UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:
ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES PARA EMERGENCIAS USANDO EL ESTÁNDAR ISDB-TMM DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN BANDA VHF EN QUITO

AUTOR:
LUIS ALBERTO ENRÍQUEZ MEDINA

TUTOR:
LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN

Quito, junio del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Luis Alberto Enríquez Medina, con documento de identificación N° 1717522591, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES PARA EMERGENCIAS USANDO EL ESTÁNDAR ISDB-TMM DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN BANDA VHF EN 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 mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....

Nombre: Luis Alberto Enríquez Medina

Cédula: 1717522591

Fecha: 2017-06-05

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo Lenin Wladimir Aucatoma Guamán, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES PARA EMERGENCIAS USANDO EL ESTÁNDAR ISDB-TMM DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN BANDA VHF EN QUITO realizado por Luis Alberto Enríquez Medina, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio del 2017

.....

Lenin Wladimir Aucatoma Guamán

C.I.: 1717985830

DEDICATORIA

Dedico el proyecto de titulación a la memoria de mi padre, que estoy seguro que desde el cielo guía mis pasos. También quiero dedicar el presente trabajo a mi madre, que con su amor, paciencia, consejos, valores ha hecho de mí una gran persona.

AGRADECIMIENTO

Agradezco el apoyo incondicional de mi madre en todas las etapas de mi vida, a mi hermano Jorge, mis hermanas María y Silvia, mis primas Evelin Puetate, Maritza Puetate, Beatriz Villarreal, Rosa Guerrón, mis primos Marcelo Muñoz, Andrés García, Armando Becerra, mis tías Myriam Medina, Mery Medina, Judith Medina, mis amigos Jonathan Bedoya, Carlos Gallegos, Mauricio Vásquez, Andrés Grijalva, David Peñafiel.

Deseo realizar un reconocimiento especial al Ing. Lenin Aucatoma, que ha compartido conmigo su experiencia y trayectoria laboral, así como la amistad que me ha sabido brindar.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes Ing. Juan Carlos Domínguez, Ing. Verónica Soria, Ing. Jhonny Barrera, Ing. Carlos Cuichán, Ing. Milton Tipán, Ing. Luis Oñate, Ing. Alejandro Moreno, Ing. Myriam Tipán, Ing. Berenice Arguero, por proporcionarme las herramientas necesarias para afrontar mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
RESUMEN xii
ABSTRACT xiii
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1 2
ANTECEDENTES 2
1.1 Planteamiento del Problema 2
1.2 Justificación 3
1.3 Objetivos 4
1.3.1 Objetivo general 4
1.3.2 Objetivos específicos 4
1.4 Metodología 4
CAPÍTULO 2 5
ESTADO DEL ARTE 5
2.1 Televisión Analógica Abierta 5
2.1.1 Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica para la banda UHF 5
2.1.2 Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica para la banda VHF 6
2.2 Televisión Digital Terrestre (TDT) 6
2.2.1 Televisión Digital Terrestre en la Banda UHF 7
2.3 Televisión Digital Móvil 7
2.4 Estándar ISDB-Tmm 7
2.4.1 Configuración del Segmento OFDM 8
2.4.2 Posiciones de Canales de Referencia y Súper Segmentos 9
2.4.3 Canal Auxiliar 9
2.4.4 Verificación de la Disponibilidad de la Banda VHF sobre el Plan Maestro 11
2.4.5 Apagón Analógico 11
2.4.6 Servicios de Emergencia en Ecuador (ECU 911) 11

2.4.7 Servicios Móviles Avanzados (SMA) 12
CAPÍTULO 3 13
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN 13
3.1 Cálculo de Cobertura 13
3.1.1 Datos de Ubicación Geográfica (DATUM WGS84) 14
3.1.1.1 Transmisor (Cerro Pichincha) 14
3.1.1.2 Diseño de Cobertura para la banda UHF 15
3.1.1.3 Cálculo de Cobertura para Canal UHF 16
3.1.1.4 Detalle de Equipos para Cobertura UHF 25
3.1.2 Cobertura en la banda VHF para la ciudad de Quito 28
3.1.2.1 Diseño de Cobertura para la banda VHF 28
3.1.2.2 Cálculo de Cobertura para Canal VHF 28
3.1.2.3 Detalle de Equipos para Cobertura VHF 37
3.2 Descripción de uso del Canal Auxiliar 40
3.2.1 Descripción del Canal Auxiliar para el Distrito Metropolitano de Quito 42
3.2.3 Transmisión de Video utilizando MPEG-2 46
3.2.4 Enlace SIS ECU 911 y Transmisor 47
3.2.4.1 Enlace Radioeléctrico Digital SIS ECU 911 con el Transmisor 47
3.2.4.2 Enlace SIS ECU 911 con el Transmisor utilizando servicio de transporte de datos TELCONET 48
3.2.4.3 Enlace SIS ECU 911 con el Transmisor utilizando servicio de cualquier ISP 49
3.2.4.4 Presupuesto del Enlace Digital 50
3.3 Simulación de la Arquitectura del Estándar ISDB-Tmm 53
3.3.1 Simulación de la Arquitectura del Estándar ISDB-Tmm en VHF 55
3.3.2 Simulación de la Arquitectura del Estándar ISDB-Tmm en UHF. 56
CAPÍTULO 4 57
ANÁLISIS DE RESULTADOS 57
4.1 Análisis de Resultados de la Cobertura en la banda UHF y VHF 57
4.1.1 Regiones de cobertura para el Distrito Metropolitano de Quito 57
4.1.2 Zonas de sombra para el Distrito Metropolitano de Quito 58
4.1.2 Bordes de Cobertura 59

4.2 Comparación de las Arquitecturas de los Estándares ISDB-Tmm e ISDB-Tb para la banda UHF y VHF ... 60
4.3 Análisis de la Información del Canal Auxiliar para la Banda VHF/UHF ... 62
CAPÍTULO 5 ... 65
ANÁLISIS ECONÓMICO ... 65
5.1 Sistema de Transmisión para la banda UHF ... 65
5.2 Sistema de Transmisión para la banda VHF ... 66
5.3 Subsistema de Infraestructura para la banda VHF/UHF ... 67
5.4 Costos Totales Sistema TV VHF/UHF ... 67
5.5 Valores de VAN y TIR para la banda de Frecuencia UHF ... 68
5.6 Valores de VAN y TIR para la banda de Frecuencia VHF ... 69
CONCLUSIONES ... 71
RECOMENDACIONES ... 72
LISTA DE REFERENCIAS ... 73
ANEXOS ... 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1.Diagrama de la Configuración del Segmento OFDM 9
Figura 2. 2.Ancho de Banda para las señales de Televisión Digital, Audio Digital y Canal Auxiliar 10
Figura 3. 1.Diagrama del Sistema de Transmisión UHF/VHF 14
Figura 3. 2.Ubicación Geográfica del Transmisor 15
Figura 3. 3.Patrón de Radiación Horizontal y Vertical resultante para la banda UHF del arreglo de antenas 18
Figura 3. 4.Perfil de Terreno (Azimuth 0°) 18
Figura 3. 5.Perfil de Terreno (Azimuth 45°) 19
Figura 3. 6.Perfil de Terreno (Azimuth 90°) 19
Figura 3. 7.Perfil de Terreno (Azimuth 135°) 20
Figura 3. 8.Perfil de Terreno (Azimuth 180°) 20
Figura 3. 9.Perfil de Terreno (Azimuth 225°) 21
Figura 3. 10.Perfil de Terreno (Azimuth 270°) 21
Figura 3. 11.Perfil de Terreno (Azimuth 315°) 22
Figura 3. 12,Cobertura de la banda UHF en el programa Google Earth 25
Figura 3. 13.Patrón de Radiación Horizontal y Vertical resultante para la Banda VHF del arreglo de antenas 30
Figura 3. 14.Perfil de Terreno (Azimuth 0°) 31
Figura 3. 15.Perfil de Terreno (Azimuth 45°) 31
Figura 3. 16.Perfil de Terreno (Azimuth 90°) 32
Figura 3. 17.Perfil de Terreno (Azimuth 135°) 32
Figura 3. 18.Perfil de Terreno (Azimuth 180°) 33
Figura 3. 19.Perfil de Terreno (Azimuth 225°) 33
Figura 3. 20.Perfil de Terreno (Azimuth 270°) 34
Figura 3. 21.Perfil de Terreno (Azimuth 315°) 34
Figura 3. 22.Cobertura de la banda VHF en el programa Google Earth 37
Figura 3. 23.Trama OFDM para Tipo 13 segmentos 41
Figura 3. 24.Trama OFDM para Tipo 1 segmento 42
Figura 3. 25.Enlace Radioeléctrico Digital SIS ECU 911-Transmisor 48
Figura 3. 26.Enlace SIS ECU 911 - Transmisor utilizando servicio de TELCONET48
Figura 3. 27.Enlace SIS ECU 911 con el Transmisor utilizando servicio de cualquier ISP 49
Figura 3. 28.Línea de Vista Directa entre Cerro Pichincha y Estudio 50
Figura 3. 29.Línea de Vista Directa entre Estudio y SIS ECU 911 50
Figura 3. 30.Diagrama General de la Simulación del Estándar ISDB-Tmm 54
Figura 3. 31.Diagrama de Simulación del Canal Auxiliar del Estándar ISDB-Tmm en VHF 55
Figura 3. 32.Diagrama de Constelaciones, Segmentos según Capas, Valor EVM, MER en VHF 55
Figura 3. 33.Diagrama de Simulación del Canal Auxiliar del Estándar ISDB-Tmm en UHF 56
Figura 3. 34.Diagrama de Constelaciones, Segmentos según Capas, Valor EVM, MER en UHF 56
Figura 4. 1.Comparación Zona de sombra para Azimuth 315° en la banda VHF y UHF 59
Figura 4. 2.Decodificación del Canal Auxiliar para la banda VHF/UHF 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1.Datos de la Ubicación Geográfica del Transmisor. 15
Tabla 3. 2.Datos del Sitio, RF, Sistema Radiante, Cables Conectores, y Borde de Cobertura para UHF 16
Tabla 3. 3.Valores de Ganancia en (dBd) y P.E.R. (W) en azimuts de 45° 17
Tabla 3. 4.Intensidad de Campo en el Espacio Libre [dBuV/m] 22
Tabla 3. 5.Atenuación en el Trayecto [dB] 23
Tabla 3. 6.Intensidad de Campo Resultante [dBuV/m] 24
Tabla 3. 7. Características de Antenas de diferentes marcas en la banda UHF 26
Tabla 3. 8.Características de Splitter de diferentes marcas en la banda UHF 26
Tabla 3. 9.Características de Cable Coaxial de diferentes marcas en la banda UHF 27
Tabla 3. 10.Características de filtro de diferentes marcas en la banda UHF 27
Tabla 3. 11.Características de Transmisor de diferentes marcas en la banda UHF ... 28
Tabla 3. 12.Datos del Sitio, RF, Sistema Radiante, Cables Conectores, y Borde de Cobertura para VHF 29
Tabla 3. 13.Valores de Ganancia en (dBd) y P.E.R. (W) en azimuts de 45° 30
Tabla 3. 14.Intensidad de Campo en el Espacio Libre [dBuV/m] 35
Tabla 3. 15.Atenuación en el Trayecto [dB] 35
Tabla 3. 16.Intensidad de Campo resultante [dBuV/m]..... 36
Tabla 3. 17.Características de Antenas de diferentes marcas en la banda VHF 38
Tabla 3. 18.Características de Splitter de diferentes marcas en la banda VHF 38
Tabla 3. 19.Características de Cable Coaxial de diferentes marcas en la banda VHF 39
Tabla 3. 20.Características de filtro de diferentes marcas en la banda VHF 39
Tabla 3. 21.Características de Transmisor de diferentes marcas en la banda VHF ... 40
Tabla 3. 22.Disponibilidad de la banda VHF y Número de Segmentos mínimo y máximo para Japón y Ecuador 41
Tabla 3. 23.Información para alerta de emergencias clasificación de la Página 0..... 44
Tabla 3. 24.Información para alerta de emergencias clasificación de la Página 1..... 45
Tabla 3. 25.Información Detallada de Alerta de terremotos, erupciones volcánicas, deslaves cuando la señal tiene el valor 111 46
Tabla 3. 26.Modulación, Número de Segmentos, Ancho de Banda con respecto a la Resolución de Definición de Televisión 46
Tabla 3. 27.Ancho de Banda y Tasa de Transmisión del Formato de Video MPEG-2 47
Tabla 3. 28.Costo por Velocidad con Tasa de Compartición de acuerdo a ISP 49
Tabla 3. 29.Valores obtenidos de los parámetros del enlace digital entre Cerro Pichincha y Estudio para valores de Ancho de Banda de 10 [MHz] y 14 [MHz] 52
Tabla 3. 30.Valores obtenidos de los parámetros del enlace digital entre Estudio y SIS ECU 911 para valores de Ancho de Banda de 10 [MHz] y 14 [MHz]..... 53
Tabla 3. 31.Parámetros de configuración del estándar ISDB-Tb e ISDB-Tmm en el programa Signal Studio for Digital Video N7223B v6.4.0.0..... 54
Tabla 4. 1.Intensidad de Campo resultante para las regiones de cobertura en el Distrito Metropolitano de Quito 57
Tabla 4. 2.Intensidad de Campo resultante para las zonas de sombra en el Distrito Metropolitano de Quito 58
Tabla 4. 3.Bordes de Cobertura para las bandas UHF y VHF 60
Tabla 4. 4.Comparación de las Arquitecturas ISDB-Tmm e ISDB-TB con respecto a los valores EVM y MER para las bandas UHF y VHF..... 61

Tabla 4. 5.Recomendación para trabajar en la banda UHF para el estándar ISDB-TMM 61
Tabla 4. 6.Recomendación para trabajar en el Estándar ISDB-TB en las bandas UHF y VHF 62
Tabla 5. 1.Costos del Sistema de Transmisión para la banda UHF 65
Tabla 5. 2.Costos del Sistema de Transmisión para la banda VHF 66
Tabla 5. 3.Costos del Subsistema de Infraestructura en la banda VHF/UHF 67
Tabla 5. 4.Costos Totales Sistema Televisión para la banda VHF y UHF 67
Tabla 5. 5.Valor VAN y TIR para banda de Frecuencia UHF 69
Tabla 5. 6.Valor VAN y TIR para banda de Frecuencia VHF 70

RESUMEN

En Ecuador el espectro electromagnético es un recurso limitado. El Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador menciona que la radiodifusión de televisión digital terrestre (TDT) utiliza la banda UHF, y que la banda VHF para la transmisión de TDT se encuentra disponible para avances que se efectúen en la norma ISDB-T. Además, La Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301), es la norma que contiene la información de las frecuencias, y la canalización para la banda UHF. Se realizó el diseño de la estación de transmisión, así como la simulación de la cobertura para las bandas UHF y VHF utilizando el programa ICS TELECOM. Se hizo pruebas de la transmisión del canal auxiliar, se verificó la distribución de los 204 bits del canal auxiliar en el segmento cero, ubicado dentro de los 13 segmentos para la transmisión de video digital. Se identificó los principales desastres naturales en el Distrito Metropolitano de Quito, siendo los terremotos, los deslaves y las erupciones volcánicas, las emergencias con mayor incidencia. Al comparar las regiones de cobertura en las bandas UHF y VHF, la banda UHF es mejor en un 19%. Al comparar la transmisión de datos entre el Estándar ISDB-TMM y el Estándar ISDB-TB, el Estándar ISDB-TB es mejor. Se escogió el diseño en la banda UHF al comprobar su viabilidad económica con un valor VAN de $7.404,36 y el valor TIR es 17.65%, para recuperar la inversión inicial en un año.

ABSTRACT

In Ecuador, electromagnetic spectrum is a limited resource. Terrestrial Digital Television Transition Master Plan in Ecuador mentions that terrestrial digital television broadcasting (TDT) uses band UHF, and TDT transmission by using VHF band is available for ISDB-T norm advances. Moreover, Terrestrial Digital Television Broadcasting Service Technical Norm (RESOLUTION ARCOTEL-2015-0301), it has information about UHF band frequencies and canalization. It has made the transmission station design, UHF band coverage simulation and VHF band coverage simulation through ICS TELECOM software. Channel Auxiliary transmission tests were done, it was verified 204 bits channel auxiliary distribution inside zero segment, that is part of the of the digital video transmission type 13 segments. It has identified the main natural disasters identified were earthquakes, landslides, and volcanic eruptions at Metropolitan District of Quito. The comparison between UHF band coverage and VHF band coverage, it shows that UHF band is the best with 19%. The comparison between ISDB-TMM standard and ISDB-TB standard, it shows that ISDB-TB standard is the best. UHF band design was chosen because of the economic viability when the VAN value is $7.404.36 and the TIR value is 17.65% to recover initial investment in one year.

INTRODUCCIÓN

En Ecuador el espectro electromagnético es un recurso limitado, el Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador señala que la banda UHF se utiliza para la radiodifusión de Televisión Digital, dejando a la banda VHF liberada y sin uso (MINTEL, 2012). El Distrito Metropolitano de Quito es susceptible al efecto de fenómenos naturales como terremotos, deslaves y erupciones volcánicas, que causan problemas de infraestructura, pérdidas humanas, preocupación en la población, por este motivo agregar alerta de emergencias en tiempo real al servicio de Televisión Digital Terrestre con la banda VHF se convierte en una solución (ARIB STD-B46, 2012). Se realizó la simulación de la cobertura para las bandas UHF y VHF utilizando el programa ICS TELECOM, se verificó la distribución de los 204 bits del canal auxiliar en el segmento cero, ubicado dentro de los 13 segmentos para la transmisión de video digital.

La estructura del documento se compone de la siguiente manera: El capítulo 1 aborda el planteamiento del problema, la justificación, el objetivo general y objetivos específicos, y la metodología que se utiliza para el proyecto de titulación. El capítulo 2 detalla el estado del arte, el servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda UHF, la banda VHF utilizando el estándar ISDB-Tmm, las frecuencias principales, los grupos de canales, televisión digital terrestre haciendo hincapié en el estándar ISDB-Tmm. El capítulo 3 describe el diseño y simulación de las bandas UHF y VHF con el estándar ISDB-Tmm, la descripción del canal auxiliar. El capítulo 4 proporciona información sobre el análisis de resultados utilizando el programa ICS TELECOM y Signal Studio for Digital Video para las bandas VHF y UHF, para determinar las ventajas, desventajas o características técnicas particulares de cada una de ellas. El capítulo 5 muestra un análisis económico de la implementación del sistema en las bandas UHF y VHF, se valida su factibilidad mediante el TIR y el VAN. Finalmente se muestran las conclusiones basadas en los resultados obtenidos y las recomendaciones para futuras investigaciones, los anexos constan del modelo del transmisor y receptor del estándar ISDB-TMM, simulación para la banda VHF y UHF, los valores de errores según el tipo de recomendación UIT-R F, la lista de receptores portables tipo USB, y la lista de receptores móviles.

CAPÍTULO 1
ANTECEDENTES

En este capítulo se analizará el planteamiento del problema, la justificación, se detallarán los objetivos, se describirá la metodología utilizada.

1.1 Planteamiento del Problema

El espectro electromagnético es un recurso limitado, en el Ecuador el Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador deja las bandas de VHF libres, porque nuestro país adoptó el estándar de RADIODIFUSIÓN DIGITAL TERRESTRE DE SERVICIOS INTEGRADOS CON MODIFICACIONES ELABORADAS EN BRASIL (ISDB-Tb) solamente para la banda UHF, por lo que su gestión y asignación debe ser eficiente, por lo tanto nace la necesidad de utilizar el espectro liberado con servicios de telecomunicaciones que sirvan a la comunidad. En el país existen constantes fenómenos naturales que ocasionan problemas de infraestructura, pérdidas humanas, malestar y preocupación en la población, por lo que sería de gran ayuda integrar a la Televisión Digital Terrestre señales en tiempo real acerca de desastres naturales, esto es posible en el estándar ISDB-Tb. En otras latitudes por ejemplo en Japón se utiliza el estándar de RADIODIFUSIÓN DIGITAL TERRESTRE DE SERVICIOS INTEGRADOS MULTIMEDIA (ISDB-Tmm) para alertar a la ciudadanía de terremotos en tiempo real en sus televisiones, ofrece la radiodifusión multimedia terrestre, tanto en televisión digital terrestre como en sonido digital terrestre, permite visualizar la radiodifusión en tiempo real almacenándola en cualquier momento (ARIB STD-B46, 2012), por lo que cabe preguntarse ¿Ayuda a la ciudadanía de Quito que se brinde un servicio de Televisión Digital Terrestre, agregando alertas de desastres naturales en tiempo real utilizando los mismos 6 MHz a través del uso de la banda VHF con el estándar ISDB-Tmm, es decir, de forma paralela a la Televisión Digital Terrestre conociendo que esta banda quedará libre, y que el estándar ISDB-Tmm permitirá una convergencia tecnológica móvil avanzada para dispositivos móviles y portátiles?

1.2 Justificación

En Ecuador el estándar que actualmente se utiliza para TV Digital Terrestre es ISDB-Tb, mismo que contiene las modificaciones realizadas en Brasil sobre el estándar ISDB-T. Según el Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador y La Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301), sólo se designará la banda UHF para TDT, lo que dejaría libres las bandas de VHF que hoy se usan para televisión analógica abierta. Con respecto a canales de emergencia dentro de la transmisión de señales de audio y video, el estándar ISDB-Tb, permite incluirlos, pero dentro de nuestro análisis se propondrá un nuevo estándar, que es el estándar ISDB-Tmm para la banda VHF, ya que se usa en otras latitudes lo que permitiría incluir más sistemas de televisión y democratizaría aún más el acceso al espectro radioeléctrico.

El estándar ISDB-Tmm permite añadir canales auxiliares en la misma banda de 6 MHz, a través de este recurso técnico, se puede agregar a la señal de audio y video (TV) información sobre desastres naturales en tiempo real, este estándar permite la inclusión del SERVICIO MÓVIL AVANZADO (SMA) en una convergencia de tecnologías para dispositivos móviles y portátiles, que agregaría valor a un servicio de consumo masivo como es la televisión.

Agregar servicios para información sobre desastres naturales en un medio de consumo masivo como es la televisión, sin perder la esencia de la transmisión de señales de audio y video, considera un reto importante en nuestro país que siempre está vulnerable a los eventos naturales. En la ciudad de Quito, el acceso a la televisión es grande en comparación al resto de ciudades, (seguido por Guayaquil y Cuenca) por lo que abrir la posibilidad de agregar más canales en la banda VHF y que estos puedan converger a futuro con el servicio móvil avanzado, acercaría de mejor forma al paradigma de convergencia tecnológica que hoy se plantea el mundo, y se aprovecha de manera eficiente el recurso natural que es el espectro, además se abre la posibilidad que existan más actores en el servicio de TV digital abierta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Analizar, determinar, y simular la arquitectura y cobertura del estándar ISDB-Tmm en la inclusión de Televisión Digital Terrestre en la banda VHF, añadiendo señales de emergencia para la transmisión en paralelo con las señales de audio y video en tiempo real para la alerta inmediata de catástrofes naturales a la ciudadanía de Quito.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador para la verificación de la disponibilidad de la banda VHF.
- Efectuar el análisis técnico del estándar ISDB-Tmm para plantear la factibilidad de inclusión de la norma técnica TDT en la ciudad de Quito en la banda VHF bajo las condiciones de regulación del país.
- Incluir el análisis económico para la implementación de señales de audio y video con señalización de emergencia en tiempo real en la ciudad de Quito.
- Simular la cobertura y la arquitectura del estándar ISDB-Tmm para la Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Quito usando la banda VHF y compararla con la cobertura y arquitectura del estándar ISDB-Tmm en la banda UHF.

1.4 Metodología

Se utiliza el método de análisis del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en Ecuador y de la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301); método deductivo para el análisis del estándar ISDB-Tmm; método de análisis y comparación para la inclusión de Televisión Digital Terrestre móvil y portátil según el estándar ISDB-Tmm para la banda VHF en la ciudad de Quito; simulación de la cobertura y arquitectura del estándar ISDB-Tmm para la Televisión Digital Terrestre usando la banda VHF y comparación con la banda UHF utilizando el estándar ISDB-Tmm y documentación respectiva.

CAPÍTULO 2
ESTADO DEL ARTE

Este capítulo detalla las características técnicas vigentes en la normativa actual que expide la ARCOTEL. Se explica el estándar ISDB-Tmm, la configuración del segmento OFDM, las posiciones de canales de referencia y súper segmentos, la verificación de la disponibilidad de la banda VHF en el Plan Maestro.

2.1 Televisión Analógica Abierta

Es el servicio de radiocomunicación que se encarga de transmitir imágenes o sonidos hacia el público en general utilizando las bandas de UHF y VHF, mientras que el servicio de Televisión Digital ocupa la banda de UHF, según la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica (Resolución ARCOTEL-2015-00218) (ARCOTEL, 2016).

2.1.1 Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica para la banda UHF

La Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica para la banda UHF es el servicio de radiocomunicación que transmite imágenes o sonidos dirigidos al público en general en bandas denominadas IV y V de UHF.

- Las frecuencias principales del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda UHF, es el rango de frecuencias que van desde los 470 MHz hasta los 644 MHz para la banda IV, mientras que para la banda V va desde los 644 MHz hasta los 698 MHz.
- El grupo de canales del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda UHF, existen cuatro grupos de canales (G1, G2, G3, G4) que van desde el canal 14 hasta el canal 51.
- La canalización de las bandas IV y V del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda UHF, señala el rango de canales desde el 14 hasta el 29, con rangos de frecuencias desde los 470 MHz hasta los 566 MHz, y con un valor específico de portadora de video y audio de las bandas IV y V de UHF.
- La intensidad de campo mínima a proteger del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda UHF, en las bandas IV y V de UHF

se establece el valor de 64 [dBuV/m] para el borde de área de cobertura secundaria, mientras que para la cobertura principal el valor es de 74 [dBuV/m].

2.1.2 Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica para la banda VHF

La Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica para la banda VHF es el servicio de radiocomunicación que transmite imágenes o sonidos dirigidos al público en general utilizando las bandas denominadas I y III de UHF.

- Las frecuencias principales del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda VHF, tiene dos bandas, la banda I que va desde los 54 MHz hasta los 88 MHz, mientras que la banda III comprende los valores de frecuencias desde 174 MHz hasta 216 MHz.
- El grupo de canales del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda VHF, existen cuatro grupos de canales (A1, A2, B1, B2) cuyo rango de canales va desde el canal 2 hasta al canal 13.
- La canalización de las bandas I y III del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda VHF, muestra el rango de canales desde el 2 hasta el 13, con rangos de frecuencias desde los 54 MHz hasta los 216 MHz, y con un valor específico de portadora de video y audio de las bandas I y III de VHF.
- La intensidad de campo mínimo a proteger del servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica para la banda VHF, señala el valor del borde de área de cobertura secundaria para la banda I es de 47 [dBuV/m], mientras que para la banda III es de 56 [dBuV/m]; el valor de borde de área de cobertura principal de la banda I es de 68 [dBuV/m], en la banda III es de 71 [dBuV/m].

2.2 Televisión Digital Terrestre (TDT)

Es la solución del uso de la tecnología digital hacia la señal de televisión analógica, optimizando el espectro radioeléctrico e implementando nuevos servicios audiovisuales e interactivos, según la Norma Técnica para el Servicio de

Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301) (MINTEL, 2016).

2.2.1 Televisión Digital Terrestre en la Banda UHF

La Televisión Digital Terrestre utiliza las bandas IV y V de UHF para su funcionamiento, permite interactividad con los usuarios, brinda opciones de resolución de televisión como lo es TELEVISÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV), TELEVISIÓN DE DEFINICIÓN ESTÁNDAR (SDTV).

- Las frecuencias principales de la banda UHF para el Servicio de Televisión Digital Terrestre, es el rango de frecuencias que van desde los 470 MHz hasta los 644 MHz para la banda IV, mientras que para la banda V va desde los 644 MHz hasta los 698 MHz.
- La canalización de las bandas de Frecuencias del Servicio de Televisión Digital Terrestre en la banda UHF, permite identificar el rango de los números del canal físico que va desde el 14 hasta el 51, relacionando las frecuencias iniciales, finales y centrales.
- Intensidad de Campo mínima a proteger, el valor asignado a la intensidad de campo es de 51 dBuV/m, dedicado al uso mínimo del 90% del tiempo y 50% en los lugares con antenas receptoras exteriores.

2.3 Televisión Digital Móvil

Permite la transmisión de audio, video y datos hacia dispositivos receptores móviles y portátiles, consume poca energía para incrementar la duración de la batería en los dispositivos y recepta la señal en condiciones difíciles (Pizzi & Jones, 2014).

2.4 Estándar ISDB-Tmm

Es un sistema de transmisión para radiodifusión multimedia terrestre utiliza el esquema de transmisión de segmento conectado en función de un sistema de transmisión similar a la RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (ISDB-T), y para RADIODIFUSIÓN DE SONIDO DIGITAL TERRESTRE (ISDB-TSB). Realiza un servicio de radiodifusión de tipo almacenamiento que permite visualizar la radiodifusión en cualquier momento luego

de almacenarlo una vez en el terminal, además se brindan en tiempo real. La señal que tiene un ancho de banda igual a un catorceavo del ancho de banda de un canal de radiodifusión de televisión terrestre se especifica como un bloque OFDM (segmento OFDM) para una señal de transmisión ISDB-Tmm. La señal de transmisión ISDB-Tmm se forma conectando 13-segmentos OFDM (similar a ISDB-T) con un tipo de segmento OFDM (semejante a ISDB-TSB). La estructura de la configuración de la portadora del segmento OFDM en un sentido permite que la conexión del segmento habilite la interoperabilidad entre ISDB-T e ISDB-TSB y el intercambio de recursos de hardware y software con estándares, características de ancho de banda y transmisión adecuadas para el servicio de manera flexible (ARIB STD-B46, 2012).

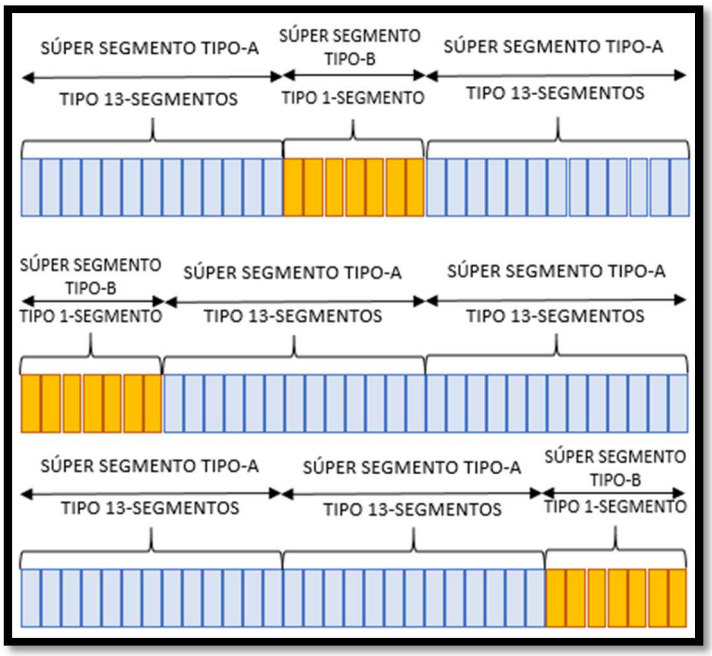
2.4.1 Configuración del Segmento OFDM

El uso de segmentos conectados OFDM permite compartir circuitos, software con terminales de un segmento, receptores de radiodifusión de televisión digital terrestre; si se puede se forma un espectro con ancho arbitrario en base de segmentos OFDM, proporciona la utilización efectiva del ancho de banda de frecuencia disponible para radiodifusión multimedia terrestre para terminales móviles y portátiles (ARIB STD-B46, 2012).

