



REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN GESTIÓN DE TELECOMUNICACIONES MENCIÓN REDES DE
ACCESO Y TELEFONÍA**

TEMA:

**REQUISITOS TÉCNICOS-LEGALES PARA LA TRANSMISIÓN DE LA TELEVISIÓN
DIGITAL TERRESTRE UHF, CASO ECUADOR.**

AUTOR:

MARCO ANDRÉS GUERRERO QUINTANA

2019

GUAYAQUIL – ECUADOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas aquellas personas que han aportado de manera invaluable sus enseñanzas y experiencias a lo largo de todo este proceso de desarrollo profesional en el campo de las telecomunicaciones.

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, Creador y Guía, a mis padres y a toda mi familia por su constante apoyo en mi crecimiento profesional.

La responsabilidad de este trabajo de investigación, con sus resultados y conclusiones, pertenece exclusivamente al autor.

.....

Marco Andrés Guerrero Quintana

REQUISITOS TÉCNICOS-LEGALES PARA LA TRANSMISIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE UHF, CASO ECUADOR.

Marco Andrés Guerrero Quintana,

guerreromarco6@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación analiza los aspectos técnicos y legales a considerar para la transmisión de la televisión digital terrestre, a través de la recolección de información documental de diferentes instituciones gubernamentales y privadas, misma que permitió detectar los principales aspectos técnicos establecidos por el estándar brasileño ISDB-Tb, que en conjunto con las buenas prácticas establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, permitió establecer la correcta configuración de los equipos de transmisión y así lograr el cumplimiento con lo establecido por la normativa técnica que se encuentra actualmente vigente en el país.

Palabras Claves: Televisión Digital, Configuración de transmisores, Parámetros Técnicos, Normativa Legal, Estándar ISDB-Tb

INTRODUCCIÓN

Los aspectos técnicos legales pueden llegar a ser una barrera de entrada para la transmisión de la televisión digital en el país.

En el 2012, el país emprendió el proceso para unirse a las nuevas tecnologías de la televisión digital terrestre, adoptando el estándar internacional ISDB-Tb, actualmente, a nivel nacional, están conformadas 536 estaciones de televisión abierta analógica, de estas 31 mantienen autorización de manera momentánea para la transmisión de multiprogramación (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones [ARCOTEL], 2018).

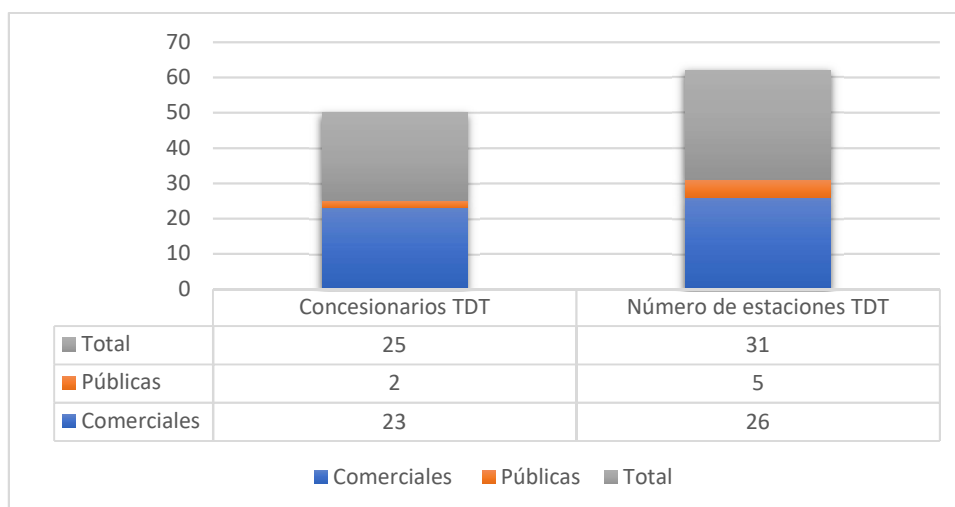
Con el objetivo de contribuir con los canales de televisión concesionados en el país, la presente investigación pretende ofrecer un documento de fácil entendimiento, que contemple los parámetros técnicos y las normativas legales de mayor importancia para la configuración de los equipos de transmisión, lo que nos llevará a un análisis del estándar internacional ISDB-Tb (Servicio Integrado de Difusión Digital – Terrestre Brasileño), y los parámetros legales exigidos por la normativa vigente en el país, logrando concluir en los aspectos de mayor relevancia para la transmisión de la televisión digital terrestre.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR

En nuestro país, desde el año 2012, se dio inicio al proceso de migración a la televisión digital terrestre, logrando que varias ciudades puedan tener acceso a esta tecnología; gracias a esto, se ha podido apreciar una mejor calidad de audio y video de forma gratuita.

Gráfico n°1 Concesionarios y estaciones de TDT

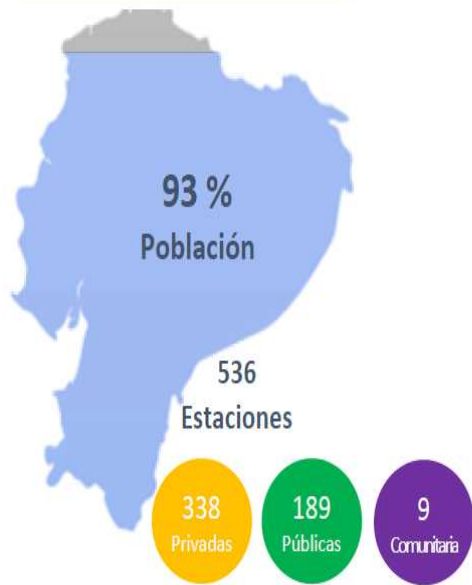


Fuente: Elaboración propia basada en datos de la ARCOTEL (2018)

