



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSTGRADOS

**MAESTRÍA EN TELEMÁTICA,
MENCIÓN: CALIDAD EN EL SERVICIO**

(Aprobado por: RPC-SO-19-No.300-2016-CES)

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título:
Monitoreo de la tasa de error de modulación en un transmisor digital de televisión.
Autor/a:
Ing. Nancy Rodríguez M.
Tutor/a:
Ing. Silvia Martínez, Mg.

Quito-Ecuador

2018

CERTIFICADO DE AUTORÍA

La investigación realizada sobre “Monitoreo de la tasa de error de modulación en un transmisor digital de televisión” realizada en el canal de televisión Televisión Centro fue desarrollada por la Ing. Nancy Rodríguez con cédula de identidad 172025586-6, siendo la persona que posee los derechos de autoría y responsabilidad, restringiéndose la copia o utilización de la misma.

Ing. Nancy Vanessa Rodríguez Morán

CI: 1720255866

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ing. Silvia Martínez Mg. certifico que la Ing. Nancy Rodríguez con cédula de identidad 172025586-6, realizó la presente investigación con título “Monitoreo de la tasa de error de modulación en un transmisor digital de televisión” realizada en el canal de televisión Televisión Televisión y es la autora intelectual de la misma, que es original, auténtica y personal.

Ing. Silvia Martínez Mg.

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora he logrado. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no sólo para mí, sino para mis hermanos y familia en general. También dedico este proyecto a mi hija Nadeline, compañera inseparable de cada día, ella representa todo mi esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. Para ellos este proyecto, que, sin ellos, no hubiese podido ser.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es el resultado del esfuerzo de varios meses de capacitación en las diferentes materias que se recibieron en el postgrado, por este motivo agradezco a mis profesores, quienes han puesto a prueba mis capacidades y conocimientos a lo largo de este tiempo, el cual ha finalizado llenando todas mis expectativas.

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza; finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a profesionales como yo, preparándonos para un futuro competitivo, formándonos como personas de bien y como excelentes maestrantes.

Resumen

La señal de televisión terrestre en formato digital aún no entra en vigencia en el Ecuador, pero en el canal Televisión que se encuentra ubicado en la ciudad de Quito, ya se realizaron los cambios necesarios para tener al aire la señal digital, este tipo de señal tiene diferentes características para poder monitorear si hay errores como es la tasa de error de modulación, esta característica es similar al ruido que se posee en la señal analógica; al analizar la generación de la señal digital se realiza mediciones de la tasa de error de la modulación, en este caso en el transmisor y en la recepción de la señal, para comparar los valores y verificar la calidad de la señal; palabras claves: televisión, digital, transmisión, recepción, MER; el enfoque metodológico que se utilizó fue el Enfoque Mixto, donde se estableció un diálogo entre los paradigmas cuantitativo y cualitativo, estableciendo suposiciones o conjeturas (hipótesis) como consecuencia de la recolección de datos realizada en la investigación para intentar demostrarlas; la validación de la tasa de error de modulación en la señal digital será un aporte tecnológico para poder verificar que la calidad de la señal sea óptima, que se está emitiendo la señal sin interferencias, con los estándares permitidos por el Sistema de Televisión Terrestre; la tasa de error de modulación es el parámetro que cuantifica los errores de una constelación digital, este factor facilita valorar si una señal digital es buena; el cálculo de este factor en transmisión, lleva implícita la demodulación de la señal para la evaluación. En recepción, este parámetro se determina tras la demodulación propia de la recepción de los datos. En ambos casos, es necesario el uso de la constelación de transmisión normalizada como referencia; la calidad de la señal que se transmite en la estación terrena del canal Televisión tuvo un valor promedio de 36.554dB y de 34.38dB en la recepción de la señal digital, respecto al valor mínimo que se debe superar en este caso de 23dB y llegando a un valor óptimo de 40dB.

Abstract

Digital terrestrial television signal still not entered into force in the Ecuador, but in the Televiscentro canal is located in the city of Quito, already were the changes necessary to keep the air digital signal, this type of signal is different characteristics to be able to monitor if there are errors, as it is the rate of error of modulation (MER), this feature is similar to the noise that is possessed in the analog signal; the generation of the digital signal is analyzed for the modulation error rate monitoring and be able to know where the MER should be measured, in this case is to attempt to put in the transmitter and in the receiver of the signal to compare values and check the quality of the signal; keywords: television, digital, transmission, reception, MER; the methodological approach used was the mixed approach, where established a dialogue between quantitative and qualitative paradigms, establishing assumptions or guesses (hypotheses) as a result of the collection of data carried out in the research to try to prove them; the validation of the digital signal modulation error rate will be a technological contribution in order to verify that the signal quality is optimal, that the signal interference-free, being broadcast standards allowed by the system of Terrestrial Television DVB-t modulation error rate is the parameter that quantifies a constellation digital errors, this factor makes it easy to assess if a digital signal is good; the calculation of this factor in transmission, implies the demodulation of the signal for the evaluation. At the reception, this parameter is determined after the own data reception demodulation. In both cases, it is necessary the use of the constellation of transmission standard as a reference; the quality of the signal that is transmitted in the ground station of the Televiscentro canal had an average of 36. 554dB and 34. 38dB digital signal reception, with respect to the minimum value that must be overcome in this case of 23dB and arriving at an optimal value of 40dB.

Índice

<i>Certificado de autoría</i>	<i>ii</i>
<i>Certificado de responsabilidad</i>	<i>iii</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>iv</i>
<i>Agradecimiento</i>	<i>v</i>
<i>Resumen</i>	<i>vi</i>
<i>Abstract</i>	<i>vii</i>
<i>Introducción</i>	<i>9</i>
<i>Situación problémica que conduce al problema científico</i>	<i>9</i>
<i>Problema Científico</i>	<i>10</i>
<i>Objeto de investigación</i>	<i>10</i>
<i>Objetivo general y específico</i>	<i>10</i>
<i>General</i>	<i>10</i>
<i>Específicos</i>	<i>10</i>
<i>Justificación</i>	<i>11</i>
<i>Alcance</i>	<i>11</i>
<i>Capítulo I: Marco teórico</i>	<i>12</i>
<i>Antecedentes</i>	<i>12</i>
<i>Cuerpo teorico-conceptual</i>	<i>13</i>
<i>Televisión Digital Terrestre</i>	<i>13</i>
<i>Tasa de error de modulación</i>	<i>17</i>
<i>Capitulo II: Marco Metodológico</i>	<i>20</i>
<i>Enfoque metodológico de la investigación</i>	<i>20</i>
<i>Población, criterio muestral y muestra</i>	<i>20</i>
<i>Unidades de estudio</i>	<i>21</i>
<i>Métodos y técnicas a emplear</i>	<i>21</i>
<i>Método Analítico</i>	<i>21</i>
<i>Técnicas</i>	<i>21</i>
<i>Capitulo III: Propuesta</i>	<i>23</i>
<i>Codificación de la señal</i>	<i>24</i>
<i>Señal de Producción</i>	<i>24</i>
<i>Señal del Master</i>	<i>25</i>

<i>Transmisión de la señal al aire</i>	29
<i>Procesamiento de la información</i>	32
<i>Conclusiones</i>	41
<i>Recomendaciones</i>	42
<i>Bibliografía</i>	43
<i>Anexos</i>	45
<i>Fotografías de los equipos que conforman la generación de la señal</i>	45

Índice de Figuras

<i>Figura 1.1: Países de latinoamérica migrando al TDT</i>	15
<i>Figura 1.2: Sistema de transmisión ISDB-Tb</i>	15
<i>Figura 1.3: Transporte de los paquetes y multiplicación en MPEG-2</i>	16
<i>Figura 1.4: Error de modulación en la constelación</i>	17
<i>Figura 1.5: Gráficas de la señal a ruido y la constelación</i>	17
<i>Figura 1.6: Constelación de una señal de televisión óptima</i>	18
<i>Figura 1.7: Constelación de una señal de televisión con alto ruido</i>	19
<i>Figura 3.1: Diagrama de bloques de la señal de Televisión</i>	23
<i>Figura 3.2: Diagrama de bloques de la señal de producción</i>	24
<i>Figura 3.3: Diagrama de bloques de la señal de audio</i>	25
<i>Figura 3.4: Diagrama de bloques del control master</i>	26
<i>Figura 3.5: Diagrama de entradas y salidas del servidor Intuition</i>	26
<i>Figura 3.6: Imagen de programación con sobreimposiciones</i>	27
<i>Figura 3.7: Programación del canal con Logo</i>	27
<i>Figura 3.8: Diagrama en bloque del procesador de audio</i>	28
<i>Figura 3.9: Diagrama de bloques de la recepción de la señal</i>	29
<i>Figura 3.10: Receptor digital de la señal de televisión en el cerro Pichincha</i>	29
<i>Figura 3.11: Imagen del excitador que se encuentra en el cerro Pichincha</i>	30
<i>Figura 3.12: Señal digital en el transmisor antes del filtro</i>	30
<i>Figura 3.13: Señal digital en el transmisor después del filtro</i>	31
<i>Figura 3.14: Esquema de la recepción de la señal digital</i>	32
<i>Figura 3.15: Primer punto de medición del error de modulación</i>	33

<i>Figura 3.16: Imagen de la toma de mediciones del transmisor</i>	33
<i>Figura 3.17: Histograma de las medias del MER en el transmisor</i>	35
<i>Figura 3.18: Segundo punto de medición del error de modulación</i>	36
<i>Figura 3.19: Imagen de la toma de mediciones en el canal Televisión</i>	37
<i>Figura 3.20: Mediciones del MER canal Televisión</i>	37
<i>Figura 3.21: Imagen de la toma de mediciones en una residencia</i>	38
<i>Figura 3.22: Mediciones del MER con una antena digital</i>	39
<i>Figura 3.23: Mediciones del MER con una antena casera</i>	40
<i>Figura 3.24: Diagrama de constelación de la señal digital</i>	40

Índice de Tablas

<i>Tabla 3.1: Datos medición del MER en el transmisor de microonda</i>	35
<i>Tabla 3.2: Datos medición del MER en el canal Televisión</i>	36
<i>Tabla 3.3: Datos medición del MER en una residencia</i>	38

Índice de fórmulas

<i>Fórmula 3.1: Fórmula del promedio o la media aritmética</i>	35
--	----

Introducción

Situación problemática

El servicio de televisión terrestre que se utiliza en Ecuador es en formato analógico regido por el Comité del Sistema Nacional de Televisión o mejor conocido como estándar NTSC - National Television System Committee, pero las cadenas televisivas y de radiodifusión están realizando los cambios necesarios para la generación y envío de la señal digital a los usuarios debido al apagón analógico que está por realizarse en los siguientes años para dar paso a la televisión digital y así optimizar los servicios como: la calidad del audio y el video, tener una guía de programación, poder recibir la señal de televisión en dispositivos móviles, etc.

Uno de los cambios necesarios que se realizó fueron los transmisores que en lugar de ser analógicos ahora son digitales, estos transmisores no poseen un sistema que permita verificar si la señal tiene cambios que degraden su calidad antes de ser emitida, este monitoreo es realizado mediante equipos adicionales que no permite que sea constante la verificación de la señal, pudiendo tener interferencias o errores constantes en la señal que no se detecten a tiempo hasta llegar al deterioro de la imagen y el audio al aire.

Las características que tiene la señal de televisión al generarla son: forma de onda, ancho de banda, tasa de error de modulación (Modulation Error Rate - MER), tasa de error binario (Bit Error Rate - BER), desviación absoluta de frecuencia y verificación del transport stream, características que son necesarias para la transmisión óptima de la señal digital terrestre de televisión.

En el canal de televisión Televisión se necesita analizar la generación de la señal digital para especificar los puntos de medición de la tasa de error de modulación y así realizar las mediciones necesarias para verificar la recepción y la calidad de la señal al aire.

Problema Científico

¿Se puede realizar un análisis de la generación de la señal digital para realizar el monitoreo de la tasa de error de modulación de la señal digital en la estación terrena del canal Televisión de Quito para validar la calidad de la señal?

Objeto de investigación

El objeto de la investigación es analizar la generación de la señal digital para realizar mediciones que permitan monitorear la tasa de error de modulación de la señal radiada en la estación terrena del canal Televisión de Quito.

Objetivo general y específico

General

Analizar la generación de la señal digital radiada en la estación terrena mediante el monitoreo de la tasa de error de modulación que optimice la calidad de la señal del canal Televisión de Quito.

Específicos

- Describir la situación actual del funcionamiento de los equipos que permiten la transmisión digital de la señal de televisión en el canal.
- Definir los lugares donde se realizan las mediciones de la tasa de error de modulación en la señal de televisión del canal Televisión.
- Analizar el funcionamiento de la tasa de error de modulación en la señal digital del sistema de televisión.
- Evaluar la calidad de la señal mediante la tasa de error de modulación de la señal digital del canal Televisión.

Justificación

La validación de la tasa de error de modulación en la señal digital será un aporte tecnológico para el canal de televisión Televisión Centro, para poder verificar que la calidad de la señal sea óptima, que se está emitiendo la señal sin interferencias, con los estándares permitidos por el Sistema de Televisión Digital Terrestre TDT.

