisión un límite máximo dependiendo el tipo de transmisión como se lo muestra en la tabla 3.16. (ARCOTEL, ARCOTEL, 2010)

Tabla 3. 16. Tipos de servicio

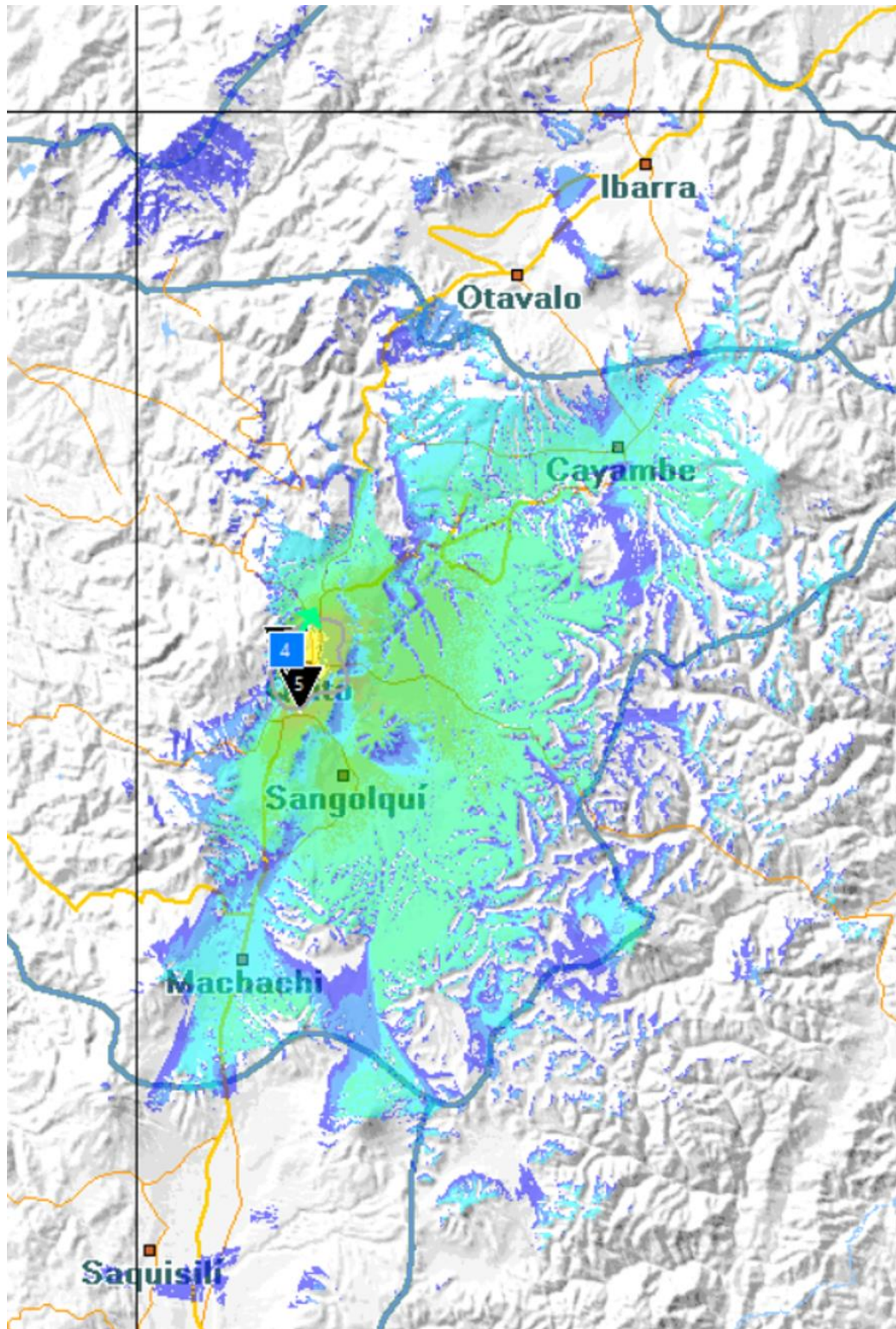
TIPO DE SERVICIO	PÉRDIDAS MÁXIMAS
Radiodifusión FM	1.5 dB
Radiodifusión AM	1 dB
Televisión VHF	1.5dB
Televisión UHF	2 dB
Televisión en banda MMDS	2 dB

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En la figura 3.37 se observa la cobertura que se obtendrá al utilizar un transmisor con una potencia de 2800 Watts la antena a usar es la 3VTV-16/A.

Figura 3. 37. Cobertura DAB - 2800 Watts



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

En el Anexo 4 se especifican configuraciones para la simulación del estándar DAB, donde su cobertura se da con un arreglo de 2 antenas tipo yagi, polarización vertical, azimuth de 36° y tilt de -2°.

En la figura 3.37 se puede observar que no cubre más allá de lo designado, por factores como la potencia, su ganancia, y el patrón de radiación, pero esto no significa que no pueda cubrir las mismas regiones o de ser necesario ampliar su cobertura.

Para realizar el análisis de cobertura del estándar DAB se la paleta de colores de la tabla 18.