En estudios realizados por la ARCOTEL (2018) quienes indican:

En el Ecuador, el 94.53% de las estaciones de televisión abierta transmiten sus señales de forma analógica, mientras que el 5.47 % restante lo hace en formato digital. Por otro lado, 253 de los 85 concesionarios autorizados para emitir señales de televisión abierta (29.41%), han iniciado sus transmisiones en formato digital con una o más estaciones. (p.7)

Televisión Abierta Analógica



Televisión Digital Terrestre

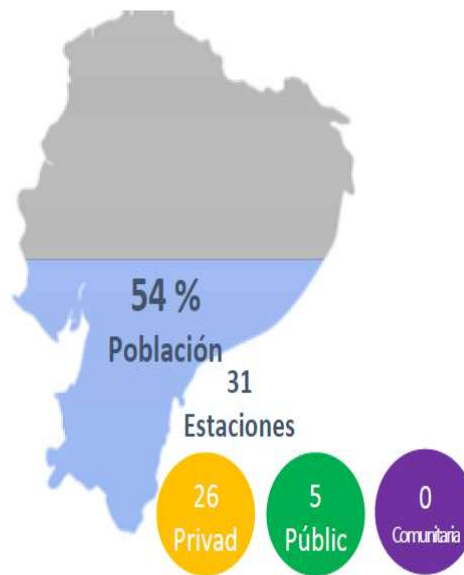


Figura n°1: TV analógica y digital situación actual

Fuente: ARCOTEL (2018)

En el gráfico anterior podemos evidenciar que apenas el 54% de la población tiene acceso a la señal de la Televisión Digital Terrestre (TDT), a diferencia de la televisión analógica que llega al 93% de la población, para dar paso al apagón analógico deberá estar cubierto el 90% de la población sin tomar en cuenta los hogares que tengan televisión por cable.

1.2 LA TELEVISIÓN DIGITAL

La TDT, es la transmisión en movimiento de audio y video mediante señal digital, por medio de una red de repetidoras terrestres.

Moreno, Marín, Sierra y Gil (2011) quienes indican:

La TDT cuenta con múltiples ventajas, entre ellas, la posibilidad de transmitir más de un contenido adicional como señales televisivas en HD (High Definition) y SD (Standard Definition); simultáneamente por un mismo ancho de banda (denominado múltiplex); debido a que la digitalización de la señal implica un proceso de codificación más robusto a diferencia de la televisión analógica, haciendo un uso eficiente del espectro radioeléctrico. Otra ventaja que provee la naturaleza de la señal digital es poder recibir siempre una imagen y video con una calidad completamente mejorada a causa de que se minimizan las interferencias o fenómenos de ruido que podrían ocurrir al hacer uso del medio de transmisión basado en el aire. En este caso, aunque hipotéticamente, si la señal se ve afectada por algún fenómeno interferente que la degrade, no será recibida por los usuarios finales. (p.33).

La digitalización permite la compresión de la señal permite el aprovechamiento del espectro radioeléctrico, esta ventaja permite la transmisión de más canales, logrando brindar a la ciudadanía en general, mayor contenido con alta calidad de audio, video y ofrecer servicios adicionales que sean de interés para los mismos, también es viable la recepción en equipos portátiles o equipos celulares, estos dispositivos deberán ser compatibles con el estándar.

En el mundo existen diferentes estándares disponibles para la transmisión de la TDT, Ecuador en el 2010, decidió adoptar el estándar brasileño ISDB-Tb para la transmisión y recepción de la televisión digital terrestre y se contempló que el apagón analógico sería para el año 2018 (actualmente se encuentra aplazado para el año 2023), iniciando con la

concesión temporal de frecuencias en las dos principales ciudades del país: Quito y Guayaquil.

1.3 DEFINICIÓN DEL ESTÁNDAR ISDB-Tb

Al igual que la televisión analógica que tiene sus estándar NTCS o el PAL, la TDT cuenta con su estándar ISDN-T (Integrated Services Digital Broadcasting), está diseñado para la transmisión de video digital terrestre, también se pueden encontrar sus variantes para los distintos medios de transmisión, como el ISDB-S para la transmisión vía satélite y el ISDB-C para la transmisión por cable. El ISDB-Tb Latinoamérica, Asia y África adoptan este estándar para la transmisión de TDT en forma gratuita.

El ISDB-Tb desarrollado por Brasil está basado en el estándar Japonés ISDB-T, estos dos estándares se diferencian por su compresión: ISDTB-Tb hace uso del estándar H.264 / MPEG-4 AVC con una resolución de 8192 x 4320 y con una tasa de presentación de 30 fotogramas por segundo a diferencia del ISDB-T que hace uso del estándar H.262 / MPEG-2 con una resolución máxima de 1920 x 1152 y con una tasa de presentación de 15 fotogramas.

Muñoz J. (2015) quien indica:

El sistema ISDB-T utiliza la modulación COFDM para transmitir canales con un ancho de banda de 6MHZ, pero las portadoras están agrupadas en 13 segmentos, por lo que la modulación es COFDM-BST (Orthogonal Frequency Division Multiplex – Band Segmented Transmission) (p.09).

Este tipo de modulación permite que cada segmento contenga su esquema de protección único por lo tanto tendrá su decodificación propia.