Realizar el monitoreo de la señal de televisión es una tarea obligatoria en el canal Televisión Centro, porque el objetivo principal de la televisión es contribuir explícita y cotidianamente a la construcción del espacio público en cuanto escenario de comunicación y diálogo entre los diversos actores sociales y las diferentes comunidades culturales. (Barbero, Rey, & Rincón, 2000)

También será un aporte social porque al realizar el monitoreo de la señal digital se mejora la calidad de la imagen de la señal de televisión para los usuarios de la ciudad de Quito.

Alcance

El monitoreo se lo realiza en la ciudad de Quito, en el sector de San Bartolo al sur de la ciudad donde se encuentra ubicada las instalaciones de la cabecera de televisión del canal Televisión Centro. Se escogió este canal en específico porque se tiene acceso a todos los equipos que forman parte de la generación de la señal digital.

La información de la transmisión de la señal digital de un canal de televisión es reservada y restringida, por contener equipos sensibles de un servicio a la comunidad por este motivo este análisis solo se puede realizar en el canal Televisión Centro.

La toma de mediciones de la transmisión de la señal se las realizó desde el mes de abril hasta mayo en la caseta de equipos de TVC en el cerro Pichincha y las mediciones de la recepción de la señal se realizó en el mes de mayo hasta junio en las instalaciones de TVC y un hogar de Quito.

Capítulo I: Marco teórico

Antecedentes

Ing. Páez Vásquez Xavier Santiago; realizado en el año 2017; tema de la investigación: Evaluación Técnica del Desempeño de los Estándares de Televisión Digital Terrestre en el Distrito Metropolitano de Quito; el objetivo de la investigación fue la evaluación Técnica del Desempeño de los Estándares de Televisión Digital Terrestre en el Distrito Metropolitano de Quito; la metodología utilizada fue la metodología experimental analítica; los resultados obtenidos fueron que los estándares DTMB, ISDB-Tb, Chino y Japonés fueron los que se desempeñaron de mejor manera en el área técnica y en las pruebas objetivas, corroborando la decisión de implementar el estándar ISDB-Tb para el país; la investigación realizada por el ingeniero Páez analiza el sistema de difusión digital mediante los estándares internacionales, siendo la diferencia con la presente investigación porque solo se analiza el estándar ISDB-Tb y la característica de calidad como es la tasa de error de modulación para el canal Televisión, ahora la similitud que posee con la presente investigación es el análisis de la difusión de la señal digital del canal Televisión; el aporte que le dio a la investigación fue todo el conocimiento de la conversión de la señal analógica a la digital mediante el estándar ISDB-Tb que se adoptó en el país.

Ing. Páez Vásquez Xavier Santiago; realizado en el año 2015; tema de investigación es Medición de Parámetros de Calidad de las Señales de Televisión Digital Terrestre (TDT) en Sitios Identificados como Zonas de Sombra Dentro del Distrito Metropolitano de Quito; el objetivo de la investigación fue determinar la calidad de la señal de recepción de los canales de televisión digital terrestre en la zona sur de la ciudad de Quito, por carecer de línea de vista; el resultado obtenido en algunos puntos de medición identificados como posibles zonas de sombra en las pruebas en el año 2009, en la actual investigación se cubrió las zonas con el aumento de potencia de transmisión a 3000W, comprobando la robustez de la señal ISDB-Tb, frente a interferencias por multitrayectoria y atenuación; la similitud entre las investigaciones es realizar mediciones de recepción de la señal digital mediante varios parámetros técnicos para garantizar la calidad de la señal; la diferencia es que las mediciones de la investigación del ingeniero Páez fue hecha con diferentes frecuencias de varios canales en un sector específico que

se encuentra en la zona de sombra; el aporte que le dio a la presente investigación fue el conocimiento de la televisión digital, las interpretaciones de las constelaciones de cada medición.

Ing. Guerra Ramírez Gabriela Mst., realizado en el año 2012; el tema de la investigación es Ecuación de canales no lineales para sistemas DVB-S2; el objetivo de la investigación es investigar el diseño y el rendimiento de los pilotos evolucionados de varios niveles para una estimación y ecualización robusta del canal no lineal en los sistemas DVB-S2; la metodología utilizada fue el enfoque mixto porque adquirió todo el conocimiento necesario acerca del estándar DVB-S2 para la investigación y realizó simulaciones de los diferentes esquemas de modulación para el cumplimiento de objetivo; uno de los resultados que encontró es que los pilotos de nivel constante presentan un rendimiento muy bueno sobre los amplificadores no lineales para las modulaciones de nivel constante, pero el rendimiento en los esquemas de modulación es muy pobre lo que da como resultado una utilización menos eficiente de la potencia en el HPA de la antena satelital; la similitud fue el análisis que realiza del rendimiento de la tasa de error binario que es uno de las medidas de la calidad de la señal en la televisión digital, la representación gráfica es la constelación y es similar a la representación de la tasa de error de modulación de la investigación que se realizó en este proyecto; la diferencia con la investigación realizada es que Gabriela realiza el análisis del estándar DVB-S2 y los esquemas de modulación cuando trabaja en la región no-lineal; el aporte que le dio a la investigación fue tener el conocimiento de los esquemas de modulación y su representación gráfica de los errores en la señal digital.

Cuerpo teórico-conceptual

Televisión Digital Terrestre

Televisión Digital Terrestre llamada TDT (Alulema, 2012), su nombre se debe al tipo de tecnología que usa para transmitir la señal, también codifica las señales en forma binaria creando un canal de retorno para el usuario; la diferencia entre la señal analógica y la digital es la calidad de video, imagen y audio, la movilidad, la conectividad, entre otros.

El principal objetivo del TDT es mejorar el uso del espectro radioeléctrico al transmitir varios programas de televisión en un mismo canal UHF con ancho de banda de 6MHz. UHF significa Ultra Alta Frecuencia llamado así por sus siglas en inglés Ultra High Frequency, es una banda del espectro radioeléctrico en el rango de las frecuencias de 300Mhz a 3Ghz (Tomasi, 2003).

Para las estaciones de televisión y para los usuarios, el mayor beneficio de la TDT gracias a la eficiencia espectral que posee la modulación digital, es el aumento de cobertura en las zonas de sombra y el complemento en las zonas desatendidas que posee la televisión analógica hoy en día.

Los beneficios para el usuario que ofrecerá la TDT son:

- Múltiples programaciones diferentes dentro de un mismo canal como noticiero, deportes, novelas, series, películas, etc.
- Recepción de la señal en dispositivos móviles y portátiles.
- Recepción de alertas de emergencia como por mensajes de catástrofes naturales.
- Contenido interactivo como información de los programas, sus horarios, grabar la programación, etc.
- Interactividad con el usuario como tele compra, voto electrónico, encuestas, concursos, etc.
- Tele -salud
- Tele-educación
- Tele-gobierno

La mayoría de países de Latinoamérica ya están implementando la transmisión de la Televisión Digital Terrestre como se puede observar en la Figura 1.1, Argentina, México y Brazil son los países más avanzados en la migración hacia la TDT, uno de sus principales problemas ha sido el incremento en los precios de los equipos profesionales para la producción y emisión de la señal y los equipos receptores para la ciudadanía. (Hernández & Poltoski, 2003)



Figura 1.1: Ecuador evoluciona Televisión Digital Terrestre. (Telecomunicaciones, 2018)

El Ecuador desde el 25 de marzo del 2010, utiliza el estándar de televisión digital ISDB-T Radiodifusión Digital Terrestre de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) (ARCOTEL, 2015), que es un conjunto de normas para el tratamiento de la señal asegurando la menor pérdida de datos por parte del receptor, creadas en Japón para la transmisión de radio y televisión digital y también se utiliza el estándar ISDB-Tb la b es para indicar las modificaciones que se realizaron en Brazil.

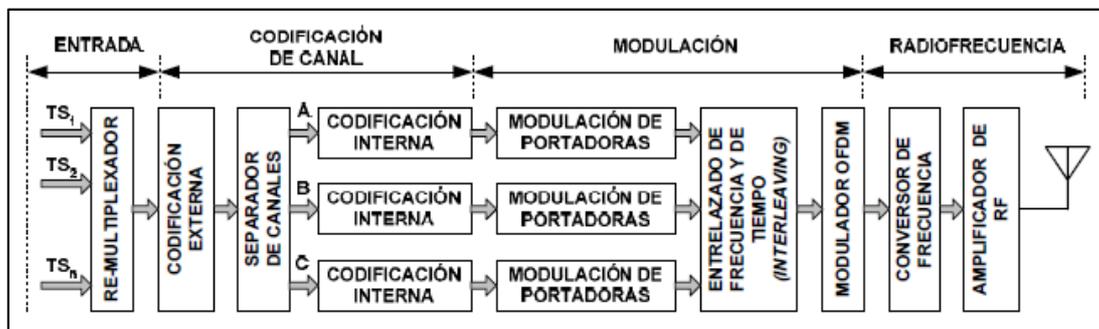


Figura 1.2: Sistema de transmisión ISDB-Tb (Pisciotta, 2010)

El sistema de transmisión ISDB-Tb como se muestra en la Figura 1.2, posee cuatro grandes bloques de la información de la señal los cuales son: la entrada, la codificación del canal, la modulación y la radiofrecuencia; en la sección de la entrada se puede ver que ingresa toda la corriente de transporte o mejor conocido como Transport Stream – TS de la señal; en la segunda sección se realiza la codificación del canal es donde se añade protección a los datos, se realiza ajustes a los retardos y se divide jerárquicamente la información en tres capas.

La tercera sección es la modulación donde se realiza el mapeo de bits es decir es donde se realiza el armado de la constelación I-Q que son los vectores de la información, errores en fase y amplitud; se vuelven a combinar las capas de información entrelazadas en frecuencia y tiempo; en esta sección también se arma el cuadro OFDM que es la multiplexión por división en frecuencias ortogonales, que es el tipo de modulación con la cual se va a enviar la información y la última sección es la radiofrecuencia donde se realiza la conversión de la frecuencia para emitir la señal mediante los transmisores.

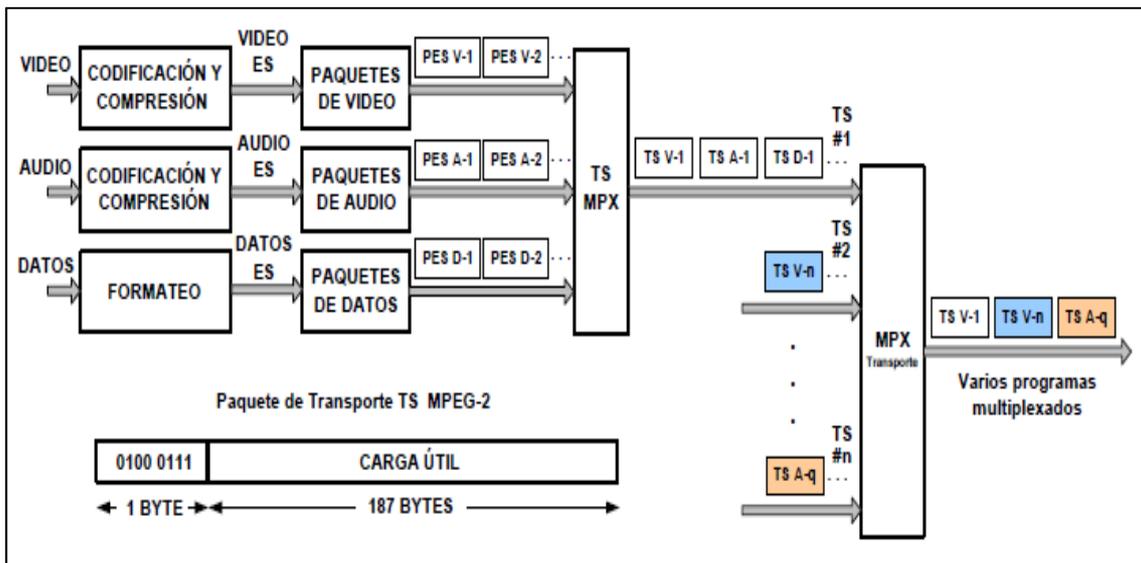


Figura 1.3: Transporte de los paquetes y multiplicación en MPEG-2 (Pisciotta, 2010)

En el diagrama de bloques de las Figura 1.3 se puede observar el ingreso de las diferentes señales, estos TS son de audio, video y datos, que al multiplexarse se vuelven un solo flujo de TS los cuales ocupan menos ancho de banda al ser transportados, así se tiene varios programas a la vez del mismo canal.

La medición de la señal a ruido no es efectiva porque no determina de forma directa las condiciones de desempeño de la señal. Para el análisis de desempeño de señales digitales es mejor la tasa de error de modulación (MER) o la magnitud del vector de error (EVM), pero para esta investigación se va a tratar únicamente la tasa de error de modulación.

Tasa de error de modulación (Modulation error ration - MER)

En la modulación del sistema ISDB-Tb, es donde se puede chequear la tasa de error la cual es un factor que indica la exactitud de una constelación digital que gráficamente es la dispersión de puntos respecto al valor de la señal, cuanto más juntos estén los puntos mejor será la señal. Este proceso sería comparado como la señal a ruido en la modulación análoga.