Tabla 3. 17. Paleta de colores DAB

54/-62	61/-55	68/-48	75/-41	82/-34	89/-27	96/-20	103/-13	110/-6	117/+0	124/+7	DBuV/m/dBm
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	--------	--------	--------	------------

En la tabla 3.18 se puede observar el diferente análisis en los sitios antes mencionados los cuales indican datos como FSR (nivel de intensidad de campo eléctrico recibido), PR, distancia y ToA, estos datos sirven para ver con que intensidad llega la señal con el estándar DAB.

Tabla 3. 18. Datos radio enlace en DAB Estudio - Cerro Pichincha

	FSR dBu/m	PR dBm	FREC(MHz )	DIST(km)	ToA(usec)
QUITO	99.0	-17.82	190.64	3.48	11.60
MACHACHI	71.0	-45.82	190.64	38.23	127.45
CAYAMBE	74.0	-42.82	190.64	46.98	156.61
SANGOLQUI	82.0	-34.82	190.64	17.17	57.23
TABACUNDO	76.0	-40.82	190.64	40.35	134.50

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

En el estándar DAB los parámetros son el FSR o nivel de campo eléctrico recibido entre las ciudades analizadas, la de mayor intensidad es Quito con 99 dBuV/m por su cercanía en comparación a Cayambe con 74 dBuV/m, en el PR o potencia recibida con la paleta de colores, Quito con el valor de -17.82 dBm tiene una mejor recepción



comparado con Cayambe con -42.82 y ToA o Tiempo de Arribo mientras mayor es la distancia del receptor mayor es su tiempo.

### **3.4.11 Análisis espectral del sistema de radiodifusión con el estándar DAB**

En la banda III se puede observar todos los canales que se podrá trabajar con el estándar DAB, la banda a usar será de 174 a 216 [MHz] que son 24 canales, en donde el ancho de banda es de 1.5 [MHz] por canal, teniendo una protección de 0.25 [MHz].

$$Uso\ del\ espectro = \frac{(24 \times 1.5 [MHz])}{(216-174 [MHz])} \times 100\% = 85.71\%$$

Como se puede observar el resultado nos indica que la eficiencia del espectro tiene un 85.71%, dentro de cada canal se encuentra una disponibilidad de 18 programaciones, y se usara el mismo número de estaciones que establece el sector FP001.

$$Saturación\ del\ espectro = \frac{(50)}{(24 \times 18\ programaciones)} \times 100\% = 11.57\%$$

El valor es inferior al de la radio FM dando como opción la posibilidad de ofrecer más servicios de esta manera existe una mayor interactividad con el radio-oyentes.

### **3.5 COMPARATIVA SISTEMA DE RADIO FM VS ESTÁNDAR DAB**

La tabla 3.19 indica que las distancias algebraicas y geométricas son las mismas debido a que se usaron las mismas coordenadas, mientras donde si existen diferencias son entre el FSR con una diferencia de 19.5 dBuV/m y en el PSO 19.5 dB lo que significa que el estándar DAB tiene una mejor recepción.

Tabla 3. 19. Información del trayecto DAB

	<b>FM</b>	<b>DAB</b>
<b>Distancia Algebraica (m)</b>	5243,2	5243,2
<b>Distancia Angular(m)</b>	5184,15	5184,15
<b>FSR (dBuV/m)</b>	68.8	88.3
<b>PSO (dB)</b>	14.8	34.3

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

En la tabla 3.20 con los datos de FSR Y PR obtenidos de la simulación se observa que la cobertura de FM es mejor que el estándar DAB, puesto que al momento de simular se usó solamente una potencia de 2800 Watts mientras que en FM su potencia es de 5889.3 Watts, otro factor importante es el arreglo de antenas, para el estándar DAB se usó 2 antenas tipo Yagi y en FM un arreglo de 4 antenas con anillo circular.

Tabla 3. 20. Comparativa SFR Y PR

	<b>ESTÁNDAR DAB</b>		<b>RADIO FM</b>	
	<b>FSR dBu/m</b>	<b>PR dBm</b>	<b>FSR dBuV/m</b>	<b>PR dBm</b>
QUITO	99.0	-17.82	105	-6.46
MACHACHI	71.0	-45.82	85	-26.46
CAYAMBE	74.0	-42.82	83	-28.46
SANGOLQUI	82.0	-34.82	92	-19.46
TABACUNDO	76.0	-40.82	86	-25.46

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

### 3.5.1 Tabla comparativa de los parámetros espectrales

En la tabla 3.21 las diferencias entre FM y DAB hablando solo del espectro dan a conocer que el estándar DAB tiene una mayor capacidad en el uso del espectro y una

baja saturación del espectro esto da a entender que el estándar DAB tendría una mayor aceptación en el medio.

Tabla 3. 21. Comparación entre FM y estándar DAB

<b>Parámetro</b>	<b>FM</b>	<b>DAB</b>
<b>Uso del espectro</b>	55%	85.71%
<b>Saturación del espectro</b>	100%	11.57%

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

Entre varias comparativas entre la radiodifusión analógica FM y el estándar DAB se tiene la tabla 3.22.