Su característica más relevante es asignar un pequeño segmento que se lo denomina como “one-seg” el cual tiene la propiedad de realizar la transmisión de la TDT a dispositivos móviles.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE ISDB-Tb

El estándar resalta de sus otras alternativas a nivel mundial por ser de:

- Alta calidad y flexibilidad de servicio
- Robustez y flexibilidad de recepción
- Utilización efectiva del recurso de frecuencia
- Movilidad y portabilidad
- Servicio One-Seg
- Compatibilidad
- Uso para caso de prevención de desastres

1.5 PROCESO OPERACIONAL DEL ESTÁNDAR ISDB-Tb

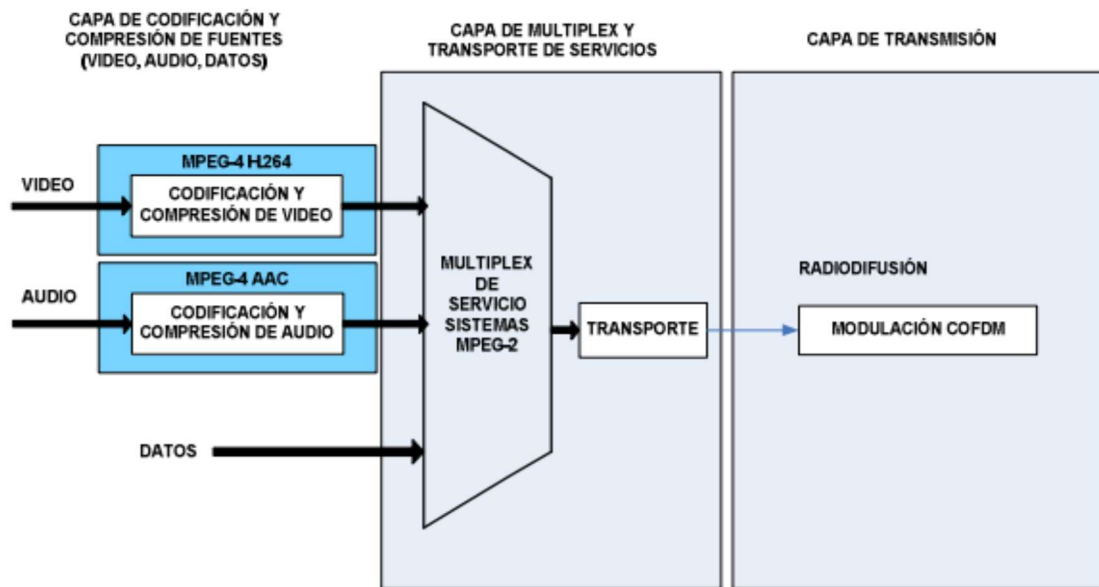


Figura n°2: Sistema básico ISDB-T

Fuente y elaboración: Miranda, Fuentes y Urbina. (2015).

- **Capa de codificación y compresión de fuente:** Mediante la norma H264 se realiza la compresión de video y su audio que es comprimido mediante ACC, a estas dos compresiones se les agrega los datos adicionales del canal.
- **Capa de multiplex y transporte de servicio:** En esta etapa el audio, video y datos, son agrupadas en un único tráfico de paquetes el cual contiene una extensión de 188 bytes, la fase de transporte se genera un Transport Stream (TS), mediante Elementary Stream (ES); que es el encargado de dar formato a los datos, estos serán comprimidos para ser almacenados en paquetes de tamaños variables denominados Packetized Elementary Stream (PES) con una longitud máxima de 64 Kbyte, se incluye una cabecera, la cual tiene información de cada tipo de dato que transporta en cada paquete.
- **Capa de transmisión:** El contenido luego de la multiplexación es enviado al modulador COFDM-BST. Aguirre A. y Benítez J. (2016) indica que “COFDM,

como parte de la mejora de OFDM, agrega un codificador compuesto conjuntamente por un código convolucional y un entrelazado de portadoras, que logran proteger del desvanecimiento selectivo a las portadoras locales” (p.55).

1.6 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y MODULACIÓN

Espectro Radioeléctrico

El estándar ISDB-Tb contempla 13 segmentos de 428,57kHz cada uno, para los diferentes servicios, en la gráfica siguiente se detalla lo antes mencionado:

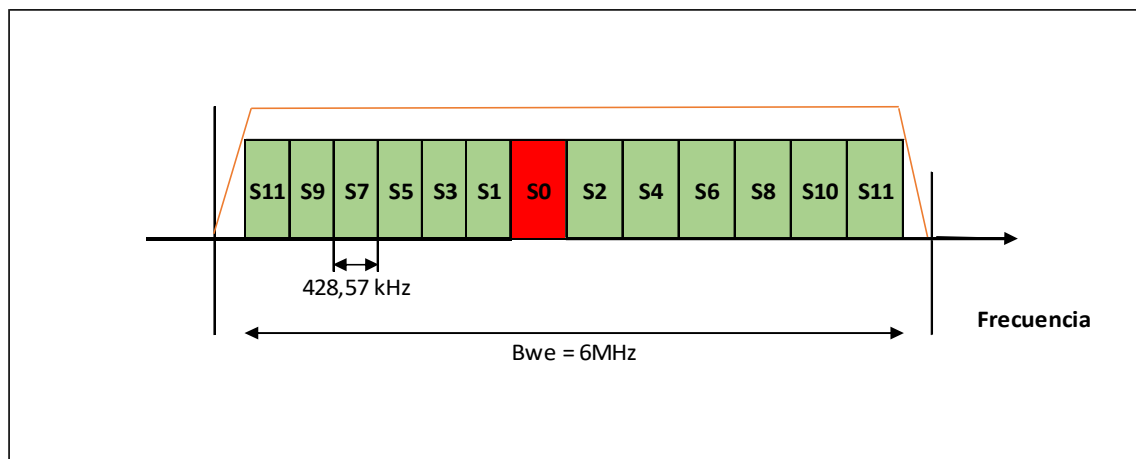


Figura n°3: OFDM Segmentación con Time intervale

Fuente: Elaboración propia basado en información de la ABNT

Al igual que en la televisión analógica, se hace uso de un ancho de banda de 6 MHz, esto con la finalidad de evitar problemas al momento de dividir nuevamente el espectro, no es posible hacer uso de todo el ancho de banda asignado ya que se deberá dejar un intervalo de guarda que se encargará de proteger la señal de interferencias o señales reflejadas por multi trayectoria.