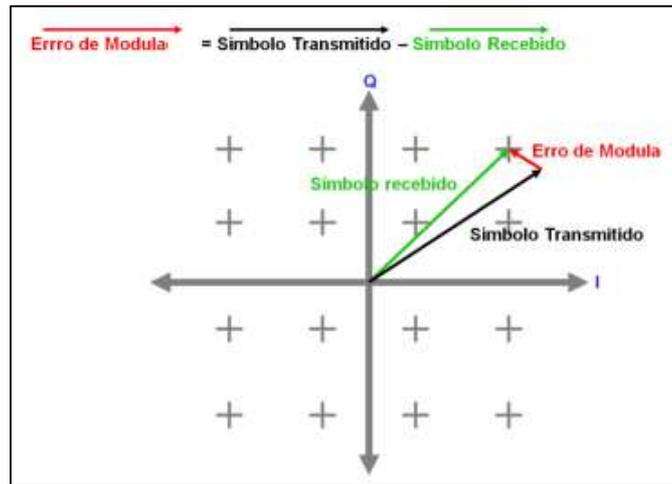


Figura 1.4: Error de la modulación en la constelación. (CreativeCommons, 2011)

El MER es el vector que define el desplazamiento entre los puntos “ideales” en un diagrama de constelación y los reales como se puede ver en la Figura 1.4, es decir, la relación entre la medida de la potencia de la señal DVB y la potencia del "ruido" presente en la constelación. En el MER se incluye todo tipo de deterioro de la señal como ruido, error de fase, error de cuadratura, etc. Se expresa como un valor promedio en dB.

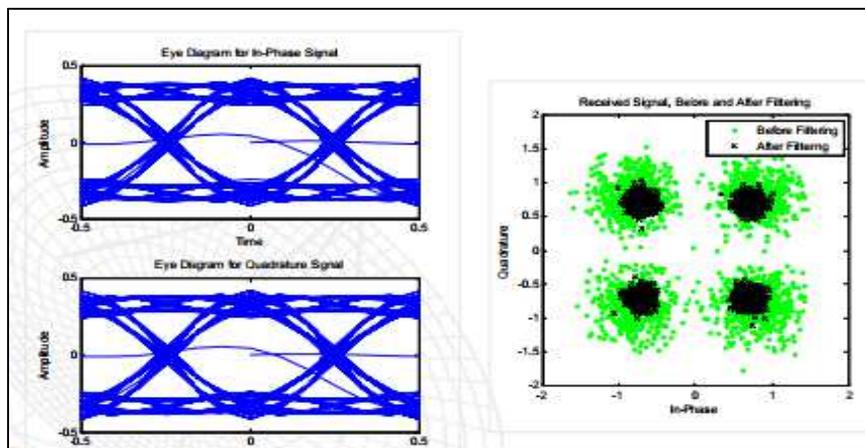


Figura 1.5: Graficas de la señal a ruido y la constelación. (Vásquez, 2015)

El MER permite medir la calidad de la modulación, la relación directa con la cantidad de bits recibidos (BER), el desempeño de la señal, posibles causas de degradación de la señal, distorsiones lineales. También combina los efectos del ruido (CNR), los efectos de no linealidad, retardo de grupo (groupdelay), problemas de respuesta dentro del canal (Ripple y Tilt) y micro reflexiones como se puede ver en la Figura 1.5.

A continuación, se muestra varios ejemplos de las mediciones de los parámetros de calidad de un canal de televisión es el siguiente:

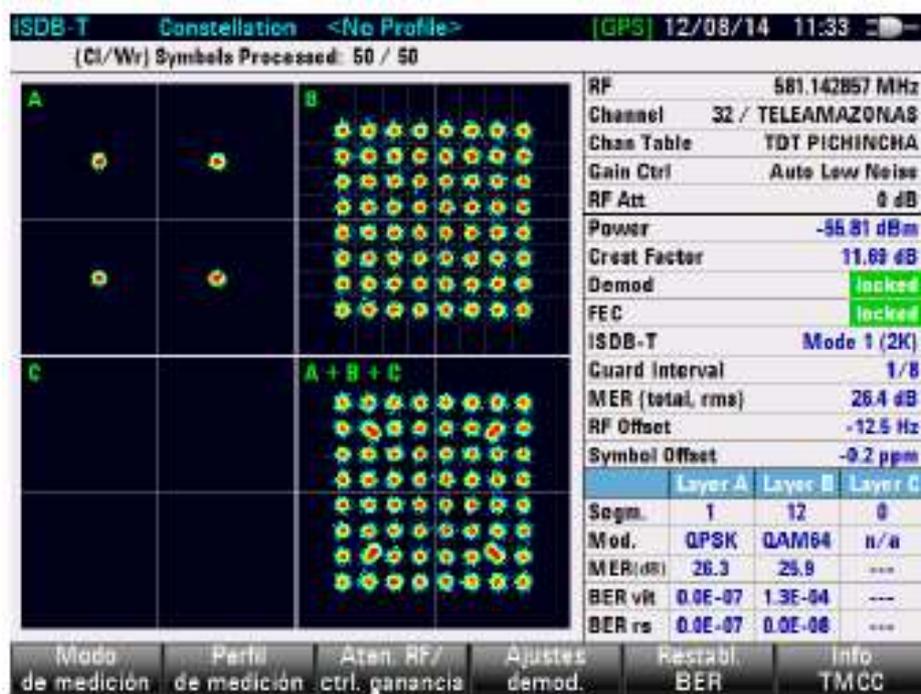


Figura 1.6: Constelación de una señal de televisión óptima. (Vásquez, 2015)

Como se puede observar en la Figura 1.6, la constelación de puntos es centrada en todos los puntos eso indica que la señal digital que se está revisando es óptima no tiene errores y está en un valor de 26.4dB dentro del rango establecido por la Norma ITU del ISDB-Tb.

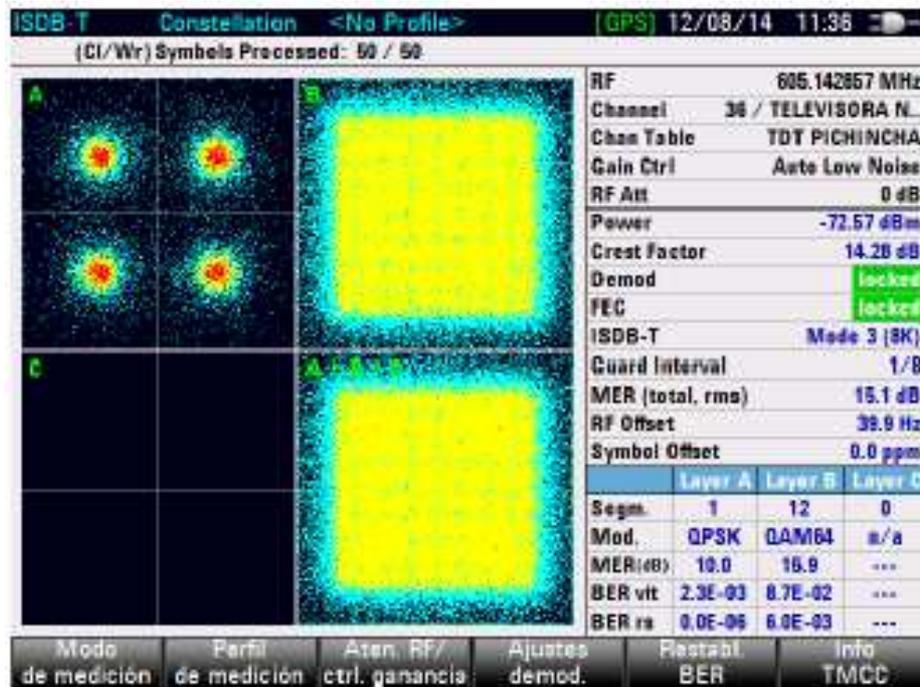


Figura 1.7: Constelación de una señal de televisión con alto ruido. (Vásquez, 2015)

En la Figura 1.7 se observa una constelación de puntos totalmente dañada es decir con un alto índice de ruido en la señal digital, esto provoca problemas para el televidente como, por ejemplo: video con líneas y audio con ruido.

El monitoreo de la tasa de error de modulación del transmisor digital en la estación terrena del canal se realiza, para detectar errores en la calidad de la señal esto se logra comparando los valores de las mediciones que se tomaran en la modulación de la señal, antes de transmitirla y en la demodulación de la señal del aire, con esto se tendrá la tasa de error en un rango aceptable para que la calidad de la señal de televisión sea óptima.

Capítulo II: Marco Metodológico

Enfoque metodológico de la investigación

El enfoque metodológico que se utilizó para esta investigación fue el Enfoque Mixto, donde se estableció un diálogo entre los paradigmas cuantitativo y cualitativo, con el propósito de poder acceder a toda la información relevante necesaria para el cumplimiento de los objetivos. El enfoque mixto establece suposiciones o conjeturas (hipótesis) como consecuencia de la recolección de datos realizada en la investigación y las intenta demostrar.

Se define al enfoque mixto como “La investigación cualitativa no solo debe confluir con la cuantitativa, sino que la requiere de forma indispensable, pues en definitiva en la realidad se entrelazan constantemente ambas direcciones: la cuantitativa y la cualitativa”. (González Morales, Gallardo López, & Del Pozo Sánchez, 2016)

Las ventajas del enfoque Mixto son:

- Poder realizar un estudio más profundo del objeto de la investigación, al apoyarse en las fortalezas de los paradigmas cualitativo y cuantitativo.
- Poder obtener y analizar los datos de diferentes perspectivas.

Población, criterio muestral y muestra

La población del canal Televisión en la estación terrena es la señal que se genera en la estación terrena y la muestra se limita a las 50 mediciones que se obtuvieron en el transmisor mediante un equipo adicional conocido como medidor de campo.

Otra parte de la población son los equipos que permiten la difusión de la señal digital y la muestra es el transmisor digital mediante el cual se envía la señal al aire.

Unidades de estudio

La principal unidad de estudio es la generación de la señal digital de la estación terrena del canal Televisión hasta la difusión al aire de la ciudad de Quito.

Métodos y técnicas a emplear

Método Analítico

El método que se utilizó es el Analítico porque la investigación se basa en la percepción directa del objeto y del problema. A partir de la experimentación y el análisis de gran número de casos se establecen leyes universales. Consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo, las relaciones entre las mismas. Consiste en el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis. (González Morales, Gallardo López, & Del Pozo Sánchez, 2016)

Dentro de este método se emplea la experimentación científica porque se va a analizar la señal digital para verificar la calidad de dicha señal y esto se logra alterando las condiciones naturales del objeto e irles modificando para obtener el resultado esperado.

Técnicas

La técnica que se utilizará en la primera etapa de la investigación será la observación que consiste en mirar atentamente el fenómeno, tomar la información y registrarla para su posterior análisis. Mediante la observación se obtendrá la mayor cantidad de información y así poder registrar los antecedentes del objeto de investigación. La información se la recolectará mediante: lista de chequeos de datos, fotografías, grabaciones.

Otra técnica es la entrevista, mediante la cual se pudo recopilar de información mediante una conversación profesional, con la que además se adquirió información acerca de lo que se investiga. La entrevista es aplicada en las etapas previas de la investigación donde se quiere conocer el objeto de investigación desde un punto de vista externo, sin que se requiera aún la profundización en la esencia del fenómeno, las preguntas a formular por el entrevistador, se deja a su criterio y experiencia. Esta técnica se ocupó para el primer objetivo que fue describir la situación actual de los equipos de la estación terrena del canal. (González Morales, Gallardo López, & Del Pozo Sánchez, 2016)

Una última técnica necesaria que se utilizó fue el fichaje, con la cual se registraron las mediciones que se obtuvieron en el transmisor y en la recepción de la señal mediante el medidor de campo.

Capítulo III: Propuesta

La estación terrena de televisión del canal Televisión posee toda la infraestructura y los equipos que son necesarios para la generación y transmisión de la señal abierta digital para la ciudad de Quito como se puede observar en la Figura 3.1, la calidad de dicha señal es un punto importante que se debe monitorear y para esto se realiza mediciones y revisiones del transmisor una vez al mes por parte del personal de la Empresa Ecuatronix, los cuales verifican el buen funcionamiento del mismo, pero en esta revisión no se verifica si la señal que se está transmitiendo tiene errores o que la calidad de la señal sea la óptima al aire.