Tabla 3. 22. Varias comparativas

<b>PARAMETROS</b>	<b>FM</b>	<b>DAB</b>
<b>Ancho de Banda</b>	220 KHz	1500 KHz
<b>Banda de frecuencia</b>	88 – 108 MHz	174 – 216 MHz
<b>Velocidad de transmisión de datos</b>	200 – 400 Kbps	576 – 1728 Kbps
<b>Número de servicios por canal</b>	1	18

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

### **3.6 OTORGACIÓN DE FRECUENCIAS**

La unidad reguladora del país es ARCOTEL (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES) la cual mediante el código IT-DRE-03 decretada en julio de 2016 apartado 5.2 brinda los requisitos para su

aprobación y obtención de licencia de funcionamiento. (ARCOTEL, ARCOTEL, 2016).

Para la adquisición de la frecuencia los datos técnicos necesarios son:

#### Datos generales

- Concesionario
- Numero de RUC
- Representante Legal
- Tipo de Estación
- Categoría
- Indicativo
- Cobertura Principal
- Provincia

#### Ubicación y alturas

- Estudio
- Transmisión

#### Características Técnicas del Sistema de Operación

- Frecuencia de operación
- Tipo de emisión
- Ancho de banda autorizado
- Desviación máxima de frecuencia
- Tipo y forma de antena
- Azimut de máxima radiación
- Azimut de ubicación de antenas
- No de antenas

Cabe recalcar que todos estos datos están incluidos en el presente proyecto donde se detalla su funcionamiento aplicado al estándar DAB.

## CAPÍTULO 4

### COSTOS

En este capítulo se tratan los costos de los equipos finales, costos del traspaso de radio analógica a radio digital con el estándar DAB, costos del estudio entre otros.

#### 4.1 COSTOS DEL ESTANDAR DAB

A continuación, se detallaran unas tablas de costos de los equipos necesarios a ser adquiridos para el estándar DAB. Cada uno de los equipos del estudio ha sido adquirido debidamente referenciados por las páginas a las que están referenciados, como se puede observar en la tabla 4.1.

Tabla 4. 1. Costos equipos ESTUDIO

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO INDIVIDUAL (USD)	TOTAL (USD)
MICROFONO AT-BP40	4	336.00	1.344,00
AUDIFONOS AKG HSC171	4	183.00	73.00
ALTAVOCES KRK ROKIT RP8G4	2	178.00	356,00
AEQ AUDIOPLUS PLAYOUT RADIO AUTOMATION	1	3040.00	3.040,00
CONLOSA O MEZCLADOR AEQ FORUM DIGITAL ON AIR MIXING CONSOLE	1	5807.00	5.870,00
COMPUTADOR (Computador Aio Lenovo 520-22Ast Amd_A9-9420-8Gb-1Tb)	1	713.39	713,39
<b>TOTAL I(USD)</b>			<b>11.396,39</b>

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En la tabla 4.2 se pueden ver los precios de los equipos que serán usados en el cerro Pichincha.

Tabla 4. 2. Costos cerro Pichincha

	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDADES (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
<b>Transmisor 5500 Watts</b>	1	122.360,00	122.360,00
<b>3VTV-16/A</b>	2	550,00	1100,00
<b>RTN 950</b>	2	5000,00	10.000,00
<b>Pararrayos serie T</b>	1	500,00	500,00
<b>Generador GESAN DSP 200</b>	1	11.958	11.958,00
<b>TOTAL 2 (USD)</b>			145.918,00

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

Las tablas 4.2 y 4.3 indican los equipos de baja potencia y alta potencia respectivamente que serán instalados tanto en el estudio como en el cerro pichincha.

Tabla 4. 3. Costos de equipos varios

<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO INDIVIDUAL (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
Ponchadora PROSKIT	1	65,00	65,00
Site Master Anrisu s3311	1	3.000,00	3.000,00
Alicate	3	6,00	18,00
Cortadora de cable	3	5,00	15,00
Multímetro/ osciloscopio	1	100,00	100,00
Escalera	2	300,00	600,00
Torquímetro	2	130,00	260,00
Inclinómetro de doble ángulo digital	1	170,00	170,00
Pistola de calor DIWALT	1	85,00	85,00
Juego de llaves	2	60,00	60,00
Taladro DIWALT	1	85,00	85,00
Guantes dieléctricos aislados	3	50,00	150,00
Cascos dieléctricos	6	10,00	60,00
Calzado industrial dieléctrico	6	50,00	300,00
Equipos de seguridad para alturas	3	320,00	960,00
Cinta métrica	1	30,00	30,00
Transporte	1	200,00	200,00
Medios de comunicación Motorola.	2	100,00	100,00
<b>TOTAL 3 (USD)</b>			6.258,00

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

Dentro de la tabla 4.4 se encuentran mucho de los materiales que son necesarios para realizar las instalaciones tanto para los equipos como lo necesario para el personal encargado.