Tierra D. y Silva J. (2007) quienes indican:

Intervalo de guarda se expresa en fracciones del periodo del símbolo, es decir $1/4$, $1/8$, $1/6$ y $1/32$ entre más grande la fracción más protección se logra, pero se reduce la capacidad del canal por disminución de espacio disponible para transmitir símbolos, en los cuales va la información (p.92)

Modulación

Es la constitución de una o más señales de un conjunto de ondas portadoras las cuales tienen diferentes frecuencias esto se lo conoce como multiplexación por división de frecuencias ortogonales o OFDM estas pueden ser moduladas:

- Por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) con una tasa de transmisión 2bits para señal estándar.
- Por desplazamiento de fase en cuadratura diferencial (DQPSK) con una tasa de transmisión 2bits para receptores móviles.
- Por Amplitud en Cuadratura de 16 estados (16QAM) con una tasa de transmisión de 4bits para definición estándar (SD).
- Por Amplitud en Cuadratura de 16 estados (64QAM) con una tasa de transmisión de 16bits para alta definición (HDTV).

Al ser estas portadoras ortogonales unas con otras, permiten que el ancho de banda sea mejor aprovechado, como se muestra en la siguiente figura:

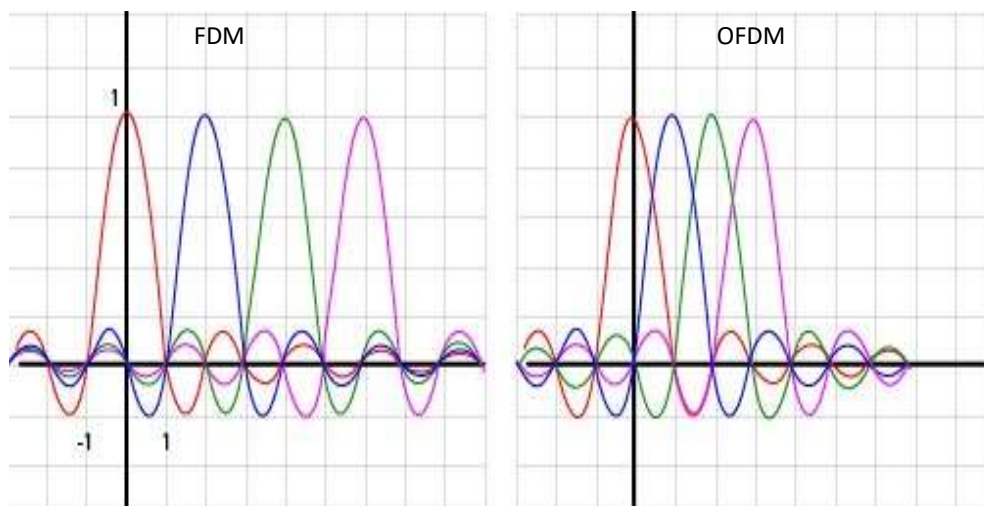


Figura n° 4: FDM vs OFDM

Fuente: Elaboración propia basado en información de la Universidad de Granada

1.7 PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS TRASMISORES

En la siguiente tabla se describen las normas técnicas de mayor relevancia para el servicio de radiodifusión y se detalla las mismas para una mayor comprensión de estas.

Tabla n°1: Descripción de los parámetros de un transmisor

N°	Descripción	Detalle
1	Frecuencia Autorizada	El documento de referencia para el uso correcto del espectro radioeléctrico, el cual determina la distribución del espectro, establece normas para la asignación de bandas y canales radioeléctricos de los distintos canales de radiodifusión, es el “Plan Nacional de Frecuencias”.
2	Ancho de Banda	El ancho de banda es determinado por el estándar ISDB-Tb
3	Sistema Radiante	Configuración de antenas que es utilizado para la propagación de la señal mediante un patrón de radiación deben contar con polarización, azimut máxima radiación y ángulo de inclinación.
4	Modelo de propagación	Evaluar el comportamiento de la trayectoria de una señal de radio frecuencia considerando distintas variables.
5	Polarización de antena	Trayectoria de la señal emitida y recibida la cual puede ser polarización de forma horizontal, vertical, circular o elíptica
6	Perdida	La atenuación de la señal se expresa en decibelios y es la relación de la potencia en la antena y la señal que está disponible para las antenas receptoras.
7	Potencia del transmisor	Es la cantidad de potencia que emitirá o irradiará el equipo transmisor, antes del filtro de máscara.
8	Modulación	Codificación de la información para ser transportada en una onda portadora
9	Intervalo de Guarda	Se encargará de proteger la señal de interferencias o señales reflejadas por multi trayectoria.
10	Forward Error Corrección	Diseñado para sistemas de tiempo real o que no mantengan un retorno, donde no se requiere una respuesta para exponer los datos.

11	Formato de operación	Para la programación regular o adicional, la transmisión en los diferentes formatos que ofrece el estándar ISDB-Tb 2k y 8k,
12	Modo de Operación	El modo de operación de termina la separación en la frecuencia de cada una de las portadoras

Fuente: Elaboración propia basado en datos de ARCOTEL, (2015).