- **Tipo 13-Segmentos OFDM.** Súper Segmento Tipo-A. Segmentos que cumplen con el sistema de transmisión para la radiodifusión de televisión digital terrestre (ISDB-T) (ARIB STD-B46, 2012).
- **Tipo 1-Segmento OFDM.** Súper Segmento Tipo-B. Segmento que cumple con el sistema de transmisión para radiodifusión de sonido digital terrestre (ISDB-TSB) (ARIB STD-B46, 2012).

La Figura 2.1 muestra la distribución del Súper Segmento Tipo-A que es el Tipo 13-Segmentos, mientras que el Súper Segmento Tipo-B es el Tipo 1-Segmento.

Figura 2. 1.Diagrama de la Configuración del Segmento OFDM



Fuente: (ARIB STD-B46, 2012), Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

2.4.2 Posiciones de Canales de Referencia y Súper Segmentos

Se asume el uso del canal (canal de referencia) con un ancho de banda similar para radiodifusión de televisión terrestre en la banda de frecuencia asignada para radiodifusión multimedia terrestre, debido a que ISDB-Tmm se basa en el estándar ISDB-T e ISDB-TSB. La señal de transmisión se genera a través de la conexión de Súper Segmentos Tipo-A y Tipo-B, el espectro de transmisión de cada súper segmento se dispone en cualquiera de los canales de referencia. Hay que considerar que existe la posibilidad de que las posiciones de frecuencia de los canales de se encuentren con parte de las bandas solapadas. El ancho de banda de frecuencia de la parte solapada, se convierte en un múltiplo entero del ancho de banda del segmento OFDM (ARIB STD-B46, 2012).

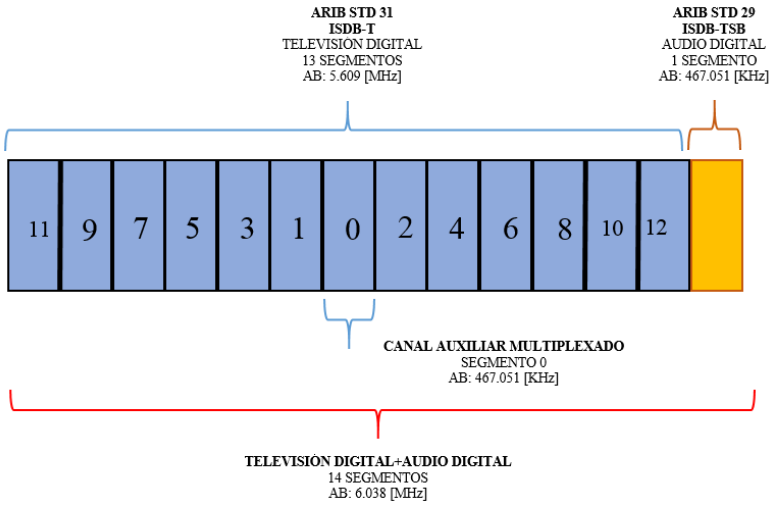
2.4.3 Canal Auxiliar

El canal auxiliar tiene 204 bits, cuya distribución se realiza para la señal de referencia para la demodulación de símbolos, transmisión de información adicional sobre control de transmisión de modulación de la onda, transmisión de la alerta de

emergencias, señal de sincronización, bandera de inicio, bandera de finalización, identificación de señal, CRC, bit de paridad. La información sobre alerta de emergencia detallada refleja datos de la hora actual, clasificación de página, información de alerta de emergencia para la página “0” y para la página “1”. La asignación de bits de información de alerta de emergencia para clasificación de página “0” se efectúa considerando las parroquias urbanas y rurales del Distrito Metropolitano de Quito. La asignación de bits de la página “1” muestra la cantidad total de información de alerta de emergencia, el tipo de información emitida o cancelada, la bandera indicando la latitud Norte o Sur, la bandera con la longitud Este u Oeste, la información de la profundidad del epicentro, el tiempo de concurrencia. También existen bits asignados para la identificación de organizaciones de radiodifusión (ARIB STD-B46, 2012).

La Figura 2. 2 muestra que el ancho de banda total que se concede a un canal de televisión es de 6 MHz, y el número de segmentos que puede contener es 14 segmentos. La distribución que se realiza en segmentos para video digital es de 13 segmentos, que equivale a 5.609 [MHz]. Se utiliza un segmento para audio digital, cuyo ancho de banda es 467.051 [KHz]. Se conoce además, que la distribución de los 204 bits del Canal Auxiliar se realizan en el segmento 0 (ARIB STD-B46, 2012).

Figura 2. 2.Ancho de Banda para las señales de Televisión Digital, Audio Digital y Canal Auxiliar



Fuente: (ARIB STD-B46, 2012). Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

2.4.4 Verificación de la Disponibilidad de la Banda VHF sobre el Plan Maestro

El capítulo 3 del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador, relacionado con el Espectro Radioeléctrico y Canalización, en su primer inciso aborda el tema de las Bandas de Frecuencias, el mismo que menciona que la banda UHF es utilizada para la radiodifusión de televisión digital terrestre; además la banda VHF en los canales del 7 al 13 (Banda III cuyas frecuencias van desde los 174 MHz hasta los 216 MHz) para la transmisión de Televisión Digital Terrestre se encuentra disponible para posteriores avances que se realicen en la norma ISDB-T (MINTEL, 2012).

2.4.5 Apagón Analógico

El Capítulo 2 del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador, que se refiere a la Implementación, en el segundo inciso habla sobre la Transmisión Simultánea de Señales de Televisión Analógica y Digital (SIMULCAST), señala que las transmisiones de Televisión Analógica Abierta y la Televisión Digital Terrestre simultáneamente bajo la regulación de la ARCOTEL disponga que cada ubicación no supere el período establecido para el Apagón Analógico.

El Capítulo 4 del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador, describe el Apagón Analógico, en el primer inciso establece las fases, localidades y fechas donde se va a realizar; la Fase 1 destinada para zonas de cobertura de estaciones con poblaciones mayores a 500.000 habitantes hasta el 31 de diciembre del 2016; la Fase 2 asignada para zonas de cobertura entre 500.000 y 200.000 habitantes; finalmente, la Fase 3 concedida a zonas de cobertura con poblaciones menores a 200.000 habitantes. Es importante recalcar que la Fase 1 se postergó para el 30 de junio del 2017 debido a que el porcentaje de cobertura de radiodifusión de televisión analógica es muy elevado y se pretende que la cobertura de radiodifusión de televisión digital se incremente (MINTEL, 2012).

2.4.6 Servicios de Emergencia en Ecuador (ECU 911)

El SERVICIO INTEGRADO DE SEGURIDAD (SIS) ECU 911 es un servicio que brinda soluciones de manera rápida, completa, atendiendo emergencias específicas,

tales como incidentes, catástrofes, así desplaza recursos necesarios a los lugares que necesitan atención las 24 horas del día, los 365 días del año (ECU 911, 2016).

Las instituciones públicas que trabajan conjuntamente con el servicio ECU 911 son la Cruz Roja Ecuatoriana, Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Ministerio de Salud Pública, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos Ecuador, Ministerio de Defensa Nacional (ECU 911, 2016).

Los servicios que brinda ECU 911 para una Seguridad Ciudadana Integral son Video vigilancia que monitorea eventos de carácter peligroso. Línea única de emergencias permite integrar diversos servicios a través de la llamada de una sola línea telefónica. Vinculación comunitaria ofrece capacitaciones, charlas con la participación de la comunidad para explicar el uso efectivo del servicio ECU 911. Coordinación Institucional posibilita la optimización en tiempos de respuesta, movilización de unidades especializadas ante una situación en común (ECU 911, 2016).

2.4.7 Servicios Móviles Avanzados (SMA)

El SERVICIO MÓVIL AVANZADO (SMA) es un servicio que permite la transferencia, aceptación e irradiación de cualquier tipo de información del servicio móvil terrestre (ARCOTEL, 2016), la regulación vigente es el Reglamento para la Prestación del Servicio Móvil Avanzado (ARCOTEL , 2002), y las operadoras de telefonía celular que funcionan en el país son CNT, OTECEL y CONECEL (ARCOTEL , 2016).

CAPÍTULO 3
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se describe la estructura de transmisión del sistema de Televisión Digital Terrestre para la ciudad de Quito en las bandas UHF y VHF, así como del análisis de transmisión de información sobre el canal auxiliar.

3.1 Cálculo de Cobertura

Para el diseño del cálculo de la cobertura utilizando el Estándar ISDB-Tmm tanto para la banda VHF como para UHF, se utiliza el siguiente software:

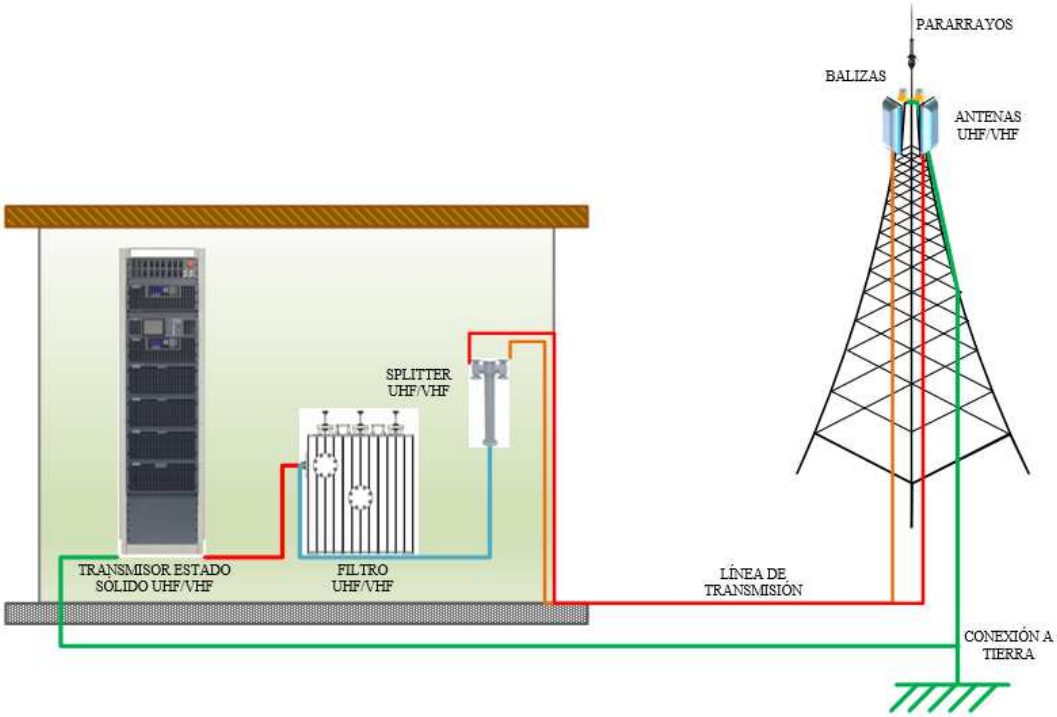
- Google Earth.- Permite verificar las zonas de cobertura de ciudades y cantones, comprobando la infraestructura.
- Antios v2.- Se utiliza para elaborar el arreglo de antenas que permita encontrar el adecuado patrón de radiación para las zonas de cobertura.
- ICS TELECOM v10.0.0.- Se utiliza para la predicción de la cobertura, permite ingresar parámetros tales como frecuencia (UHF/VHF), latitud, longitud, etc.

Para la cobertura en la banda VHF como UHF, las referencias geográficas son las mismas.

La Figura 3. 1 muestra el Diagrama del Sistema de Transmisión para las bandas UHF y VHF que se compone de los siguientes elementos:

- Transmisor de estado sólido para las bandas UHF y VHF.
- Filtro para las bandas UHF y VHF.
- Splitter para las bandas UHF y VHF.
- La línea de transmisión que sale del Splitter y se conecta con el arreglo de Antenas para las bandas UHF y VHF.
- Conexión a tierra.
- Torre de transmisión.
- Antenas para las bandas UHF y VHF.
- Balizas.
- Pararrayos.

Figura 3. 1.Diagrama del Sistema de Transmisión UHF/VHF



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.1.1 Datos de Ubicación Geográfica (DATUM WGS84)

3.1.1.1 Transmisor (Cerro Pichincha)

Se escoge el Cerro Pichincha por las siguientes razones:

- Existen vías de acceso al lugar.
- Posee alimentación de energía eléctrica.
- Hay acceso vía enlaces IP.
- Se constituye en un punto tradicional de cobertura para toda la ciudad de Quito, donde actualmente residen transmisores para UHF y VHF.

La Tabla 3. 1 indica información de las coordenadas de latitud y longitud del transmisor que se encuentra localizado en el Cerro Pichincha.

Tabla 3. 1.Datos de la Ubicación Geográfica del Transmisor.

Tipo de Estación		
Ubicación	Cerro Pichincha	
Ciudad	Quito	
Provincia	Pichincha	
Coordenadas	**Latitud**	**Longitud**
	0°10’2.01” S	78°31’23.04” W
Altura	3773	

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 2 muestra la ubicación geográfica del transmisor en el Cerro Pichincha porque permite brindar cobertura a la ciudad de Quito, la imagen se obtiene del programa Google Earth.

Figura 3. 2.Ubicación Geográfica del Transmisor

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.1.1.2 Diseño de Cobertura para la banda UHF

Se describirá los cálculos de cobertura para garantizar el cumplimiento de lo establecido en:

- La Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301) tomando el canal 31 (572-578 MHz), con la frecuencia de 575 MHz. Se toma el canal 31 de manera aleatoria del grupo de canales de la banda UHF.

3.1.1.3 Cálculo de Cobertura para Canal UHF

La Tabla 3. **2** describirá el nombre de la ubicación donde se ubicará el transmisor, el valor de la altura que tiene el mismo, se tomará en cuenta las ciudades que establece la regulación (La Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301) para la región de Pichincha. El valor de cobertura de 58 dBuV/m se toma en cuenta según el valor de cobertura internacional que establece el reporte (ITU-R BS.2384-0 de Mayo del 2015). Los parámetros que se utilizarán para el cálculo de la cobertura según las especificaciones de la recomendación IUT-R-1546 (09/2013).

Tabla 3. 2.Datos del Sitio, RF, Sistema Radiante, Cables Conectores, y Borde de Cobertura para UHF

DATOS					
SITIO	**Sitio de transmisión:**	Cerro Pichincha			
	Altitud (m.s.n.m.):	3773			
	Cobertura principal:	P1 Quito, Machachi (Mejía), Sangolquí (Rumiñahui), Tabacundo (Pedro Moncayo), Cayambe, Parroquia Mindo, Parroquia Moncayo			
RF	**Frecuencia (canal/banda):**	575 MHz (31/572-578 MHz)			
	Potencia del transmisor:	5000 W			
	Ganancia de una antena:	11.05 dBd			
	Máxima Ganancia (dBd-del arreglo de antenas):	12.81			
	Potencia Efectiva Radiada Máxima (W):	79.065 KW			
SISTEMA RADIANTE	**Tipo de antenas:**	Panel UHF AT15-251 RYMSA RF			
	No. de bays por azimut (cada 90°):	90°: 1	180°:1	270°: 0	360°: 0
	Número total de antenas	6			
	Separación Vertical (m):	1			
	Tilt electrónico y/o mecánico (°)	-7°			
	Altura de la torre (m)	42			
	Centro de fase del sistema radiante (m):	39.52			
CABLES CONECTORES	**Tipo de línea de transmisión**	HCA158_50J (Cable Coaxial)			
	Longitud total de la línea:	45 m			
	Pérdidas en línea de transmisión (dB):	0.69			
	Pérdidas en el filtro (dB)	0.05			
	Pérdidas en latiguillos + distribución (dB)	0.08			
Borde de cobertura 58 dBuV/m (ITU-R BS.2384-0)					

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

El valor de la potencia radiada efectiva se encuentra utilizando la siguiente ecuación (ARCOTEL, 2015):

$$P.E.R(kW) = P_T(kW)10^{\left[\frac{G(dBd)-Pérdidas(dB)}{10}\right]} \tag{3.1}$$

Donde P.E.R es el valor de la potencia efectiva radiada medida en vatios. $P_T(kW)$ representa el valor de la potencia de salida del transmisor. $G(dBd)$ muestra el valor de la ganancia del arreglo del sistema radiante. $Pérdidas(dB)$ corresponde a las pérdidas de la línea de transmisión, pérdida en los conectores, pérdida en el Splitter, pérdida en el filtro (ARCOTEL, 2015).

El valor de la ganancia se obtiene a partir del patrón de radiación horizontal de la Figura 3. 3:

$$Ganancia(dBd) = Ganancia\ por\ Azimuth\ - Pérdidas(dB) \tag{3.2}$$

Donde Ganancia por Azimuth es el valor de la ganancia que adquiere en cada uno de los azimuth desde 0° hasta 360°, con intervalos de 45°. $Pérdidas(dB)$ representan las pérdidas de la línea de transmisión, pérdida en los conectores, pérdida en el Splitter, pérdida en el filtro.

La Tabla 3. 3 indica los valores de ganancia y potencia efectiva radiada para cada azimut en base a la recomendación UIT-R 1546-5 (09/2013).

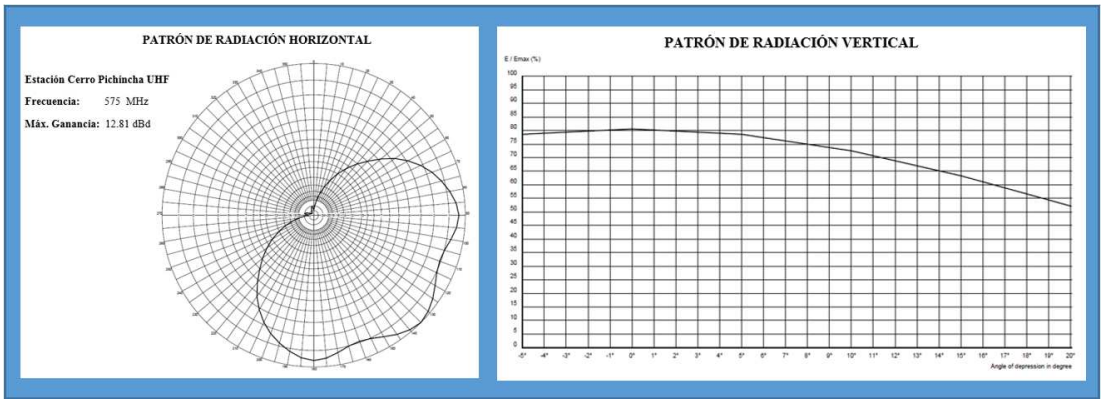
Tabla 3. 3.Valores de Ganancia en (dBd) y P.E.R. (W) en azimuts de 45°

Azimut	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
Ganancia (dBd)	- 28.5	- 4.7	1.1	1.5	1.1	- 4.5	- 25.5	- 33.5
P.E.R. (W)	6.262	1502.36	5711.826	6262.893	5711.826	1573.167	12.496	1.98

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Figura 3. 3 muestra al patrón de radiación horizontal y vertical de la antena tipo panel ubicada en la Estación Cerro Pichincha para la banda UHF, cuyo valor de frecuencia es 575 [MHz], normalizado a 0 dB y sin Tilt, cuyos parámetros se colocaron en el programa ANTIOS v2.

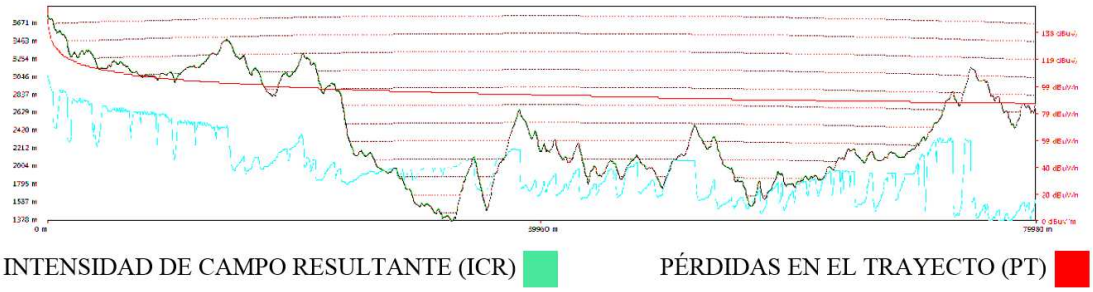
Figura 3. 3.Patrón de Radiación Horizontal y Vertical resultante para la banda UHF del arreglo de antenas



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 4 muestra el perfil para el azimuth de 0° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

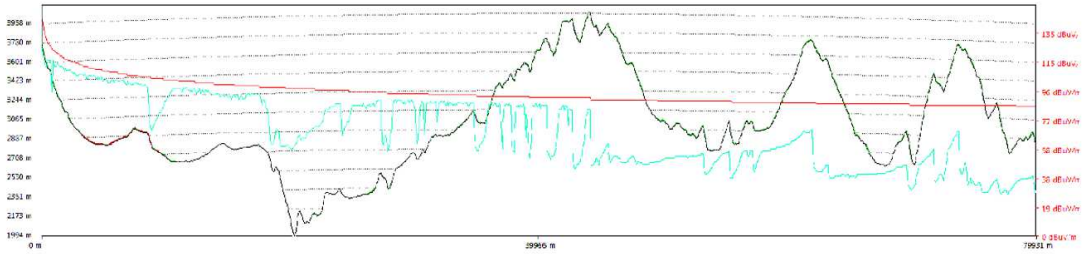
Figura 3. 4.Perfil de Terreno (Azimuth 0°)



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 5 muestra el perfil para el azimuth de 45° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 5.Perfil de Terreno (Azimuth 45°)

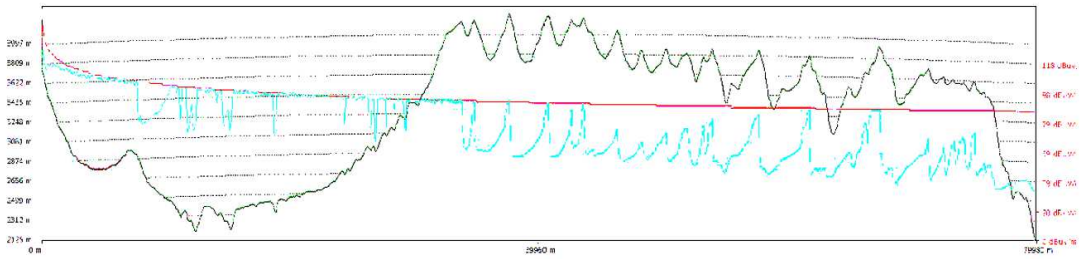


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 6 muestra el perfil para el azimuth de 90° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 6.Perfil de Terreno (Azimuth 90°)

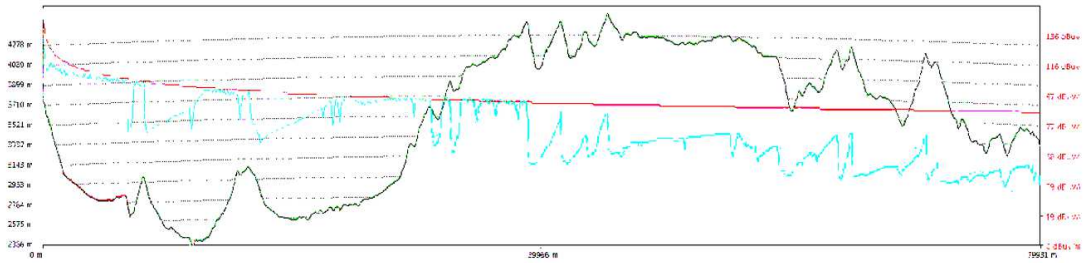


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 7 muestra el perfil para el azimuth de 135° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 7.Perfil de Terreno (Azimuth 135°)

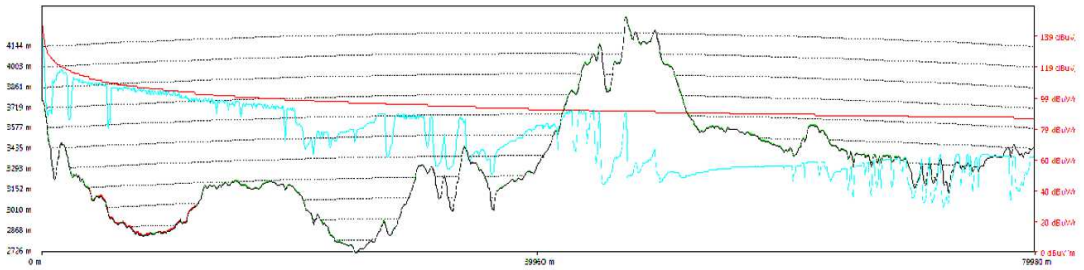


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 8 muestra el perfil para el azimuth de 180° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 8.Perfil de Terreno (Azimuth 180°)

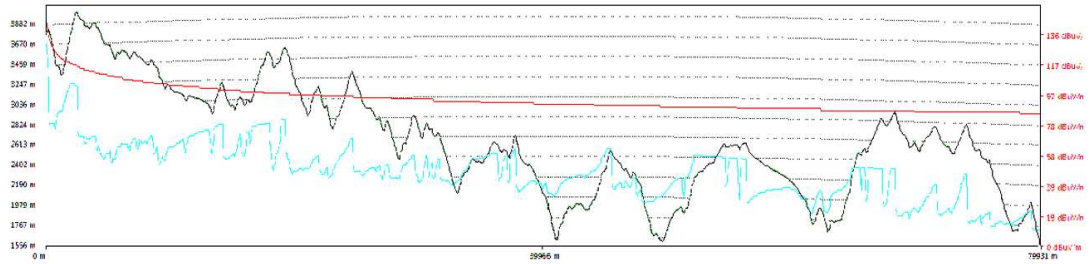


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 9 muestra el perfil para el azimuth de 225° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 9.Perfil de Terreno (Azimuth 225°)

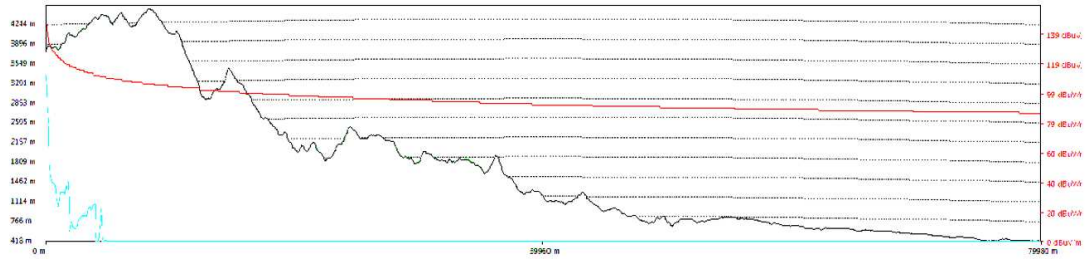


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 10 muestra el perfil para el azimuth de 270° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 10.Perfil de Terreno (Azimuth 270°)

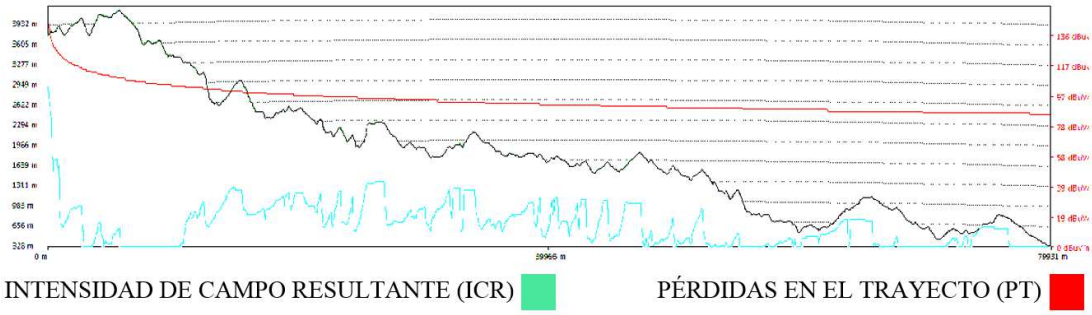


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 11 muestra el perfil para el azimuth de 0° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 11.Perfil de Terreno (Azimuth 315°)



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Tabla 3. 4 muestra el valor de la Intensidad de Campo en el Espacio Libre, con intervalos de 5 kilómetros y valores de azimuts de 45°, los valores son generados del programa ICS TELECOM.

Tabla 3. 4.Intensidad de Campo en el Espacio Libre [dBuV/m]

CERRO PICHINCHA								
INTENSIDAD DE CAMPO SEGÚN REC. UIT-R 1546-5 (09/2013)								
INTENSIDAD DE CAMPO ESPACIO LIBRE [dBuV/m]								
DISTANCIA [km]	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
5	80	104	110	110	110	104	83	75
10	74	98	104	104	104	98	77	69
15	71	95	100	101	100	95	74	66
20	68	92	98	98	98	92	71	63
25	66	90	96	96	96	90	69	61
30	65	88	94	95	94	89	68	60
35	63	87	93	93	93	87	66	58
40	62	86	92	92	92	86	65	57
45	61	85	91	91	91	85	64	56
50	60	84	90	90	90	84	63	55

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 5 indica el valor de atenuación en el trayecto, con intervalos de 5 kilómetros y azimuts de 45°°, los valores son generados del programa ICS TELECOM.

.

Tabla 3. 5.Atenuación en el Trayecto [dB]

ATENUACIÓN EN EL TRAYECTO [dB]								
DISTANCIA [Km]	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
5	0	1	3	2	2	45	84	74
10	0	8	10	25	1	35	99	89
15	33	1	12	1	4	36	104	27
20	14	33	0	20	6	45	109	28
25	36	5	0	3	17	42	99	43
30	31	0	0	0	6	46	101	34
35	40	28	30	7	28	31	105	43
40	43	0	24	35	10	49	108	45
45	32	32	32	8	32	24	104	50
50	32	33	21	21	44	47	114	57

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

El valor de la Intensidad de Campo Resultante se obtiene de la siguiente ecuación (P, 2013):

$$Intensidad\ de\ Campo\ Resultante = Intensidad\ en\ el\ espacio\ libre\ - Atenuación\ en\ el\ Trayecto \qquad (3.3)$$

Donde el valor de la Intensidad de Campo Resultante se mide en [dBuV/m]. El valor de la Intensidad en el espacio libre se mide en [dBuV/m]. El valor de la atenuación en el Trayecto se mide en [dB] (P, 2013).