TABLA 4. 4. Mano de obra

	<b>Cantidad de personas</b>	<b>Total de horas trabajadas</b>	<b>Total mensual (USD)</b>
<b>Ing. De Operaciones</b>	2	24	2.787,26
<b>Ing. De Campo</b>	1	24	1.313,71
<b>Técnico</b>	3	24	1.238,49
<b>TOTAL 4 (USD)</b>			4.157,46

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

Los valores de la tabla 4.5 se han tomado en base al ministerio de trabajo del Ecuador. (MinisteriodeTrabajo, 2018)

Tabla 4. 5. Costo total del proyecto

	<b>Total (USD)</b>
<b>Equipos ESTUDIO</b>	11.396,39
<b>Equipos Cerro Pichincha</b>	145.368,00
<b>Equipos varios</b>	6.258,00
<b>Mano de obra</b>	4.157,46
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>167.179,85</b>

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

En modo general por medio de la tabla 4.5 se tiene el costo aproximado ya que al ser un estudio siempre pueden existir mayor o menos número de equipos y por ende los precios al momento de llevarlo a cabo pueden variar.

#### **4.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL ESTUDIO**

El funcionamiento que tiene la radio del Distrito Metropolitano de Quito “PACHA” con la frecuencia de 102.9 MHz existe un convenio entre la EPMAPS en el cual esta entidad se encarga del mantenimiento de los equipos para la cobertura de la misma y el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito se encarga sobre la parte administrativa y cómo va a llegar en su programación para los radio-escucha.

En cuanto a la parte financiera de la radio se tiene que aclarar que la frecuencia en sí le pertenece a la EPMAPS la cual proporciona con un 30% anual mientras que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito pondría el 70 % restante de su totalidad.

##### **BENEFICIOS (Estándar DAB)**

- Menor potencia de trabajo
- Baja interferencia
- Mayor cobertura y penetración
- Interactividad con el usuario
- Mejor calidad de audio
- Mayor ancho de banda
- Baja saturación del espectro.
- Al tener un equipo DAB en el automóvil este con el movimiento no pierde la señal.

##### **COSTO – BENEFICIOS (radio–oyentes)**

- Estar al día con el tráfico o cierres de vías
- Cortes de servicios básicos
- Ante alguna emergencia tomar las debidas precauciones (inundaciones en sectores, deslizamiento de tierra, accidente de tránsito)
- La radio al ser parte del municipio de quito informa sobre los pendientes de la ciudadanía (impuestos, multas)
- No tener interferencia en un viaje



## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Al comparar las simulaciones de FM como con el estándar DAB se tiene como conclusión que el funcionamiento de la radio necesita en FM una mayor potencia de 5889.3 Watts para cubrir las áreas que han sido designadas, mientras que con el estándar DAB se usa una menor potencia de 2800 Watts y ha llegado a cubrir las mismas zonas.

Existe una cobertura aceptable de tal manera que, al comparar la tabla de la eficiencia del uso espectral de FM es un 55%, mientras que DAB es de 85.71%, la saturación del espectro de los mismos es del 100% y el 11.57% respectivamente. Como resultado de esta comparación el uso espectral del estándar DAB tiene una eficiencia en 30.71 % y para la saturación del espectro es del 88.53%, dando como resultado optar por el estándar DAB.

En el análisis de los costos se debe tener en cuenta que la radio al ser pública no recibe ingresos por espacios publicitarios, sino que su financiamiento viene por parte de la EPMAPS y el Municipio de Quito por la cual se recupera con estos beneficios como es una mejor potencia, baja interferencia, mayor cobertura, mayor ancho de banda.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Para el uso de un dispositivo DAB en un automóvil es necesario tener buena recepción para no tener ningún problema con la interferencia y así tener una mejor sintonía, esto se lo realiza con la ayuda de monitoreo con equipos móviles.

Para una posible implementación del estándar DAB en la Radio Municipal Pacha se debe configurar distintos parámetros como el clima, altura sobre el nivel del mar, distancia, frecuencia a trabajar, tipo de radiación entre otros parámetros según lo planteado.

Al momento de adquirir los equipos se debe tomar en cuenta los distintos proveedores de marcas, costos y personal capacitado para su funcionamiento.