1.8 ASPECTOS LEGALES

Adopción del estándar ISDB-T

En la resolución 084-05-CONATEL emitida en marzo 25 del 2010, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones indicó que el Ecuador debía adoptar el estándar internacional ISDB-T de televisión digital, debido a su innovadora tecnología para transmisión y recepción de señal de televisión digital terrestre creada por Brasil.

Comité de implementación de la TDT

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), según acuerdo interministerial 170 del 3 de agosto del 2011 y su publicación en el registro oficial N°552 de 10 de octubre del 2011.

MINTEL, (2011) indica que “Creación del Comité Interinstitucional Técnico para la Introducción de la TDT, Crea el Comité Interinstitucional Técnico para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre (CITDT) en el Ecuador” (p.03), se encargaría de poner en ejecución el plan maestro para la transición a la televisión digital terrestre, el cual contemplaba el apagón analógico para el año 2018 con la concesión temporal de frecuencias en Quito y Guayaquil con la finalidad de dar inicio a las primeras pruebas de la señal digital, este comité también establece en resolución N° CITDT-2017-01-02 el 5 de marzo de 2017 artículo número dos CITDT, (2017) quien indica:

Establecer como requisito previo a realizar el apagón analógico, alcanzar un porcentaje de al menos un 90% de los hogares (se considera a aquellos que no tengan el servicio de audio y video por suscripción) que tenga un televisor con el sintonizador del estándar ISDB-T Internacional o de un decodificador (Set Top Box) para televisión digital terrestre. (p.02)

Plan Maestro para la transmisión de la TDT

Mediante resolución No. RTV-681-24-CONATEL-2012 con fecha 18 de octubre del 2012, es aprobado el plan maestro de transición de la TDT, en esta resolución se considera la autorización de forma temporal de las frecuencias a las estaciones de televisión digital terrestre para sus pruebas, también determina como principal parámetro el ancho de banda para la operación del estándar ISDB-Tb sea de 6MHz y atribuyendo la banda UHF para el servicio de TDT.

Normativas Técnica

En el 2015 la ARCOTEL mediante la conformación de un equipo multidisciplinario elaboran el proyecto de normativas, el mismo que fue publicado el 14 de agosto del 2015, en esta publicación se autoriza la publicación de la normativa técnica para el servicio de radiodifusión de la TDT, esta normativa contempla los parámetros, frecuencias y aspectos técnicos en los cuales debe de operar en el país utilizando el estándar ISDB-Tb.

En la siguiente tabla se resume el contenido de los capítulos de la normativa técnica:

Tabla n° 2: Normativa técnica y su contenido

Capítulo	Tema	Contenido
I	Aspectos Generales	Recopila información acerca del entorno técnico con sus respectivas definiciones y abreviaturas utilizadas en el documento, así como también se determina cuál es el objetivo de la normativa.
II	Bandas de Frecuencias, Canalización y Canales	Determina la asignación de bandas de frecuencias para la transmisión de la televisión digital terrestre, cuál es la frecuencia de inicio y frecuencia final, su canal físico (MHz) y para operar cuál sería la frecuencia central. Recopila información acerca de la asignación de canales y el procedimiento a seguir, así como los canales en zonas fronterizas y las frecuencias auxiliares.
III	Características Técnicas	Definición del estándar de transmisión de TDT, Redes de Frecuencia Múltiple, Redes de Frecuencia Única, Intensidad de campo mínima, Relación de Protección de Señales, Tasa de Error, Intensidad de Emisiones Espurias, Características de Transmisión, Máscara de Transmisión y características agregadas de la Trama de Datos.

Fuente: Elaboración propia baso en datos de la ARCOTEL, (2015).

2 MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación se presenta con un diseño documental histórico debido a la revisión bibliográfica de forma sistemática; Al tener enfoque cualitativo una interpretación de los aspectos fundamentales para la transmisión de un canal UHF; al ser esta investigación descriptiva, esta presenta un análisis informativo y delimitado respecto a los aspectos técnicos y legales que se encuentran actualmente vigentes en el Ecuador, lo cual nos permitirá, mediante la metodología deductiva, la interpretación acertada de los datos recolectados en artículos de revistas, reglamentos, documentos técnicos y noticias más relevantes relacionadas a la televisión digital terrestre.

3 RESULTADOS

3.1 Frecuencia Autorizadas

El espectro radioeléctrico para UHF se encuentra definido entre 300 a 3000 MHz, la normativa técnica establece las frecuencias para la TDT, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla n° 2: Rango de Frecuencias

UHF		
Banda	Rango	UM
IV	470 - 482	MHz
	512 - 608	MHz
	614 - 644	MHz
V	644 - 698	MHz

Fuente: Elaboración propia baso en datos de la ARCOTEL, (2015).

La configuración de la frecuencia en los transmisores deberá ser las asignada por la ARCOTEL y respetando el rango establecidos.

3.2 Ancho de Banda

El ancho de banda será determinado en función del modo de transmisión los cuales están clasificado en: Modo 1, Modo 2, Modo 3. A continuación, en la tabla 3 se detalla el ancho de banda útil de cada Modo.

Tabla n° 3: Ancho de banda útil

Ancho de banda Útil		
Modo	Ancho	UM
1	5.575	MHz
2	5.573	MHz
3	5.572	MHz

Fuente: Elaboración propia basada en información de la ABNT

El ancho de banda se encuentra dividido en 13 segmentos, pero se deberá considerar que uno de estos segmentos se encuentra destinado para uso de bandas de guarda.