La Tabla 3. 6 indica el valor de la Intensidad de Campo Resultante, con intervalos de 5 kilómetros y azimuts de 45°, cuyo valor se encuentra con la diferencia entre el valor de Intensidad de Campo en el Espacio Libre y el valor de la atenuación en el trayecto.

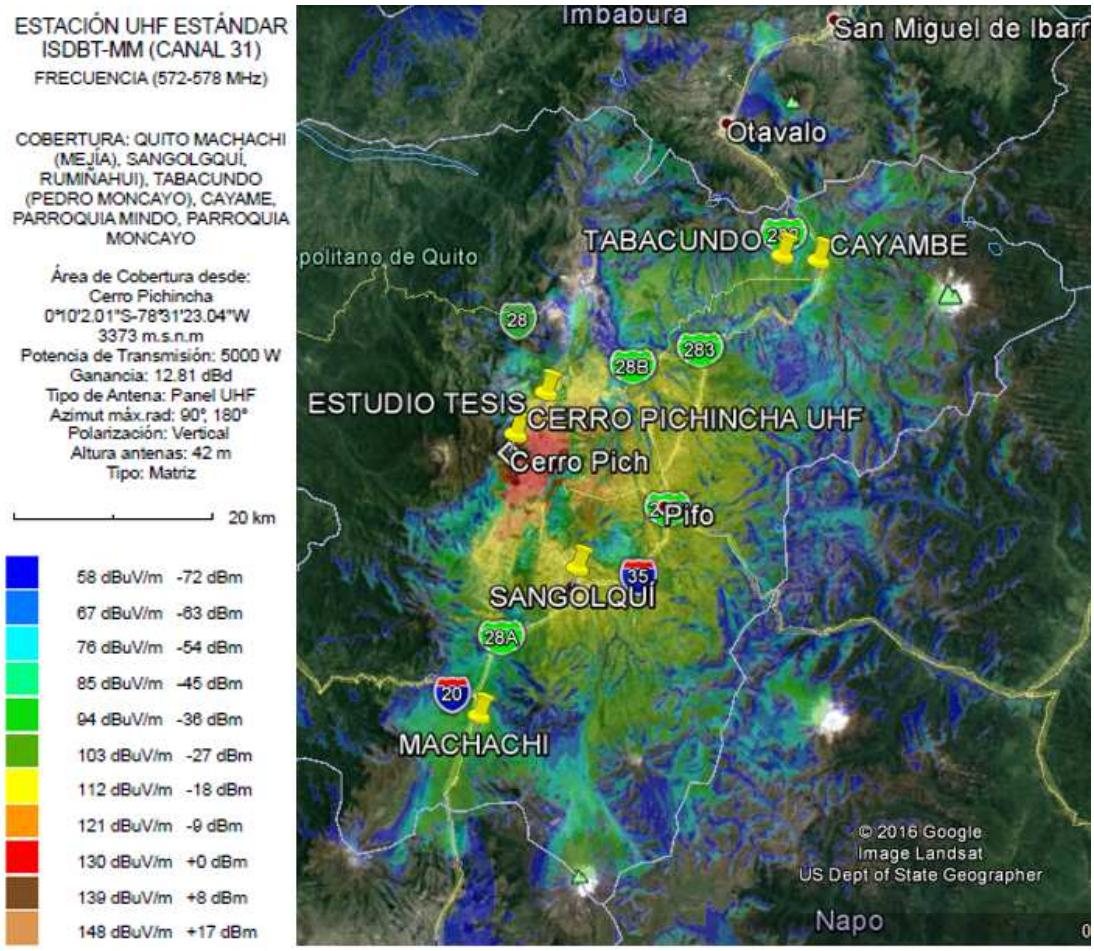
Tabla 3. 6.Intensidad de Campo Resultante [dBuV/m]

INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE [dBuV/m]								
DISTANCIA [Km]	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
5	80	103	107	108	108	60	-1	2
10	74	90	93	80	102	64	-22	-20
15	38	94	88	99	96	59	-30	39
20	55	59	98	79	92	48	-38	35
25	30	85	96	93	79	48	-30	18
30	34	88	94	95	89	43	-34	26
35	23	59	63	86	65	57	-39	16
40	20	86	67	57	82	37	-42	12
45	29	53	59	83	59	62	-40	6
50	28	52	69	69	46	37	-51	-2

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Figura 3. 12 muestra la cobertura de la banda UHF en el programa Google Earth, la cobertura es exportada desde el programa ICS TELECOM v10.0.0, este proceso en el programa Google Earth permite visualizar las zonas de sombra que se encuentran en el Distrito Metropolitano de Quito. Se cubren las ciudades y cantones que se especifica en la Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301), las ciudades y cantones son las siguientes: Quito, Machachi (Mejía), Sangolquí (Rumiñahui), Tabacundo (Pedro Moncayo), Cayambe, Parroquia Mindo, Parroquia Moncayo.

Figura 3. 12,Cobertura de la banda UHF en el programa Google Earth



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.1.1.4 Detalle de Equipos para Cobertura UHF

Desde la Tabla 3. 7 hasta la Tabla 3. 11 se presentan el detalle técnico de los equipos para el enlace entre el estudio-transmisor y la cobertura sobre las ciudades y los cantones de: Quito, Machachi (Mejía), Sangolquí (Rumiñahui), Tabacundo (Pedro Moncayo), Cayambe, Parroquia Mindo, Parroquia Moncayo.

La Tabla 3. 7 muestra una comparación entre dos marcas de antenas con características de ganancia, el tipo de polarización y la potencia máxima que ofrece en la banda UHF.

Tabla 3. 7. Características de Antenas de diferentes marcas en la banda UHF

	MARCA		
	RYMSA RF	SIRA SISTEMI RADIO	
MODELO	AT15-251	UTV-02	
GANANCIA	11.05 dB	10.5 dB	Se escogió la marca RYMSA RF debido a que presenta un mayor valor de ganancia de la antena, en la simulación realizada en el programa ICS TELECOM no se presentó problemas de zonas de cobertura con el valor de la ganancia.
POLARIZACIÓN	Vertical	Vertical	Ambas marcas presentan la misma polarización.
MÁXIMA POTENCIA	6.5 KW	2.5 KW	Se escogió la marca RYMSA RF debido a que tiene un mayor valor de potencia.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 8 muestra una comparación entre dos marcas de Splitter con características de rango de frecuencia soportado, la presión que soporta el equipo y el rango de temperatura en la banda UHF.

Tabla 3. 8.Características de Splitter de diferentes marcas en la banda UHF

	MARCA		
	RYMSA RF	SIRA SISTEMI RADIO	
MODELO	POWER SPLITTERS *ALL BANDS I,II,III,IV/V	UHF COAXIAL SPLITTERS	
RANGO DE FRECUENCIA	UHF-VHF	UHF	Se escogió la marca RYMSA RF porque puede trabajar en cualquiera de las dos bandas de frecuencias.
PRESIÓN	0.5 Bar	0.3 Bar	Se escogió la marca RYMSA RF debido a que soporta mejor la presión.
TEMPERATURA	- 40°C / +80°C	- 40°C / +70°C	Se escogió la marca RYMSA RF porque soporta un mayor rango de temperatura.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 9 muestra una comparación entre dos marcas de cable coaxial con características de potencia nominal pico soportada, velocidad de propagación relativa y temperatura de operación en la banda UHF.

Tabla 3. 9.Características de Cable Coaxial de diferentes marcas en la banda UHF

	MARCA		
	HELIFLEX	SIRA SISTEMI RADIO	
MODELO	HCA158-70J	LCF78-50JA-A0	
POTENCIA NOMINAL PICO	270 [KW]	85 [KW]	Se escogió la marca HELIFLEX debido a que soporta valores más altos de potencia.
VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN RELATIVA	95 %	90 %	Se escogió la marca HELIFLEX porque la velocidad de propagación relativa es mejor.
TEMPERATURA OPERACIÓN	- 50°C / +85°C	- 50°C / +85°C	Ambas marcas poseen el mismo valor del rango de temperatura de operación.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 10 muestra una comparación entre dos marcas de filtro con características de potencia de entrada máxima, rango de frecuencia, y conectores en la banda UHF.

Tabla 3. 10.Características de filtro de diferentes marcas en la banda UHF

	MARCA		
	SIRA SISTEMI RADIO	RYMSA RF	
MODELO	CTV/U/DVB8-05	FLDV-026	
POTENCIA DE ENTRADA MÁXIMA	500 KW	500 W	Ambas marcas tienen el mismo valor de potencia de entrada.
RANGO DE FRECUENCIA	470-862 MHZ	470-862 MHZ	Ambas marcas tienen el mismo rango de frecuencia.
CONECTORES	2 x 7/16 F 2 x 7/8 EIA 2 x 1-5/8”	2 x 7/16 F	Se escogió la marca SIRA SISTEMI RADIO debido a que ofrece mayor opciones de conectores.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 11 muestra una comparación entre dos marcas de filtro con características de potencia de entrada máxima, rango de frecuencia, y conectores en la banda UHF.

Tabla 3. 11.Características de Transmisor de diferentes marcas en la banda UHF

	MARCA		
	HITACHI	TOSHIBA	
MODELO	AT710-5K0-11	GTU18xL	
POTENCIA DE SALIDA	500 W – 2.5 KW	1 KW – 9 KW	Se escogió la marca TOSHIBA porque soporta un mayor valor de potencia
ESTÁNDARD SOPORTADO	ISDB-T	ISDB-T/TB	Se escogió la marca TOSHIBA porque soporta tanto el Estándar ISDB-T como el Estándar ISDB-TB.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

3.1.2 Cobertura en la banda VHF para la ciudad de Quito

3.1.2.1 Diseño de Cobertura para la banda VHF

Se describirá cálculos de cobertura para:

- Un canal en la banda VHF canal 10 y (192 - 198 MHz).
- No existe una norma para el Estándar ISDB-Tmm en Ecuador, por lo que no se rige a regulación, pero la cobertura de las ciudades se las toma de la Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301).

3.1.2.2 Cálculo de Cobertura para Canal VHF

La Tabla 3. 12 describirá el nombre de la ubicación donde se ubicará el transmisor, el valor de la altura que tiene el mismo, se tomará en cuenta las ciudades que establece la regulación (La Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301) para la región de Pichincha. El valor de cobertura de 58 dBuV/m se toma en cuenta según el valor de cobertura internacional que establece el reporte (ITU-R BS.2384-0 de Mayo del 2015). Los parámetros que se utilizarán para el cálculo de la cobertura según las especificaciones de la recomendación IUT-R-1546 (09/2013).

Tabla 3. 12.Datos del Sitio, RF, Sistema Radiante, Cables Conectores, y Borde de Cobertura para VHF

DATOS					
SITIO	**Sitio de transmisión:**	Cerro Pichincha			
	Altitud (m.s.n.m.):	4239			
	Cobertura principal:	P1 Quito, Machachi (Mejía), Sangolquí (Rumiñahui), Tabacundo (Pedro Moncayo), Cayambe, Parroquia Mindo, Parroquia Moncayo			
RF	**Frecuencia (canal/banda):**	195 MHz (10/192-198 MHz)			
	Potencia del transmisor:	5000 W			
	Ganancia de una antena:	1.5 dBd			
	Máxima Ganancia (dBd-del arreglo de antenas):	1.5			
	Potencia Efectiva Radiada Máxima (W):	6.262 KW			
SISTEMA RADIANTE	**Tipo de antenas:**	Antena Panel VHF 3VTV-02			
	No. de bays por azimut (cada 90°):	90°: 1	180°:1	270°: 0	360°: 0
	Número total de antenas	4			
	Separación Vertical (m):	1			
	Tilt electrónico y/o mecánico (°)	-15°			
	Altura de la torre (m)	42			
	Centro de fase del sistema radiante (m):	40			
CABLES CONECTORES	**Tipo de línea de transmisión**	HCA158_50J (Cable Coaxial)			
	Longitud total de la línea:	45 m			
	Pérdidas en línea de transmisión (dB):	0.39			
	Pérdidas en el filtro (dB)	0.05			
	Pérdidas en latiguillos + distribución (dB)	0.08			
Borde de cobertura 58 dBuV/m (ITU-R BS.2384-0)					

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

El valor de la potencia radiada efectiva se encuentra utilizando la siguiente ecuación (ARCOTEL, 2015):

$$P.E.R(kW) = P_T(kW)10^{\left[\frac{G(dBd)-Pérdidas(dB)}{10}\right]} \tag{3.4}$$

Donde P.E.R es el valor de la potencia efectiva radiada medida en vatios. $P_T(kW)$ representa el valor de la potencia de salida del transmisor. $G(dBd)$ muestra el valor de la ganancia del arreglo del sistema radiante. $Pérdidas(dB)$ corresponde a las pérdidas de la línea de transmisión, pérdida en los conectores, pérdida en el Splitter, pérdida en el filtro (ARCOTEL, 2015).

El valor de la ganancia se obtiene a partir del patrón de radiación horizontal de la Figura 3. 13:

$$Ganancia(dBd) = Ganancia\ por\ Azimuth\ - Pérdidas(dB) \tag{3.5}$$

Donde Ganancia por Azimuth es el valor de la ganancia que adquiere en cada uno de los azimuth desde 0° hasta 360°, con intervalos de 45°. $Pérdidas(dB)$ representan las pérdidas de la línea de transmisión, pérdida en los conectores, pérdida en el Splitter, pérdida en el filtro.

La Tabla 3. 13 muestra los valores de ganancia y potencia efectiva radiada para cada azimut en base a la recomendación UIT-R 1546-5 (09/2013).

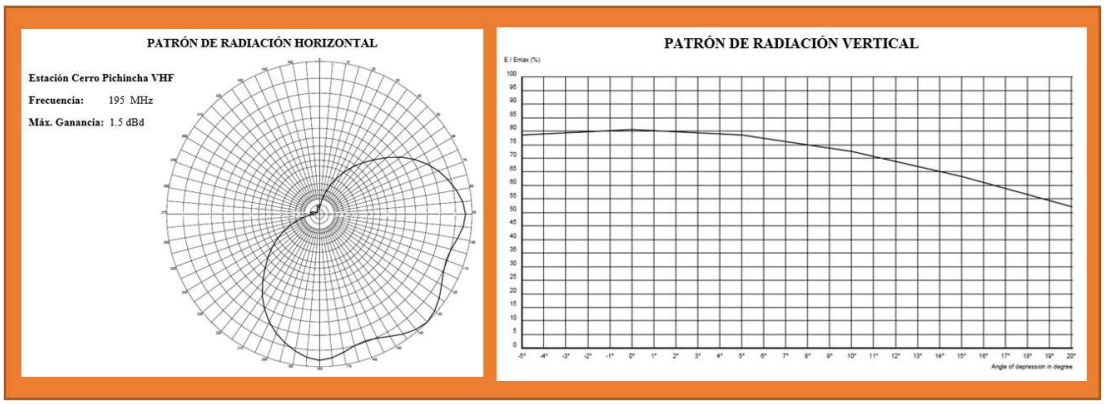
Tabla 3. 13.Valores de Ganancia en (dBd) y P.E.R. (W) en azimuts de 45°

Azimut	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
Ganancia (dBd)	- 28.5	- 4.7	1.1	1.5	1.1	- 4.5	- 25.5	- 33.5
P.E.R. (W)	6.262	1502.36	5711.826	6262.893	5711.826	1573.167	12.496	1.98

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Figura 3. 13 muestra al patrón de radiación horizontal y vertical para la banda VHF, cuyo valor de frecuencia es 195 [MHz], normalizado a 0 dB y sin Tilt, cuyos parámetros se colocaron en el programa ANTIOS v2.

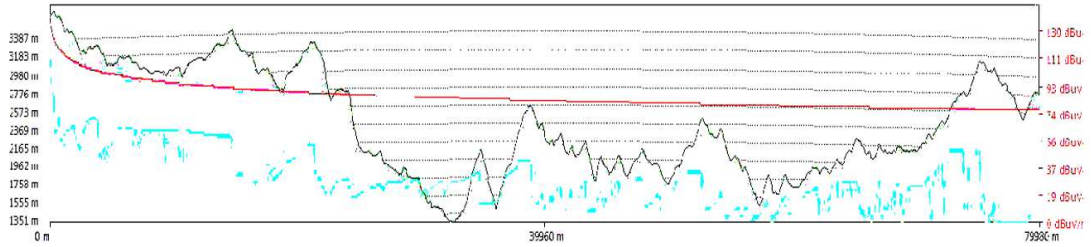
Figura 3. 13.Patrón de Radiación Horizontal y Vertical resultante para la Banda VHF del arreglo de antenas



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3.14 muestra el perfil para el azimuth de 0° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 14.Perfil de Terreno (Azimuth 0°)

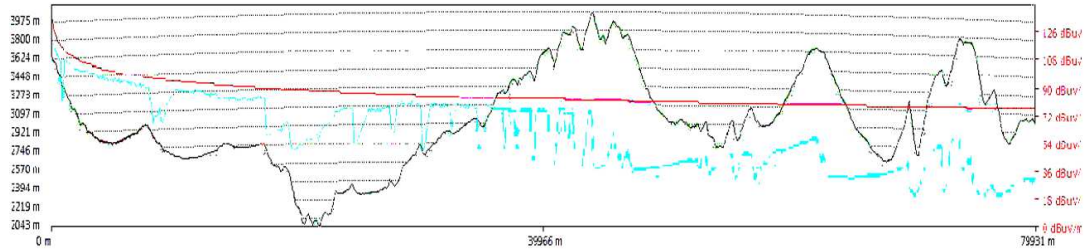


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 15 muestra el perfil para el azimuth de 45° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 15.Perfil de Terreno (Azimuth 45°)

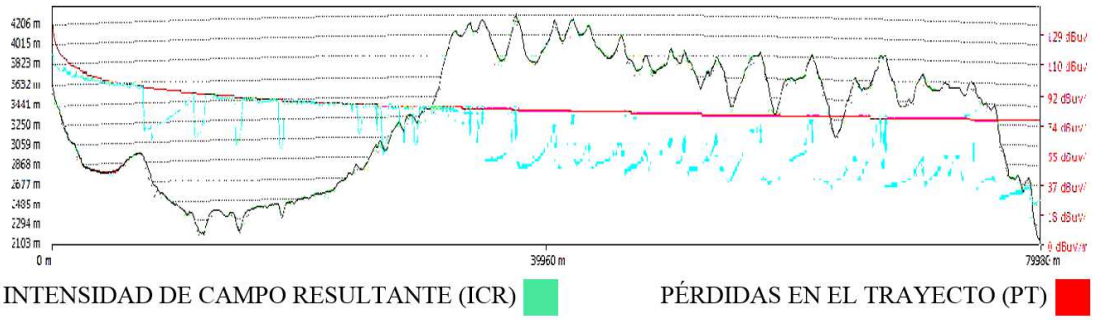


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 16 muestra el perfil para el azimuth de 90° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 16.Perfil de Terreno (Azimuth 90°)

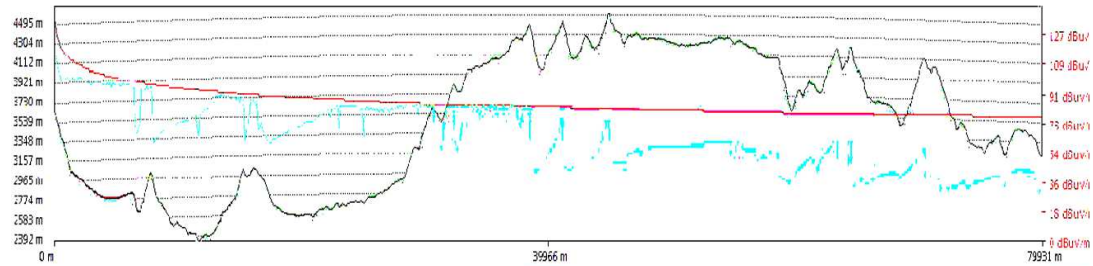


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 17 muestra el perfil para el azimuth de 135° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 17.Perfil de Terreno (Azimuth 135°)

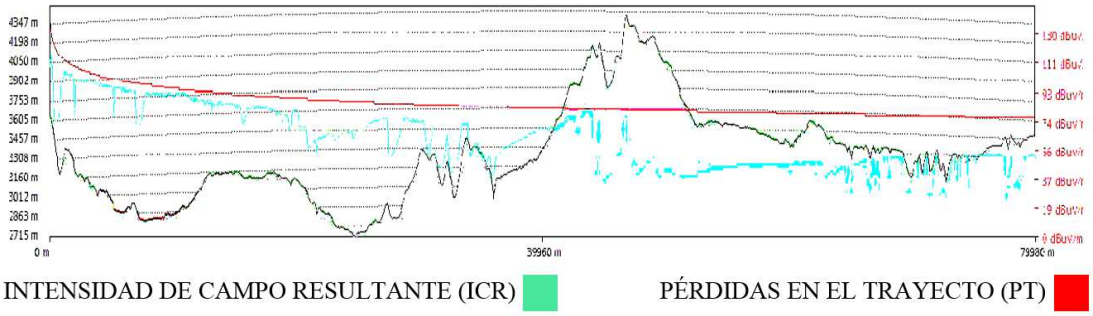


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 18 muestra el perfil para el azimuth de 180° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 18.Perfil de Terreno (Azimuth 180°)

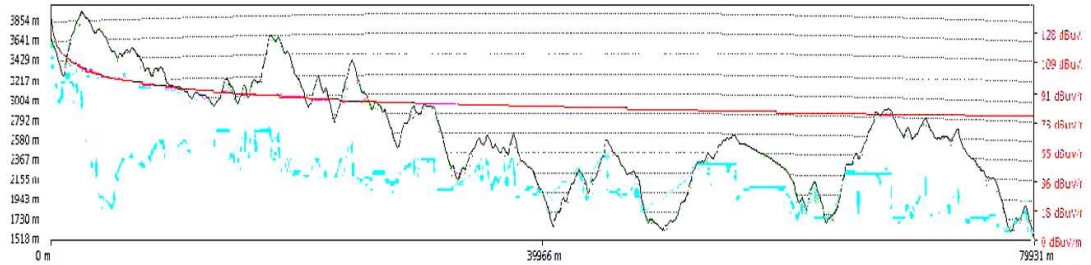


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 19 muestra el perfil para el azimuth de 225° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 19.Perfil de Terreno (Azimuth 225°)

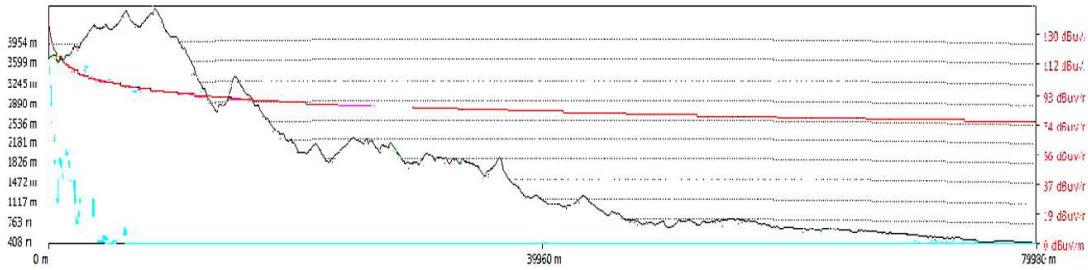


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 20 muestra el perfil para el azimuth de 270° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 20.Perfil de Terreno (Azimuth 270°)

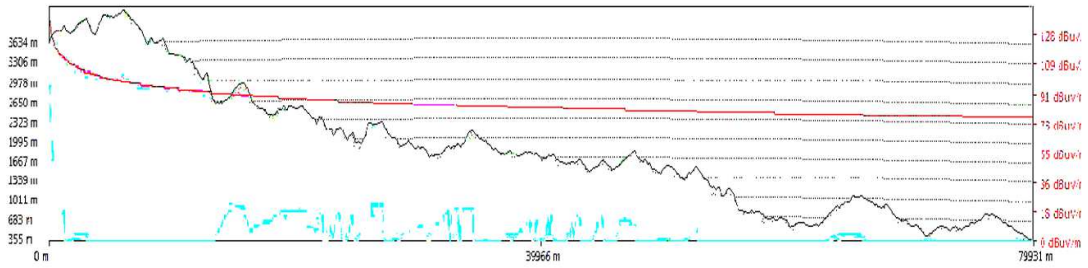


INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 21 muestra el perfil para el azimuth de 0° a una distancia máxima de 50 km, se puede apreciar el valor de la intensidad de campo resultante y las pérdidas en el trayecto.

Figura 3. 21.Perfil de Terreno (Azimuth 315°)



INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE (ICR) PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO (PT)

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Tabla 3. 14 muestra el valor de la Intensidad de Campo en el Espacio Libre, con intervalos de 5 kilómetros y valores de azimuts de 45°, los valores son generados del programa ICS TELECOM.

Tabla 3. 14.Intensidad de Campo en el Espacio Libre [dBuV/m]

CERRO PICHINCHA								
INTENSIDAD DE CAMPO SEGÚN REC. UIT-R 1546-5 (09/2013)								
INTENSIDAD DE CAMPO ESPACIO LIBRE [dBuV/m]								
DISTANCIA [Km]	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
5	73	96	102	103	102	97	76	68
10	67	90	96	97	96	91	70	62
15	63	87	93	93	93	87	66	58
20	61	84	90	91	90	85	64	56
25	59	82	88	89	88	83	62	54
30	57	81	87	87	87	81	60	52
35	56	79	85	86	85	80	59	51
40	54	78	84	84	84	78	57	49
45	53	77	83	83	83	77	56	48
50	53	76	82	83	82	77	56	48

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 15 indica el valor de atenuación en el trayecto, con intervalos de 5 kilómetros y azimuts de 45°, los valores son generados del programa ICS TELECOM.

Tabla 3. 15.Atenuación en el Trayecto [dB]

ATENUACIÓN EN EL TRAYECTO [dB]								
DIST (km)	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
5	18	0	4	5	6	76	82	82
10	4	4	16	23	5	35	91	95
15	32	2	33	4	8	36	88	34
20	16	33	1	19	9	43	94	36
25	40	24	19	7	20	45	88	57
30	40	2	1	4	12	37	92	43
35	42	29	23	3	31	40	103	53
40	44	3	25	31	15	47	97	56
45	38	40	31	36	47	25	97	35
50	40	36	18	24	40	49	104	50

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

El valor de la Intensidad de Campo Resultante se obtiene de la siguiente ecuación (P, 2013):

$$Intensidad\ de\ Campo\ Resultante = Intensidad\ en\ el\ espacio\ libre - Atenuación\ en\ el\ Trayecto \qquad (3.6)$$

Donde el valor de la Intensidad de Campo Resultante se mide en [dBuV/m]. El valor de la Intensidad en el espacio libre se mide en [dBuV/m]. El valor de la atenuación en el Trayecto se mide en [dB] (P, 2013).

La Tabla 3. 16 indica el valor de la Intensidad de Campo Resultante, con intervalos de 5 kilómetros y azimuts de 45°, cuyo valor se encuentra con la diferencia entre el valor de Intensidad de Campo en el Espacio Libre y el valor de la atenuación en el trayecto.

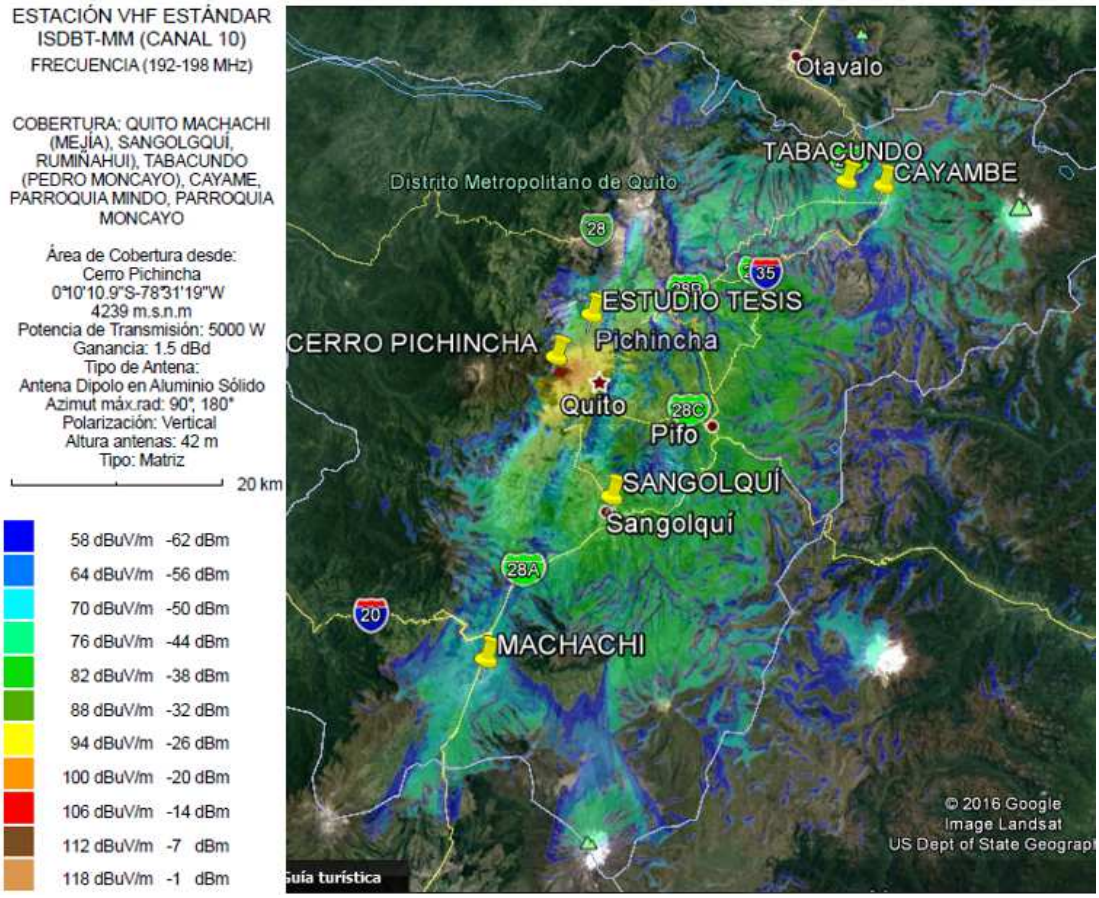
Tabla 3. 16.Intensidad de Campo resultante [dBuV/m]

INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE [dBuV/m]								
DIST (km)	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
5	55	96	98	97	96	20	-6	-15
10	63	86	80	73	91	55	-21	-34
15	31	84	60	89	85	51	-22	24
20	45	51	89	72	81	42	-31	19
25	18	58	69	81	68	38	-26	-3
30	17	79	86	83	74	44	-32	9
35	14	50	62	83	55	40	-44	-3
40	10	75	59	53	70	32	-40	-7
45	16	37	52	48	36	53	-40	14
50	12	40	64	59	42	28	-48	-3

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

En la Figura 3. 22, la cobertura es exportada desde el programa ICS TELECOM v10.0.0 hacia el programa Google Earth, permite visualizar las zonas de sombra de la cobertura en VHF, que se encuentren en el Distrito Metropolitano de Quito. A pesar que no existe una norma establecida para el estándar ISDB-Tmm, se cubren las ciudades y cantones que se especifica en la Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301), las ciudades y cantones son las siguientes: Quito, Machachi (Mejía), Sangolquí (Rumiñahui), Tabacundo (Pedro Moncayo), Cayambe, Parroquia Mindo, Parroquia Moncayo.