## REFERENCIAS

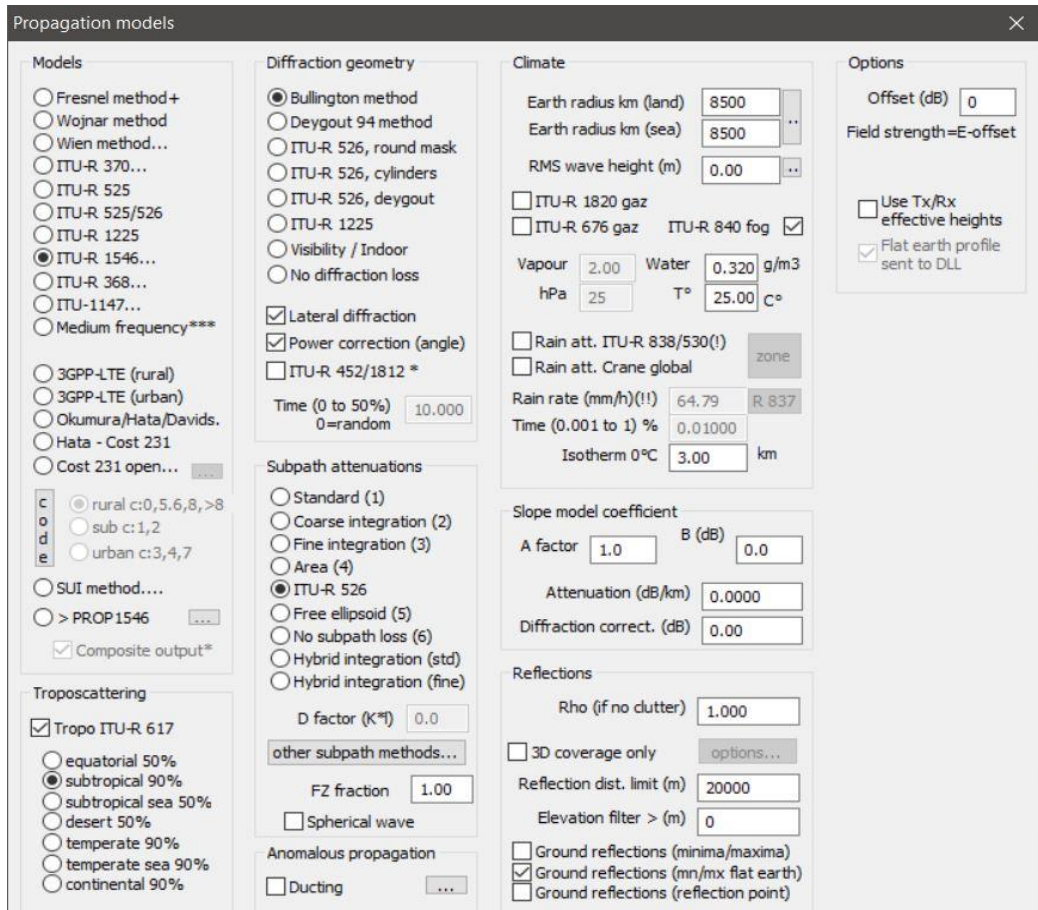
- 7BD. (22 de Noviembre de 2019). *7BD*. Obtenido de 7BD:  
<https://www.7bd.com/es/product-detail.php?tact=sesp&prec=MzUzMg==>
- ARCOTEL. (13 de AGOSTO de 2010). *ARCOTEL*. Obtenido de ARCOTEL.
- ARCOTEL. (Julio de 2016). *ARCOTEL*. Obtenido de ARCOTEL:  
[https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/IT-DRE-03\\_OTH-ESPECTRO-RADIOELÉCTRICO\\_V1.0\\_18Jul20162.pdf?fbclid=IwAR34gVDSz4CQBR6LNPni7xEi32KCU40ItO9hz8kvsfkg7GMcnIQWqhXazI](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/IT-DRE-03_OTH-ESPECTRO-RADIOELÉCTRICO_V1.0_18Jul20162.pdf?fbclid=IwAR34gVDSz4CQBR6LNPni7xEi32KCU40ItO9hz8kvsfkg7GMcnIQWqhXazI)
- BDCAST. (Enero de 2004). *fccid*. Obtenido de fccid: <https://fccid.io/ANATEL/00695-07-00587/FM-10S/924B7BFE-DC24-4A99-A348-FC38952B3AD5>
- Behaine, C. A. (18 de Febrero de 2020). *scielo*. Obtenido de scielo:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242006000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200007)
- BHPHOTOVIDEO. (23 de Noviembre de 2019). *BHPHOTOVIDEO*. Obtenido de BHPHOTOVIDEO: [https://www.bhphotovideo.com/c/product/509175-REG/RF\\_Video\\_TD\\_16\\_RD\\_16\\_TD\\_16\\_RD\\_16\\_Digital.html](https://www.bhphotovideo.com/c/product/509175-REG/RF_Video_TD_16_RD_16_TD_16_RD_16_Digital.html)
- DEVA. (22 de Noviembre de 2019). *DEVA*. Obtenido de DEVABroadcast: <http://www.devards.com/products/smartgen-5#description>
- Félix Molero, E. (2006). *Sistema de Radio y Television*. Madrid: McGrawHill.
- Grados, I. J. (18 de Diciembre de 2019). Datos Generales. (Tesis, Entrevistador)
- KATHREINUSA. (2018). *SIRA*. Obtenido de SIRA: [https://www.kathreinusa.com/wp-content/uploads/2016/04/catalogo\\_antennas\\_150218\\_bassa.pdf](https://www.kathreinusa.com/wp-content/uploads/2016/04/catalogo_antennas_150218_bassa.pdf)
- KRAMER. (22 de Noviembre de 2019). *Leviton Manufacturing Co., Inc.* Obtenido de DECORA: [https://www.kramerav.com/product/vs-1616a#Tab\\_Overview](https://www.kramerav.com/product/vs-1616a#Tab_Overview)
- MANUALSLIB. (22 de Noviembre de 2019). *Manualslib*. Obtenido de Manualslib:  
<https://www.manualslib.com/manual/890180/Marti-Stl-15c.html?page=5#manual>
- MinisteriodeTrabajo. (2018). *Ministerio de trabajo*. Obtenido de  
<https://drive.google.com/file/d/1H6jmhI9sUPLKn1KxCvVrNFzccqgOLO78/preview>
- Moragas, F. (9 de 11 de 2019). *PROMAX ELECTRONICA, S.A.* Obtenido de PROMAX:  
<http://www.promax.es>
- Naranjo, J. (31 de Marzo de 2014). *www.districtofm.gob.ec*. Obtenido de [www.districtofm.gob.ec](http://www.districtofm.gob.ec):  
<http://www.districtofm.gob.ec/documentos/RENDICION%20CUENTAS%202013.pdf>
- ONETASTIC. (04 de Diciembre de 2018). *ONETASTIC*. Obtenido de ONETASTIC:  
<http://www.onetastic.com/es/transmisores-switch-gps-onetastic/multid/>