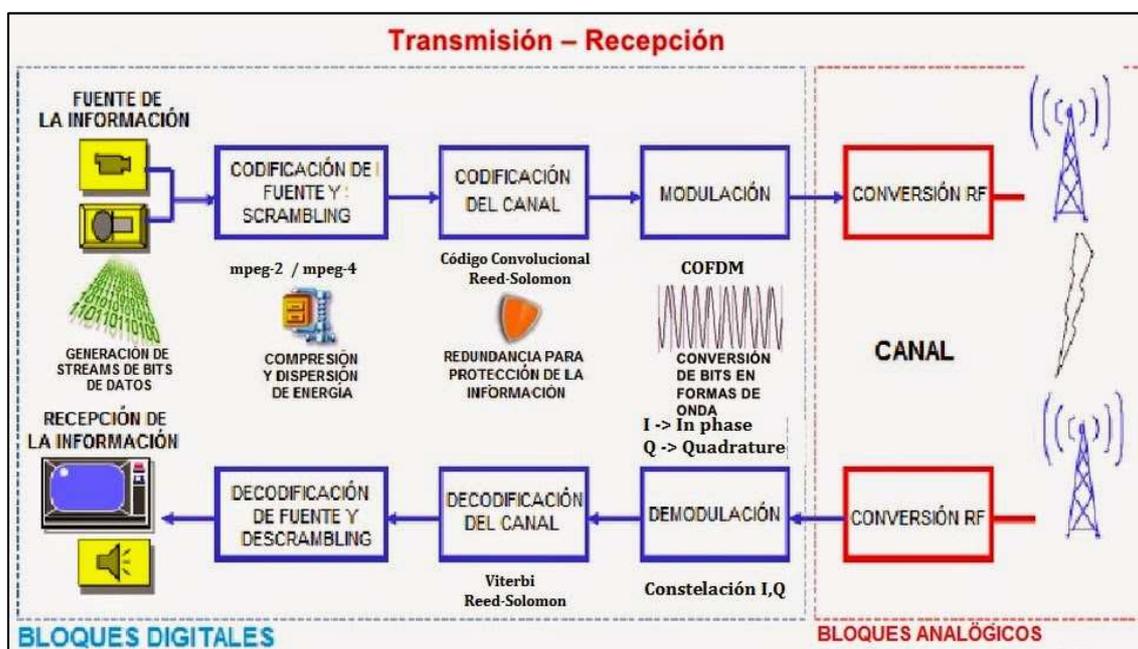


Figura 3.1: Diagrama de bloques de la señal de Televisión. (M, 2013)

La señal de televisión en la estación terrena del canal Televisión para su transmisión posee de dos fuentes las cuales son: la señal de producción de los programas en vivo es decir la señal de video de las cámaras de los estudios con el audio de los micrófonos que usan los presentadores y la señal del master que proviene de las editoras para la pauta de programación diaria.

Codificación de la señal

Señal de Producción

La señal de producción de los programas en vivo consta de dos partes la señal de video y la de audio.

La señal de video de producción como se puede ver en la Figura 3.2, viene del servidor ROSS el cual es un equipo que permite escoger las diferentes fuentes que salen al aire como son:

- Las cámaras de los estudios,
- Las notas que realizan los editores que van a los servidores de las notas,
- Los caracteres que aparecen en la parte inferior de la pantalla,
- El prompter para los presentadores, que son las explicaciones de las notas en las cámaras,
- La microonda que es la transmisión de audio y video en tiempo real,
- El LiveU que es un servidor de transmisión de audio y video en tiempo real,
- La señal de un cable operador para poner cualquier canal nacional e internacional que se necesite.

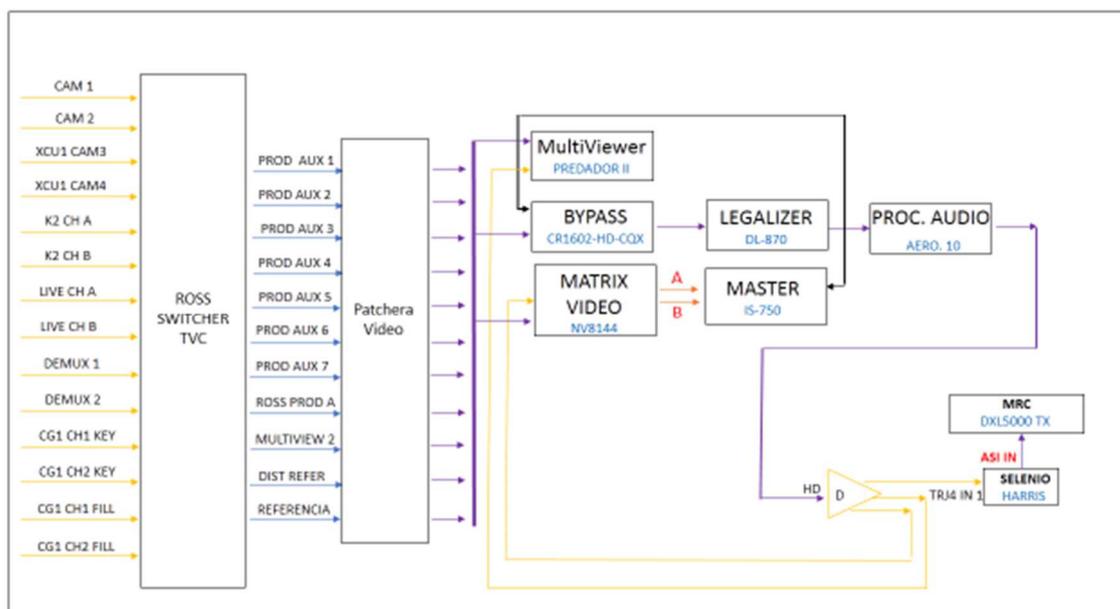


Figura 3.2: Diagrama bloques de la señal de producción

La señal de audio como se muestra en la Figura 3.3, consta de varias fuentes como en el video que se juntan en la consola de sonido para regular el nivel de sonido que se envía al aire, esta señal pasa a una patchera de audio, a un distribuidor de video y luego al router principal para juntarse con la señal de audio del master del cual se envía las pautas comerciales cuando está en con la programación en vivo o con la programación diaria.

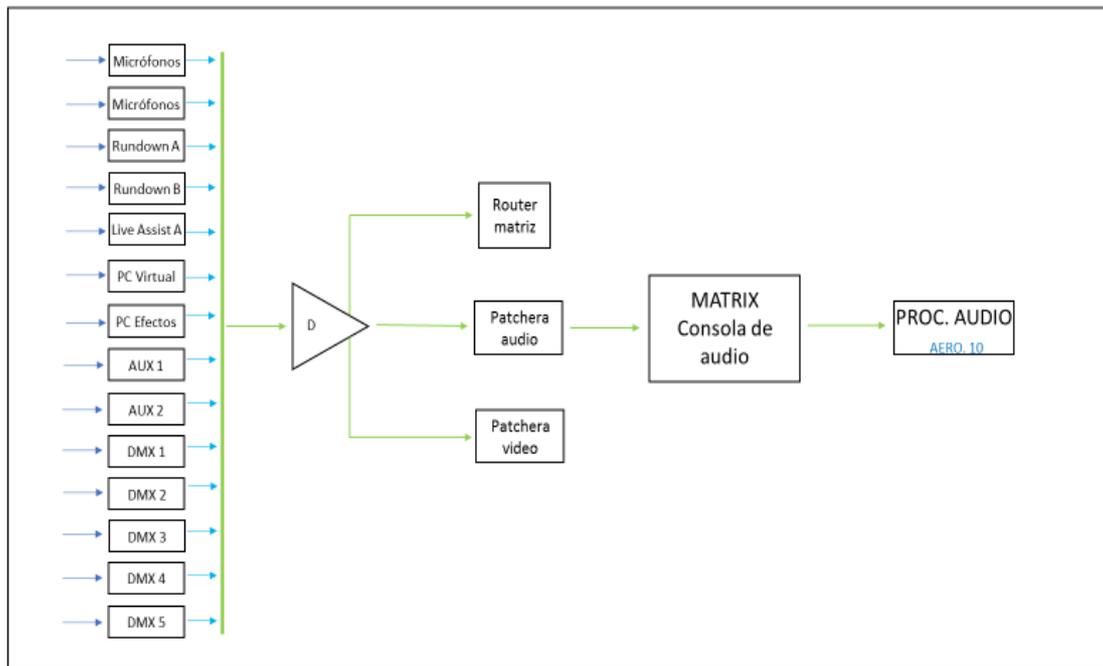


Figura 3.3: Diagrama de bloques de la señal de audio.

Señal del Master

La Figura 3.4 muestra la señal del master del canal Televisión (ARCOTEL, 2015), es donde se rueda la programación de las novelas, los comerciales, las promociones, las películas, las series, etc. que se transmiten en el día.

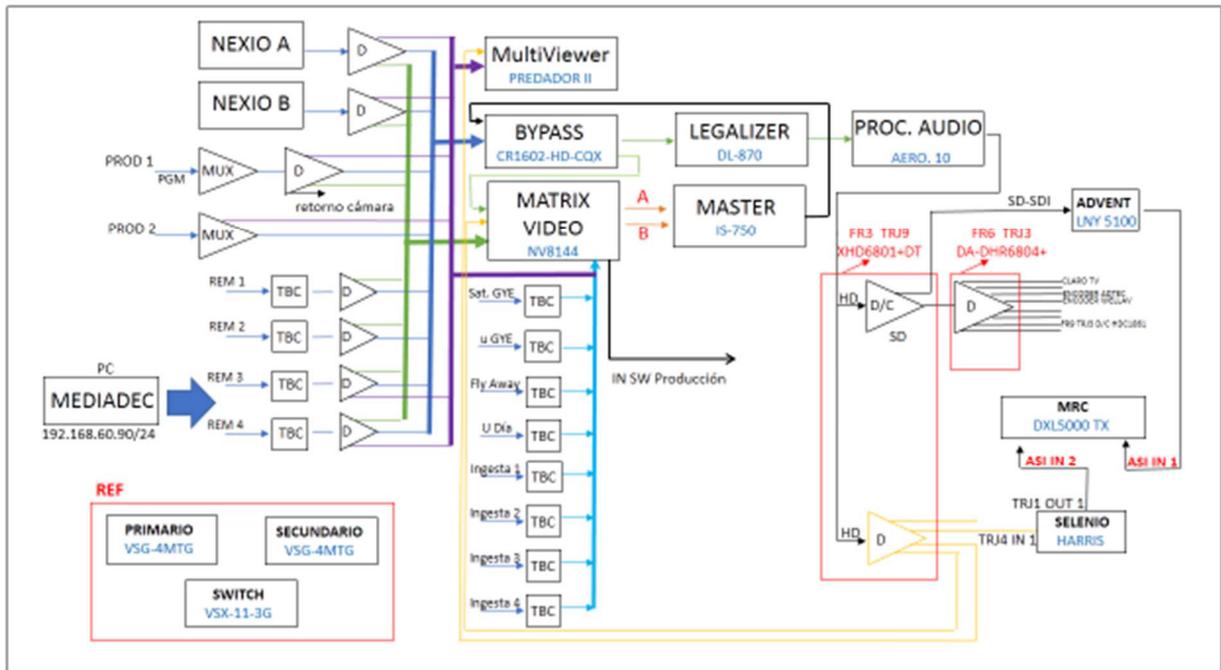


Figura 3.4: Diagrama de bloques del control master.

El recorrido de la señal del master comienza en las editoras de programación, donde se dividen en bloques las novelas, series, películas y se mandan a un servidor de contenido en este caso se llama Nexio, este servidor está conectado a un distribuidor de video donde se divide la señal a diferentes equipos los cuales son:

- Multiview que es para monitoreo de la señal.
- Servidor de la matriz de video en alta definición (High Definition HD).
- La botonera de ByPass que es de control del master.

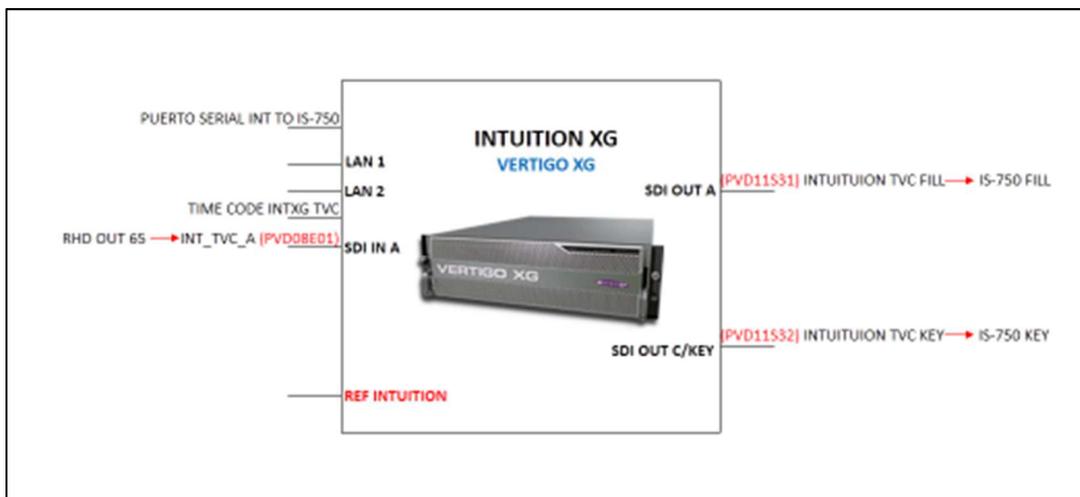


Figura 3.5: Diagrama de entradas y salidas del servidor Intuition.