Figura 3. 22.Cobertura de la banda VHF en el programa Google Earth



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.1.2.3 Detalle de Equipos para Cobertura VHF

Desde la Tabla 3. 17 hasta la Tabla 3. 21 Tabla 3. **18¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**se presentan el detalle técnico de los equipos para el enlace entre el estudio-transmisor para la banda VHF y la cobertura sobre las ciudades y los cantones de: Quito, Machachi (Mejía), Sangolquí (Rumiñahui), Tabacundo (Pedro Moncayo), Cayambe, Parroquia Mindo, Parroquia Moncayo.

La Tabla 3. 17 muestra una comparación entre dos marcas de antenas con características de ganancia, el tipo de polarización y la potencia máxima que ofrece en la banda VHF.

Tabla 3. 17.Características de Antenas de diferentes marcas en la banda VHF

	MARCA		
	ALDENA	SIRA SISTEMI RADIO	
MODELO	ADB010421x	3VTV-02	
GANANCIA	1.5 dB	8 dB	Se escogió la marca ALDENA porque en la simulación realizada en el programa ICS TELECOM se necesitaba un valor bajo de ganancia, debido a que con valores de ganancia altos cubría zonas que por normativa no debían ser cubiertas y esto conlleva a sanciones económicas.
POLARIZACIÓN	Vertical	Vertical	Ambas marcas presentan la misma polarización.
MÁXIMA POTENCIA	3.5 KW	2.5 KW	Se escogió la marca ALDENA debido a que tiene un mayor valor de potencia.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 18 muestra una comparación entre dos marcas de Splitter con características de rango de frecuencia soportado, la presión que soporta el equipo y el rango de temperatura en la banda VHF.

Tabla 3. 18.Características de Splitter de diferentes marcas en la banda VHF

	MARCA		
	RYMSA RF	SIRA SISTEMI RADIO	
MODELO	POWER SPLITTERS *ALL BANDS I,II,III,IV/V	VHF-B3 COAXIAL SPLITTERS	
RANGO DE FRECUENCIA	UHF-VHF	UHF	Se escogió la marca RYMSA RF porque puede trabajar en cualquiera de las dos bandas de frecuencias.
PRESIÓN	0.5 Bar	0.3 Bar	Se escogió la marca RYMSA RF debido a que soporta mejor la presión.
TEMPERATURA	- 40°C / +80°C	- 40°C / +70°C	Se escogió la marca RYMSA RF porque soporta un mayor rango de temperatura.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 19 muestra una comparación entre dos marcas de cable coaxial con características de potencia nominal pico soportada, velocidad de propagación relativa y temperatura de operación en la banda VHF.

Tabla 3. 19.Características de Cable Coaxial de diferentes marcas en la banda VHF

	MARCA		
	HELIFLEX	CELLFLEX	
MODELO	HCA158-70J	LCF78-50JA-A0	
POTENCIA NOMINAL PICO	270 [KW]	85 [KW]	Se escogió la marca HELIFLEX debido a que soporta valores más altos de potencia.
VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN RELATIVA	95 %	90 %	Se escogió la marca HELIFLEX porque la velocidad de propagación relativa es mejor.
TEMPERATURA OPERACIÓN	- 50°C / +85°C	- 50°C / +85°C	Ambas marcas poseen el mismo valor del rango de temperatura de operación.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 20 muestra una comparación entre dos marcas de filtro con características de potencia de entrada máxima, rango de frecuencia, y conectores en la banda VHF.

Tabla 3. 20.Características de filtro de diferentes marcas en la banda VHF

	MARCA		
	SIRA SISTEMI RADIO	EXIR BROADCASTING	
MODELO	CTV/B3/DAB6-1.2	BPF3-6C20-AB00	
POTENCIA DE ENTRADA MÁXIMA	1.2 KW	2 KW	Se escogió la opción de SIRA SISTEMI RADIO porque se necesita filtrar el valor de 1 KW.
RANGO DE FRECUENCIA	174-240 MHZ	174-240 MHZ	Ambas marcas tienen el mismo rango de frecuencia.
IMPEDANCIA	50	50	Ambas marcas tienen el mismo valor de impedancia.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 21 muestra una comparación entre dos marcas de filtro con características de potencia de entrada máxima, rango de frecuencia, y conectores en la banda VHF.

Tabla 3. 21.Características de Transmisor de diferentes marcas en la banda VHF

	MARCA		
	HITACHI	NEC	
MODELO	MPTV-8000-V3	DTV-H20	
POTENCIA DE SALIDA	1.5 KW – 3.6 KW	1.3 KW – 15. KW	Se escogió la marca NEC porque soporta un mayor valor de potencia
STANDARD SOPORTADO	ISDB-T	ISDB-T/TB	Se escogió la marca NEC porque soporta tanto el Estándar ISDB-T como el Estándar ISDB-TB.

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

3.2 Descripción de uso del Canal Auxiliar

Para el diseño del canal auxiliar se debe considerar los servicios que cubre el SIS ECU 911 frente a los desastres naturales más comunes que se presentan en Ecuador, priorizando para el análisis los fenómenos naturales que se realizan en la ciudad de Quito. Se analiza además los formatos visualización de la información para la alerta de emergencias.

En la Tabla 3. 22, el número mínimo de segmentos utilizados para la transmisión es de 13 segmentos, que corresponde al número de segmentos que utiliza la transmisión de video digital. En Japón utilizan todo el espectro disponible para la banda VHF, cuyo valor es 14.5 [MHz], dentro del espacio de espectro caben 33 segmentos (ARIB STD-B46, 2012). Si en el Distrito Metropolitano de Quito, se llegase a utilizar todo el espectro disponible para la banda VHF, se tendría 42 [MHz], en el espacio del espectro caben 293 segmentos.

Tabla 3. 22.Disponibilidad de la banda VHF y Número de Segmentos mínimo y máximo para Japón y Ecuador

PAÍS	BANDA VHF			NÚMERO DE SEGMENTOS	
	Frecuencia Inicial [MHz]	Frecuencia Final [MHz]	Disponibilidad de la Banda [MHz]	Mínimo	Máximo
Japón	207.5	222	14.5	13	33
Quito	174	216	42		293

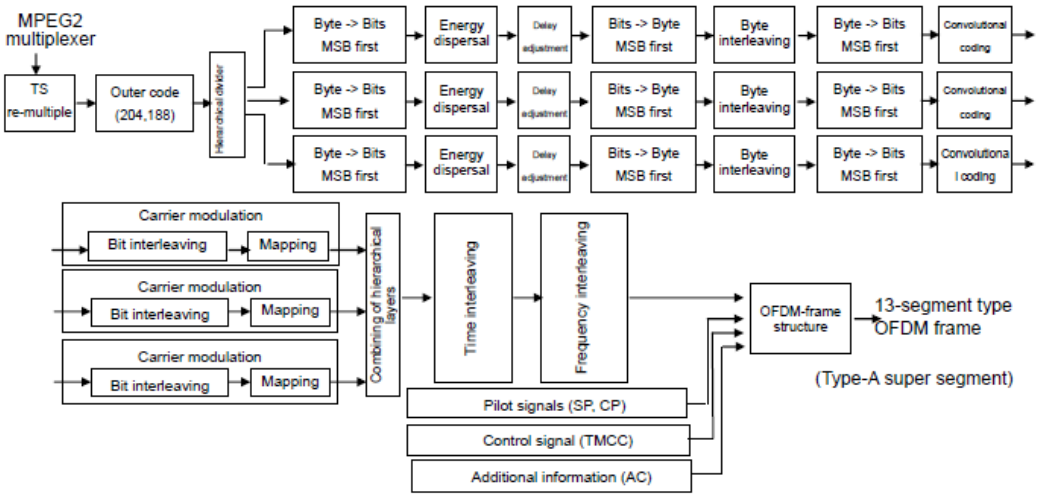
Fuente: (ARIB STD-B46, 2012). Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La trama OFDM se compone varias señales que se encuentran multiplexadas, entre las que se puede mencionar las siguientes (ARIB STD-B46, 2012):

- La señal de formato de video (MPEG-2).
- Las señales piloto (SP) y (CP).
- La señal de control de configuración de multiplexación transmisión (TMCC).
- La señal del canal auxiliar (AC).

La Figura 3. 23 muestra la multiplexación de las señales que conforman la trama OFDM de tipo 13 segmentos, utilizada para la transmisión de video digital (ARIB STD-B46, 2012).

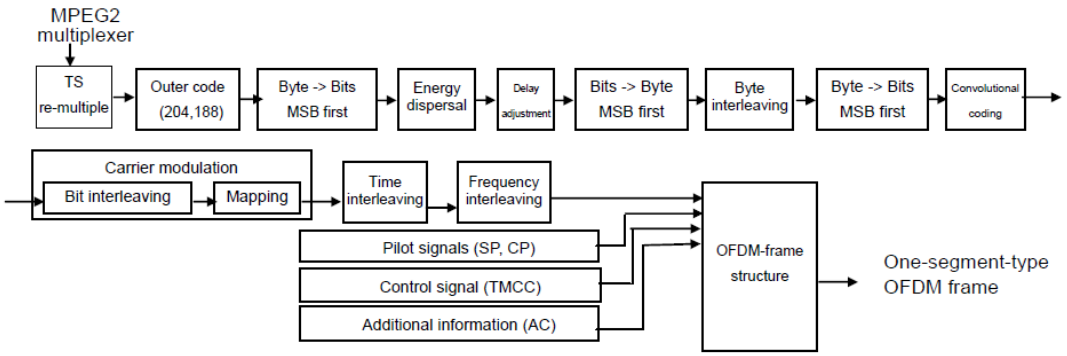
Figura 3. 23.Trama OFDM para Tipo 13 segmentos



Fuente: (ARIB STD-B46, 2012)

La Figura 3. 24 indica la multiplexación de las señales que conforman la trama OFDM de tipo 1 segmento, utilizada para la transmisión de audio digital (ARIB STD-B46, 2012).

Figura 3. 24.Trama OFDM para Tipo 1 segmento



Fuente: (ARIB STD-B46, 2012)

3.2.1 Descripción del Canal Auxiliar para el Distrito Metropolitano de Quito

El canal auxiliar brinda información de alerta de emergencias, entre las principales emergencias que se presentan están los deslaves, erupciones volcánicas y terremotos para el Distrito Metropolitano de Quito. Dentro de su estructura y para mostrar las emergencias utilizaría 204 bits, la distribución de los bits se realiza de la siguiente manera:

- Bit 0, es utilizado como señal de referencia para la demodulación de símbolos que serán utilizados para el servicio del Distrito Metropolitano de Quito.
- El rango de bits del 1 al 3, puede llegar a tener los siguientes valores: 000, 010, 011, 100, 101, 111, 001, 110. Cuando el rango de bits tiene los valores 000, 010, 011, 100, 101, 111, transmite información adicional, que tiene control sobre la transmisión de la onda. Cuando el rango de bits tiene el valor es 001 o 110, transmite la información de alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas.
- El rango de bits del 4 al 16, puede tener cuatro valores: 00, 11, 10 o 01. Cuando el valor del rango es 00, muestra la información detallada disponible de alerta de deslaves, terremotos o erupciones volcánicas. Cuando el valor del rango es 11, señala la información detallada que no se encuentra disponible

para la alerta de erupciones volcánicas, terremotos o deslaves. Cuando el valor del rango es 10 o 01, no se utiliza. Además cabe recalcar que se incluye una señal de prueba para información detallada de alerta de terremotos, deslaves, o erupciones volcánicas.

- El rango de bits del 17 al 18, muestra la bandera de inicio y la bandera de finalización de la información de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos.
- El rango de bits del 19 al 20, indica la bandera de actualización de la información de alerta de deslaves, erupciones volcánicas o terremotos.
- El rango de bits del 21 al 23, cuando el rango tiene el valor 000, muestra la información detallada de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos en áreas objetivas dentro de áreas de radiodifusión; cuando el rango tiene el valor 001, indica la información detallada de alerta de deslaves, erupciones volcánicas o terremotos en áreas que no son objetivas dentro de áreas de radiodifusión; cuando el rango tiene el valor 010, exhibe la prueba de la señal para información detallada de alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas en áreas objetivas dentro de áreas de radiodifusión; cuando el rango tiene el valor 011, muestra la prueba de la señal para información detallada de alerta de deslaves, terremotos o erupciones volcánicas en áreas que no son objetivas dentro de áreas de radiodifusión; cuando el rango tiene los valores 100, 101, 110, se lo utiliza con carácter reservado; cuando el rango tiene el valor 111, indica que la información detallada de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos no se encuentra disponible.
- Rango de bits del 24 al 54, indica la información de la hora actual cuando la alerta de deslaves, terremotos o erupciones volcánicas se produce.
- Bit 55, indica la clasificación de página. El código se emplea para identificar los tipos de información de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas.
- Desde el bit 56 al bit 87 se asignan las parroquias urbanas, mientras que desde el bit 88 hasta el bit 111 se utiliza para parroquias rurales. La Tabla 3. 23 muestra la clasificación de la página 0 cuando el valor del bit 55 es cero, de la siguiente manera:

Tabla 3. 23.Información para alerta de emergencias clasificación de la Página 0

BIT	PARROQUIA	BIT	PARROQUIA	BIT	PARROQUIA
B_{56}	Belisario Quevedo	B_{75}	La Libertad	B_{94}	Checa
B_{57}	Carcelén	B_{76}	La Magdalena	B_{95}	Conocoto
B_{58}	Centro Histórico	B_{77}	La Mena	B_{96}	Cumbayá
B_{59}	Chilibulo	B_{78}	Mariscal Sucre	B_{97}	El Quinche
B_{60}	Chillogallo	B_{79}	Ponceano	B_{98}	Gualea
B_{61}	Chimbacalle	B_{80}	Puengasí	B_{99}	Guangopolo
B_{62}	Comité del Pueblo	B_{81}	Quitumbe	B_{100}	Guayllabamba
B_{63}	Concepción	B_{82}	Rumipamba	B_{101}	La Merced
B_{64}	Cochapamba	B_{83}	San Bartolo	B_{102}	Llano Chico
B_{65}	Cotocollao	B_{84}	San Juan	B_{103}	LLoa
B_{66}	El Condado	B_{85}	San Isidro del Inca	B_{104}	Nanegal
B_{67}	Guamaní	B_{86}	Solanda	B_{105}	Nayón
B_{68}	Iñaquito	B_{87}	Turubamba	B_{106}	Pintag
B_{69}	Itchimbía	B_{88}	Alangasí	B_{107}	Pomasqui
B_{70}	Jipijapa	B_{89}	Amaguaña	B_{108}	Tababela
B_{71}	Kennedy	B_{90}	Atahualpa	B_{109}	Tumbaco
B_{72}	La Argelia	B_{91}	Calacalí	B_{110}	Yaruquí
B_{73}	La Ecuatoriana	B_{92}	Calderón	B_{111}	Zambiza
B_{74}	La Ferroviaria	B_{93}	Chavezpamba		

Fuente: (Quito Alcaldía, 2016)

- La Tabla 3. 24 muestra la clasificación de la Página 1. La identificación de la información de alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas para el bit 57 debe ser “0” si la información de alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas se transmite primero, mientras que debe ser “1” si la información es segunda. Cuando el valor del bit 55 es uno, es decir la distribución de bits del 56 al 111 de la siguiente manera:

Tabla 3. 24.Información para alerta de emergencias clasificación de la Página 1

Asignación de Bit	Descripción	
B_{56}	Cantidad total de información de Alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas.	Utilizado para identificar el número total de información de alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas que se transmite.
B_{57}	Identificación de la información de deslaves, erupciones volcánicas o terremotos	Identifica la información de alerta de deslaves, erupciones volcánicas o terremotos que se transmite.
$B_{58} - B_{66}$	Identificación de terremotos, erupciones volcánicas o deslaves	Identifica el mensaje de alerta de terremotos, erupciones volcánicas o deslaves.
B_{67}	Tipo de información	Utilizado para identificación de tipos de alertas emergencias. “0” indica que la información muestra que la alerta de erupciones volcánicas, terremotos o deslaves fue emitida. “1” señala que la información indica que la alerta de erupciones volcánicas, terremotos o deslaves fue cancelada.
B_{68}	Bandera de Latitud Norte y Latitud Sur	“0” muestra Latitud Norte. “1” indica Latitud Sur.
$B_{69} - B_{78}$	Información de Latitud	Dominio utilizado para indicar la latitud del epicentro del desastre natural, y el valor se determinará por 10 veces la latitud, expresado usando el sistema binario.
B_{79}	Bandera de Longitud Este y Longitud Oeste	“0” muestra Longitud Este. “1” indica Longitud Oeste.
$B_{80} - B_{90}$	Información de Longitud	Dominio utilizado para indicar la longitud del epicentro del desastre natural, y el valor se determinará por 10 veces la longitud, expresado usando el sistema binario.
$B_{91} - B_{100}$	Información de la profundidad	Señala la profundidad del epicentro del desastre natural. El valor será la profundidad en km, expresado usando el sistema binario.
$B_{101} - B_{110}$	Hora que ocurre	Indica la hora que ocurre la alerta de terremotos, deslaves o erupciones volcánicas.
B_{111}	Reservado	Debe ser “1”.

Fuente: (ARIB STD-B46, 2012)

- Cuando la bandera de inicio o finalización tiene el valor “11”, la identificación de la señal “111” se alimenta. La Tabla 3. 25 indica el caso cuando la identificación de la señal tiene el valor 111 de la siguiente manera:

Tabla 3. 25.Información Detallada de Alerta de terremotos, erupciones volcánicas, deslaves cuando la señal tiene el valor 111

Asignación de Bit	Descripción	
$B_{24} - B_{55}$	Reservado	Debe ser “1” en todos los casos.
$B_{56} - B_{66}$	Identificación de organizaciones de radiodifusión de Televisión Digital en el Distrito Metropolitano de Quito	Código usado para identificar organizaciones de radiodifusión de Televisión Digital en el Distrito Metropolitano de Quito.
$B_{67} - B_{111}$	Reservado	Debe ser “1” en todos los casos.

Fuente: (ARIB STD-B46, 2012)

- El rango de bits del 112 al 121, se utiliza para CRC, es decir verificación de redundancia cíclica para la alerta de erupciones volcánicas, terremotos o deslaves.
- El rango de bits del 122 al 203, es empleado para bits de paridad en la alerta de terremotos, erupciones volcánicas o deslaves.

La Tabla 3. 26 contiene información referente al tipo de modulación, al número de segmentos que ocupa, así como el ancho de banda para movilidad, portabilidad y recepción fija:

Tabla 3. 26.Modulación, Número de Segmentos, Ancho de Banda con respecto a la Resolución de Definición de Televisión

Resolución	Modulación	Número Segmentos Ocupados	Ancho de Banda Ocupado [MHz]
One-seg	QPSK	1	0.467
SDTV	16 Q AM	3	1.324
HDTV	64 Q AM	9	3.895

Fuente: (Nunzio, 2010). Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.2.3 Transmisión de Video utilizando MPEG-2

La visualización de la información de los desastres naturales que se presenten en la ciudad de Quito, se la realizaría utilizando el formato de video GRUPO DE EXPERTOS DE IMAGEN EN MOVIMIENTO VERSIÓN 2 (MPEG-2) debido a que el estándar soporta el mencionado formato y su ancho de banda es menor al que

ocupa un canal físico, que son los 6 MHz según lo establece la normativa de vigente (RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301).

La Tabla 3. 27 describe las consideraciones técnicas del canal auxiliar, como es el ancho de banda que ocupa el formato de video digital MPEG-2 y la tasa de transmisión para el tipo 1 segmento, y tipo 13 segmentos.

Tabla 3. 27.Ancho de Banda y Tasa de Transmisión del Formato de Video MPEG-2

FORMATO DE VIDEO	ANCHO DE BANDA [MHZ]	TASA DE TRANSMISIÓN	
		TIPO 1-SEGMENTO [Mbps]	TIPO 13-SEGMENTOS [Mbps]
MPEG-2	1.5	2	32

Fuente: (Medina, 2014), Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.2.4 Enlace SIS ECU 911 y Transmisor

Se plantea tres opciones para realizar el enlace entre el SIS ECU 911 y el trasmisor:

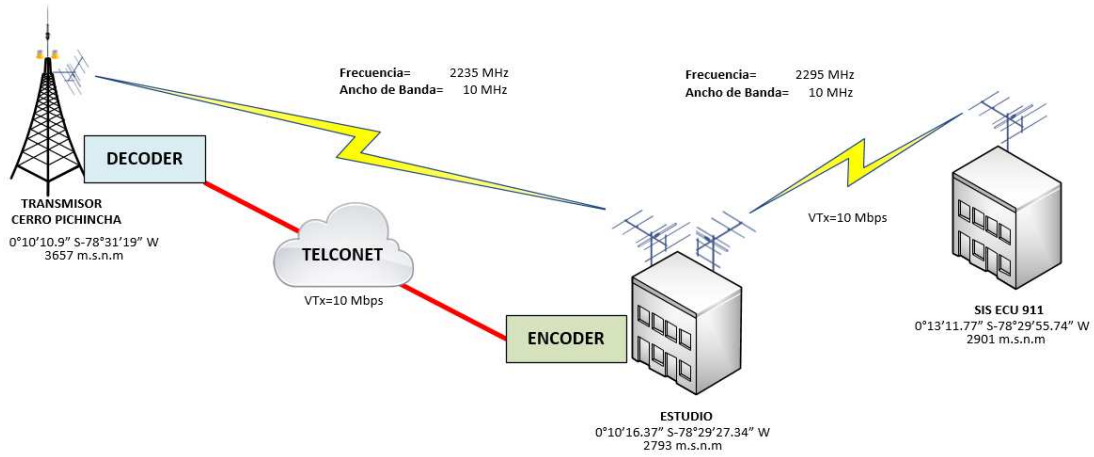
- Enlace Radioeléctrico Digital.
- Enlace utilizando los servicios de TELCONET.
- Enlace empleando cualquier proveedor de servicios de Internet (ISP).

3.2.4.1 Enlace Radioeléctrico Digital SIS ECU 911 con el Transmisor

La Figura 3. 25 muestra las condiciones para propiciar el enlace radioeléctrico digital:

- Se debe utilizar el espectro electromagnético para la banda VHF.
- Se debe concursar para adquirir una frecuencia.
- Es susceptible a mayor interferencia.
- La ubicación de los Estudios debe tener línea de vista directa con SIS ECU 911, el problema radica cuando el enlace se debe trasladar al Cerro Pichincha.
- Las estaciones llegan al Cerro Pichincha a través del aire utilizando enlaces dedicados.

Figura 3. 25.Enlace Radioeléctrico Digital SIS ECU 911-Transmisor



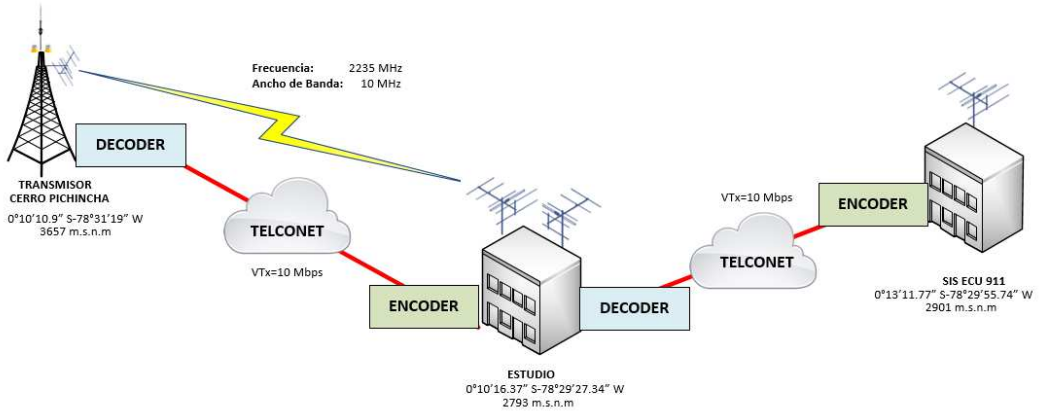
Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.2.4.2 Enlace SIS ECU 911 con el Transmisor utilizando servicio de transporte de datos TELCONET

La Figura 3. 26 indica las condiciones para establecer el enlace utilizando el servicio de trasporte de datos TELCONET son las siguientes:

- Se puede utilizar fibra óptica o cobre.
- Se contrata enlace digital dedicado.

Figura 3. 26.Enlace SIS ECU 911 - Transmisor utilizando servicio de TELCONET

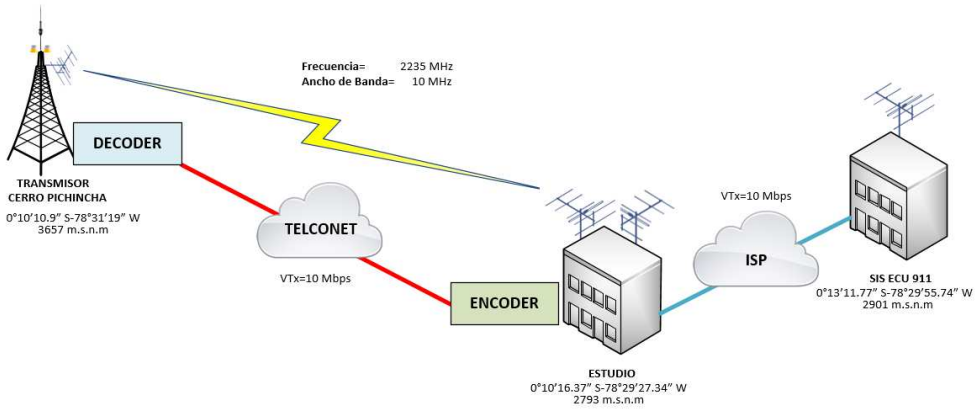


Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.2.4.3 Enlace SIS ECU 911 con el Transmisor utilizando servicio de cualquier ISP

La Figura 3. 27 muestra que se puede hacer uso de los servicios de Internet de cualquier PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET (ISP) entre el Estudio y el SIS ECU 911, tomando en cuenta aspectos tales como económico, tasa de compartición, velocidad de transmisión.

Figura 3. 27.Enlace SIS ECU 911 con el Transmisor utilizando servicio de cualquier ISP



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Tabla 3. 28 describe la velocidad de transmisión, la tasa de compartición, el costo de diferentes proveedores de servicio de internet.

Tabla 3. 28.Costo por Velocidad con Tasa de Compartición de acuerdo a ISP

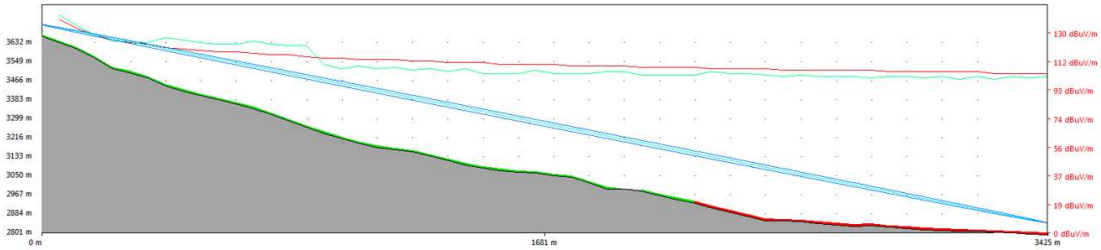
ISP	VELOCIDAD [Mbps]	TASA COMPARTICIÓN	COSTO USD	
CLARO	30	2:1	92.26	
GRUPO TV CABLE	9.3	1:1	509.9	
NETLIFE	20	2:1	102.58	
TELCONET	10	1:1	Backbone Radial	Backbone Fibra Óptica + última milla fibra óptica
			160	120

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

3.2.4.4 Presupuesto del Enlace Digital

Para el diseño del presupuesto del enlace digital entre SIS ECU 911 y el Transmisor ubicado en el Cerro Pichincha, la Figura 3. 28 muestra la línea de vista directa entre el Cerro Pichincha y el Estudio, especificando que Teleamazonas se toma como referencia para el Estudio.

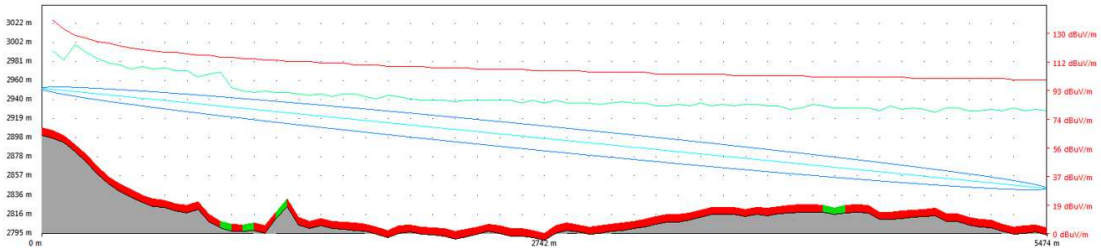
Figura 3. 28.Línea de Vista Directa entre Cerro Pichincha y Estudio



Se escoge como Estudio al Canal Teleamazonas (referencial), Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 29 indica la línea de vista entre el Estudio y SIS ECU 911, se toma como referencia Teleamazonas para el Estudio.

Figura 3. 29.Línea de Vista Directa entre Estudio y SIS ECU 911



Se escoge como Estudio al Canal Teleamazonas (referencial), Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

El valor de las pérdidas en el espacio libre se encuentran utilizando la siguiente ecuación (De Ingeniería et al., 2006):

$$Lbf = 32.4 + 20\ \log(d[km]) + \ 20\ \log(f[MHz]) \tag{3.7}$$

Donde Lbf es el valor de las pérdidas en el espacio libre. El valor d representa la distancia en kilómetros. El valor f muestra la frecuencia expresada en MHz (De Ingeniería et al., 2006).

El valor de la primera zona de Fresnel se obtiene utilizando la siguiente ecuación (De Ingeniería et al., 2006):

$$R_{F1} = \sqrt{\frac{\lambda * d_1 * d_2}{D}} \tag{3.8}$$

Donde R_{F1} es el valor del radio de la primera zona de Fresnel. El valor λ es el valor de la velocidad de la luz cuyo valor es $3 * 10^8 \left[\frac{m}{s}\right]$. El valor d_1 representa la distancia desde el transmisor hasta el lugar que se desea estudiar expresado en kilómetros. El valor d_2 representa la distancia desde el receptor hasta el lugar que se desea estudiar expresado en kilómetros. El valor D es la distancia total del trayecto expresada en kilómetros.