- ORBAN. (22 de Noviembre de 2019). *Magneto*. Obtenido de Magneto:  
[http://www.magnetosonora.com.ar/Orban\\_N/FM/8500/8500FM.html](http://www.magnetosonora.com.ar/Orban_N/FM/8500/8500FM.html)
- PHONIC, C. (29 de Octubre de 2002). *diagramas*. Obtenido de diagramas.diagramasde.com:  
[diagramas.diagramasde.com/audio/GRAPHIC%20EQ%20-%20MQ%203229\\_v2.1.pdf](http://diagramas.diagramasde.com/audio/GRAPHIC%20EQ%20-%20MQ%203229_v2.1.pdf)
- Ramírez, M. (25 de Julio de 2017). *vice*. Obtenido de vice:  
[https://www.vice.com/es\\_co/article/qvp57x/ecualizador-ecualizacion-produccion-musical](https://www.vice.com/es_co/article/qvp57x/ecualizador-ecualizacion-produccion-musical)
- SIRATV. (Noviembre de 2015). *ARCOTEL*.
- SUPERTEL. (2013). Diagrama de boques. *SUPERTEL*.
- Vicuña, C. G. (Diciembre de 2009). *EMB*. Obtenido de  
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1316>
- Wolfgang Hoeg, T. L. (2003). *Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of Digital Radio*. England: Wiley.
- WORLDDAB. (11 de Noviembre de 2019). *WORLDDAB*. Obtenido de WORLDDAB:  
<https://www.worlddab.org/technology-rollout/standards/features-of-dab-dab-plus>

## ANEXOS

### Anexo 1

En el anexo podemos observar una ventana del software ICS Telecom la cual ayuda con los distintos parámetros para obtener una buena simulación para la cobertura FM y DAB.



Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

**ITU-R 1546:** Gama de frecuencias de 30 – 4000 MHz.

**ITU-R 617:** Método necesario para el diseño de radio enlaces.

**Subtropical 90%:** Ecuador es un país que cuenta con 4 regiones (Costa, Sierra, Oriente e Insular), Quito está ubicado en la Sierra y para la simulación se escogió en este porcentaje.

**Método Bullington:** Sirve para tener una vista completa de todos los objetos que son visualizados.

**ITU-R 526:** Este modelo sirve para la difracción en la intensidad del campo recibido.

**ITU-R 840 fog:** Modelo referido a la atenuación que existe por las nubes y las nieblas.

## Anexo 2

**Grafica 1:** Los parámetros con los que trabaja la radio actualmente donde se observa que la señal es FM stereo.

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: ICS TELECOM

**Potencia (W):** 5889.3

**Ganancia (dBi):** 6.91

**Perdidas (dB):** 1.3

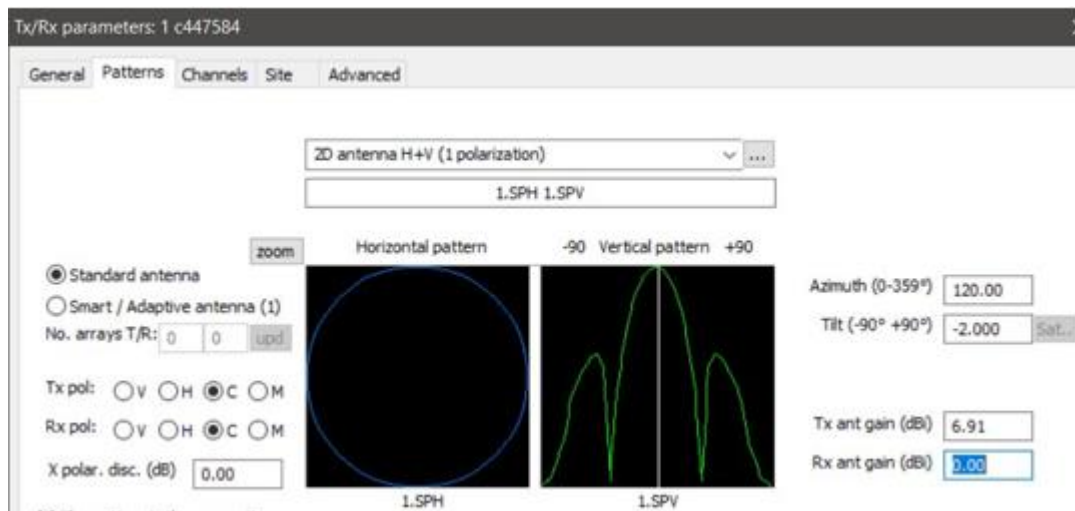
**E.I.R.P (W):** 21432.05

**Frecuencia (MHz):** 102.9

**Altura de la antena (m):** 36

**Ancho de banda (kHz):** 220

Grafica 2: En esta gráfica se observa los datos de la antena FM como el azimut de 120°, tilt de -2°, sus patrones de radiación donde el vertical indica que sus cortes dan el ancho de banda de 220 KHz, en el horizontal se observa la polarización que es circular y ganancia de la antena de 6.91 dBi.