La Figura 3.5 muestra al servidor Intuition del Master, es el equipo que permite agregar a la señal de video las sobreimposiciones, clasificaciones, el reloj y el logo que aparece cada cierto tiempo en la programación del canal como se muestra en la Figura 3.6; las sobreimposiciones son imágenes que se imponen a la señal de video como por ejemplo un mensaje para el público; las clasificaciones son el tipo de programa que está apareciendo ese momento como por ejemplo: apto para todo público; el reloj que es la hora del día y por último el logo del canal que aparece en la parte derecha superior de la pantalla como se observa en la Figura 3.7.



Figura 3.6: Imagen de programación con sobreimposiciones.



Figura 3.7: Programación del canal con Logo.

La señal del ByPass de la botonera auxiliar pasa al Legalizador de video, es el equipo que nivela los valores CRC, los monitorea y recalcula para garantizar valores de salida adecuados, en HD el formato de salida de video es 1080i (1920x1080i) ó 720p (1280x720p) con relación de aspecto 16:9 (ARCOTEL, 2015).

Esta señal pasa al procesador de audio como se puede observar en la Figura 3.8, que es el equipo que nivela los valores de audio impidiendo que el audio se sature o se baje su nivel, el nivel estándar de audio es -20 LKFS.

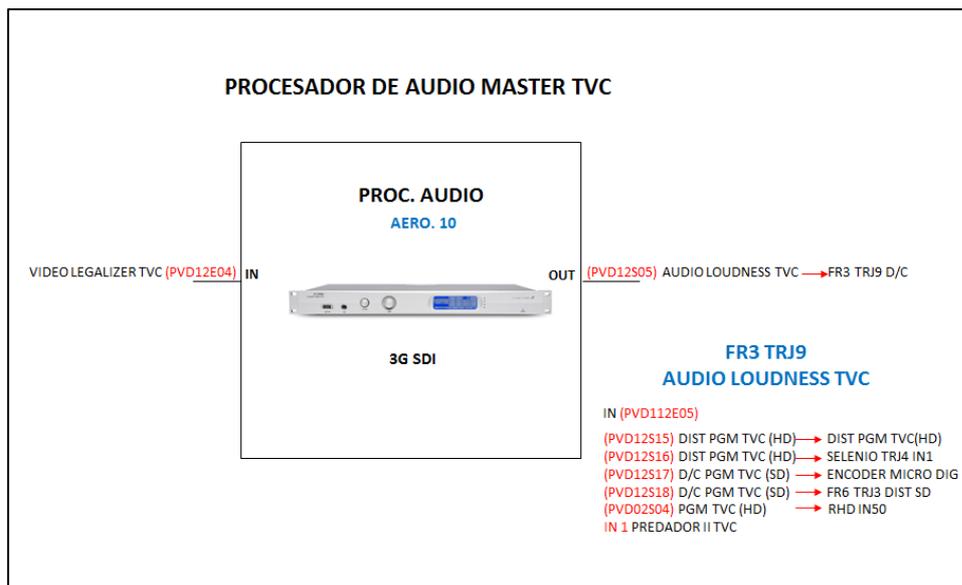


Figura 3.8: Diagrama en bloque del procesador de audio.

Toda la señal es embebida significa que el audio y el video vienen por el mismo canal y en formato HD que quiere decir alta definición (High Definition) (ARCOTEL, 2015).

Por último, la señal se pasa por un equipo llamado Selenio que permite convertir a los parámetros en HD necesarios para su transmisión desde la microonda. El equipo Selenio realiza la conversión de parámetros para TDT, el parámetro de video debe estar en ASI y el de audio en AACL2.

Una vez lista la señal con los parámetros de audio y video para HD se envía a la microonda de transmisión que es un equipo MRC DXL5000, en la estación terrena.

Transmisión de la señal al aire

La transmisión de la señal al aire, se la realiza en el Cerro Pichincha, donde se encuentran los equipos encargados de tomar la señal embebida en video y audio para que los receptores de televisión digital capten la señal, como se puede observar en la Figura 3.9.

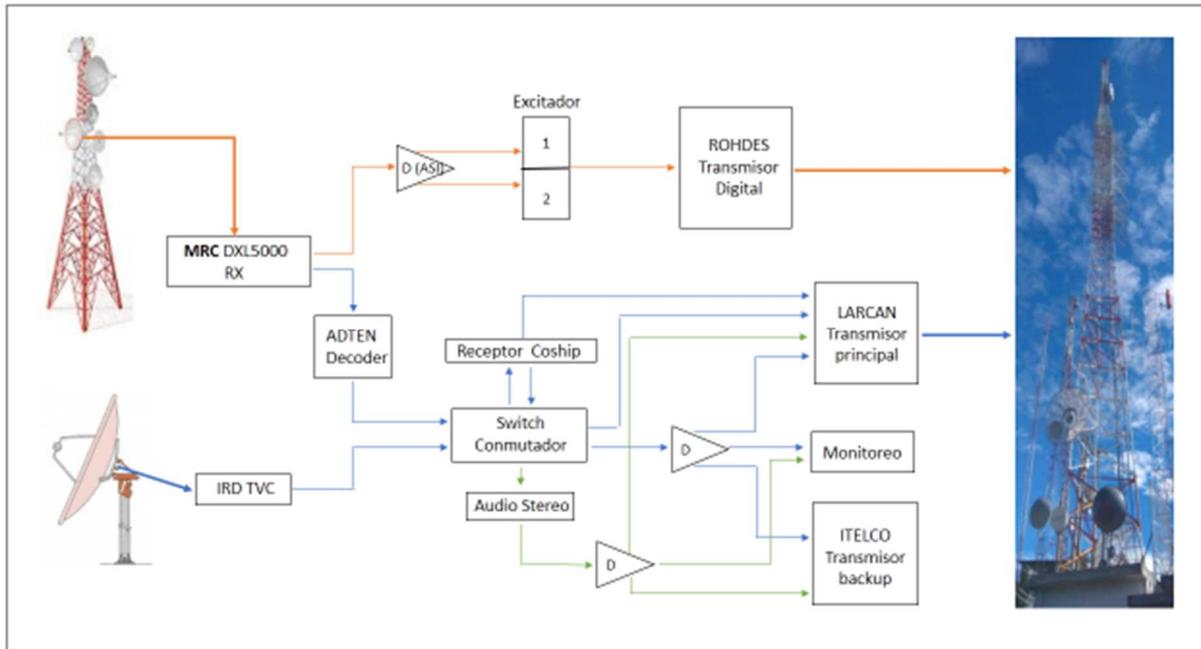


Figura 3.9: Diagrama de bloques de la transmisión de la señal.

La transmisión empieza mediante un enlace de microonda en el Cerro Pichincha con el receptor MRC DXL5000 como se muestra en la Figura 3.10 que se tiene en la caseta, este receptor posee dos salidas: la una para la señal digital y la otra para la señal análoga. La base de la investigación es la señal digital.



Figura 3.10: Receptor digital de la señal de televisión en el cerro Pichincha.



Figura 3.11: Imagen del excitador que se encuentra en el cerro Pichincha.

La salida que se va a utilizar para la transmisión digital se la envía a un distribuidor, que permite tener dos salidas a los excitadores en redundancia indicado en la Figura 3.11 que posee el transmisor ROHDES, esta señal pasa por un filtro para atenuar las ondas de los armónicos como se puede ver en las Figuras 3.12 y 3.13, y llegar a tener una señal limpia la cual se enviará a las antenas, llegando la señal a los ciudadanos mediante ondas de radiofrecuencia que captan los dispositivos para televisión digital.

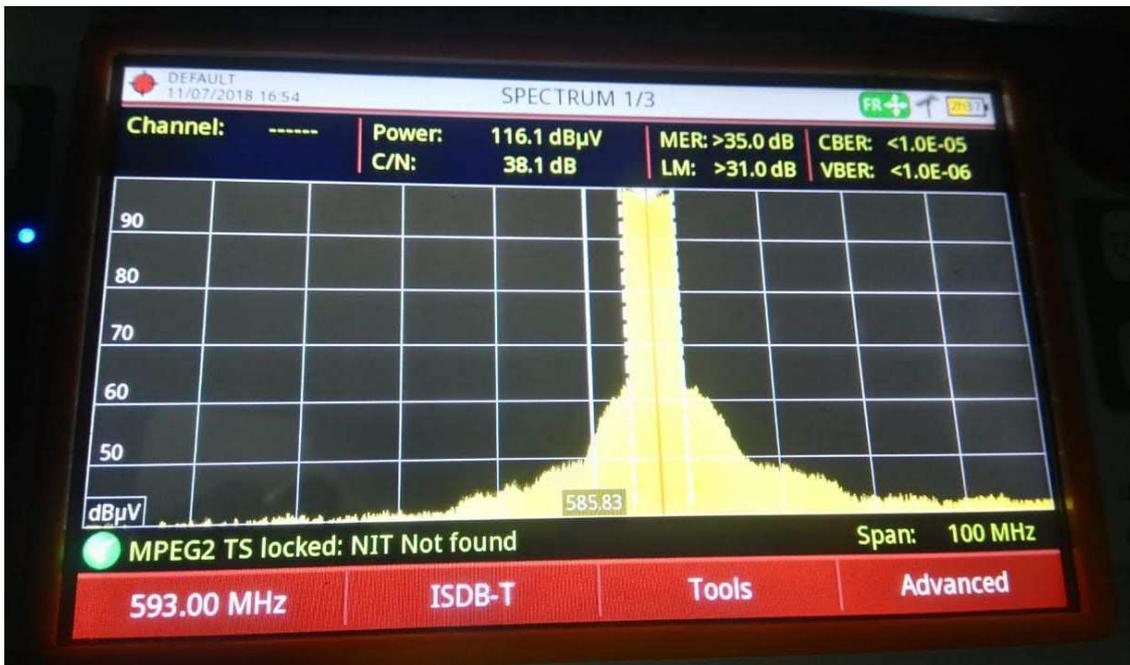


Figura 3.12: Señal digital en el transmisor antes del filtro.



Figura 3.13: Señal digital en el transmisor después del filtro.

La recepción de la señal digital como se muestra en la Figura 3.14, va a depender de la manera que se desee sintonizar la señal y del aparato que tenga el ciudadano, existen varias opciones como las siguientes:

- La primera opción es si el televisor es análogo, pero se puede poner un aparato externo para que pueda sintonizar la señal digital.
- La segunda opción es que el televisor sintonice la señal digital directamente del aire.
- La tercera opción es si posee un receptor móvil como del automóvil.
- La cuarta opción es si se desea sintonizar con dispositivos portátiles como el celular o un watchman.

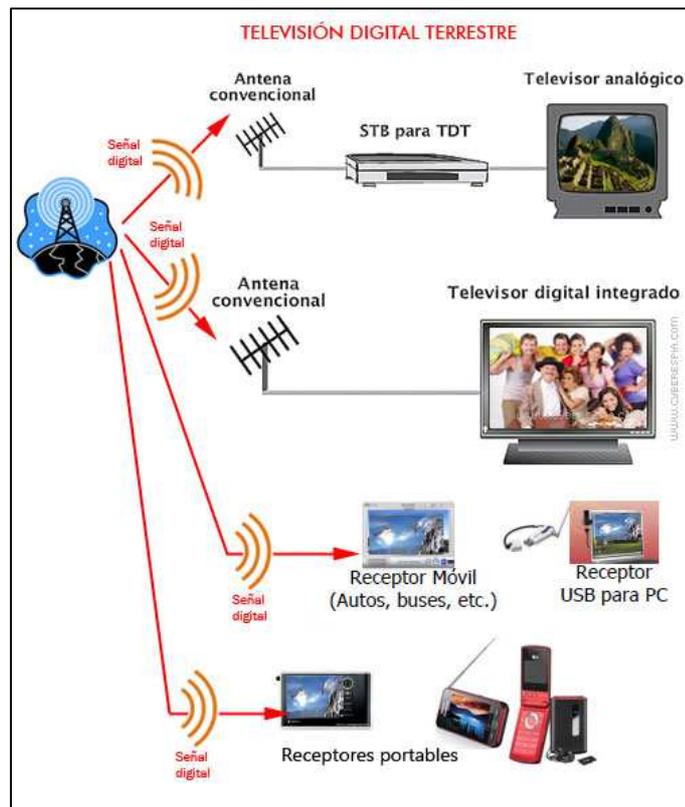


Figura 3.14: Esquema de la recepción de la señal digital. (CreativeCommons, 2011)

Procesamiento de la información

En la generación de la señal se obtiene los valores de las mediciones del error de modulación en la transmisión digital de la señal y en la demodulación de la recepción de la señal del aire, los cuales ayudara a chequear la calidad de la señal que se está transmitiendo a los ciudadanos.

Estos datos se obtienen de las mediciones en dos puntos específicos los cuales son: antes de transmisor en la estación terrena y al receptor la señal y demodular mediante una antena dipolo o casera.

El primer punto de medición del error de modulación se lo realiza antes del transmisor digital que se encuentra en el Cerro Pichincha, como se puede ver en la Figura 3.15, que es el equipo que convierte la señal de video en ASI y la señal de audio en AAC, parámetros necesarios para la señal digital, antes de que ingrese al transmisor digital.