El valor del margen de desvanecimiento se encuentran utilizando la siguiente ecuación (De Ingeniería et al., 2006):

$$FM = 30 \log d + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \tag{3.9}$$

Donde FM es el valor del margen de desvanecimiento. La expresión $30 \log d$ representa el efecto de múltiples trayectos. La expresión $10 \log(6ABf)$ muestra la sensibilidad a superficie rocosa. La expresión $10 \log(1 - R)$ representa el objeto de confiabilidad. El valor 70 es una constante. El valor d representa la distancia en kilómetros. El valor f muestra la frecuencia expresada en GHz. R es el valor de confiabilidad expresada como decimal. La expresión $(1 - R)$ representa el objetivo de confiabilidad para una trayectoria de 400 kilómetros en un solo sentido de dirección. El valor A es el factor de rugosidad, cuando es igual a 4 significa que se encuentra sobre el agua o en un terreno parejo, cuando es igual a 1 significa que se encuentra sobre un terreno normal, cuando es igual a 0.25 significa que se encuentra sobre un terreno montañoso muy disparejo. El valor B es el factor para convertir una

probabilidad del peor mes a una probabilidad anual, cuando es igual a 1 se utiliza para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes, cuando es igual a 0.5 se emplea para áreas calientes y húmedas, cuando es igual a 0.25 se utiliza para áreas normales tierra adentro, cando es igual a 0.125 se emplea para áreas montañosas muy secas (De Ingeniería et al., 2006).

La Tabla 3. 29 muestra los valores de los parámetros para el enlace digital entre el Cerro Pichincha y el Estudio, se escogió como referencia Teleamazonas como Estudio, considerando un ancho de banda de 10 MHz y 14 MHz:

Tabla 3. 29.Valores obtenidos de los parámetros del enlace digital entre Cerro Pichincha y Estudio para valores de Ancho de Banda de 10 [MHz] y 14 [MHz]

Parámetro		Valor 1	Valor 2
Frecuencia Auxiliar [MHz]		2235	2213.5
Canal		4	1
Pérdidas en el Espacio Libre [dB]		110.079	109.995
Primera Zona de Fresnel [m]		10.528	10.579
Margen de Desvanecimiento [dB]		22.262	22.220
Ancho de Banda [MHz]		10	14
B.E.R. (REC. UIT-R F.634-4)	10^{-3}	No debe exceder 0.4 % de cualquier mes.	
	10^{-6}	No debe exceder 0.054 % de cualquier mes.	
Disponibilidad [%]		99.999	
Indisponibilidad [Minutos Segundos Milisegundos]		5’15,360”	
Distancia [Km]		3.425	
Tipo de Antena		AMPHENOL 7360010	
Ganancia de Antena		14.85 dBd	

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

La Tabla 3. 30 resume los valores de los parámetros para el enlace digital entre el Estudio y el SIS ECU 911, se escogió como referencia Teleamazonas como Estudio, considerando un ancho de banda de 10 MHz y 14 MHz:

Tabla 3. 30.Valores obtenidos de los parámetros del enlace digital entre Estudio y SIS ECU 911 para valores de Ancho de Banda de 10 [MHz] y 14 [MHz]

Parámetro		Valor 1	Valor 2
Frecuencia Auxiliar [MHz]		2295	2283.5
Canal		10	6
Pérdidas en el Espacio Libre [dB]		114.382	114.338
Primera Zona de Fresnel [m]		13.406	13.439
Margen de Desvanecimiento [dB]		28.487	28.4652
Ancho de Banda [MHz]		10	14
B.E.R. (REC. UIT-R F.634-4)	10^{-3}	No debe exceder 0.4 % de cualquier mes.	
	10^{-6}	No debe exceder 0.054 % de cualquier mes.	
Disponibilidad [%]		99.999	
Indisponibilidad [Minutos Segundos Milisegundos]		5’15,360”	
Distancia [Km]		5.474	
Tipo de Antena		AMPHENOL 7360010	
Ganancia de Antena		14.85 dBd	

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

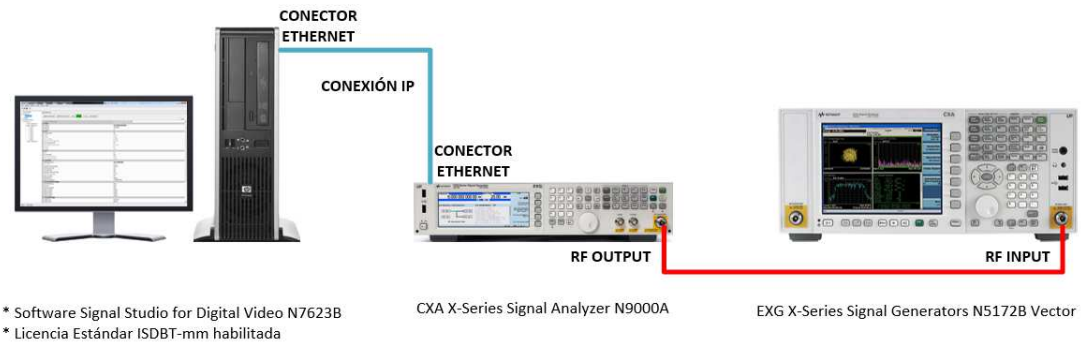
3.3 Simulación de la Arquitectura del Estándar ISDB-Tmm

Para realizar la simulación de la transmisión del Estándar ISDB-Tmm en ambiente de laboratorio, se necesitan los siguientes equipos y software:

- Software Signal Studio for Digital Video N7623B v 6.4.0.0.
- Agilent Technologies CXA Signal Analyzer N9000A.
- Agilent Technologies EXG Signal Generator N5172B Vector.
- Computador con el Software Signal Studio for Digital Video N7623B.

La Figura 3. 30 muestra los elementos con los que es posible simular el Canal Auxiliar del Estándar ISDB-Tmm, en condiciones dentro de un laboratorio de Comunicaciones Avanzadas, pero no muestra los datos de un medio inalámbrico. De esta manera se recoge los datos de transmisión, se verifica los segmentos de video y audio del estándar ISDB-Tmm, se prueban diversas modulaciones, se obtienen resultados.

Figura 3. 30.Diagrama General de la Simulación del Estándar ISDB-Tmm



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Tabla 3. 31 muestra los parámetros configurados en el programa Signal Studio for Digital Video N7223B V6.4.0.0, para conseguir valores de EVM menores al 3%, para transmisión en la banda VHF y UHF son los siguientes:

Tabla 3. 31.Parámetros de configuración del estándar ISDB-Tb e ISDB-Tmm en el programa Signal Studio for Digital Video N7223B v6.4.0.0

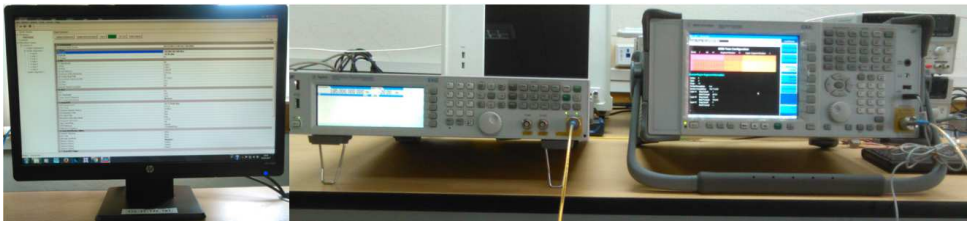
Banda	Parámetro		Tipo de Estándar	
			ISDB-Tb	ISDB-Tmm
UHF	Frecuencia [MHz]		575	
	Amplitud [dBm]		-20	
	RF Output		On	
	CAPA A	Número Segmentos	1	1
		Modulación	QPSK	QPSK
	CAPA B	Número Segmentos	12	4
		Modulación	64 Q AM	16 Q AM
	CAPA B	Número Segmentos	No utilizada	8
		Modulación	No utilizada	16 Q AM
VHF	Frecuencia [MHz]		195	
	Amplitud [dBm]		-20	
	RF Output		On	
	CAPA A	Número Segmentos	1	1
		Modulación	QPSK	QPSK
	CAPA B	Número Segmentos	12	4
		Modulación	64 Q AM	16 Q AM
	CAPA B	Número Segmentos	No utilizada	8
		Modulación	No utilizada	16 Q AM

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

3.3.1 Simulación de la Arquitectura del Estándar ISDB-Tmm en VHF

La Figura 3. 31 indica el diagrama que se utiliza para simular el canal auxiliar para VHF, el detalle de los resultados simulados se puede encontrar en el Anexo 2.

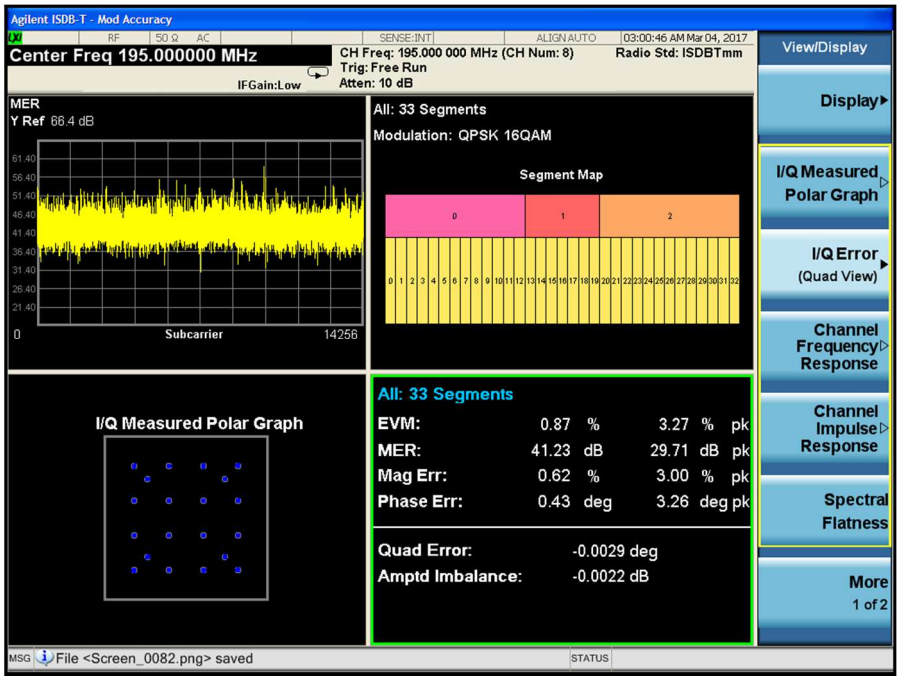
Figura 3. 31.Diagrama de Simulación del Canal Auxiliar del Estándar ISDB-Tmm en VHF



La simulación se realiza a través del uso de medios guiados, mas no es inalámbrica, pretende ver las funcionalidades del canal auxiliar, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3. 32 indica los 33 segmentos de los que se encuentra compuesto el estándar ISDB-Tmm para la banda VHF, los 13 segmentos que se ubican en la parte izquierda se utilizan para la transmisión de video digital, 7 segmentos localizados en la parte central se utilizan para la transmisión de audio digital, y los 13 segmentos ubicados en la parte derecha se emplean para la transmisión de video digital.

Figura 3. 32.Diagrama de Constelaciones, Segmentos según Capas, Valor EVM, MER en VHF

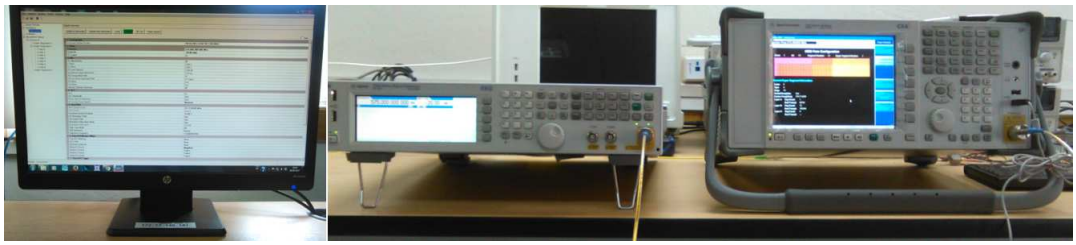


Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3.3.2 Simulación de la Arquitectura del Estándar ISDB-Tmm en UHF.

La Figura 3. 33 indica el diagrama que se utiliza para simular el canal auxiliar para UHF, el detalle de los resultados simulados se puede encontrar en el Anexo 3.

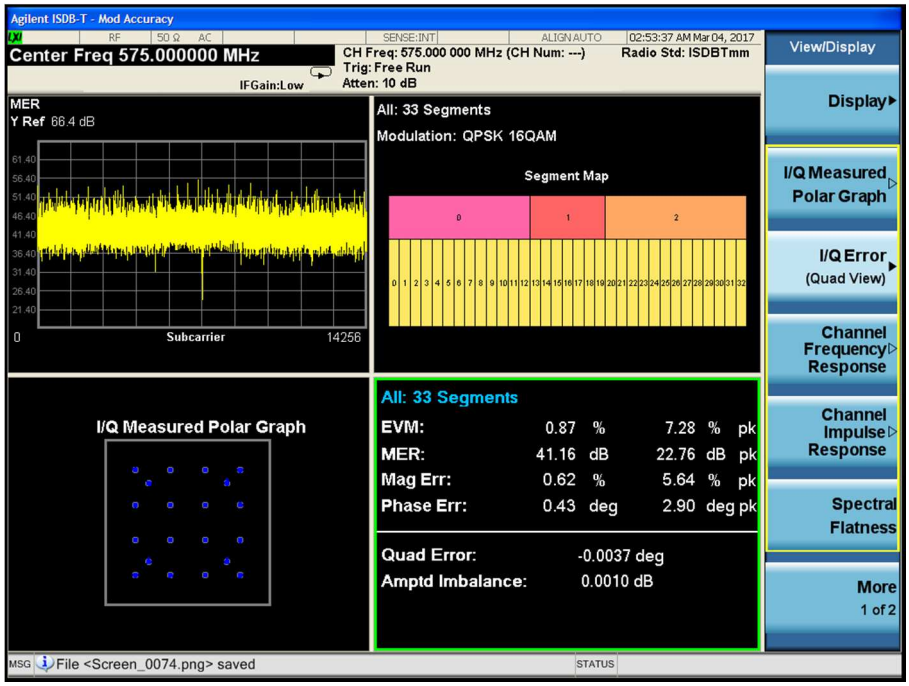
Figura 3. 33.Diagrama de Simulación del Canal Auxiliar del Estándar ISDB-Tmm en UHF



La simulación se realiza a través del uso de medios guiados, mas no es inalámbrica, pretende ver las funcionalidades del canal auxiliar, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 3.33 señala los 33 segmentos que componen el estándar ISDB-Tmm para a banda UHF, los 13 segmentos localizados en la parte izquierda se usan para la transmisión de video digital, los 7 segmentos ubicados en la parte central se utilizan para la transmisión de audio digital, y los 13 segmentos localizados en la parte derecha se emplean para la transmisión de video digital.

Figura 3. 34.Diagrama de Constelaciones, Segmentos según Capas, Valor EVM, MER en UHF



Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

CAPÍTULO 4
ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos efectuando una comparación con los datos de la Cobertura en la banda UHF y VHF.

4.1 Análisis de Resultados de la Cobertura en la banda UHF y VHF

4.1.1 Regiones de cobertura para el Distrito Metropolitano de Quito

La Tabla 4. 1 indica los valores de Intensidad de Campo resultante en intervalos de distancia de 5 kilómetros y azimuts de 45°, desde 0° hasta 135°, representa las regiones de cobertura para el Distrito Metropolitano de Quito para las bandas UHF y VHF.

Los valores de Intensidad de Campo resultante son mayores en la banda VHF comparado con la banda UHF, así cuando la distancia aumenta, la señal se degrada, no existen obstáculos o interferencias que se interpongan en el trayecto.

Tabla 4. 1.Intensidad de Campo resultante para las regiones de cobertura en el Distrito Metropolitano de Quito

INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE [dBuV/m]								
BANDA	**UHF**				**VHF**			
DISTANCIA [Km]	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**
5	80	103	107	108	55	96	98	97
10	74	90	93	80	63	86	80	73
15	38	94	88	99	31	84	60	89
20	55	59	98	79	45	51	89	72
25	30	85	96	93	18	58	69	81
30	34	88	94	95	17	79	86	83
35	23	59	63	86	14	50	62	83
40	20	86	67	57	10	75	59	53
45	29	53	59	83	16	37	52	48
50	28	52	69	69	12	40	64	59

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

4.1.2 Zonas de sombra para el Distrito Metropolitano de Quito

La Tabla 4. 2 muestra los valores de Intensidad de Campo resultante en intervalos de distancia de 5 kilómetros y azimuts de 45°, desde 270° hasta 315°, representa las zonas de sombra para el Distrito Metropolitano de Quito en las bandas UHF y VHF.

Para el valor de azimut de 270° y de 315°, para las bandas UHF y VHF, los valores encontrados para la Intensidad de Campo resultante se producen en la región posterior al Cerro Pichincha.

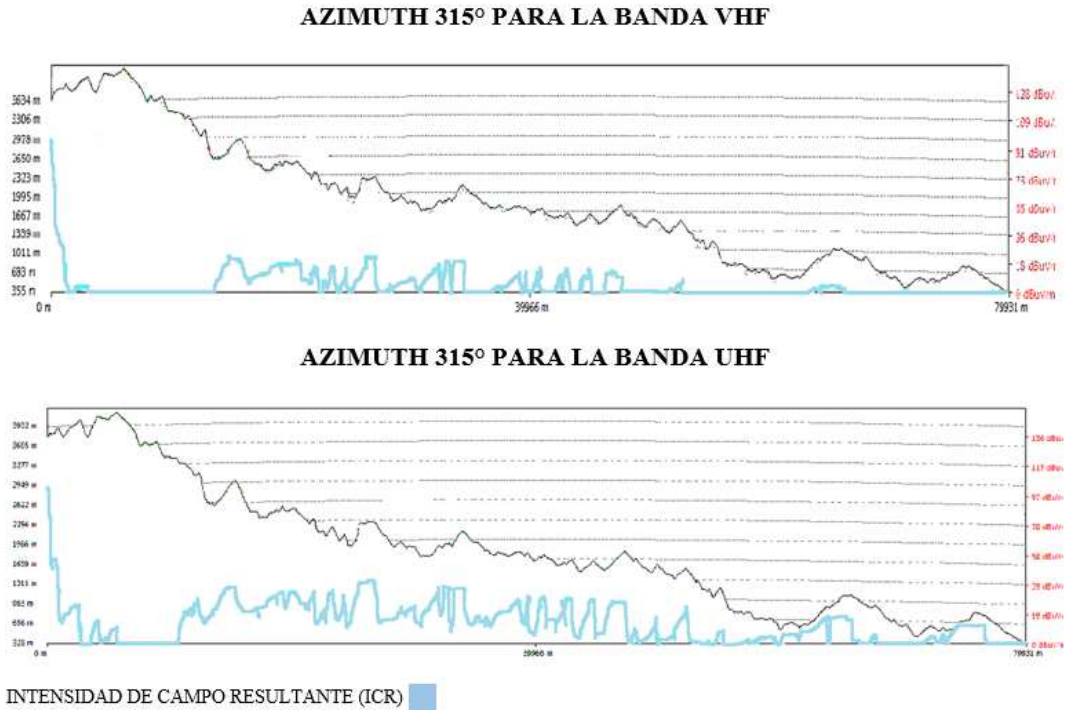
Tabla 4. 2.Intensidad de Campo resultante para las zonas de sombra en el Distrito Metropolitano de Quito

INTENSIDAD DE CAMPO RESULTANTE [dBuV/m]				
BANDA	**UHF**		**VHF**	
DISTANCIA [Km]	**270°**	**315°**	**270°**	**315°**
5	-1	2	-6	-15
10	-22	-20	-21	-34
15	-30	39	-22	24
20	-38	35	-31	19
25	-30	18	-26	-3
30	-34	26	-32	9
35	-39	16	-44	-3
40	-42	12	-40	-7
45	-40	6	-40	14
50	-51	-2	-48	-3

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Figura 4. 2 indica la zona de sombra para el azimuth de 315° en la banda UHF y VHF.

Figura 4. 1.Comparación Zona de sombra para Azimuth 315° en la banda VHF y UHF



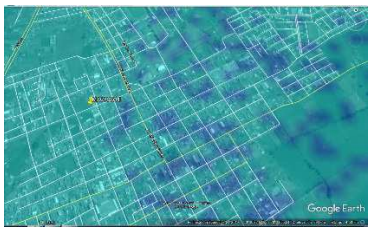
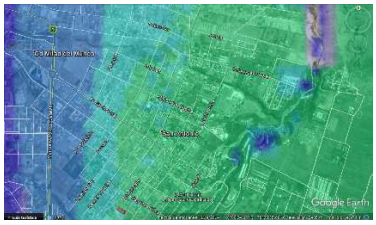
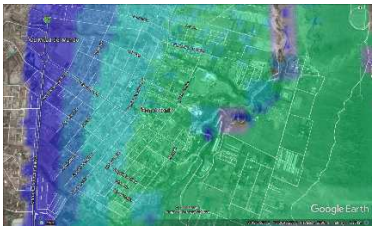
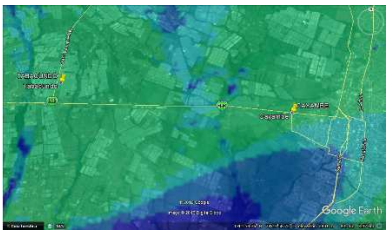
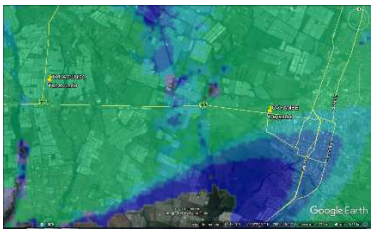
Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

4.1.2 Bordes de Cobertura

La Tabla 4. 3 indica los bordes de cobertura que se muestran en el programa Google Earth, de las ciudades y cantones que se especifica en la Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre (RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301).

Las ciudades que representan las áreas de borde de cobertura son: Machachi, San Antonio de Pichincha, Tabacundo y Cayambe. Para la banda UHF, los valores de las zonas de cobertura son 58 [dBuV/m], 67 [dBuV/m], 76 [dBuV/m], 85 [dBuV/m], 94 [dBuV/m], 103 [dBuV/m]; mientras que para la banda VHF, los valores de las zonas de cobertura son 58 [dBuV/m], 64 [dBuV/m], 70 [dBuV/m], 76 [dBuV/m], 82 [dBuV/m], 88 [dBuV/m].

Tabla 4. 3.Bordes de Cobertura para las bandas UHF y VHF

Ciudad/Cantón	UHF	VHF
Machachi		
San Antonio		
Tabacundo Cayambe		

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

4.2 Comparación de las Arquitecturas de los Estándares ISDB-Tmm e ISDB-Tb para la banda UHF y VHF

El Anexo 2 y Anexo 3 el muestran la información de los resultados obtenidos para el estándar ISDB-Tb, se realiza la simulación de este estándar porque se desea mostrar a través de una comparación, los valores de transmisión que indica cada estándar. La Tabla 4. 4 realiza una comparación del estándar ISDB-Tmm e ISDB-Tb, para las bandas de frecuencias UHF y VHF, con las modulaciones en las capas que presentan los menores valores de EVM.

Tabla 4. 4.Comparación de las Arquitecturas ISDB-Tmm e ISDB-TB con respecto a los valores EVM y MER para las bandas UHF y VHF

TIPO ESTÁNDAR	MODULACIÓN SEGÚN LA CAPA			PARÁMETRO MEDICIÓN		BANDA	
	CAPA A	CAPA B	CAPA C			VHF	UHF
ISDB-TMM	QPSK	16 QAM	16 QAM	FRECUENCIA [MHz]		195	575
				EVM [%]		0.83	0.77
				MER [dB]		41.57	42.32
				Datos	EVM [%]	0.91	0.83
					MER [dB]	40.86	41.61
				TMCC	EVM [%]	0.75	0.66
					MER [dB]	42.50	43.67
				AC	EVM [%]	0.72	0.68
					MER [dB]	42.91	43.29
ISDB-TB	QPSK	64 QAM	NO UTILIZADA	EVM [%]		0.66	0.63
				MER [dB]		43.55	44.06
				Datos	EVM [%]	0.72	0.68
					MER [dB]	42.01	43.33
				TMCC	EVM [%]	0.52	0.55
					MER [dB]	45.70	45.26
				AC	EVM [%]	0.55	0.54
					MER [dB]	45.17	45.41

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

La Tabla 4. 5 establece que luego de comparar las bandas UHF y VHF en el estándar ISDB-TMM, se recomienda trabajar con la banda UHF.

Tabla 4. 5.Recomendación para trabajar en la banda UHF para el estándar ISDB-TMM

TIPO ESTÁNDAR	PARÁMETRO MEDICIÓN		BANDA
			UHF [%]
ISDB-TMM	EVM		6
	MER		1.77
	DATOS	EVM	8
		MER	1.80
	TMCC	EVM	9
		MER	2.67
	AC	EVM	4
		MER	0.87

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

Muestra que luego de comparar el estándar ISDB-TB y el estándar ISDB-TMM en las bandas UHF y VHF, se recomienda trabajar con el Estándar ISDB-TB para las bandas UHF y VHF.

Tabla 4. 6.Recomendación para trabajar en el Estándar ISDB-TB en las bandas UHF y VHF

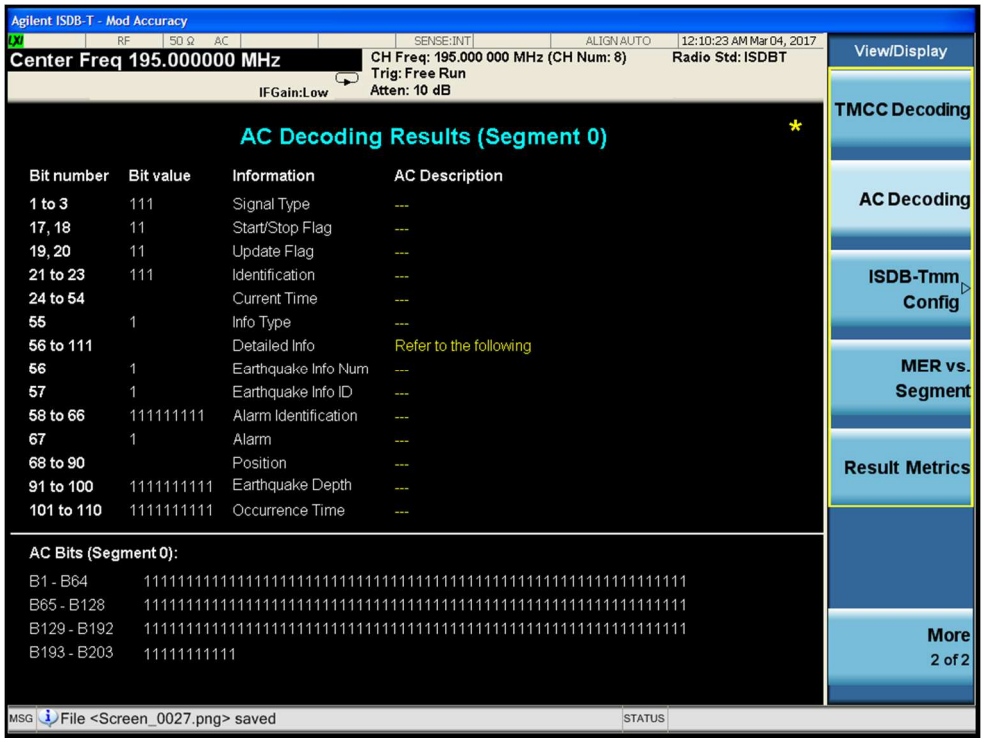
TIPO ESTÁNDAR	PARÁMETRO MEDICIÓN		BANDA	
			VHF [%]	UHF [%]
ISDB-TB	EVM		17	14
	MER		4.54	3.94
	DATOS	EVM	19	15
		MER	2.73	3.96
	TMCC	EVM	23	11
		MER	7	3.51
	AC	EVM	17	14
		MER	5	4.66

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

4.3 Análisis de la Información del Canal Auxiliar para la Banda VHF/UHF

La Figura 4. 1 indica la decodificación de los 204 bits del Canal Auxiliar cuando todos los bits tienen el valor uno, se toman iguales valores para la banda VHF y UHF, por lo que se realiza un solo análisis.

Figura 4. 2.Decodificación del Canal Auxiliar para la banda VHF/UHF



Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

- Bit 1 al 3, cada bit tiene un valor de “1”, muestra la identificación de la configuración, significa que transmite la información adicional sobre el control de transmisión de la modulación de la onda.
- *Bit 4 al 16, asignación de bits para la señal de sincronización, su valor es “11”, significa que la información detallada no se encuentra disponible para la alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos.
- Bit 17 al 18, el valor obtenido es “11”, utilizado para la bandera de inicio y finalización de la información de alerta de emergencias.
- Bit 19 al 20, cada bit tiene un valor de “1”, empleado para la bandera de actualización.
- Bit 21 al 23, posee el valor “111”, significa que la información detallada de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos no se encuentra disponible.
- Bit 24 al 54, cada bit tiene valor de “1”, indica la hora actual cuando la información de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos ocurre.
- Bit 55, su valor es “1”, muestra la clasificación de la página, en este caso escoge la Clasificación del página 1.
- Bit 56, el valor obtenido es “1”, señala la cantidad total de información de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos, es utilizado para identificar el número total de información de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos que se transmite.
- Bit 57, su valor es “1”, muestra la identificación de la información de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos, se emplea para identificar la información de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos que se transmite.
- Bit 58 al 66, el valor obtenido es “1”, señala la identificación de alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos, es usado para identificar la alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos.
- Bit 67, muestra el tipo de información, su valor es “1”, significa que la información de la alerta de erupciones volcánicas, deslaves o terremotos fue cancelada.
- Bit 68, es la bandera de latitud norte y latitud sur, el valor obtenido es “1”, significa que la latitud se encuentra al sur.

- Bit 69 al 78, muestra la información de la latitud del epicentro, cada bit tiene un valor “1”, es el dominio utilizado para indicar la latitud del epicentro, el valor se determinará por 10 veces el valor de la latitud.
- Bit 79, es la bandera de longitud Este y longitud Oeste, su valor es “1”, significa que la longitud se encuentra localizada al Oeste.
- Bit 80 al 90, indica la información de la longitud del epicentro, cada bit tiene el valor “1”, es el dominio utilizado para indicar la longitud del epicentro, el valor se determinará por 10 veces el valor de la longitud.
- Bit 91 al 100, muestra la información de la profundidad en km, cada bit tiene el valor “1”, su valor equivalente decimal es 1023 km.
- Bit 101 al 110, indica el tiempo que transcurre, cada bit tiene el valor “1”, señala el tiempo que ocurre la alerta de emergencia.
- Bit 111, es el bit reservado, el valor es “1”, debe tener ese valor.
- Bit 112 al 121, cada bit tiene el valor “1”, son bits asignados para CRC.
- Bit 122 al 203, el valor de cada bit es “1”, son los bits de paridad.