3.3 Sistema Radiante

Arreglo de antenas las cuales son utilizadas para la propagación de la señal hacia los receptores de la TDT, estas se encuentran caracterizadas por:

- Polarización (Trayectoria de propagación de la señal)
- Patrón o diagrama de radiación (Gráfica de tres dimensiones que representa en cómo la forma que la energía electromagnética es distribuida)
- Azimut de máxima radiación (Orientación del lóbulo principal de radiación de la antena)
- Ángulo de inclinación (alineación del haz de radiación, en relación con el plano vertical)

3.4 Modelo Propagación

La función principal de un modelo de propagación es lograr predecir el comportamiento que tendrá la señal durante la trayectoria del transmisor hacia el receptor y lograr identificar las posibles pérdidas que se puedan presentar en el recorrido y mediante el análisis de las distintas variables como la elevación del terreno características atmosféricas, geográficas y el área de propagación.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) en su Recomendación UIT-R P.1546-5, presenta un modelo semi empírico con un método de predicción de punto de zona, aplicable a frecuencias desde 30Mhz a 300Mhz, el cual puede ser implementado a trayectorias de tipo terrenales, marítimos y mixtas.

ITU, (2013) quien indica:

El método se basa en la interpolación/extrapolación de curvas de intensidad de campo deducidas empíricamente en función de: la distancia, la altura de la antena, la frecuencia y el porcentaje de tiempo. El procedimiento de cálculo incluye además correcciones de los resultados que se obtienen de la interpolación/extrapolación a fin de reflejar el despegamiento del terreno y los obstáculos que obstruyen el terminal (p.01).

Este modelo se basa en la interpolación y extrapolación de punto de curva de intensidad de campo eléctrico, que está determinado en función de la distancia, se encuentra parametrizado de la siguiente forma:

- Altura del transmisor h_1
- Altura del receptor h_2
- Frecuencia
- Porcentaje de tiempo
- Porcentaje de ubicación

3.5 Polarización de antena

Para la polarización de antena la ARCOTEL, (2015) indica que “característica de las antenas relacionada con la trayectoria de propagación de la señal que emiten/reciben, podrá ser de polarización horizontal, vertical, circular o elíptica”. Con la finalidad de evitar interferencias, las cuales pueden ser generadas por diferentes motivos.

3.6 Pérdida de la Señal

En base a la resolución 072-04-CONATEL-2010 que establece la pérdida máxima en la línea de transmisión para el servicio de televisión UHF, es de un valor de 2dB.

OKUMURA-HATA es uno de los modelos más utilizados que permite la predicción de pérdidas, este modelo es aplicable a rangos de frecuencia de 100 a 1920 MHz el cual comprende la banda UHF y VHF, este modelo para algunos autores “consiste en un conjunto de ecuaciones que permite estimar las pérdidas de propagación en diferentes tipos de zonas (urbana, semiurbana y abierta o rural) [17, 20, 21]” (Pinto et, al, 2016)

3.7 Potencia de transmisor

Es la cantidad de potencia que emitirá o irradiará por una antena isotrópica, esto quiere decir que distribuirá la potencia exámente igual a todas las direcciones.

ARCOTEL (2015) quien indica:

Será determinada sobre la base de la aplicación de la relación matemática siguiente:

$$\text{P.E.R. (kW)} = \text{PT (kW)} * 10^{\frac{\text{G(dBd)} - \text{Pérdidas (dB)}}{10}}$$

Dónde

- PT (kW) es la potencia después del filtro de máscara
- G (dBd) es la ganancia del sistema radiante, que se debe calcular de acuerdo con la Resolución 072-04-CONATEL-2010
- Pérdidas (dB) las correspondientes a la línea de transmisión, conectores (p.35).

La normativa menciona que se debe considerar la intensidad del campo expresados en dB μ V/m, este parámetro deberá ser en el borde de cobertura de 51 dB μ V/m

3.8 Modulación

Consiste en la variación de varios parámetros que está en la onda portadora el cual permitirá hacer un uso eficiente del ancho del canal, transmitiendo más información y mejorando la resistencia contra ruidos e interferencia, ARCOTEL, (2015) indica que “La tasa de error de modulación (MER), el valor medido en el transmisor debe tener una tasa de error de modulación igual o mayor a 32 dB” (p.08), en la siguiente tabla se detalla la tasa total de datos para los 13 segmentos

Tabla n° 3: Transmisión de datos para 13 segmentos

Modulación de la Portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
QPSK	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

NOTA En esta tabla, los mismos parámetros se especifican para todos los 13 segmentos. La tasa total de datos durante la transmisión jerárquica varía dependiendo de los parámetros de configuración jerárquica. El volumen transmitido por los 13 segmentos es igual a la suma de todos los volúmenes de datos transmitidos por eso segmentos, que puede ser determinado de acuerdo con la Tabla 4.

Fuente y elaboración: ABNT (2018)

3.9 Intervalo de Guarda

El intervalo de guarda viene definido con el modo de operación, se debe recordar que entre más alto la fracción más protección se obtiene, lo que recaería en una disminución del ancho de banda, ARCOTEL, (2015) indica que “ Dependiendo de las condiciones geográficas se debe adoptar una diferencia de tiempo de transmisión de tal manera que el tiempo de retardo dentro del área de cobertura principal sea menor que el intervalo de guarda del sistema” (p.09), en el siguiente cuadro se detalla el intervalo de guarda y su duración mínima.