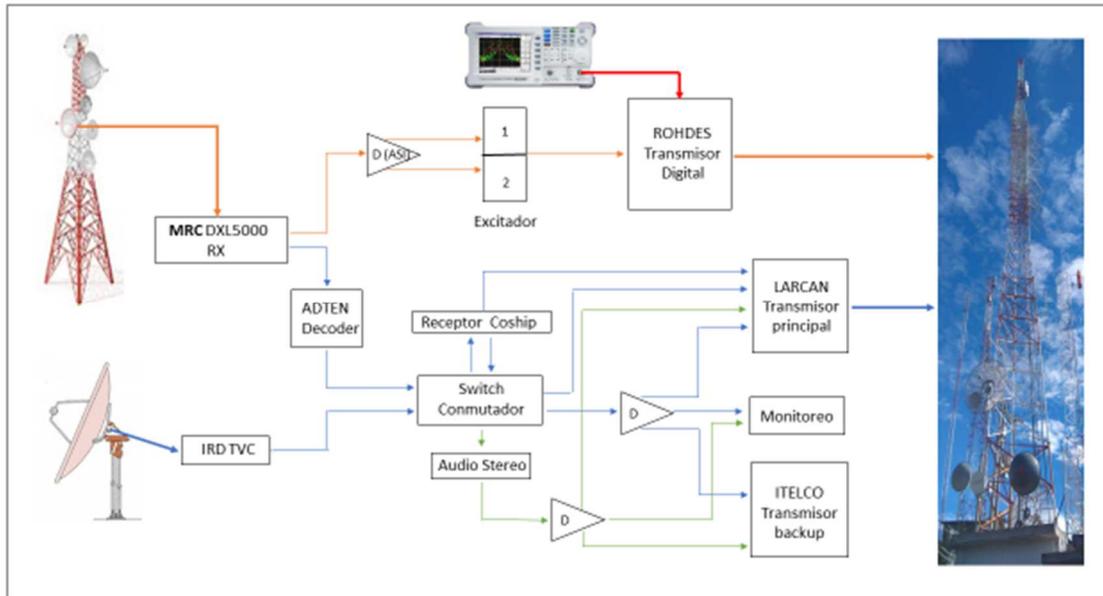


Figura 3.15: Primer punto de medición del error de modulación.

En la Figura 3.16, se puede observar la toma de mediciones mediante un analizador de espectros que mida señales terrestres y poniendo la frecuencia del canal digital que está en el rango 591MHz a 595MHz, una vez que se engancha la señal se pueden ver varios valores, pero el que se necesita es el MER y está en un valor de 35dB que es óptimo para la transmisión de la señal al aire.

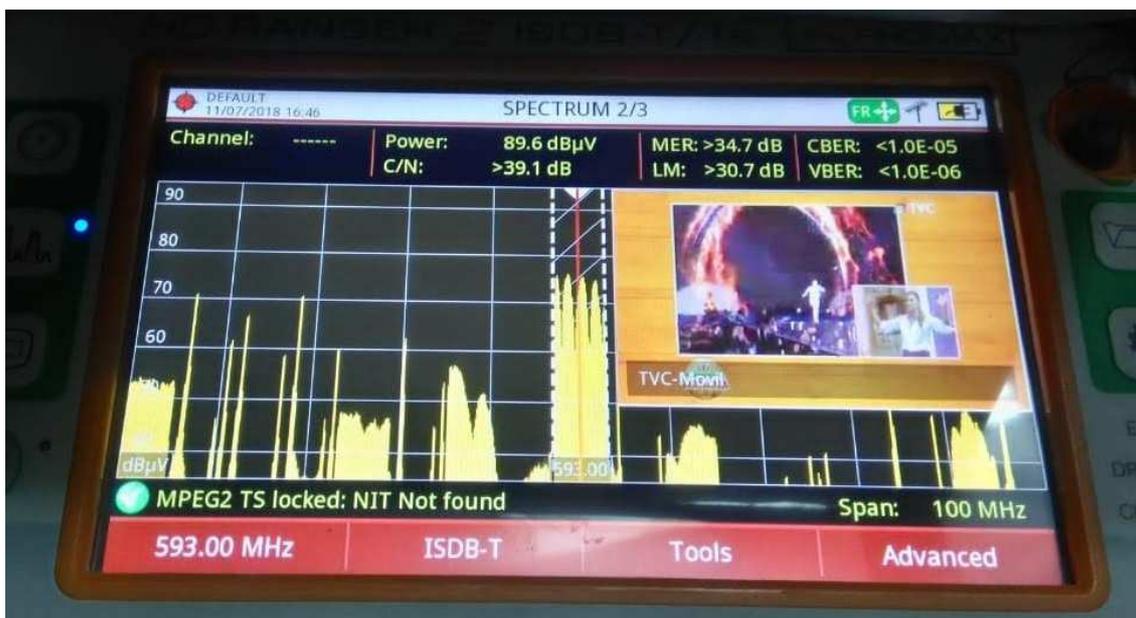


Figura 3.16: Imagen de la toma de mediciones del transmisor.

Las mediciones obtenidas mediante el medidor de campo en el transmisor son los siguientes:

Fecha	Nro.	Mediciones		Media
		Antes filtro	Después filtro	
02/04/2018	1	34.7	34.7	34.7
03/04/2018	2	34.9	34.9	34.9
04/04/2018	3	35.0	35.0	35.0
05/04/2018	4	35.0	35.0	35.0
06/04/2018	5	35.0	35.0	35.0
07/04/2018	6	34.9	34.9	34.9
08/04/2018	7	34.9	34.9	34.9
09/04/2018	8	34.9	34.9	34.9
10/04/2018	9	34.9	35.0	35.0
11/04/2018	10	34.7	34.7	34.7
12/04/2018	11	34.7	34.7	34.7
13/04/2018	12	34.7	34.9	34.8
14/04/2018	13	34.9	34.9	34.9
15/04/2018	14	34.9	34.9	34.9
16/04/2018	15	34.9	35.0	35.0
17/04/2018	16	35.0	35.0	35.0
18/04/2018	17	35.0	35.0	35.0
19/04/2018	18	35.0	35.0	35.0
20/04/2018	19	35.0	35.0	35.0
21/04/2018	20	35.0	34.9	35.0
22/04/2018	21	34.9	35.0	35.0
23/04/2018	22	34.9	35.0	35.0
24/04/2018	23	35.0	34.9	35.0
25/04/2018	24	34.9	34.9	34.9
26/04/2018	25	34.9	35.0	35.0
27/04/2018	26	35.0	35.0	35.0
28/04/2018	27	35.0	35.0	35.0
29/04/2018	28	35.0	35.0	35.0
30/04/2018	29	35.0	34.9	35.0
01/05/2018	30	34.9	34.9	34.9
02/05/2018	31	34.9	34.9	34.9
03/05/2018	32	34.9	34.7	34.8
04/05/2018	33	34.7	34.7	34.7
05/05/2018	34	34.7	34.9	34.8
06/05/2018	35	34.9	34.9	34.9
07/05/2018	36	34.9	35.0	35.0
08/05/2018	37	35.0	35.0	35.0
09/05/2018	38	35.0	35.0	35.0
10/05/2018	39	35.0	35.0	35.0
11/05/2018	40	35.0	35.0	35.0

12/05/2018	41	35.0	34.9	35.0
13/05/2018	42	34.9	34.9	34.9
14/05/2018	43	34.9	34.7	34.8
15/05/2018	44	34.7	34.9	34.8
16/05/2018	45	34.9	34.9	34.9
17/05/2018	46	34.9	35.0	35.0
18/05/2018	47	35.0	35.0	35.0
19/05/2018	48	35.0	35.0	35.0
20/05/2018	49	35.0	35.0	35.0
21/05/2018	50	35.0	35.0	35.0
Total				1746.1

Tabla 3.1: Datos medición del MER en el transmisor de microonda.

Los mediciones obtenidas del MER en el transmisor se los realizo por 50 días consecutivos como se puede observar en la Tabla 3.1, los datos que se obtuvieron son antes del filtro y después del filtro del transmisor, se obtuvo el valor promedio de 34.921dB mediante la Fórmula 1, si la respuesta se redondea queda en 35dB, estando en un rango óptimo de transmisión teniendo un valor estable de MER, como se puede observar en la Figura 3.16.

$$M(x) = \frac{\sum_i Xi * ni}{N}$$

Fórmula 3.1: Fórmula del promedio o la media aritmética. (Universo fórmulas, 2017)

$$M(x) = \frac{1746.1 \text{ dB}}{50} = 34.921 \text{ dB} = 35 \text{ dB}$$

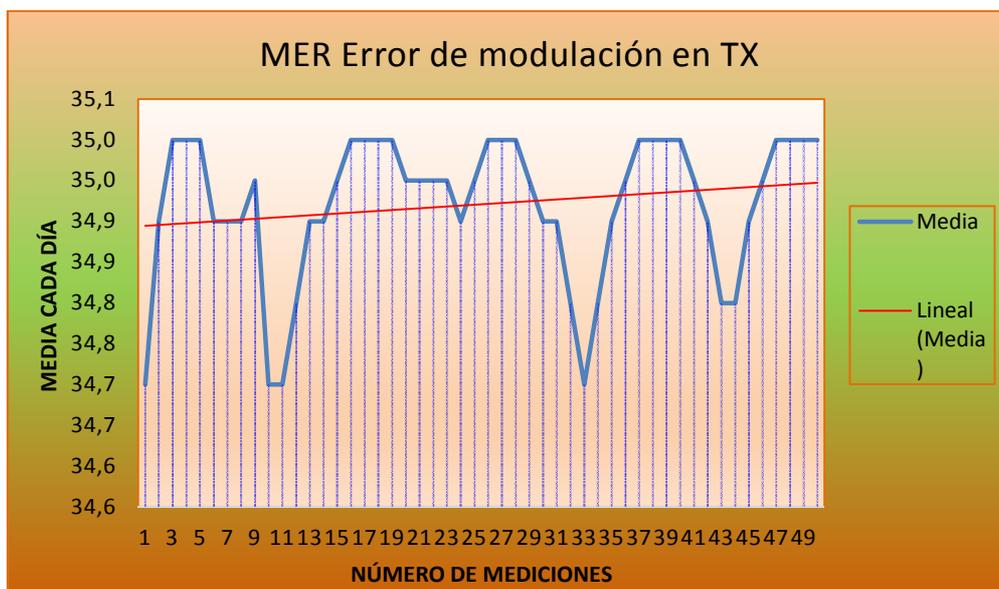


Figura 3.17: Histograma de las medias del MER en el transmisor.

El segundo punto de medición del error de modulación se lo realiza en la recepción la señal digital como se puede ver en la Figura 3.18, esto es mediante una antena digital o cualquier antena casera para obtener los valores de MER que deben estar por encima de 23dB en la antena y por encima de 21dB en las tomas, el valor óptimo es de 40dB.

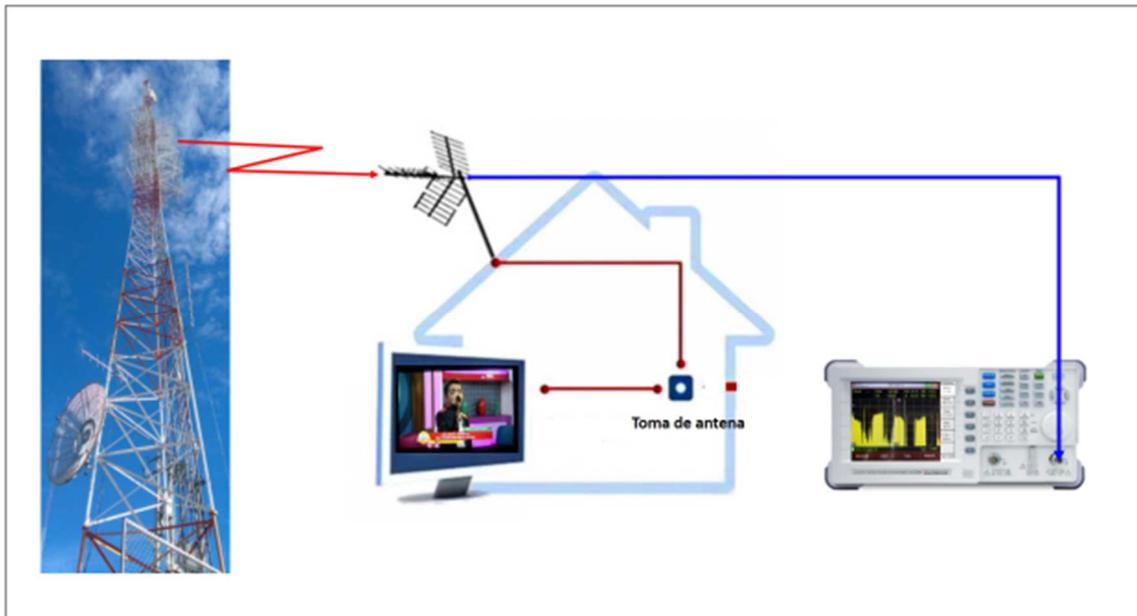


Figura 3.18: Segundo punto de medición del error de modulación.