CAPÍTULO 5
ANÁLISIS ECONÓMICO

El capítulo describe el análisis económico para la implementación de señales de audio y video con señalización de Emergencia en Tiempo Real en la ciudad de Quito.

5.1 Sistema de Transmisión para la banda UHF

La Tabla 5. 1 señala los elementos que componen el sistema de transmisión para la banda UHF, así como los costos de los materiales y la instalación de los mismos:

Tabla 5. 1.Costos del Sistema de Transmisión para la banda UHF

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL USD
1	**Transmisor Estado Sólido UHF Digital Ready, Eurotel Mod: AT710-5K0-11. 200 W ATV / 50 W RMS. Conector N Hembra, 220 Vac/ 60 Hz**	1	14,000.00	14,000.00
2	**Sistema Radiante UHF Profesional para TV Digital (TDT), RYMSA Arreglo Omnidireccional, constituido por 2 paneles UHF (2 Pisos o Bays x 1 Caras), Polarización Horizontal. Distribuidor Potencia, Arneses y Accesorios. Potencia: 2Kwps.** *Arreglo de 2 Paneles UHF Horizontal Modelo: AT15-250 *Distribuidor de UHF, simétrico en potencia y fase, 2 vías, entrada EIA 7/8 ” flange macho, salidas DIN 7/16 hembra *2 Cables de conexión (Arenes secundarios) ½” dieléctrico Espuma con conectores 7/8” EIA *Kit de fijación divisores de potencia y Grampa para los cables *Incluye, diseño de patrón y cálculos para la mejor cobertura del canal *No incluye Herrajes de interfaces o extensión Torre	1	9,300.00	9,300.00
3	**Cable Coaxial Dieléctrico Espuma 7/8”, ANDREW Modelo: AVA-50A o similar. Longitud: 30 m** *AVA-50, HELIAX® Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in black PE jacket.	30 m	70.00	2,l00.00
4	**Conector Coaxial, ANDREW Modelo: L45R, 7/8” EIA FLANGE CONNECTOR, 50 OHM.** *7/8 in EIA Flange for 7/8 in AVA-50, AL5-50 and LDF5-50 cable EIA Male Flange with gas barrier for 7/8 in AVA-50A foam dielectric cable	2	300.00	600.00
5	**Kit Accesorios para instalación Cable Coaxial 7/8 ” ANDREW** *3 Standard Hanger Kit, 3 Standard Angle Adapter Kit, 2 Standard Grounding Kit for 1-5/8-Two-hole, 600 mm, 2 Wall/Roof Feed Thru Assemblies, Single Entrance	1	1,500.00	1,500.00
6	**Diseño, Construcción de Herrajes y Parrillas galvanizadas para montaje del Cable Coaxial y Filtro (Interno Caseta)**	1	2,000.00	2,000.00
7	**Materiales varios de instalación Sistema Radiante UHF**	1	3,000.00	3,000.00
8	**Rack para montaje de equipos, 1.80 m con tomas eléctricas**	1	1,500.00	1,500.00
9	Acometida eléctrica interna en caseta con Transformador Aislamiento	1	2,500.00	2,500.00
10	**Supresor de Transcientes, LEA Modelo: SP-200, TVSS/200KA., Leds indicadores de estado por fase, contactos secos para monitoreo.** Electrical Configuration: 120/240 Vac / Max Surge Current: 200 kA per phase, mount Type: Panel, / Standards UL 1449 Third Edition, NEMA 4, Max Operating Current: 225 A / Weight: 2.3 kg lbs (5.07 lbs), Dimensions (cm): 24.1 cm x 16.0 cm x 8.9 cm	1	1,500.00	1,500.00
11	**Instalación, integración y puesta en marcha en sitio**	1	4,500.00	4,500.00
			TOTAL $	42,500.00

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

5.2 Sistema de Transmisión para la banda VHF

La Tabla 5. 2 señala los elementos que componen el sistema de transmisión para la banda VHF, así como los costos de los materiales y la instalación de los mismos:

Tabla 5. 2.Costos del Sistema de Transmisión para la banda VHF

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL USD
1	**Transmisor Estado Sólido VHF Digital Ready, Eurotel Mod: MPTV-8000-V3. 200 W DTV / 50 W RMS. Conector N Hembra, 220 Vac/ 60 Hz**	1	12,000.00	12,000.00
2	**Sistema Radiante VHF Profesional para TV Digital (TDT), RYMSA Arreglo Omnidireccional, constituido por 2 paneles VHF (2 Pisos o Bays x 1 Caras), Polarización Horizontal. Distribuidor Potencia, Arneses y Accesorios. Potencia: 2Kwps.** *Arreglo de 2 Paneles VHF Horizontal Modelo: ADB010421x *Distribuidor de VHF, simétrico en potencia y fase, 2 vías, entrada DIN 7/16, salidas DIN 7/16 hembra *2 Cables de conexión (Arenes secundarios) ½" dieléctrico Espuma con conectores DIN 7/16. *Kit de fijación divisores de potencia y Grampa para los cables *Incluye, diseño de patrón y cálculos para la mejor cobertura del canal *No incluye Herrajes de interfaces o extensión Torre	1	9,300.00	9,300.00
3	**Cable Coaxial Dieléctrico, Modelo: HCA158-50J. Longitud: 30 m** *HCA158-50J, HELIFLEX®	30 m	70.00	2,l00.00
4	**Conector Coaxial, ANDREW Modelo: L45R, 7/8" EIA FLANGE CONNECTOR, 50 OHM.** *7/8 in EIA Flange for 7/8 in AVA-50, AL5-50 and LDF5-50 cable EIA Male Flange with gas barrier for 7/8 in AVA-50A foam dielectric cable	2	300.00	600.00
5	**Kit Accesorios para instalación Cable Coaxial 7/8 " ANDREW** *3 Standard Hanger Kit, 3 Standard Angle Adapter Kit, 2 Standard Grounding Kit for 1-5/8-Two-hole, 600 mm, 2 Wall/Roof Feed Thru Assemblies, Single Entrance	1	1,500.00	1,500.00
6	**Diseño, Construcción de Herrajes y Parrillas galvanizadas para montaje del Cable Coaxial y Filtro (Interno Caseta)**	1	2,000.00	2,000.00
7	**Materiales varios de instalación Sistema Radiante VHF**	1	3,000.00	3,000.00
8	**Rack para montaje de equipos, 1.80 m con tomas eléctricas**	1	1,500.00	1,500.00
9	Acometida eléctrica interna en caseta con Transformador Aislamiento	1	2,500.00	2,500.00
10	**Supresor de Transcientes, LEA Modelo: SP-200, TVSS/200KA., Leds indicadores de estado por fase, contactos secos para monitoreo.** Electrical Configuration: 120/240 Vac / Max Surge Current: 200 kA per phase, mount Type: Panel, / Standards UL 1449 Third Edition, NEMA 4, Max Operating Current: 225 A / Weight: 2.3 kg lbs (5.07 lbs), Dimensions (cm): 24.1 cm x 16.0 cm x 8.9 cm	1	1,500.00	1,500.00
11	**Instalación, integración y puesta en marcha en sitio**	1	4,500.00	4,500.00
			TOTAL $	40,500.00

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

5.3 Subsistema de Infraestructura para la banda VHF/UHF

La Tabla 5. 3 contiene información del costo de la construcción de los elementos que constituyen el subsistema de infraestructura para las bandas UHF y VHF.

Tabla 5. 3.Costos del Subsistema de Infraestructura en la banda VHF/UHF

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL USD
1	**Caseta de cemento para estación de transmisor de radio y TV, con medidas: 3.0 x 2.5 x 2.7 m de altura, 4 columnas de estructura de hierro sobre plintos y losa de hormigón armado de 20 cm; paredes enlucidas de bloques prensado de 15 cm y voladera 0.4 m. Columnas con varillas de 12 y 10 mm.** *Vereda de 0.45 m por lado; puerta metálica pintada de 0.80 m de ancho y 2 m de alto, con doble picaporte, chapa y candado Viro; Caja de Breakers de 8 puntos 220/120 V, Breaker de servicios Generales y Acometida principal de la Caseta y 3 tomas dobles eléctricas polarizadas. *Iluminación interna por medio de 2 lámparas fluorescentes dobles. *La caseta será pintada a dos colores (Blanco, puerta y filo de loza Azul) las paredes serán alisadas y piso se colocará Porcelanato o cerámica.	1	20,000.00	20,000.00
2	**Construcción de cerramiento: Veredas y malla, con línea de alambres de púa (Área: 12m x 12 m)**	1	9,500.00	9,500.00
3	**Implementación Sistema de Ring de Tierra electrónica externa alrededor de la caseta, con varillas de cobre y soldaduras exotérmicas con pozo de revisión, con mejorador de conductividad de terreno, entrega de informe de medición de Tierra.**	1	4,500.00	4,500.00
4	**Aire acondicionado, 24.000 BTU, 220 Vac tipo Split con control de encendido automático y retardador**	1	2,500.00	2,500.00
5	**Torre Cuadrada soportada con tesores de 15 m montada sobre losa de caseta, con pararrayo y baliza**	1	6,000.00	6,000.00
			TOTAL $	42,500.00

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

5.4 Costos Totales Sistema TV VHF/UHF

La Tabla 5. 4 muestra una tabla comparativa de los costos totales de inversión para la banda UHF y VHF.

Tabla 5. 4.Costos Totales Sistema Televisión para la banda VHF y UHF

BANDA	VHF	UHF
SISTEMA TV	USD	
Sistema de Transmisión	$ 40,500.00	$ 42,500.00
Subsistema de Infraestructura	$ 42,500.00	$ 42,500.00
TOTAL	$ 83,000.00	$ 85,000.00

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

5.5 Valores de VAN y TIR para la banda de Frecuencia UHF

El valor del valor actual neto (VAN) se calcula utilizando la siguiente ecuación (YIREPA, 2017):

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \cdots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \tag{5.1}$$

Donde A es el valor de la inversión inicial. Los valores $Q_1, \ldots, Q_n$, son los valores de flujo de caja para cada año. El valor k es el valor de la tasa de descuento que representa la rentabilidad de la inversión, cabe mencionar que al ser una inversión pública su valor es de 8.22% (BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2017). El valor n indica el número de años en el que se desea recuperar la inversión (YIREPA, 2017).

Cuando se reemplazan los valores para la banda UHF, se obtiene la siguiente expresión:

$$VAN = -83.000 + \frac{100.000}{(1+0.0822)^1} \tag{5.2}$$

El valor calculado para el VAN en la banda UHF es $7.404,36.

El valor de la tasa interna de retorno (TIR) se calcula utilizando la siguiente ecuación (YIREPA, 2017):

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+k)^1} + \cdots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \tag{5.3}$$

Donde el valor VAN es igual a cero. El valor A es el valor de la inversión inicial. Los valores $Q_1, \ldots, Q_n$, son los valores de flujo de caja para cada año. El valor k es el valor de la tasa interna de retorno (TIR). El valor n indica el número de años en el que se desea recuperar la inversión (YIREPA, 2017).

Cuando se reemplazan los valores para la banda UHF, se obtiene la siguiente expresión:

$$0 = -83.000 + \frac{100.000}{(1+k)^1} \tag{5.4}$$

El valor calculado para k que es el valor TIR en la banda UHF es %17.65.

La Tabla 5. 5 muestra el valor del TIR y VAN para el valor de tasa de descuento del 8.22%, debido a que es una inversión pública, para un año de recuperación de la inversión inicial para la banda de frecuencia UHF (BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2017).

Tabla 5. 5.Valor VAN y TIR para banda de Frecuencia UHF

Inversión [$]	Tasa de Descuento [%]	Flujo de Caja	V.A.N [$]	T.I.R [%]
		1 AÑO		
85.000	8.22	100.000	7.404,36	17.65

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

5.6 Valores de VAN y TIR para la banda de Frecuencia VHF

Cuando se reemplazan los valores para encontrar el VAN en la banda VHF, se obtiene la siguiente expresión:

$$VAN = -85.000 + \frac{100.000}{(1+0.0822)^1} \tag{5.5}$$

El valor calculado para el VAN en la banda VHF es $9.404,36.

Cuando se reemplazan los valores para encontrar el TIR en la banda VHF, se obtiene la siguiente expresión:

$$0 = -85.000 + \frac{100.000}{(1+k)^1} \tag{5.6}$$

El valor calculado para k que es el valor TIR en la banda VHF es 20.48%.

La Tabla 5. 6 muestra el valor del TIR y VAN para el valor de tasa de descuento del 8.22%, porque es una inversión pública, para un año de recuperación de la inversión inicial para la banda de frecuencia VHF (BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2017).

Tabla 5. 6.Valor VAN y TIR para banda de Frecuencia VHF

Inversión [$]	Tasa de Descuento [%]	Flujo de Caja	V.A.N [$]	T.I.R [%]
		1 AÑO		
83.000	8.22	100.000	9.404,36	20.48

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

CONCLUSIONES

Se realizó el análisis del Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador y se comprobó que la banda III de la banda VHF se encuentra disponible, en los canales que van del 7 al 13, desde la frecuencia de 174 MHz hasta 216 MHz.

Comparando las regiones de cobertura para el Distrito Metropolitano de Quito en las bandas UHF y VHF, la banda UHF es mejor en un 19%, lo que representa que mientras mayor sea el valor de la frecuencia, mejor va a ser la cobertura.

Comparando la transmisión de datos para el Estándar ISDB-TMM en las bandas UHF y VHF, la banda UHF es mejor un 4.26%, porque el valor EVM de 0.77% representa que por cada $1x10^9$ datos enviados 1 es erróneo, mientras que el valor MER de 42.32 [dB] significa que al ser un valor alto, la transmisión de la señal es mayor que el ruido.

Comparando la transmisión de datos entre el Estándar ISDB-TMM y el Estándar ISDB-TB en las bandas UHF y VHF, el Estándar ISDB-TB en la banda UHF es mejor un 8.75%, porque el valor EVM de 0.63% representa que por cada $1x10^9$ datos enviados 1 es erróneo, mientras que el valor MER de.44.06 [dB] significa que al ser un valor alto, la transmisión de la señal es mayor que el ruido.

El valor de inversión inicial para la banda UHF es $85.000, el valor TIR obtenido es 17.65 %, el valor positivo VAN es $7.404,36; el valor de inversión inicial para la banda VHF es $83.000, el valor TIR obtenido es 20.48 %, el valor positivo VAN es $9.404,36; con los valores TIR y VAN obtenidos se dice que el proyecto es factible para la banda VHF como para la banda UHF, siendo la inversión inicial más costosa para la banda UHF, la inversión se recuperará en el lapso de un año, la ventaja que presenta la banda UHF es que luego de haber sido comparada con la banda VHF en transmisión de datos, la banda UHF garantiza mejor transmisión de datos.

RECOMENDACIONES

Es recomendable no utilizar el diseño de enlace radioeléctrico digital SIS ECU 911 con el transmisor, porque no existiría ahorro del espectro electromagnético, se debe concursar para adquirir una frecuencia, y es susceptible a mayor interferencia.

Se debe considerar que para la banda VHF no existe una normativa establecida para los servicios del estándar ISDB-Tmm, por lo que se recomienda redactar la norma para el Estándar ISDBT-mm en Ecuador para la banda VHF para Televisión Digital Terrestre.

Se recomienda que la disponibilidad del enlace radioeléctrico digital no disminuya del valor 99.7% según lo establece la Recomendación UIT-R F.634-4.

LISTA DE REFERENCIAS

ARCOTEL . (21 de Octubre de 2002). *Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado (Resolución No. 498-25-CONATEL-2002).* Obtenido de ARCOTEL: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Res-498-25-CONATEL-2012-Prestacion_SMA1.pdf

ARCOTEL . (Julio de 2015). *Norma Técnica para el Servicio de Televisión Digital Terrestre (Resolución ARCOTEL-2015-0301).* Obtenido de ARCOTEL : http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Proyecto-resoluci%C3%B3n-norma-tecnica-tdt.pdf

ARCOTEL . (10 de Octubre de 2016). *Servicio Móvil Avanzado (SMA). Densidad de líneas activas y participación de mercado.* Obtenido de ARCOTEL: http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/

ARCOTEL. (Junio de 2015). *Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Abierta Analógica (Resolución ARCOTEL-2015-00218).* Obtenido de ARCOTEL : http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Proyecto-resoluci%C3%B3n-norma-tecnica-tv-analoga-final.pdf

ARCOTEL. (28 de Septiembre de 2016). *Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta*. Obtenido de ARCOTEL: http://www.arcotel.gob.ec/radiodifusion-sonora-y-television-abierta/

ARCOTEL. (10 de Octubre de 2016). *Servicio Móvil Avanzado (SMA).* Obtenido de ARCOTEL: http://www.arcotel.gob.ec/autorizacion-de-infraestructura-del-servicio-movil-avanzado/

ARIB STD-B46. (18 de Diciembre de 2012). *Transmission System For Terrestrial Mobile Multimedia Broadcasting Based on Connected Segment Transmission Version 1.3.* Obtenido de ARIB STD-B46: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B46v1_3-E1.pdf

ARIB STD-B53. (19 de Marzo de 2013). *Receiver For Terrestrial Mobile Multimedia Broadcasting Based on Connected Segment Transmission.* Obtenido de ARIB STD-B53: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B53v1_2-E1.pdf

ARIB TR-B33. (30 de Septiembre de 2015). *Operational Guidelines For Terrestrial Mobile Multimedia Broadcasting by Transmission System Based on Connected Segments For VHF-High Band (Fascicle 1).* Obtenido de ARIB TR-B33: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/8-TR-B33v2_3-1p3-E1.pdf

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. (04 de Mayo de 2017). *Tasas de Interés Mayo 2017*. Obtenido de https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm

Comisi, L. (2012). La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo cambios de edición en la presente Recomendación en 2012, con arreglo a lo dispuesto en la Resolución UIT-R 1., 1–4.

De Ingeniería, E., Telecomunicaciones, E. Y., Simbana, C., Fausto, F., Arias, E., Rocío, P. Del, … Quito, J. (2006). Escuela Politécnica Nacional.

ECU 911. (10 de Octubre de 2016). *Entidades Coordinadas ECU 911*. Obtenido de ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/entidades-coordinadas/

ECU 911. (10 de Octubre de 2016). *Servicio Integrado de Seguridad (SIS) ECU 911*. Obtenido de ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/entidades-coordinadas/

ECU 911. (10 de Octubre de 2016). *Servicios que presta ECU 911 para una Seguridad Ciudadana Integral*. Obtenido de ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/servicios-de-ecu911/

EL COMERCIO. (11 de Julio de 2016). *Las cámaras del ECU 911 captaron el miedo generado por sismos de Esmeraldas*. Obtenido de EL COMERCIO : http://www.elcomercio.com/video/camaras-ecu911-miedo-sismos-ecuador.html

Medina, M. C. (2014). Análisis del proceso de transición de la televisión análoga a la televisión digital en Colombia.

MINTEL. (09 de Agosto de 2012). *Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador (INFORME CITDT-GATR-2012-004).* Obtenido de MINTEL: http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/Informe-CITDT-GATR-2012-004.pdf

MINTEL. (28 de Septiembre de 2016). *Televisión Digital Terrestre en el Ecuador*. Obtenido de MINTEL: http://www.telecomunicaciones.gob.ec/television-digital-terrestre-en-el-ecuador/

Nunzio, O. (1 de Julio de 2010). *Encuentro Regional de Telecomunicaciones Rosario-2010.* Obtenido de http://www.encuentrosregionales.com/anteriores/14conferencias/encreg2010_seminario_tvdigital-canal7_nunzio_parte1.pdf

Pizzi, S., & Jones, G. A. (2014). Mobile Digital Television. En S. Pizzi, & G. A. Jones, *A Broadcast Engineering Tutorial for Non-Engineers Fourth Edition* (pág. 12). New York & Londres: Focal Press.

P, R. U. (2013). Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz Serie P, *5*.

Quito Alcaldía. (17 de Octubre de 2016). *Parroquias Distrito Metropolitano de Quito* . Obtenido de Quito Alcaldía: http://sthv.quito.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=36

Red, D. E. U. N. A., & Servicios, D. D. E. (2012). de los requisitos de calidad de funcionamiento de los, 2–4.

SIS ECU 911. (18 de Julio de 2015). *ECU 911 instala cámara para vigilancia exclusiva del volcán Cotopaxi*. Obtenido de SIS ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/ecu-911-instala-camara-para-monitoreo-exclusivo-del-volcan-cotopaxi/

SIS ECU 911. (22 de Julio de 2015). *Entidades articuladas atienden deslaves en vía Quito-Tena*. Obtenido de SIS ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/entidades-articuladas-atienden-deslaves-en-via-quito-tena/

SIS ECU 911. (3 de Diciembre de 2016). *ECU 911 coordinó atención a sectores afectados por presencia de lluvias en Nueva Loja*. Obtenido de SIS ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/ecu-911-coordino-atencion-a-sectores-afectados-por-presencia-de-lluvias-en-nueva-loja/

SIS ECU 911. (18 de Noviembre de 2016). *ECU 911 partició en simulacro masivo de evacuación por la posible erupción de los volcanes Cotopaxi y Tungurahua*. Obtenido de SIS ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/ecu-911-participo-en-simulacro-masivo-de-evacuacion-por-la-posible-erupcion-de-los-volcanes-cotopaxi-y-tungurahua/

SIS ECU 911. (22 de Diciembre de 2016). *Entrega de ambulancias y equipamiento mejora gestión de Bomberos en zonas afectadas por terremoto*. Obtenido de

SIS ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/entrega-de-ambulancias-y-equipamiento-mejora-gestion-de-bomberos-en-zonas-afectadas-por-terremoto/

SIS ECU 911. (06 de Diciembre de 2016). *Operatividad del Sistema de Alerta Temprana fue verificada por autoridades del SIS ECU 911*. Obtenido de SIS ECU 911: http://www.ecu911.gob.ec/operatividad-del-sistema-de-alerta-temprana-fue-verificada-por-autoridades-del-sis-ecu-911/

Utiliza, Q. U. E., Relevadores, S. D. E., & Digitales, R. (2012). recomienda 1, *24*, 1–5.

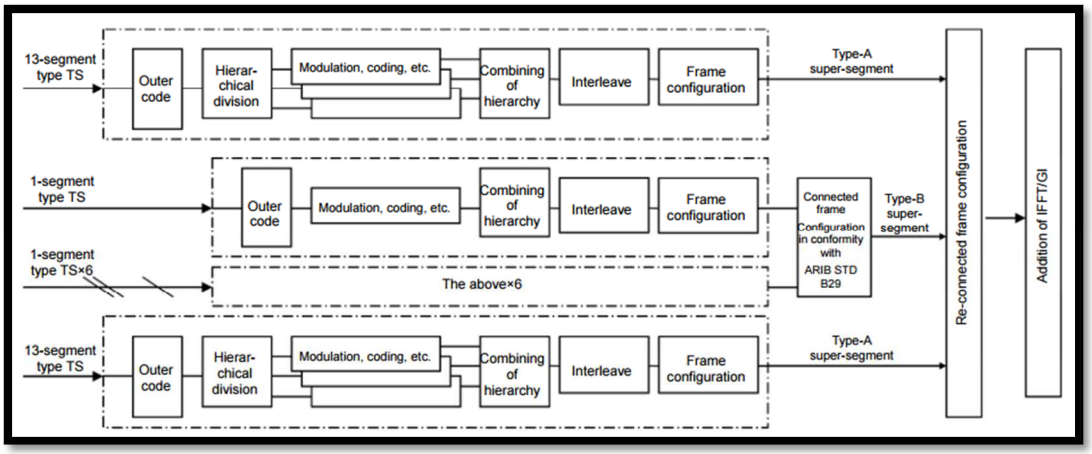
YIREPA. (04 de Mayo de 2017). *Yirepa Finanzas y Economía*. Obtenido de http://yirepa.es/ejemplo-van-desarrollo-formula.html

ANEXOS

Anexo 1.Modelos de Transmisor y Receptor Tipo 13-Segmentos, Tipo 1-Segmento del Estándar ISDB-Tmm

1. Modelo del Transmisor del Estándar ISDB-Tmm

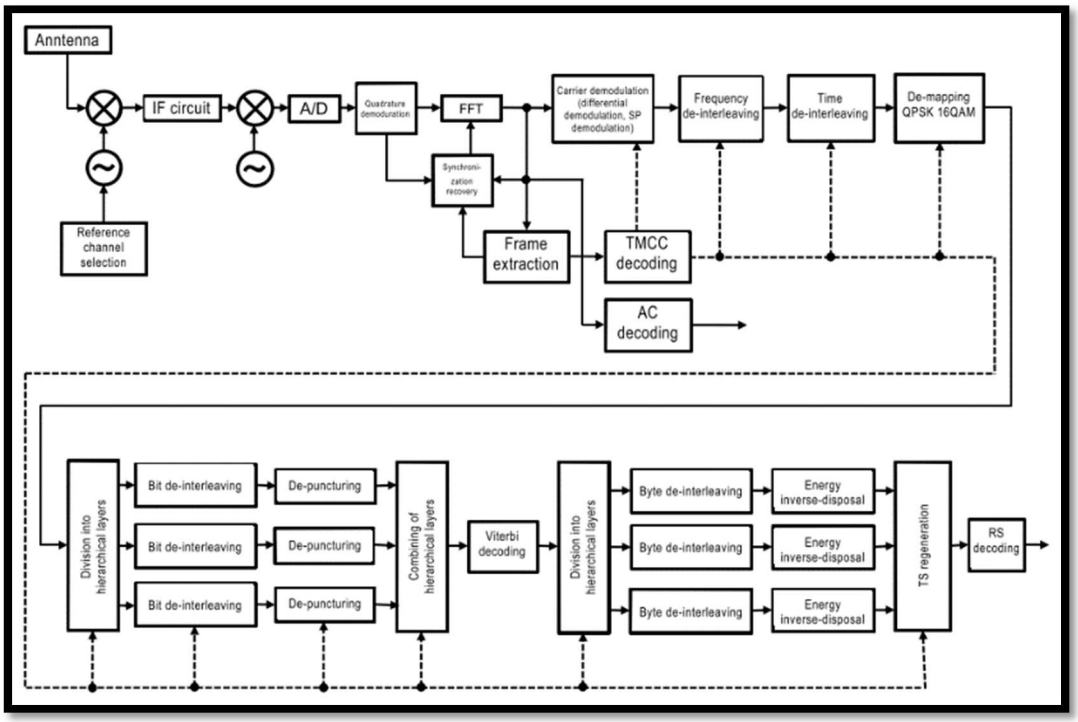
Esquema del Diagrama de Bloques del Transmisor del Estándar ISDB-Tmm



Nota: El segmento Tipo 13-Segmentos se divide en un máximo de tres capas jerárquicas (recepción parcial en un segmento es posible), como ISDB-T, por lo que se puede establecer modulación, velocidad de codificación, en base jerárquica de capas (ISDB-T). También se puede establecer para el segmento Tipo 1-Segmento la modulación, velocidad de codificación (ISDB-TSB), Fuente: (ARIB STD-B46, 2012)

2. Modelo del Receptor Tipo 13-segmentos del Estándar ISDB-Tmm

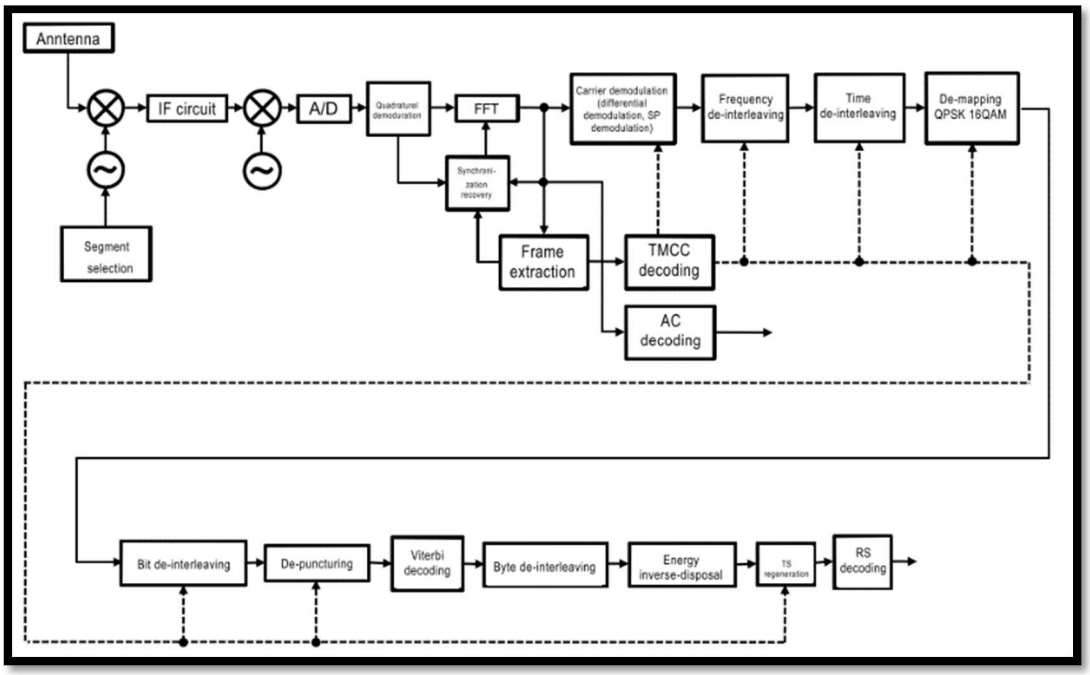
Esquema del Diagrama de Bloques del Receptor (Receptor 13-segmentos)



Fuente: (ARIB STD-B53, 2013)