Tabla n° 4: Intervalos de Guarda

Intervalo de Guarda			
Intervalo de Guarda	Duración mínima en 2K	Duración máxima en 8K	Tasa de símbolo alcanzable
1/32	7 μ s	28 μ s	24,13 Mbit/s
1/16	14 μ s	56 μ s	23,42 Mbit/s
1/8	28 μ s	112 μ s	22,12 Mbit/s
1/4	56 μ s	224 μ s	19,91 Mbit/s

Fuente: Elaboración propia basada en información de la ABNT, (2018).

3.10 Corrección de Errores (FEC)

ITU recomienda, como buenas prácticas, los métodos de corrección de errores para los actuales sistemas de transmisión de la TDT, los mismo que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla n° 5: Sistemas combinados uniportadora y multiportadora

Parámetros	6 MHz
Ancho de banda utilizado	5,67 MHz
Número de portadoras radiadas	1 (modo uniportadora) 3 780 (modo multiportadora)
Modo de modulación	Codificación y modulaciones constantes (CCM)
Método de modulación	MAQ-4-NR, MAQ-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64
Ocupación de canal ⁽¹⁷⁾	Véase la Recomendación UIT-R BT.1206
Duración de símbolo activo	0,176 μ s (modo uniportadora) 666,67 μ s (modo multiportadora)
Separación de portadoras	5,67 MHz (modo uniportadora) 1,5 kHz (modo multiportadora)
Duración del encabezamiento de trama	1/9, 1/6, 1/4 del cuerpo de trama de la duración de la trama de señal 74,07, 104,94, 166,67 μ s
Duración global de la trama de señal	740,74, 771,60, 833,33 μ s
Duración de trama de transmisión	Trama de día de 24 horas, trama de minuto de 60 s, supertrama de 166,7 ms, y tramas de señal de 740,74, 771,60, 833,33 μ s
Código LDPC de canal interior	0,4 (7 488, 3 008), 0,6 (7 488, 4 512), 0,8 (7 488, 6 016)

Parámetros	6 MHz
Entrelazado interior en el dominio de la frecuencia	En el interior de una trama de señal (modo multiportadora)
Código BCH de canal exterior	BCH (762, 752) derivado de BCH (1 023, 1 013)
Entrelazado convolucional exterior en el dominio del tiempo	Número de ramas de entrelazado B = 52, profundidad de entrelazado M = 240, 720
Aleatorización de datos/ dispersión de energía	PRBS

Fuente y elaboración: ITU recomendación ITU-R BT.1307-7

3.11 Modo de Operación

ABNT, (2007) quien indica:

Para permitir la operación de acuerdo con la distancia entre las estaciones de una SFN (Single Frequency Network) y garantizar la recepción adecuada ante las variaciones del canal como consecuencia del efecto Doppler de la señal de recepción móvil, debe obligatoriamente ser posible seleccionar entre tres opciones de separación de portadoras OFDM ofrecidas por el sistema brasileño. Ésas tres opciones de separación se deben identificar obligatoriamente como modos del sistema. (p.05).

Tabla n° 3: Parámetros de la señal de transmisión

Modo		Modo1	Modo2	Modo3
Número de segmentos OFDM Ns		13		
Ancho de banda		$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 250/63 \text{ kHz} = 5,575\text{MHz}$	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/63 \text{ kHz} = 5,573\text{MHz}$	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/126 \text{ kHz} = 5,572\text{MHz}$
Número de segmentos de modulación diferencial		nd		
Número de segmentos de modulación síncrona		ns (ns + nd = Na)		
Separación entre frecuencias portadoras		$250/60 = 3,968 \text{ kHz}$	$125/63 = 1,984 \text{ kHz}$	$125/126 = 0,992 \text{ kHz}$
Número de portadoras	Total	$108 \times N_a + 1 = 1\ 405$	$216 \times N_a + 1 = 2\ 809$	$432 \times N_a + 1 = 5\ 617$
	Datos	$96 \times N_a = 1\ 248$	$192 \times N_a = 2\ 496$	$384 \times N_a = 4\ 992$
	SP	$9 \times n_a$	$18 \times n_a$	$32 \times n_a$
	CP a	nd + 1	nd + 1	nd + 1
	TMCC	$n_a + 5 \times n_d$	$2 \times n_a + 10 \times n_d$	$4 \times n_a + 20 \times n_d$
	AC1	$2 \times N_a = 26$	$4 \times N_a = 52$	$4 \times N_a = 104$
	AC2	$4 \times n_d$	$9 \times n_d$	$19 \times n_d$
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Símbolos por cuadro		204		
Tamaño del símbolo efectivo		252µs	504µs	1008µs
Intervalo de guarda		63µs (1/4).	123µs (1/4).	252µs (1/4).
		31,5µs (1/8).	63µs (1/8).	126µs (1/8).
		15,725µs (1/16).	31,5µs (1/16).	63µs (1/16).
		7,875µs (1/32).	15,75µs (1/32).	31,5µs (1/32).
Longitud del cuadro		64,26ms (1/4).	128,52ms (1/4).	257,04ms (1/4).
		57,834ms (1/8).	115,668ms (1/8).	231,336ms (1/8).
		54,621ms (1/16).	109,242ms (1/16).	218,484ms (1/16).
		53,0145ms (1/32).	106,029ms (1/32).	212,058ms (1/32).
Inner code		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Outer code		RS (204, 188)		
* El número de CP representa la suma de los CP en el segmento más un CP agregado a la derecha de la banda total.				