Los datos realizados de la demodulación de la señal se lo realizo en dos sitios de la ciudad, los cuales son: el canal Televiscentro y una residencia.

- Canal Televiscentro

Oficina del Canal Televiscentro

Fecha	Nro.	Mediciones del MER
25/05/2018	1	33.0
	2	33.4
	3	33.7
	4	34.0
01/06/2018	1	31.6
	2	32.8
	3	33.0
	4	33.4
08/06/2018	1	32.6
	2	32.8
	3	33.0
	4	33.4

Tabla 3.2: Datos medición del MER en el canal Televiscentro.

En la Figura 3.19 se observa la obtención de las mediciones de la recepción de la señal con una antena digital, en los datos de la Tabla 3.2 se puede observar que el valor varía en un rango de 0.02dB y 0.03dB, pero siempre se encuentra sobre los 23dB en el valor de MER, para obtener una calidad óptima en audio y video.



Figura 3.19: Imagen de la toma de mediciones en el canal Televisión.

En la Figura 3.20 se puede observar la toma de mediciones con una antena digital en la oficina del canal Televisión.

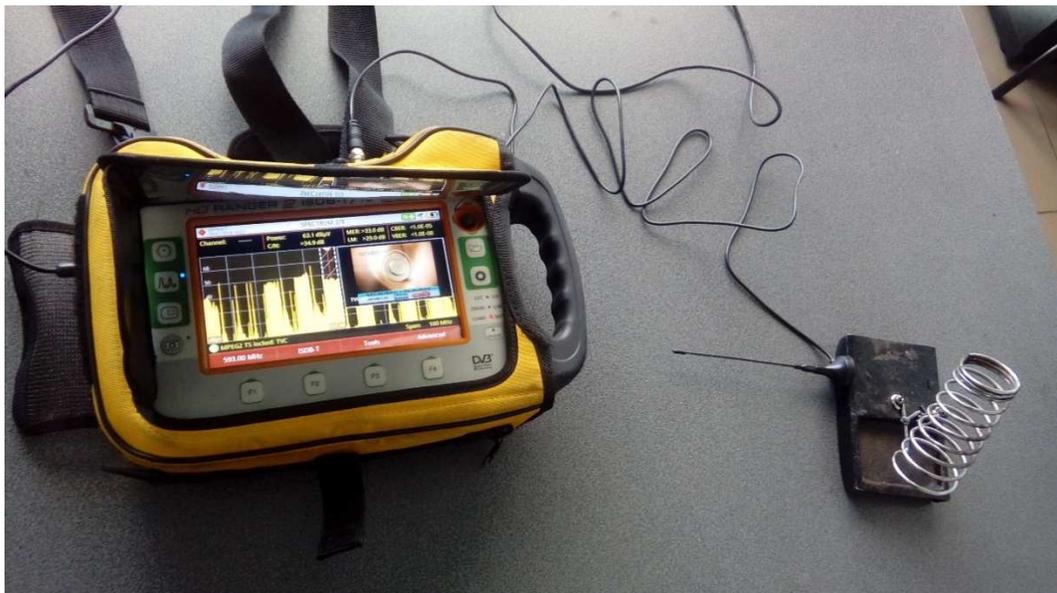


Figura 3.20: Mediciones del MER canal Televisión.

- Residencia en Quito

Residencia		
Fecha	Nro.	Mediciones del MER
28/05/2018	1	29.0
	2	29.2
	3	29.5
	4	30.0
04/06/2018	1	31.7
	2	31.9
	3	32.0
	4	32.3
11/06/2018	1	30.0
	2	31.3
	3	31.5
	4	31.7

Tabla 3.3: Datos medición del MER en una residencia.

En la Figura 3.21 se observa la obtención de las mediciones de la recepción de la señal con una antena casera en una residencia en la ciudad de Quito, de dichas mediciones de la Tabla 3.3 se puede observar que los valores están entre 29dB a 31dB en la recepción, siendo un valor óptimo de calidad, estos valores también se encuentran sobre los 23dB en el valor de MER.



Figura 3.21: Imagen de la toma de mediciones en una residencia.

Las mediciones se las realizó mediante una antena digital como se puede ver en la Figura 3.22 y una antena casera en este caso una Yagi como se puede ver en la Figura 3.23, los valores del MER obtenidos en el campo varían entre 29dB y 33 dB, este valor es mayor a los 23dB que se debe superar en la medición de la antena, para tener una buena recepción de la señal y una calidad óptima en audio y video.



Figura 3.22: Mediciones del MER con una antena digital.



Figura 3.23: Mediciones del MER con una antena casera.

En todas las mediciones del MER de la señal digital que se realizó tanto en la transmisión como en la recepción, se obtuvo un diagrama de constelación con todos los puntos centrados en los cuatro cuadrantes dando como evidencia que la señal es óptima y no posee ningún tipo de error como se puede observar en la Figura 3.24.

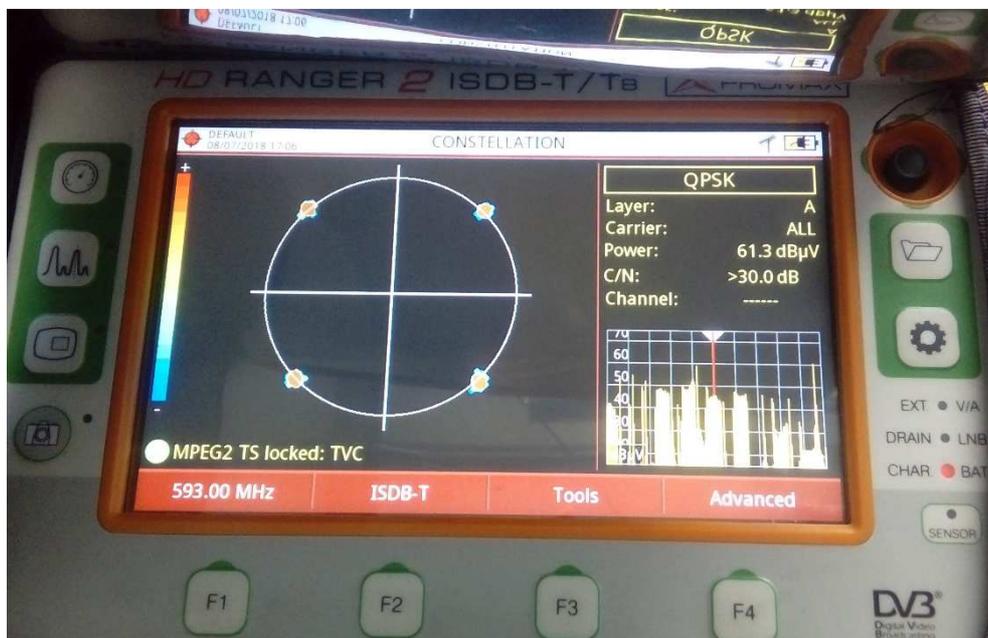


Figura 3.24: Diagrama de constelación de la señal digital.

Conclusiones

El canal de televisión Televisión Centro posee toda la infraestructura y los equipos necesarios para la generación de la señal digital sea en vivo o la programación grabada del día a día, también posee un transmisor digital para la transmisión de la señal al aire y esta ya se puede recibir en los dispositivos digitales.

Los dos puntos de evaluación de la tasa de error de modulación que se obtuvieron de los resultados del análisis de la generación de la señal fueron: en el transmisor digital y en la recepción al demodular la señal digital. Estas mediciones ayudan a determinar la ganancia de la antena que se usa para la recepción de la señal digital.

La tasa de error de modulación es el parámetro que cuantifica los errores de una constelación digital, este factor facilita valorar si una señal digital es buena. El cálculo de este factor en transmisión, lleva implícita la demodulación de la señal para la evaluación. En recepción, este parámetro se determina tras la demodulación propia de la recepción de los datos. En ambos casos, es necesario el uso de la constelación para un análisis preliminar y para dejar instalada una antena en su máximo nivel.

Al evaluar la calidad de la señal digital mediante la tasa de error de modulación en el transmisor se obtuvo un valor promedio de 35dB y en la recepción se obtuvieron valores entre 29dB a 33dB mediante dos tipos de antenas una YAGI y otra digital, respecto a los valores que se debe superar como mínimo 23dB llegando a un valor óptimo de 40dB.

Recomendaciones

Las estaciones televisivas del país enfrentan un gran reto para el cambio a la televisión digital terrestre, no solo por el costo económico de la adquisición de la infraestructura y la compra de equipos para este tipo de señal a nivel nacional, sino también por el costo en capacitación del personal que trabaja en dichas estaciones, por el tema de los beneficios que poseerá la señal y esto conlleve a fortalecer los parámetros de calidad para mejorar la cobertura en las áreas desatendidas de las ciudades.

Para un futuro se desea realizar un equipo fijo que realice constantemente las mediciones necesarias para evaluar la calidad de la señal digital que se envía al aire, dichas mediciones serían de la relación portadora-ruido (C/N), la tasa de error de bits (Bite Error Rate - BER) antes y después de la corrección de errores (Forward Error Correction - FEC), la tasa de error de modulación (Modulation Error Rate – MER).

Bibliografía

(s.f.).

- Alulema, D. (Agosto de 2012). *La televisión digital terrestre en el Ecuador es interactiva*.
Obtenido de Eidos: <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/89/83>
- ARCOTEL. (03 de septiembre de 2015). *Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec>: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/norma-televisión-digital-terrestre.pdf>
- Barbero, J., Rey, G., & Rincón, O. (2000). Televisión pública, cultural, de calidad. . *Revista Gaceta*, 47, 50-61.
- CreativeCommons. (2011). *Opiniones de Televisión digital terrestre*. Obtenido de DatuOpinion.com : <http://www.datuopinion.com/televisión-digital-terrestre>
- Fernández Requena, V. (19 de agosto de 2016). *¿Qué es el método Delphi? Concepto y funcionamiento*. Obtenido de Revista Digital: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-empresarial/metodo-delphi/>
- González Morales, A., Gallardo López, T., & Del Pozo Sánchez, F. (2016). *Metodología de la Investigación*. Quito: Jurídica del Ecuador.
- Hernández, P., & Poltoski, G. (2003). *¿Ser digital? El dilema de la televisión digital terrestre en América Latina*. Obtenido de https://cedoc.infod.edu.ar/upload/Glenn_Polstolski.pdf
- ISO/IEC. (01 de diciembre de 2000). *International Standard ISO/IEC 13818-1*. Obtenido de <http://ecee.colorado.edu>:
<http://ecee.colorado.edu/~ecen5653/ecen5653/papers/iso13818-1.pdf>
- M, J. (09 de 02 de 2013). Obtenido de Medir la señal DVB-T / Analizador Transport Stream (DVB-T): <http://tdtdvb-t.blogspot.com/>
- Oliveros, H., & Ferrari, H. (2012). *Televisión Digital Terrestre - Norma ISDB-Tb*. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar>:
http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal_frvm/CyTAL_2012/TF/TF013.pdf
- Perez Vega , C., & Zamanillo Sainz de la Masa, J. (2003). *Fundamentos de Televisión Analógica y Digital*. Cantabria: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb. En *Sistema ISDB-Tb* (págs. 4-30). Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones (CLADE-IT).
- Saraguro, B. O. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSMISIONES PARA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR A TRAVÉS DE MÓDULOS USRP*. Obtenido de file:///C:/Users/Administrador/Downloads/98T00110.pdf
- SILICIANO, I. R. (NOVIEMBRE de 2016). TELEVISIÓN DIGITAL. BUENOS AIRES, ARGENTINA.

- Sotelo, R., Durán , D., & Joskowicz, J. (2011). Sistema de transmisión ISDB-T. En R. Sotelo, D. Durán, & J. Joskowicz, *Sistema de transmisión ISDB-T*. Montevideo: Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, universidad de Montevideo.
- Telecomunicaciones, M. d. (05 de Mayo de 2018). *Ministerio de Telecomunicaciones*. Obtenido de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/contexto-internacional/>
- TENESACA CONCHA, L. W. (2005). *Repositorio de la Universidad Politécnica Ejército*. Recuperado el 26 de 12 de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/84/1/T-ESPE-027543.pdf>
- Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. En W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (págs. 5, 6). Mexico: Pearson Educación .
- Universo fórmulas*. (2017). Obtenido de Universo fórmulas: <http://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/media/>
- Vásquez, X. S. (2015). *Medición de parámetros de calidad de las señales de televisión digital terrestre (tdt) en sitios identificados como zonas de sombra dentro del distrito metropolitano de quito*. Obtenido de Revista Politécnica: https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/articloe/view/363

Anexos

Fotografías de los equipos que conforman la generación de la señal de televisión del canal Televisión Centro.