3. Modelo del Receptor Tipo 1-segmento del Estándar ISDB-Tmm

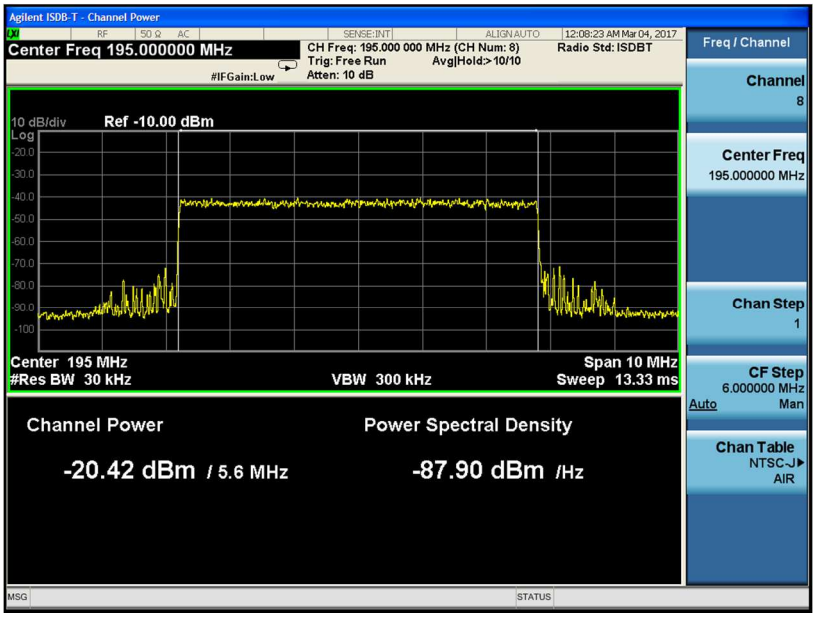
Esquema del Diagrama de Bloques del Receptor (Receptor 1-segmento)



Fuente: (ARIB STD-B53, 2013)

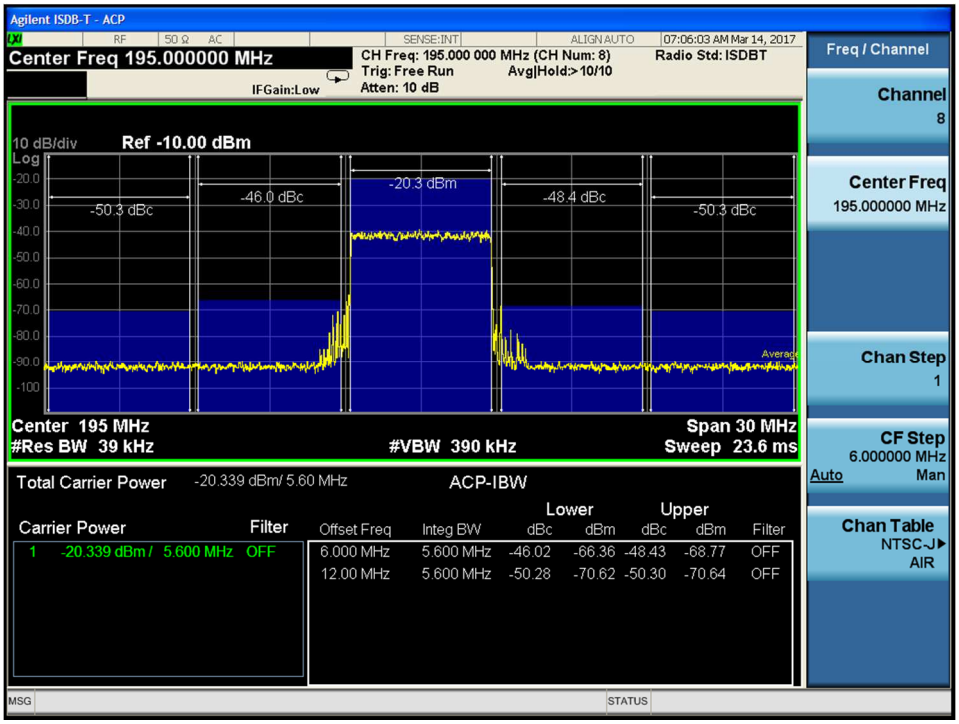
Anexo 2.Simulación para la Banda VHF

1. Señal Transmitida para la banda VHF, Frecuencia 195 [MHz]



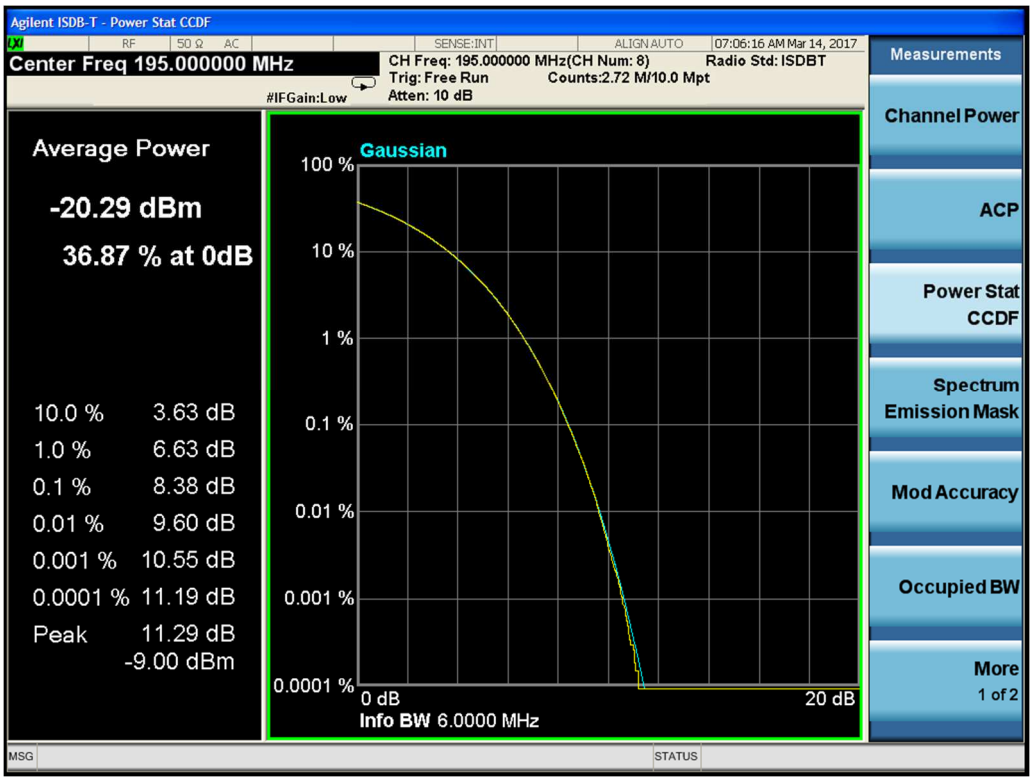
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-T, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

2. ACP para la banda VHF



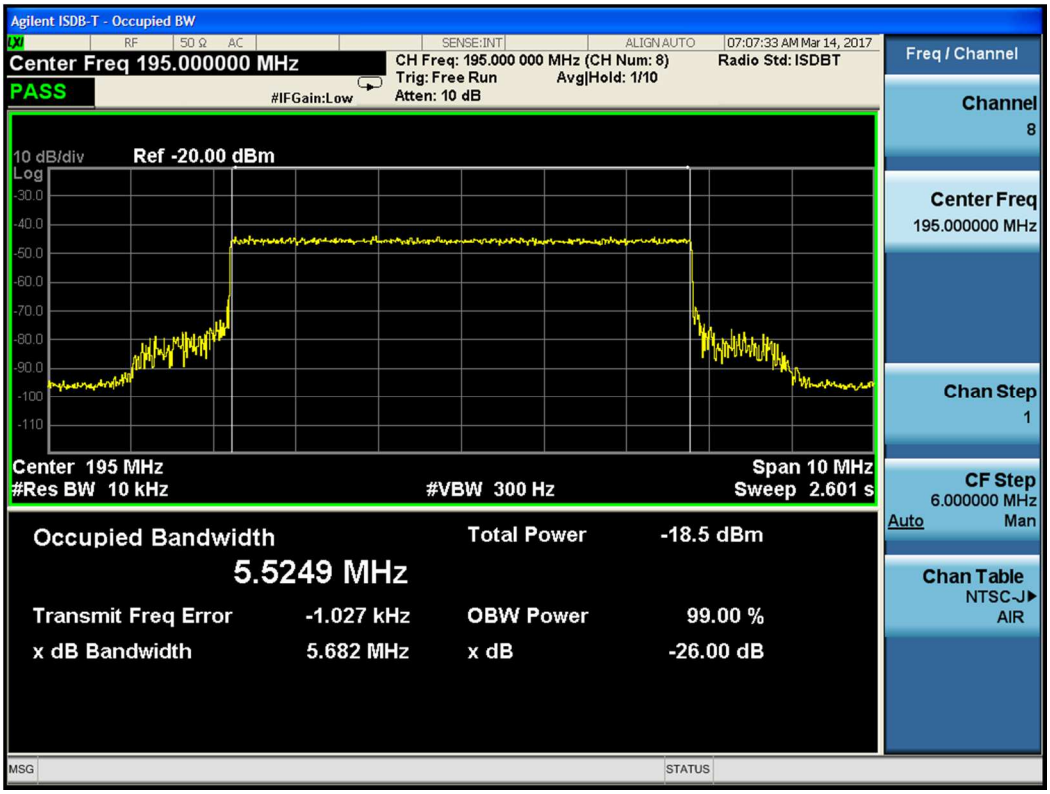
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3. Power Stat CCDF para la banda VHF



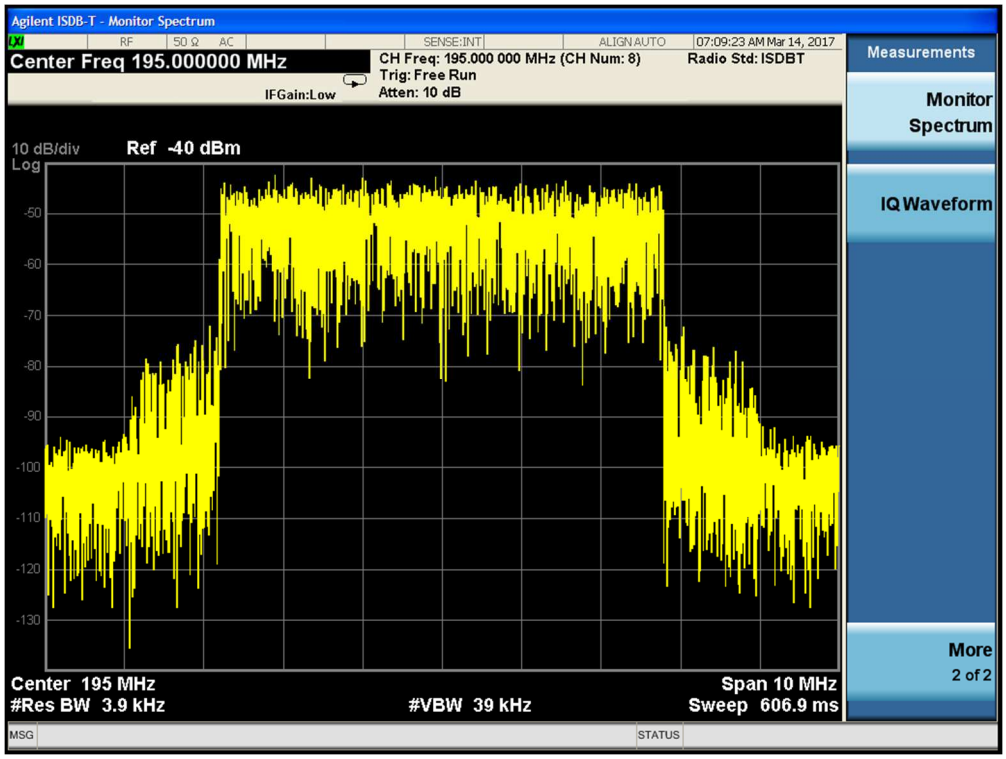
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

4. Ancho de Banda ocupado para la banda VHF



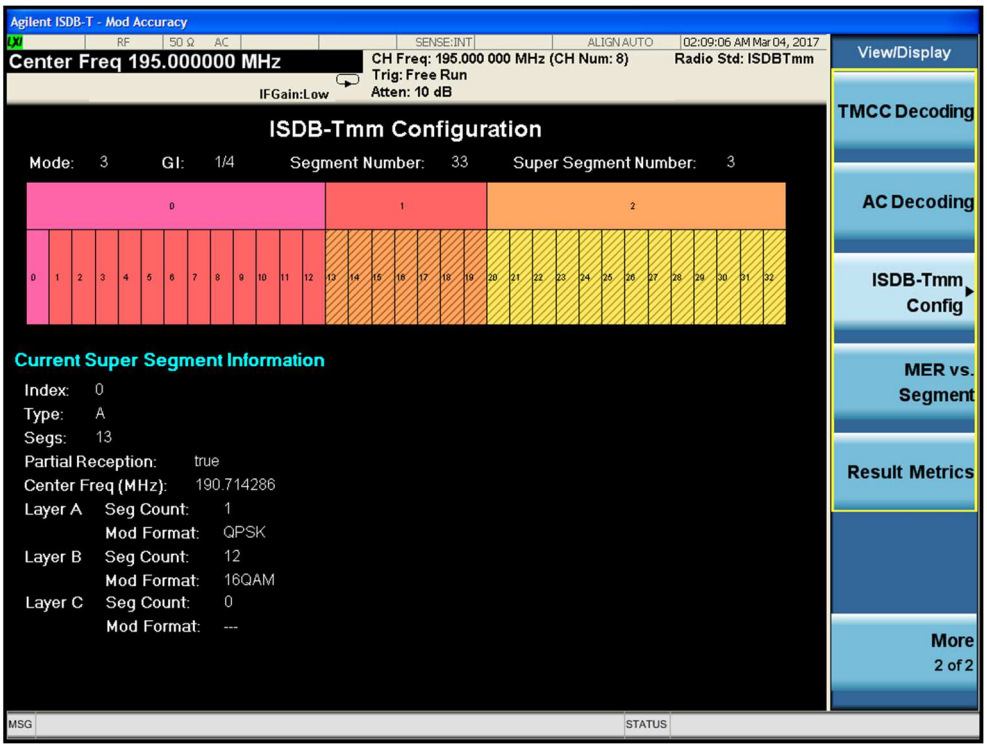
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

5. Monitoreo del Espectro para la banda VHF



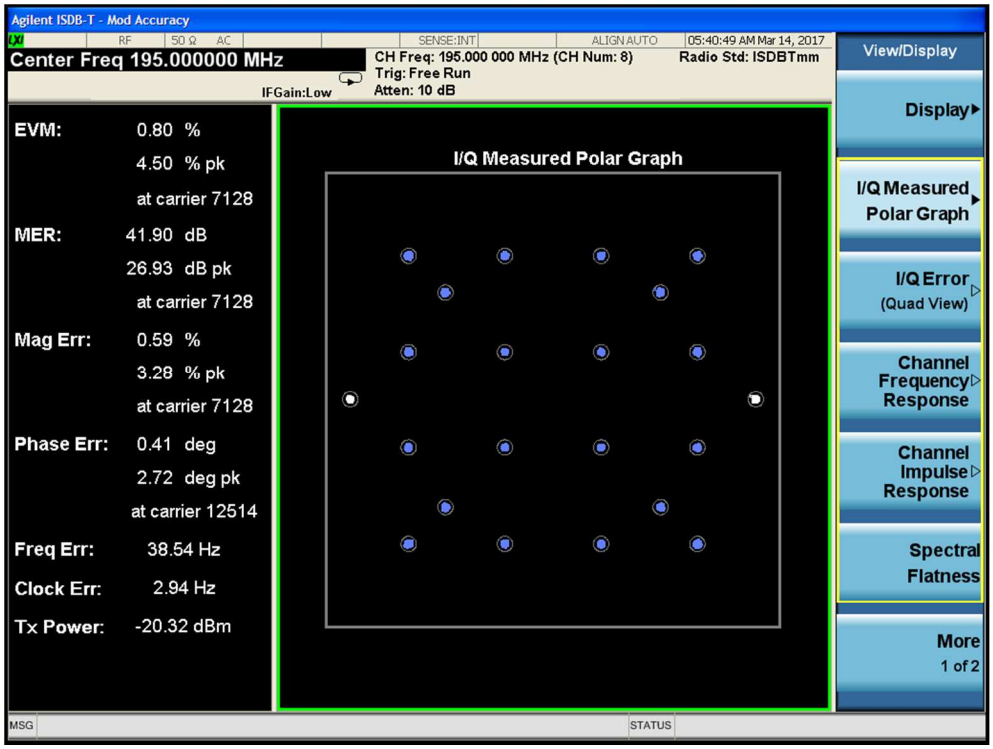
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

6. Configuración ISDB-Tmm para la banda VHF, Frecuencia 195 [MHz]



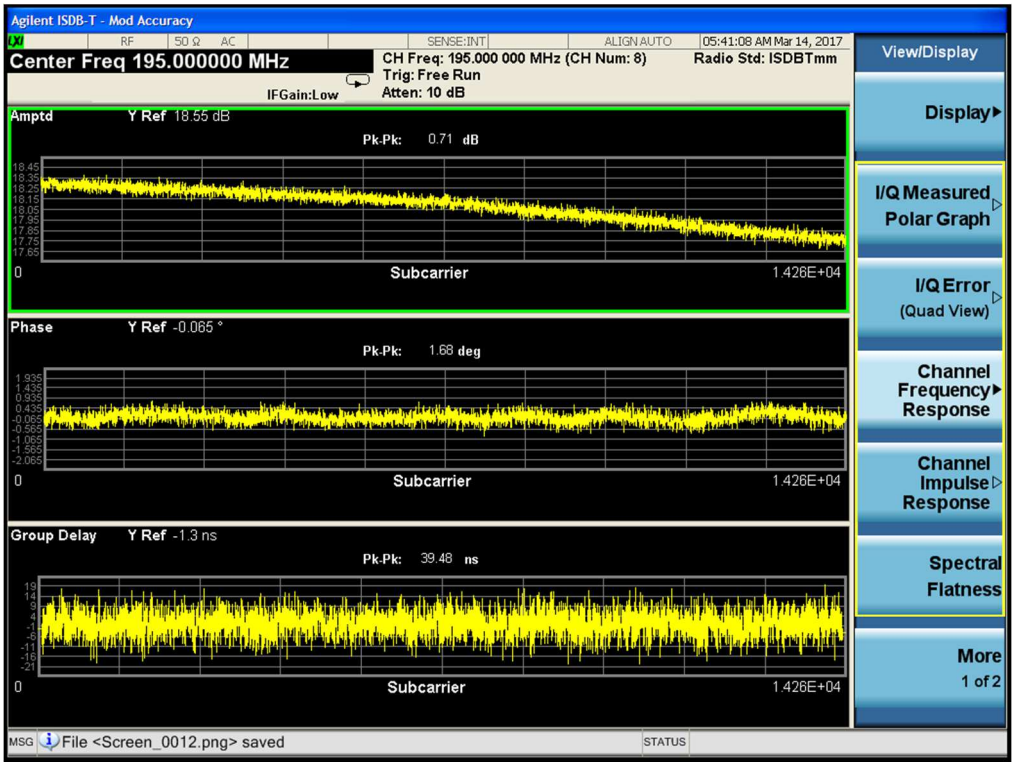
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

7. Diagrama de Constelaciones para la banda VHF



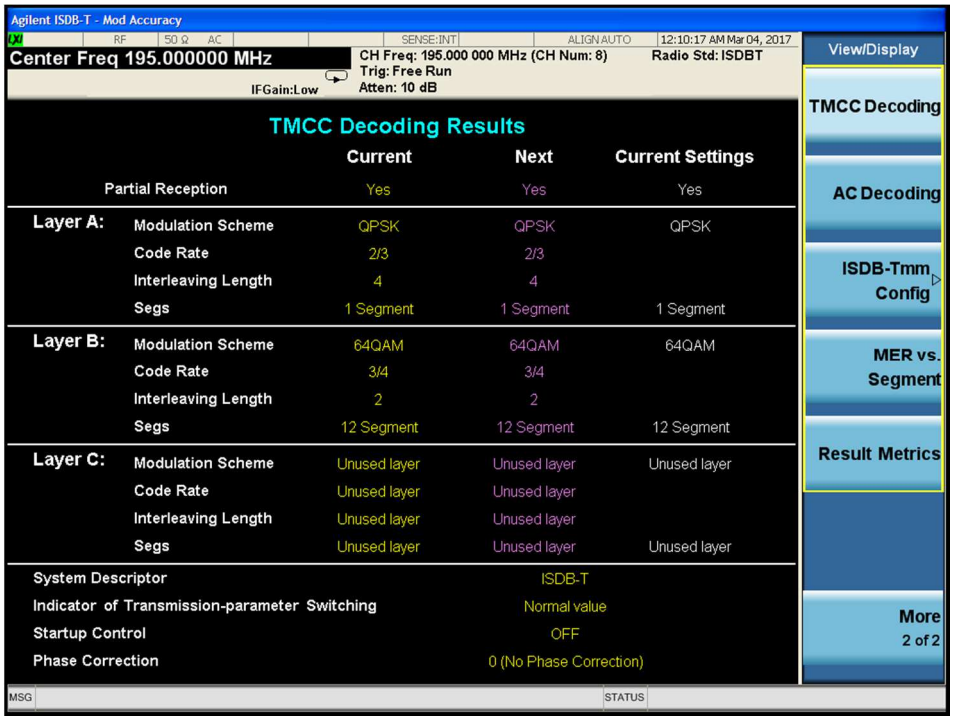
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

8. Respuesta de Frecuencia del Canal para la banda VHF



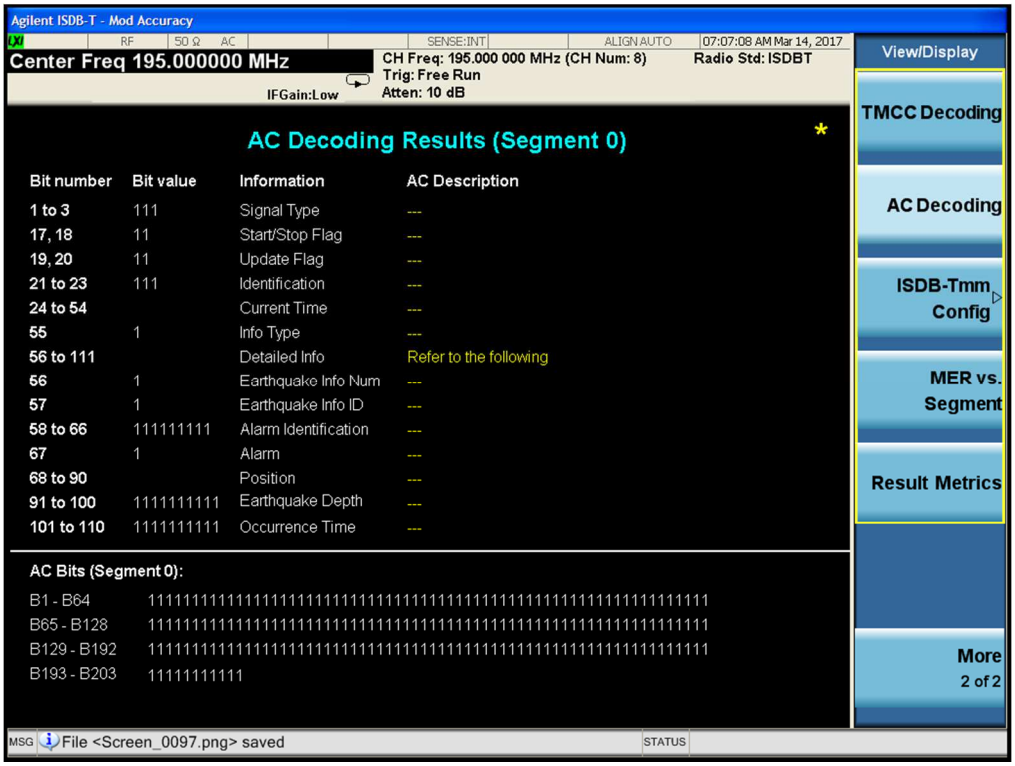
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

9. Resultados de la Decodificación TMCC para la banda VHF



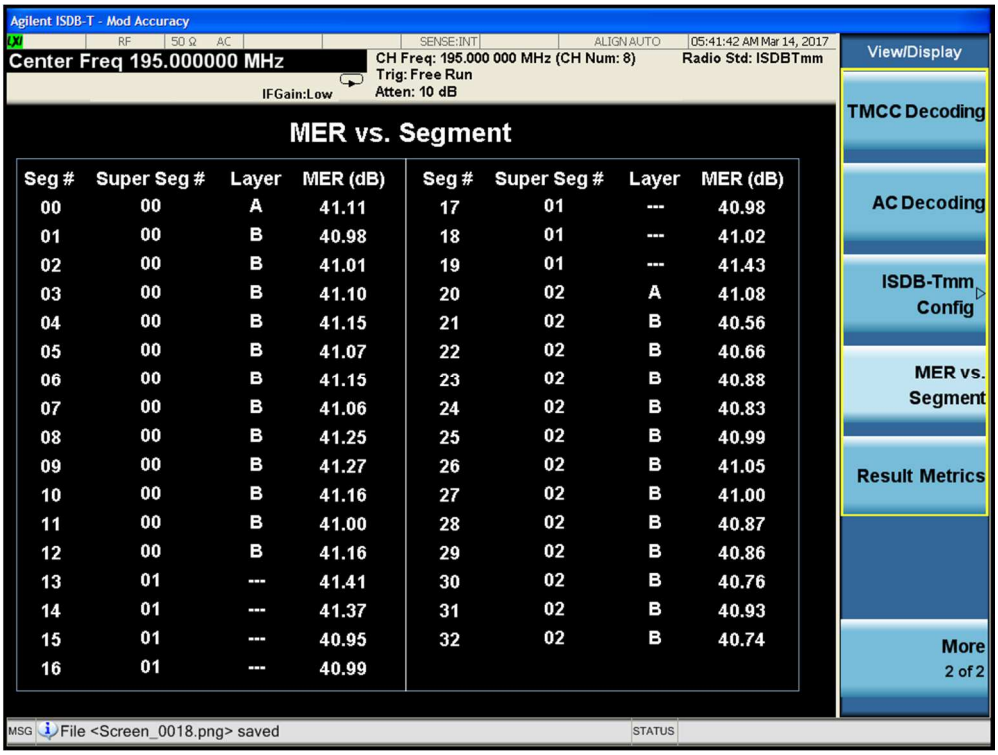
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

10. Canal Auxiliar para la banda VHF



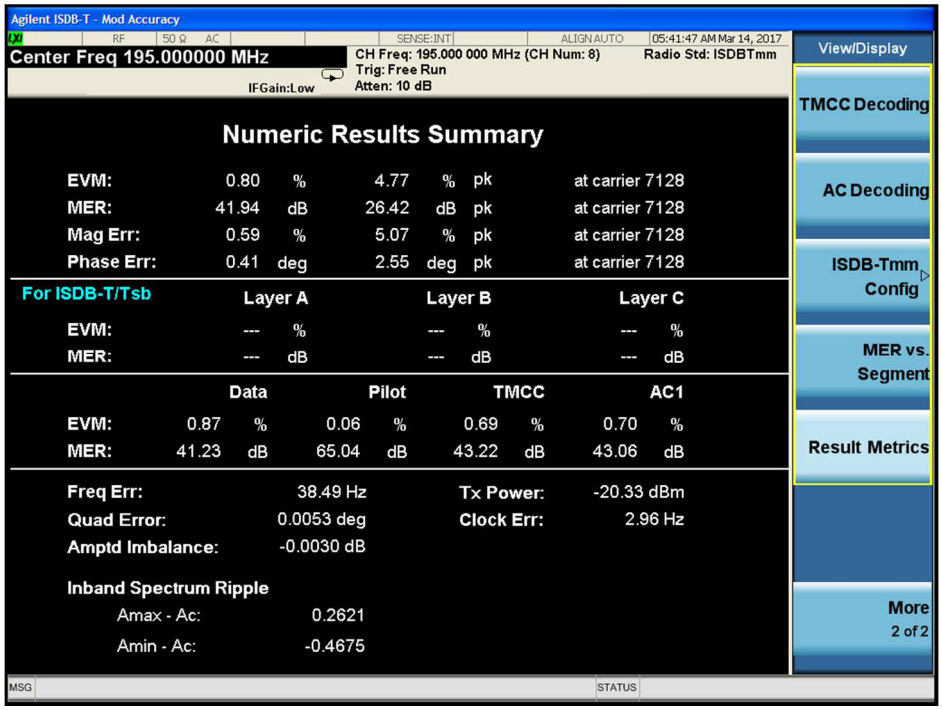
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

11. MER vs Segmento para la banda VHF



Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

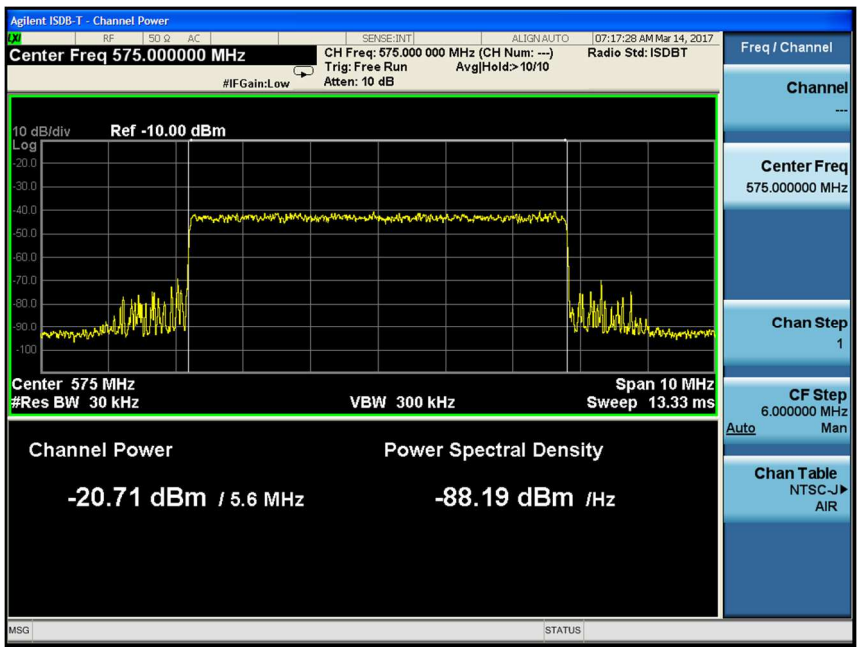
12. Resumen Resultados Numéricos para la banda VHF



Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

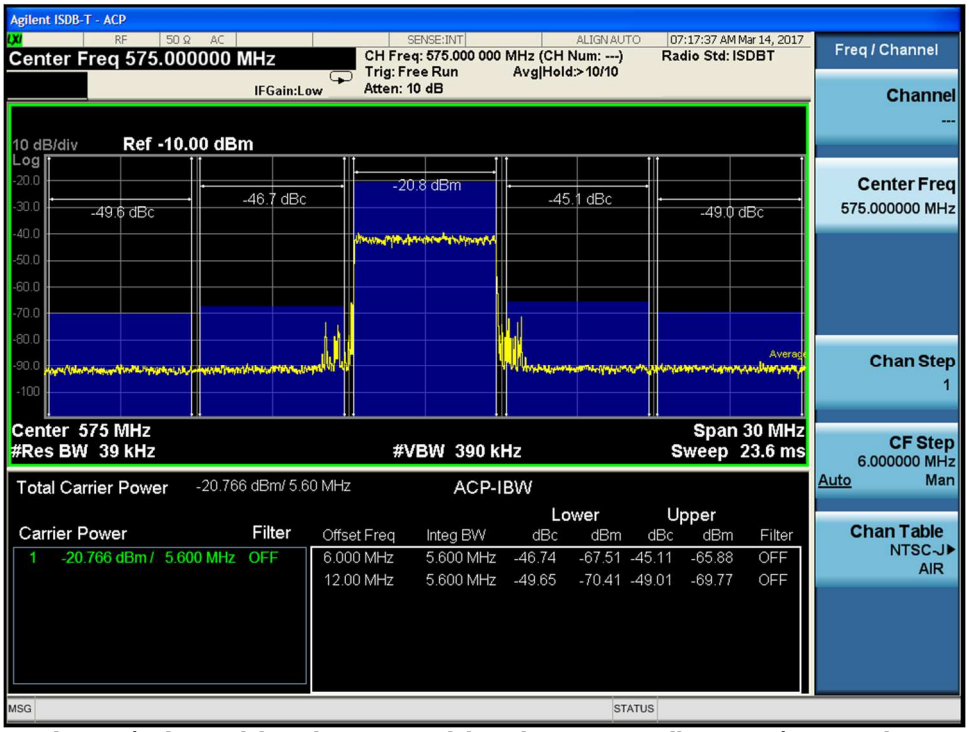
Anexo 3.Simulación para la Banda UHF

1. Señal Transmitida para la banda UHF, Frecuencia 575 [MHz]



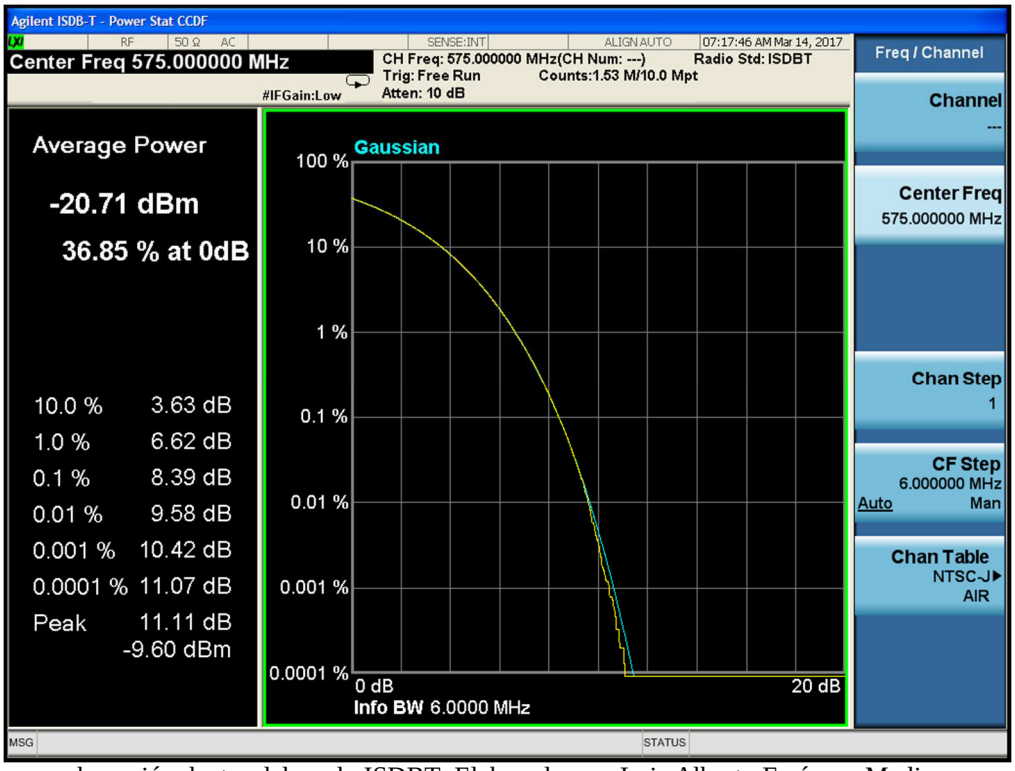
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-T, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

2. ACP para la banda VHF



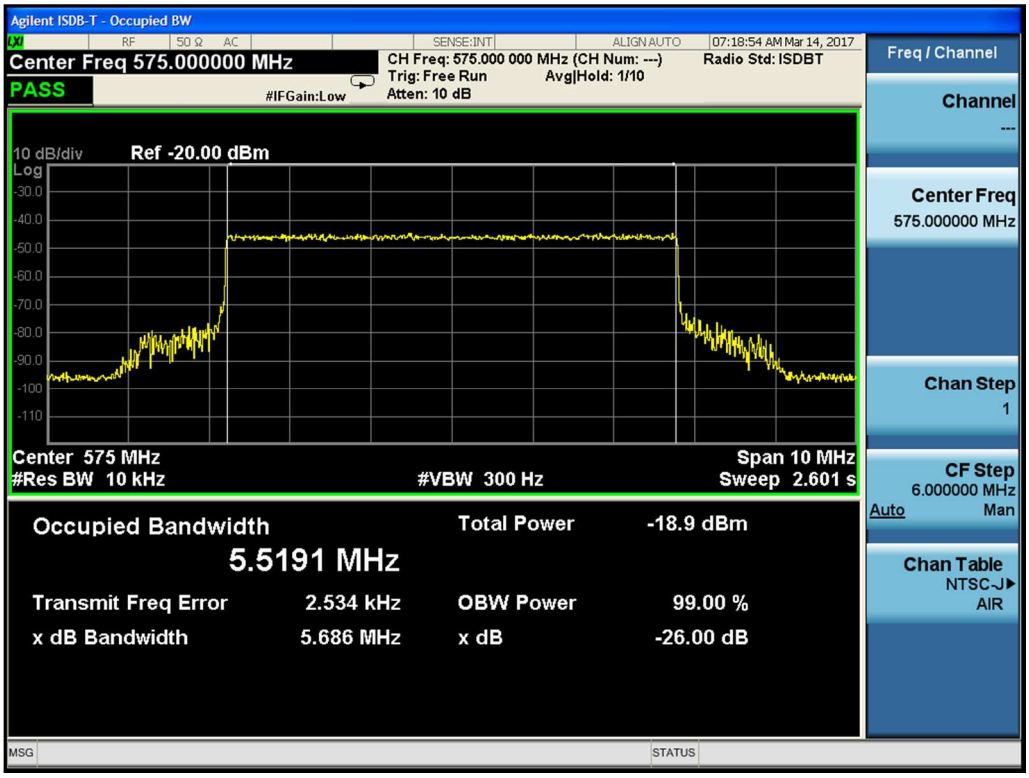
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

3. Power Stat CCDF para la banda UHF



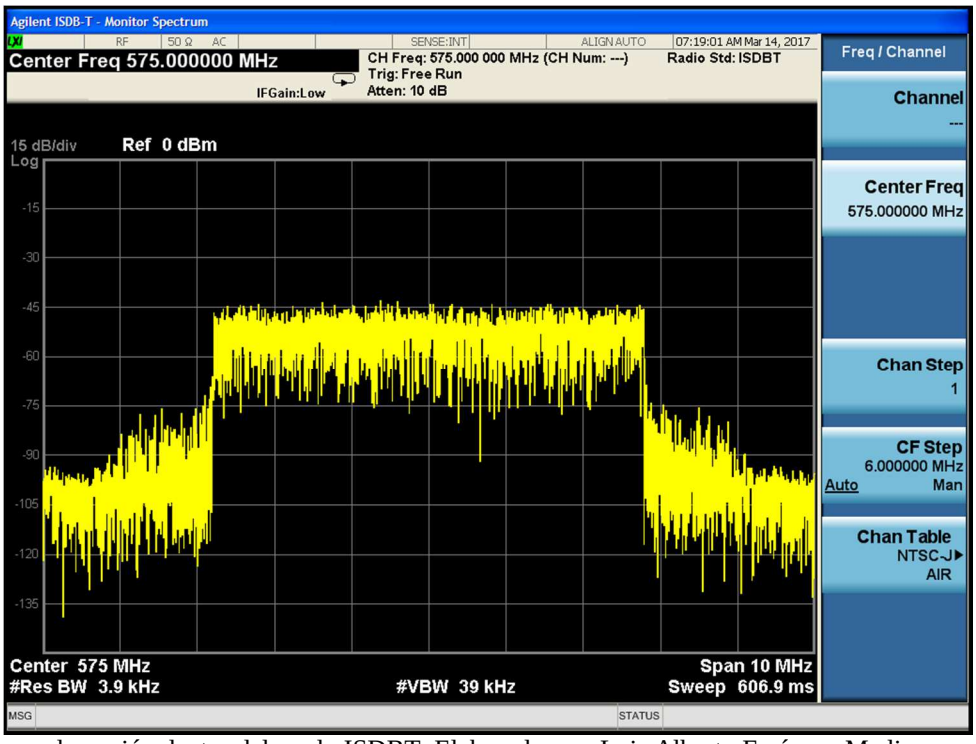
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

4. Ancho de Banda ocupado para la banda UHF



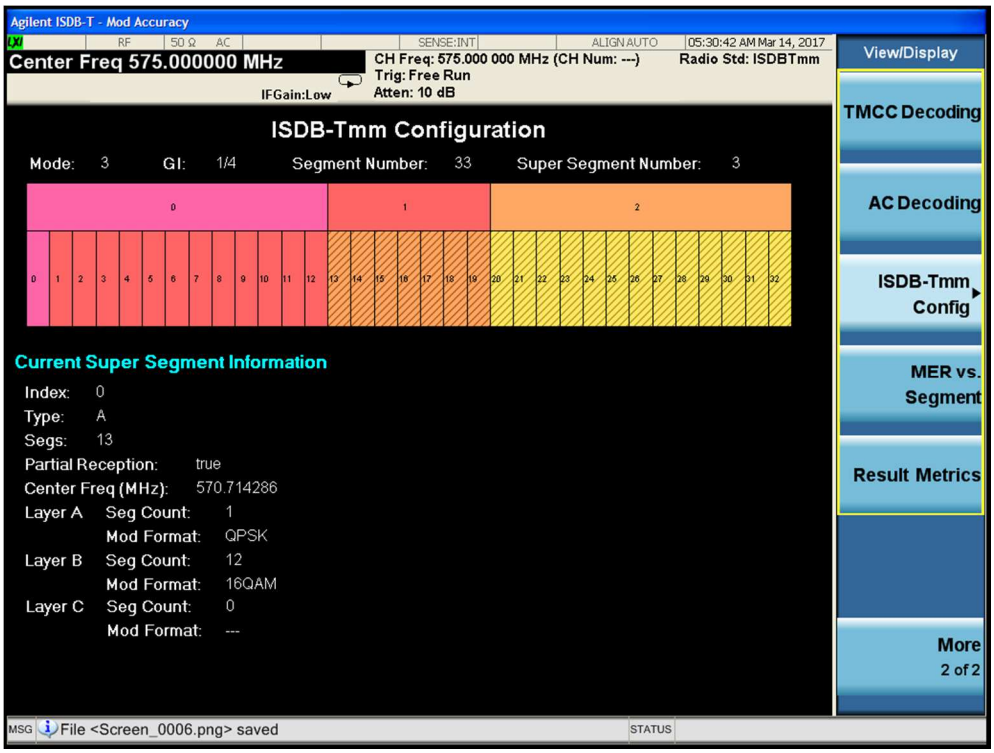
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

5. Monitoreo del Espectro para la banda UHF



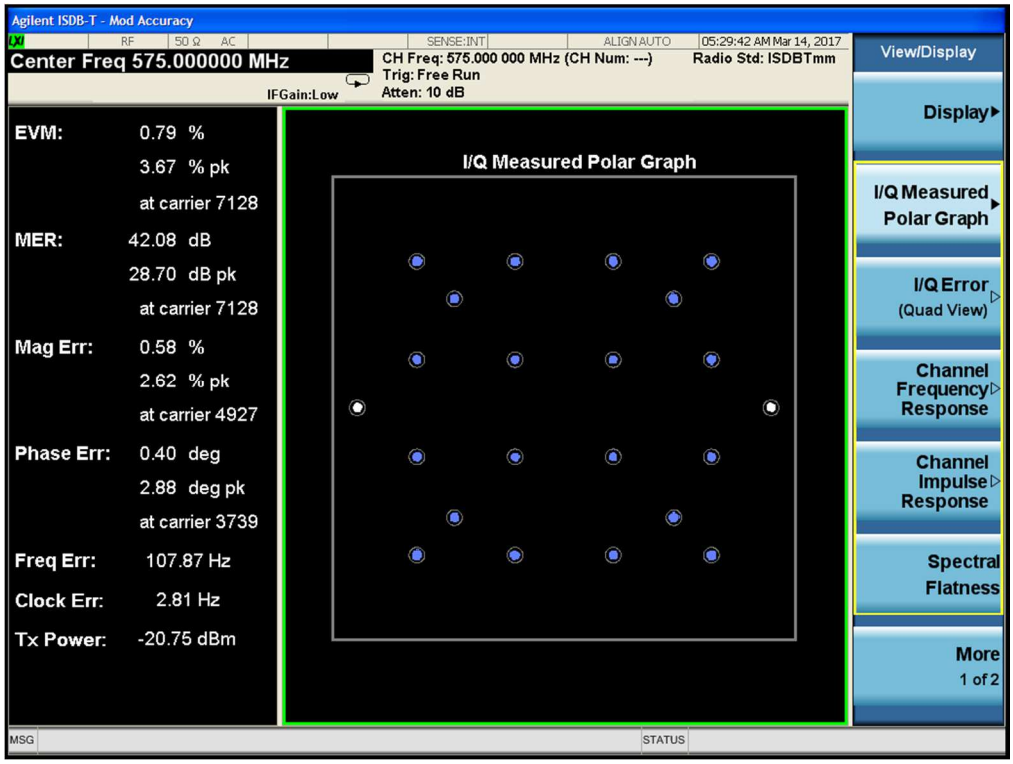
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

6. Configuración ISDB-Tmm para la banda UHF, Frecuencia 575 [MHz]



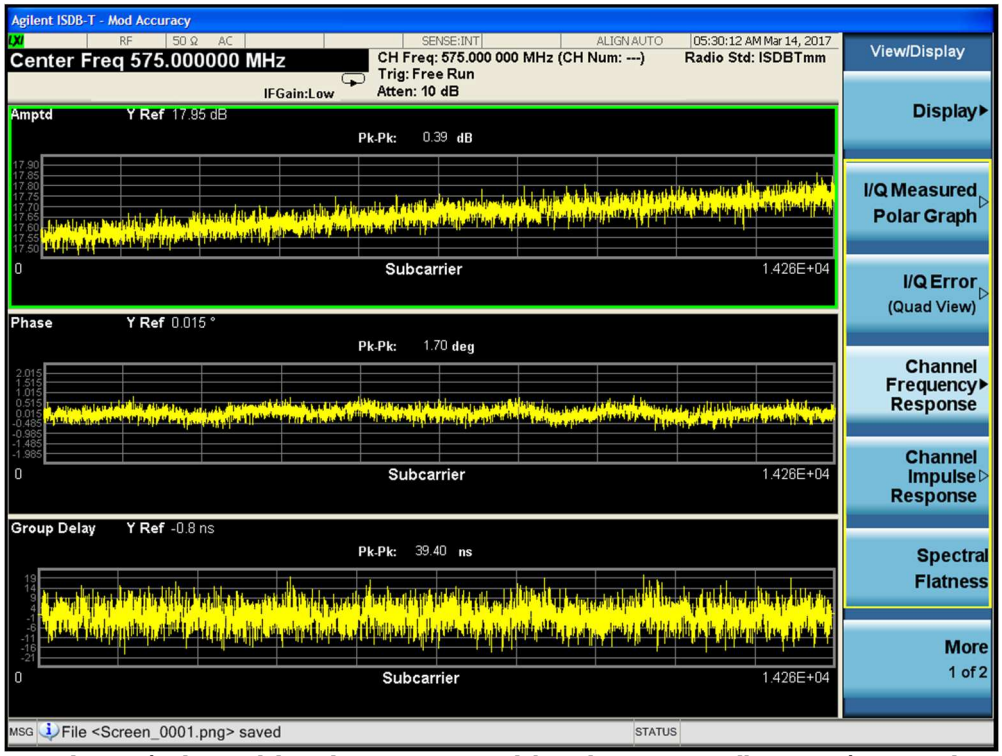
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

7. Diagrama de Constelaciones para la banda UHF



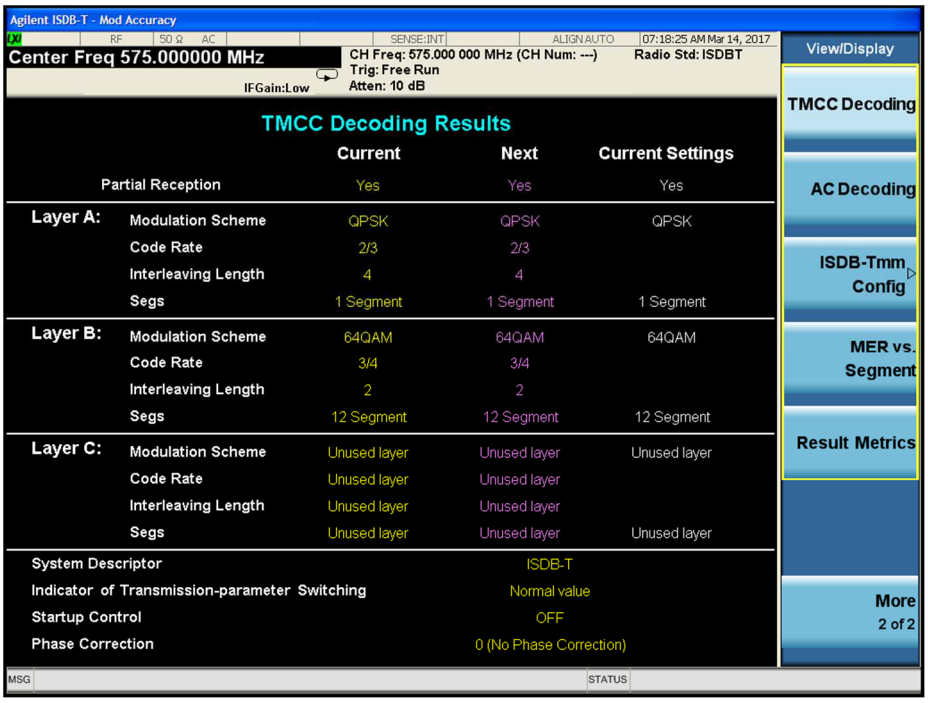
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

8. Respuesta de Frecuencia del Canal para la banda UHF



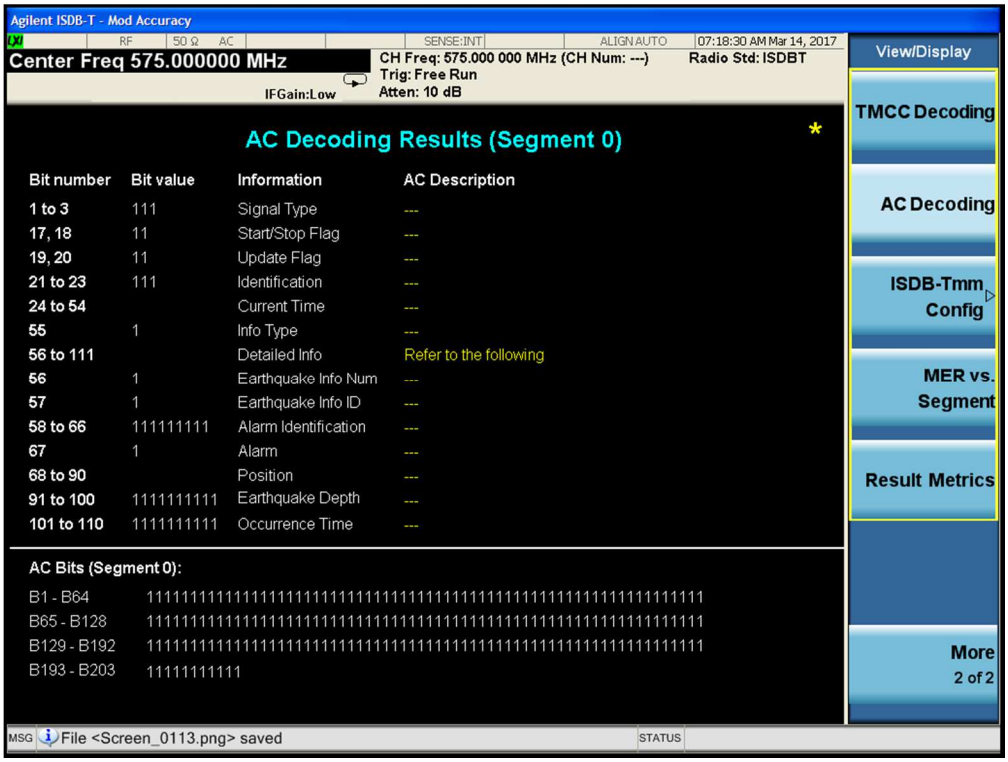
Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

9. Resultados de la Decodificación TMCC para la banda UHF



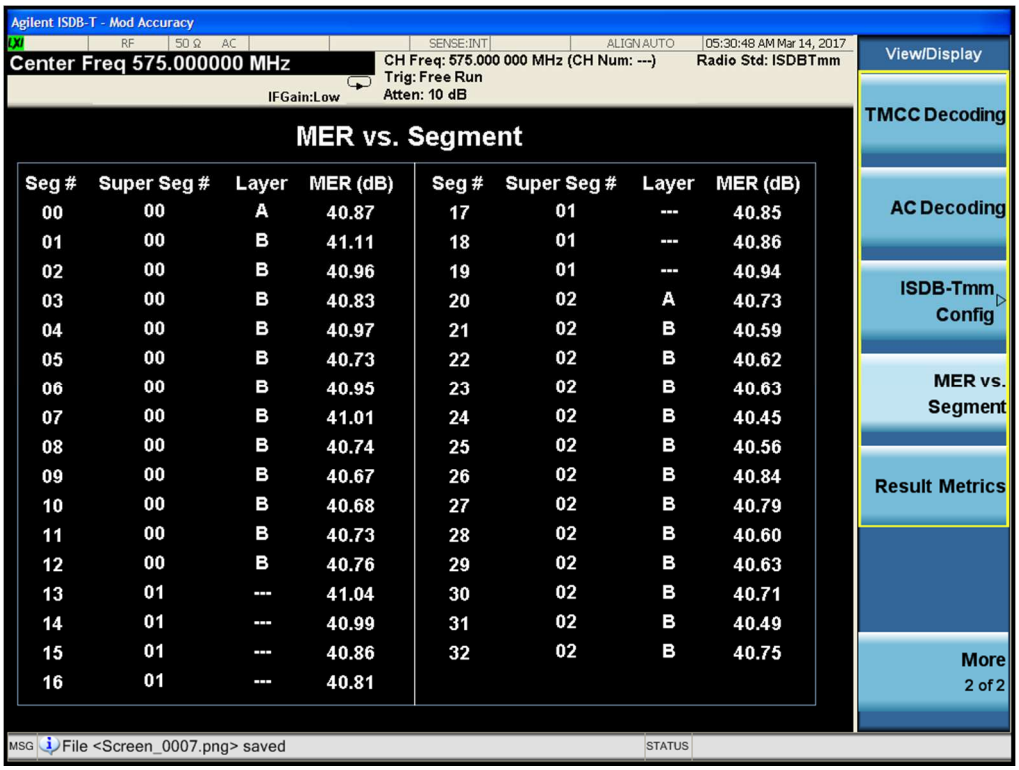
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

10. Canal Auxiliar para la banda UHF



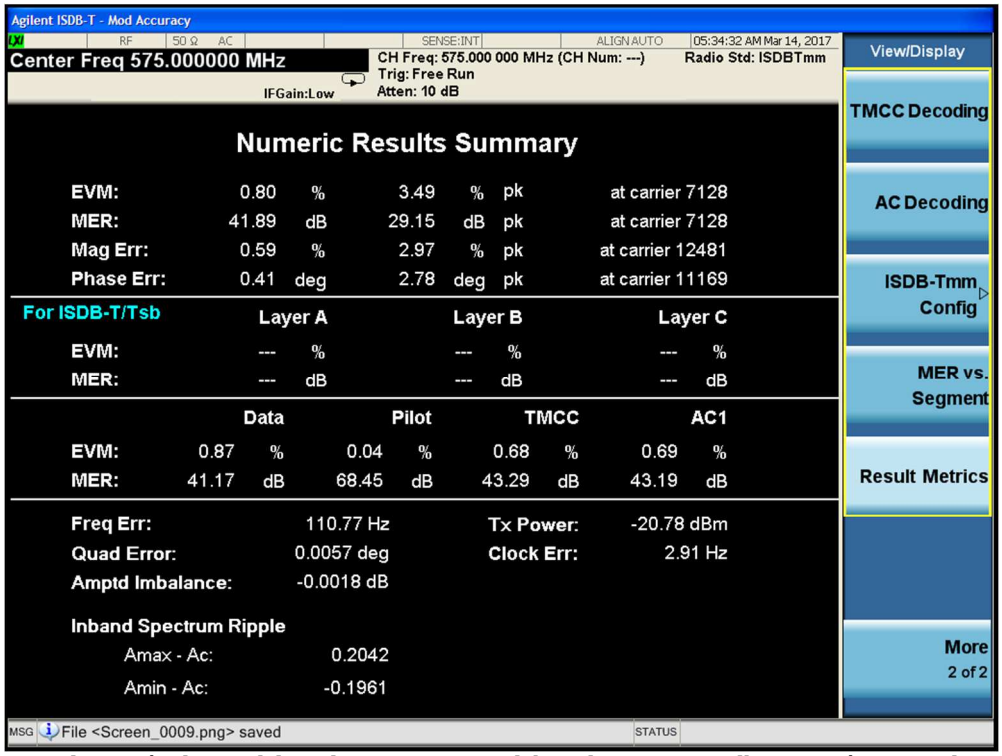
Se escoge la opción dentro del modo ISDBT, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

11. MER vs Segmento para la banda UHF



Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

12. Resumen Resultados Numéricos para la banda UHF



Se escoge la opción dentro del modo ISDB-Tmm, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina

Anexo 4.Valores de Errores según el Tipo de Recomendación UIT-R F.

1. Valor de Errores según el Tipo de Recomendación UIT-R F.

RECOMENDACIÓN	GRADO	CARACTERÍSTICA DE ERRORES			
		ESR		SESR	
UIT-R F. 594-4	ALTO	0.0032		0.00054	
UIT-R F. 696-2	MEDIO	Clase 1 280 km	0.00006	Clase 1 280 km	0.00036
		Clase 2 280 km	0.00075	Clase 2 280 km	0.0016
		Clase 3 50 km	0.00002	Clase 3 50 km	0.0016
		Clase 4 500 km	0.00005	Clase 4 500 km	0.004
UIT-R F. 697-2	BAJO	0.012		0.00015	
UIT-R F. 634-4	ALTO	$\left(\frac{L}{2500}\right) x0.0032$		$\left(\frac{L}{2500}\right) x0.00054$	

Nota: ESR significa Proporción de segundos con errores. SESR significa Proporción de segundos con muchos errores. L es el valor de la longitud medida en kilómetros [Km] que oscila entre 280 [Km] y 2500 [Km], Fuente:(Comisi, 2012; Red & Servicios, 2012; Utiliza, Relevadores, & Digitales, 2012), Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

Anexo 5.Lista de Receptores Portables de tipo USB

1. USB con receptor T-DMB

COMPAÑÍA/ MODELO	INTERFAZ	ENERGIZADO POR USB	DECODIFICACIÓN VIDEO	FRECUENCIA [MHz]
AEROMAX KD9540	USB 2.0	5 V	MPEG-4	174-240
EYERECE T1	USB 1.1 USB 2.0	5V	MPEG-4	174-240
CHINA DVB-T TV COMPANY	USB 2.0	5V	MPEG-2	48-1492

Nota: Se debe instalar con CD y antena. Pedido 1000 unidades en adelante, Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

Anexo 6.Lista de Receptores Móviles

1. Teléfonos Celulares con receptores S-DMB

MODELO TELÉFONO CELULAR	TECNOLOGÍA RED	RADIODIFUSIÓN TV MÓVIL
Samsung W960 AMOLED 3D	GSM, UMTS, HSPA	S-DMB
Samsung B600	CDMA	S-DMB

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

2. Teléfonos Celulares con receptores DVB-H

MODELO TELÉFONO CELULAR	TECNOLOGÍA RED	RADIODIFUSIÓN TV MÓVIL
LG KB775 Scarlet	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
Modeo 3389	GSM	DVB-H
Nokia 5330 Mobile TV Edition	GSM, UMTS	DVB-H
Nokia N8	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
Nokia N96 16 GB	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
Sagem my750C	GSM	DVB-H
Samsung P900	GSM	DVB-H
Samsung P940	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
Samsung SGH-F510	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
Samsung SGH-P960	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
ZTE F912	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H
ZTE Raise	GSM, UMTS, HSPA	DVB-H

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.

3. Teléfonos Celulares con receptores T-DMB

MODELO TELÉFONO CELULAR	TECNOLOGÍA RED	TV RADIODIFUSIÓN MÓVIL
I-Mobile 638 CG	CDMA, GSM	T-DMB
LG EX SU880	UMTS, HSPA, CDMA	T-DMB
LG KU2100	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
LG Optimus 2X SU660	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
LG Optimus LTE LU6200	UMTS, HSPA, CDMA, LTE	T-DMB
LG Optimus LTE SU640	UMTS, HSPA, LTE	T-DMB
LG Optimus Q	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
LG Optimus Q2 LU6500	UMTS, HSPA, CDMA	T-DMB
LG Optimus Q2 LU8800	UMTS, HSPA, CDMA	T-DMB
LG Optimus True HD LTE P936	GSM, UMTS, HSPA, LTE	T-DMB
LG Optimus Vu F100S	CDMA	T-DMB
LG Optimus VU II F200	CDMA, HSPA, EVDO, LTE	T-DMB
LG Prada 3.0	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
LG SU420 Cafe	GSM, UMTS	T-DMB
LG SU920	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
LG SU950	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Motorola CUPE	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Motorola ROKR ZN50	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Motorola XT720 MOTOROI	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Pantech SKY Izar A630K	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Pantech Vega LTE EX IM-A820L	UMTS, HSPA, CDMA, LTE	T-DMB
Pantech Vega Racer 2 IM-A830L	CDMA, UMTS, HSPA, LTE	T-DMB
Pantech Vega Xpress	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Pantech Vega Xpress IM-A720L	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Samsung M130K Galaxy K	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Samsung M210S Wave2	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Samsung W850	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB
Samsung W880 AMOLED 12M	GSM, UMTS, CDMA	T-DMB
Samsung W960 AMOLED 3D	GSM, UMTS, HSPA	T-DMB

Elaborado por: Luis Alberto Enríquez Medina.