Fuente y elaboración: ABNT. (2018), SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

El modo de operación deberá ser seleccionado en base a la elevación del terreno características atmosféricas y geográfica en las cuales se encuentran los equipos de transmisión, se ha podido evidenciar que el modo 2 y 3 se encuentra establecido en la gran mayoría de los equipos a nivel nacional, con un esquema de modulación para HD en 64QAM y OS en QPSK adicional se encuentra establecido SD en 16QAM

4 CONCLUSIONES

- Al analizar el estándar ISDB-Tb se pudo determinar que las principales características técnicas para los equipos de transmisión son: Frecuencia autorizada, ancho de banda, sistema radiante, modelo de propagación, polarización de antena, pérdida, potencia del transmisor, modulación, intervalo de guarda, corrección de errores, y modo de operación, estos parámetros son las que permiten que la señal de la TDT sea correctamente propagada.
- Las principales exigencias legales para tomar en cuenta se encuentran establecidos en el "Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre" el cual fue establecido por la ARCOTEL y en la Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre, que se encuentra actualmente vigente, dentro de estos documentos se describen los parámetros permitidos y los procedimientos para realizar las diferentes mediciones de los equipos de transmisión de una frecuencia UHF.
- Se puede definir que el modo de operación de los equipos de transmisión es el parámetro de mayor importancia, ya que este no solo establece la separación entre portadoras, también se puede determinar que este modo de operación deberá ser configurado en la opción 2 o 3 dependiendo la geografía en la cual se encuentre instalado el sistema radiante.

REFERENCIAS

ABNT. (2018). NBR 15601:2007. SISTEMA DE TRASMISIÓN. Disponible en:

http://www.telemidia.puc-rio.br/~rafaeldiniz/public_files/normas/SBTVD/es/Transmicion/15601.pdf

ABNT. (2018). NBR 15608. GUÍA PARA IMPLEMENTACIÓN DE LA ABNT NBR 15601:2007. Disponible en:

http://www.telemidia.puc-rio.br/~rafaeldiniz/public_files/normas/SBTVD/es/Guia%20de%20operacion/ABNTNBR15608_2D1_2008Esp.pdf

ARCOTEL. (2018). Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre

Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/PLAN-MAESTRO-DE-TRANSICI%C3%93N-A-LA-TELEVISI%C3%93N-DIGITAL-TERRESTRE-2018-2021.pdf>

ARCOTEL. (2015). RESOLUCIÓN ARCOTEL-2015-0301 NORMA TÉCNICA DE RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE Disponible en:

<http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/norma-television-digital-terrestre.pdf>

ARCOTEL. (2017). Plan Nacional de Frecuencias Disponible en:

http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/ANEXO-1_DOCUMENTO-PNF..pdf

Ángel D. Pinto, Juan M. Torres, Alberto S. García Bello, Nelson A. Pérez, José R. Uzcátegui (2016). "Modelo para Estimación de Pérdidas de Propagación en Sistema de Televisión Digital Abierta" "RIELAC", XXXVII 2/2016, 67-81
Recuperado de: <file:///C:/Users/mguerrero/Downloads/Dialnet-ModeloParaEstimacionDePerdidasDePropagacionEnSiste-5764216.pdf>

MINTEL (2011). Acuerdo Interministerial N° 170 Disponible en:

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-Interministerial-para-creacion-CITDT.pdf>

CONATEL. (2018). RESOLUCIÓN 084-05-CONATEL-2010 Disponible en:
http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/084_05_conatel_2010.pdf

CONATEL. (2018). RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010 Disponible en:
http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/072_04_conatel_2010.pdf

CITDT. (2017). RESOLUCIÓN CITDT-2017-01-026 Disponible en:
<https://tdtecuador.mintel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/Resoluci%C3%B3n-No-CITDT-2017-01-062-Cese-de-las-Emissiones-de-Se%C3%B1ales-Anal%C3%B3gicas.pdf>

ITU. (2015). Recomendación ITU-R BT.1307-7 Disponible en:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.1306-7-201506-I/en>

ITU. (2013). su Recomendación ITU-R P.1546-5 Disponible en:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546-5-201309-I/en>

Sampieri, Fernandez y Baptista (2014). "Methodologic de la investigation", (6a, Ed.)

Disponible en:

<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Miranda, Fuentes y Urbina. (2015). Analisis del Estandar ISDB-T para ser utilizado en una posible implementación de la televisión digital terrestre en Nicaragua. (Monografía de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua). Recuperado de:

<http://ribuni.uni.edu.ni/1245/1/80670.pdf>

Muñoz J. (2015). “Estudio de Factibilidad para la Implementación de un laboratorio de Televisión Digital Terrestre (tdt) para el Laboratorio de Networking en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”. (Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20233/1/Tesis.pdf>

Tierra D. y Silva J. (2007). “Estudio de los aspectos técnicos y Comerciales a considerar para la implementación del servicio de televisión digital terrestre en las condiciones actuales del país”. (Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador). Recuperado de:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/561/1/CD-1070.pdf>

Moreno, Marín, Sierra, y Gil. (2011). Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) para Medellín – Antioquia. Revista en Telecomunicaciones e Informática, Vol. 1, No. 1 pp31 – 48. Recuperado de:

<https://revistas.upb.edu.co/index.php/telecomunicaciones/article/download/1249/1141>

Ramírez Campos, M. (1985). Diseño y Construcción de las Etapas de Entrada de un Transcodificador. (Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú). Recuperado de:

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1629/1/ramirez_cm.pdf

Aguirre D. y Benítez J. (2016). “Diseño de una red de Frecuencia única (R.F.U.) para Operación de un Canal de Televisión UHF en la Ciudad de Guayaquil”. (Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37316/D-103428.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

Almagro L. (2016). “Tutorial de la Capa Física en Comunicaciones Móviles”. (Tesis de Grado, Universidad de Granada, Granada, España).

Recuperado de: <http://ceres.ugr.es/~alumnos/tutorialcfcm/archivos/tutorial.pdf>