### Anexo 3

En la tabla se muestra el cuadro de selección de equipos donde se emplean parámetros como la sensibilidad, la eficiencia y las características generales de cada uno de los equipos necesarios en la propuesta. Cada parámetro se enumera del 1 (menor optimo) al 10 (mejores prestaciones) según las características técnicas reales de cada marca.

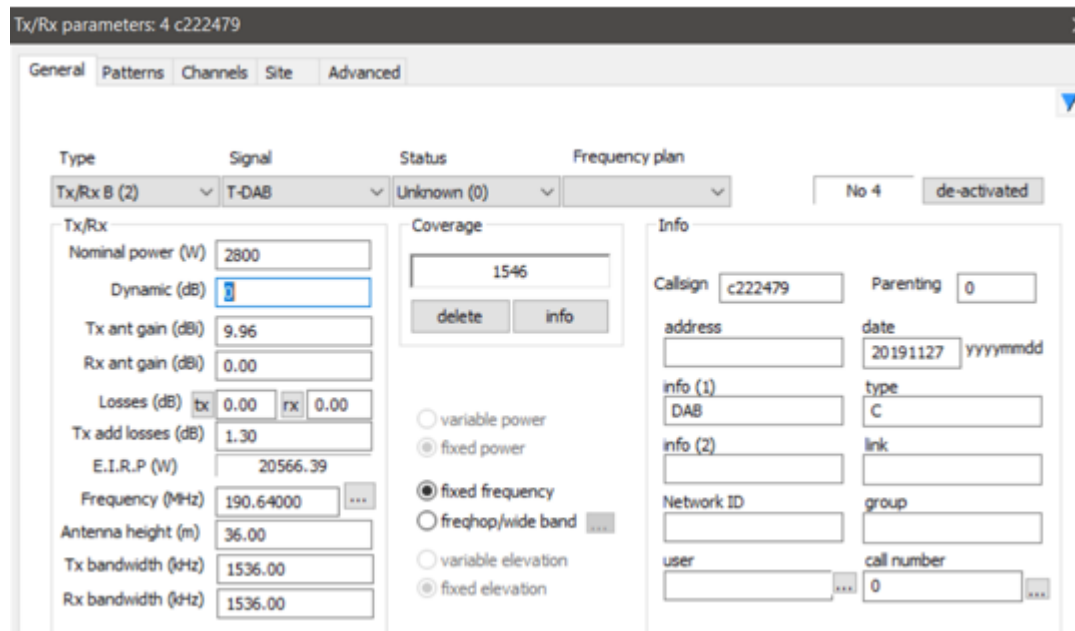
	OPCION 1	OPCION 2	OPCION 3
RADIO ENLACE	Huawei RTN 950 Sensibilidad: 9 Eficiencia: 9 Características: 4.2	Huawei OptiX 910 Sensibilidad: 8 Eficiencia: 8 Características: 3.9	Huawei RTN 310 Sensibilidad: 6 Eficiencia: 8 Características: 3.7
TRANSMISOR	EuroCaster SFT-DAB 4500/L Radio Sensibilidad: 7 Eficiencia: 9 Características: 4.2	EuroCaster SFT-DAB-150 Radio Sensibilidad: 5 Eficiencia: 8 Características: 3.8	EuroCaster SFT-DAB 5500/L Radio Sensibilidad: 8 Eficiencia: 7 Características: 4.5
ANTENA	3VTV-11 Sensibilidad: 8 Eficiencia: 9 Características: 4.9	3VTV-10/A Sensibilidad: 7 Eficiencia: 9 Características: 4.5	3VTV-10 Sensibilidad: 7 Eficiencia: 7 Características: 4.5
PARARRAYOS	Serie T Condensador Sensibilidad: 9 Eficiencia: 9 Características: 4.6	General Lightning Rod Sensibilidad: 9 Eficiencia: 7 Características: 4.3	HUA DIAN Sensibilidad: 9 Eficiencia: 7 Características: 4.0
GENERADOR ELECTRICO	GESAN DSP200 Sensibilidad: 9 Eficiencia: 9 Características: 4.1	GESAN DZR40 Sensibilidad: 8 Eficiencia: 8 Características: 3.6	GESAN DSP140 Sensibilidad: 6 Eficiencia: 8 Características: 3.5

Elaborado por: Freddy Felipe Ordoñez López – Claudia Inés Tituaña Pillajo

Fuente: Varias

## Anexo 4

Grafica 1: Se observa una ventana del software ICS Telecom en el cual ayuda con los distintos parámetros para obtener una buena simulación para la cobertura donde se especifica la señal T- DAB.



The screenshot shows a window titled "Tx/Rx parameters: 4 c222479" with tabs for "General", "Patterns", "Channels", "Site", and "Advanced". The "General" tab is active, displaying various configuration fields:

- Type:** Tx/Rx B (2)
- Signal:** T-DAB
- Status:** Unknown (0)
- Frequency plan:** No 4
- de-activated:** (checkbox)
- Tx/Rx Parameters:**
  - Nominal power (W): 2800
  - Dynamic (dB): 8
  - Tx ant gain (dBi): 9.96
  - Rx ant gain (dBi): 0.00
  - Losses (dB): tx 0.00, rx 0.00
  - Tx add losses (dB): 1.30
  - E.I.R.P (W): 20566.39
  - Frequency (MHz): 190.64000
  - Antenna height (m): 36.00
  - Tx bandwidth (kHz): 1536.00
  - Rx bandwidth (kHz): 1536.00
- Coverage:** 1546
- Info:**
  - Callsign: c222479
  - Parenting: 0
  - address: (empty)
  - date: 20191127
  - info (1): DAB
  - type: C
  - info (2): (empty)
  - link: (empty)
  - Network ID: (empty)
  - group: (empty)
  - user: (empty)
  - call number: 0
- Options:**
  - variable power:
  - fixed power:
  - fixed frequency:
  - freqhop/wide band:
  - variable elevation:
  - fixed elevation:

**Potencia (W):** 2800

**Ganancia (dBi):** 9.96

**Perdidas (dB):** 1.3

**E.I.R.P (W):** 20566.39

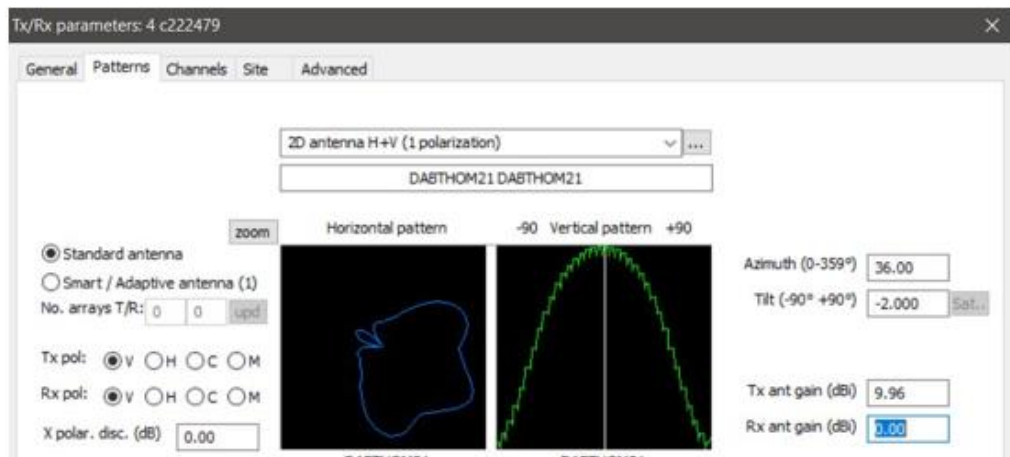
**Frecuencia (MHz):** 109.64

**Altura de la antena (m):** 36

**Ancho de banda (kHz):** 1536

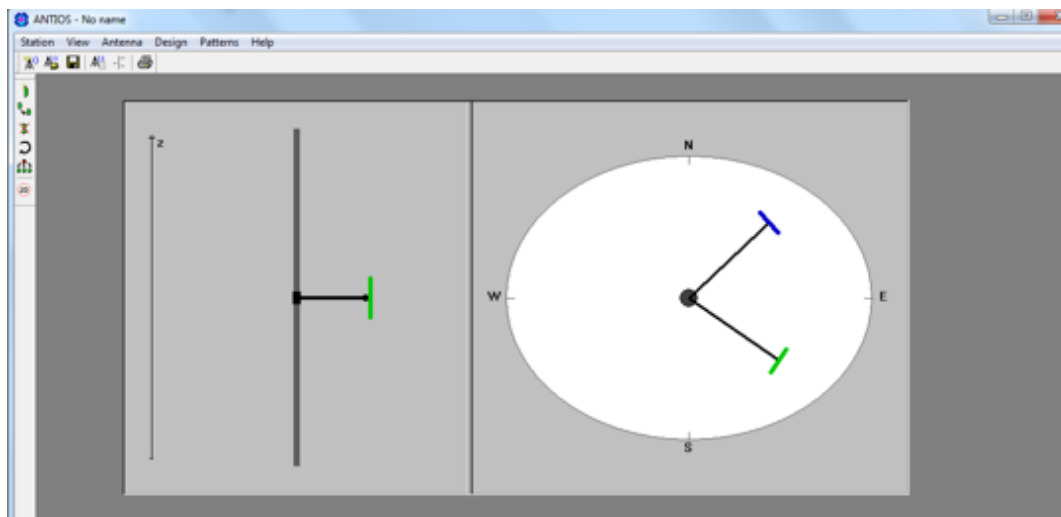
Grafica 2: En esta grafica se observa los datos de la antena DAB como el azimut de 36°, tilt de -2°, sus patrones de radiación donde en el vertical indica el ancho de banda de 1536 KHz, en el horizontal se observa hacia donde indica con respecto al azimut y la ganancia de la antena de 9.96 dBi.





## Anexo 5

**Grafica 1:** Arreglo de antenas en el software Antios con su respectivo azimuth.



Antena 1 azimuth 47

Antena 2 azimuth 125

**Grafica 2:** Se observa el patrón de radiación.