Cámaras del estudio de Noticias del canal



Área de producción de los programas en vivo



Área de control técnico



Área del Master



Área de sonido



Sala de servidores





Antenas de microonda



Caseta de equipos en el Cerro Pichincha





Transmisor Digital



Filtro del transmisor



Monitoreo de la tasa de error de modulación de la señal digital de televisión

Monitoring of the modulation error rate of the digital television signal

Nancy Rodríguez
Universidad Tecnológica Israel
Maestría en Telemática
nancyrodriguez@gmail.com

Resumen.- El servicio de televisión terrestre que se utiliza en Ecuador es en formato analógico NTSC (National Television System Committee), pero las cadenas televisivas y de radiodifusión están realizando los cambios necesarios para la generación y envío de la señal digital a los usuarios debido al apagón analógico que está por realizarse en los siguientes años y así poder dar paso a la televisión digital y optimizar los servicios como la calidad del audio y video, tener una guía de programación, poder recibir la señal de televisión en dispositivos móviles. En el canal de televisión Televisión de Quito se necesita analizar la generación de la señal digital para realizar el monitoreo de la tasa de error de la modulación y poder saber en qué lugares se debe medir la tasa de error de modulación para comparar los valores y verificar la calidad de la señal. En la ciudad de Quito no se ha realizado el análisis de la generación de la señal digital del canal Televisión de Quito, porque el canal es relativamente nuevo lleva al aire más de dos años y también por políticas de seguridad de la empresa. Se realiza el análisis de la generación de la señal digital radiada en la estación terrena, para realizar mediciones que permitan

monitorear la tasa de error de modulación y con esos datos verificar la calidad de dicha señal del canal Televisión de Quito. La tasa de error de modulación es el parámetro que cuantifica los errores de una constelación digital, este factor facilita valorar si una señal digital es buena; el cálculo de este factor en transmisión lleva implícita la demodulación de la señal para la evaluación. En la recepción, este parámetro se determina tras la demodulación propia de la recepción de los datos. En ambos casos, es necesario el uso de la constelación de transmisión normalizada como referencia; la calidad de la señal que se transmite en la estación terrena del canal Televisión de Quito tuvo un valor promedio de 36.554dB y de 34.38dB en la recepción de la señal digital, respecto al valor mínimo que se debe superar en este caso de 23dB y llegando a un valor óptimo de 40dB.

Palabras clave

Televisión, digital, transmisión, recepción, MER

Abstract.- Terrestrial television used in Ecuador is in analog format NTSC (National Television System Committee), but television and

broadcasting chains are making the necessary changes to the generation and sent the digital signal to the users due to the analogue switch that is carried out in the following years and so to make way for digital television and optimize the services as the quality of the audio and video, a programming guide, can both receive the signal of TV devices Mobile. In TV channel Televisión needs to analyze the generation of the digital signal to carry out the monitoring modulation error rate and be able to know where modulation error rate should be measured to compare values and verify the warm (d) of the signal. In the city of Quito not done analysis of the generation of the digital signal of the channel of Televisión, because the canal is relatively new leads to air over two years and also by the company's security policies. Analysis of the generation of the signal digital radiated at the ground station, to make measurements that allow monitoring the modulation error rate and with that data verify the quality of the signal of the channel Televisión de Quito. Modulation error rate is the parameter that quantifies a constellation digital errors, this factor makes it easy to assess if a digital signal is good; the calculation of this factor in transmission implies the demodulation of the signal for the evaluation. At the reception, this parameter is determined after the demodulation of the reception of the data. In both cases, it is necessary the use of the constellation of transmission standard as a reference; the quality of the signal that is transmitted in the ground station of the Televisión canal had an average of 36.554dB and 34.38dB digital signal

reception, with respect to the minimum value that must be overcome in this case of 23dB and arriving at an optimal value of 40dB.

Keywords

Television, digital, transmission, reception, MER

I. INTRODUCCIÓN

El servicio de televisión terrestre que se utiliza en Ecuador es en formato analógico regido por el Comité del Sistema Nacional de Televisión o mejor conocido como NTSC - National Television System Committee, pero las cadenas televisivas y de radiodifusión están realizando los cambios necesarios para la generación y envío de la señal digital a los usuarios debido al apagón analógico que está por realizarse en los siguientes años para dar paso a la televisión digital y así optimizar los servicios como: la calidad del audio y el video, tener una guía de programación, poder recibir la señal de televisión en dispositivos móviles, etc.

Uno de los cambios necesarios que se realizó fueron los transmisores que en lugar de ser analógicos ahora son digitales, estos transmisores no poseen un sistema que permita verificar si la señal tiene cambios que degraden su calidad antes de ser emitida, este monitoreo es realizado mediante equipos adicionales lo que no permite que sea constante la verificación de la señal. Dichos equipos de monitoreo miden si la señal de televisión posee desvanecimientos o

interferencias al medir la tasa de error en la modulación de la señal.

Las características que tiene la señal de televisión al generarla son: forma de onda, ancho de banda, tasa de error de modulación (Modulation Error Rate - MER), tasa de error binario (Bite Error Rate - BER), desviación absoluta de frecuencia y verificación del transport stream, características que son necesarias para la transmisión óptima de la señal digital terrestre de televisión.

En el canal de televisión Televisión se necesita analizar la generación de la señal digital para realizar el monitoreo de la tasa de error de la modulación y poder saber en qué lugares se debe medir la tasa de error de modulación para comparar los valores y verificar la calidad de la señal.

El objetivo general es Analizar la generación de la señal digital radiada en la estación terrena mediante el monitoreo de la tasa de error de modulación que optimice la calidad de la señal del canal Televisión de Quito.

Los objetivos específicos son describir la situación actual del funcionamiento de los equipos que permiten la transmisión digital de la señal de televisión en el canal.

Definir los lugares donde se realizan las mediciones de la tasa de error de modulación en la señal de televisión del canal Televisión.

Analizar el funcionamiento de la tasa de error de modulación en la señal digital del sistema de televisión.

Evaluar la calidad de la señal mediante la tasa de error de modulación de la señal digital del canal Televisión.

En la ciudad de Quito no se ha realizado el análisis de la generación de la señal digital del canal Televisión, porque el canal es relativamente nuevo lleva al aire más de dos años y también por políticas de seguridad de la empresa, que no permiten el ingreso de cualquier persona al cuarto de quipos. No se tiene manuales o diagramas de la red de la generación de la señal, se está en proceso de realizar los diagramas de bloque de cada una de las áreas del canal.

La validación de la tasa de error de modulación en la señal digital será un aporte tecnológico para el canal de televisión Televisión, para poder verificar que la calidad de la señal sea óptima, que se está emitiendo la señal sin interferencias, con los estándares permitidos por el Sistema de Televisión Terrestre TDT.

Realizar el monitoreo de la señal de televisión es una tarea obligatoria en el canal Televisión, porque el objetivo principal de la televisión es contribuir explícita y cotidianamente a la construcción del espacio público en cuanto escenario de comunicación y diálogo entre los

diversos actores sociales y las diferentes comunidades culturales.

El monitoreo se lo realiza en la ciudad de Quito, en el sector de San Bartolo al sur de la ciudad donde se encuentra ubicada las instalaciones del canal Televisión. Se escogió este canal en específico porque se tiene acceso a todos los equipos que conforman la cabecera de televisión del canal.

La información de la transmisión de la señal digital de un canal de televisión es reservada y restringida, por contener equipos sensibles de un servicio a la comunidad por este motivo este análisis solo se puede realizar en el canal Televisión.

Al realizar el análisis de los equipos que se utilizan para la generación de la señal de televisión digital, se encontraran los puntos específicos para realizar las mediciones de la tasa de error de modulación antes del transmisor y después de la recepción de la microonda, antes de emitir a la señal abierta de televisión.

En la generación de la señal se obtiene los valores de las mediciones del error de modulación en la transmisión digital de la señal y en la demodulación de la recepción de la señal del aire,

los cuales ayudara a chequear la calidad de la señal que se está transmitiendo a los ciudadanos.

Estos datos se obtienen de las mediciones en dos puntos específicos los cuales son: antes de transmisor en la estación terrena y al receptor la señal y demodular mediante una antena dipolo o casera.

Televisión Digital Terrestre

La Televisión Digital Terrestre llamada TDT¹, su nombre se debe al tipo de tecnología que usa para transmitir la señal, también codifica las señales en forma binaria creando un canal de retorno para el usuario; la diferencia entre la señal analógica y la digital es la calidad de video, imagen y audio, la movilidad, la conectividad, entre otros.

El principal objetivo del TDT es mejorar el uso del espectro radioeléctrico al transmitir varios programas de televisión en un mismo canal UHF con ancho de banda de 6MHz. UHF significa Ultra Alta Frecuencia llamado así por sus siglas en inglés Ultra High Frequency, es una banda del espectro radioeléctrico en el rango de las frecuencias de 300Mhz a 3Ghz.²

Para las estaciones de televisión y para los usuarios, el mayor beneficio de la TDT gracias a la eficiencia espectral que posee la modulación

¹ Alulema, D. (agosto de 2012). La televisión digital terrestre en el Ecuador es interactiva. Obtenido de Eidos: <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/89/83>

² Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. En W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (págs. 5, 6). México: Pearson Educación.

digital, es el aumento de cobertura en las zonas de sombra y el complemento en las zonas desatendidas que posee la televisión análoga hoy en día.

Los beneficios para el usuario que ofrecerá la TDT son:

- Múltiples programaciones diferentes dentro de un mismo canal como noticiero, deportes, novelas, series, películas, etc.
- Recepción de la señal en dispositivos móviles y portátiles.
- Recepción de alertas de emergencia como por mensajes de catástrofes naturales.
- Contenido interactivo como información de los programas, sus horarios, grabar la programación, etc.
- Interactividad con el usuario como tele compra, voto electrónico, encuestas, concursos, etc.
- Tele -salud
- Tele-educación
- Tele-gobierno

La mayoría de países de Latinoamérica ya están implementando la transmisión de la Televisión Digital Terrestre como se puede observar en la Figura 1.1, pero Argentina, México y Brazil son los países más avanzados en la

migración hacia la TDT, uno de sus principales problemas ha sido el incremento en los precios de los equipos profesionales para la producción y emisión de la señal y los equipos receptores para la ciudadanía.³



Figura 1.1: Ecuador evoluciona Televisión Digital Terrestre.⁴

El Ecuador desde el 25 de marzo del 2010, utiliza el estándar de televisión digital ISDB-T Radiodifusión Digital Terrestre de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial)⁵, que es un conjunto de normas para el tratamiento de la señal asegurando la menor pérdida de datos por parte del receptor, creadas en Japón para la transmisión de radio y televisión digital y también se utiliza el estándar ISDB-Tb la b es para indicar las modificaciones que se realizaron en Brasil.

³ Hernández, P., & Poltoski, G. (2003). ¿Ser digital? El dilema de la televisión digital terrestre en América Latina. Obtenido de https://cedoc.infed.edu.ar/upload/Glenn_Polstolski.pdf

⁴ Telecomunicaciones, M. d. (05 de Mayo de 2018). Ministerio de Telecomunicaciones. Obtenido de <https://dttecuador.mintel.gob.ec/contexto-internacional/>

⁵ ARCOTEL. (03 de septiembre de 2015). Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/norma-television-digital-terrestre.pdf>

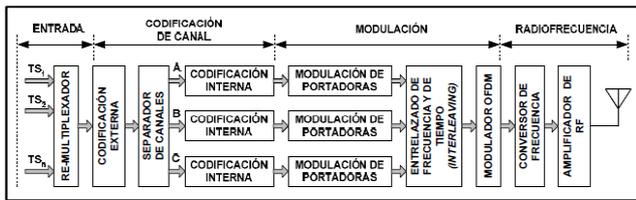


Figura 1.2: Sistema de transmisión ISDB-Tb⁶

El sistema de transmisión ISDB-Tb como se muestra en la Figura 1.2, posee cuatro grandes bloques de la información de la señal los cuales son: la entrada, la codificación del canal, la modulación y la radiofrecuencia; en la sección de la entrada se puede ver que ingresa toda la corriente de transporte o mejor conocido como Transport Stream – TS de la señal; en la segunda sección se realiza la codificación del canal es donde se añade protección a los datos, se realiza ajustes a los retardos y se divide jerárquicamente la información en tres capas.

La tercera sección es la modulación donde se realiza el mapeo de bits es decir es donde se realiza el armado de la constelación I-Q que son los vectores de la información y errores en fase y amplitud; se vuelven a combinar las capas de información entrelazadas en frecuencia y tiempo; en esta sección también se arma el cuadro OFDM que es la multiplexión por división en frecuencias ortogonales, que es el tipo de modulación con la cual se va a enviar la información y la última sección es la radiofrecuencia donde se realiza la

⁶ Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb. En Sistema ISDB-Tb (págs. 4-30). Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones (CLADE-IT).

conversión de la frecuencia para emitir la señal mediante los transmisores.

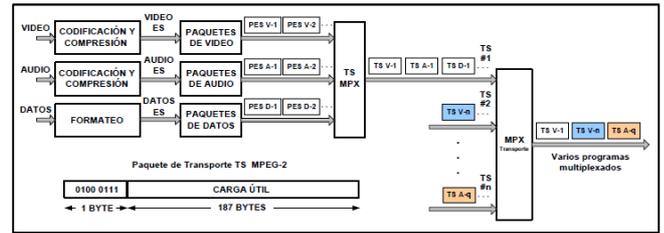


Figura 1.3: Transporte de los paquetes y multiplicación en MPEG-2⁷

En el diagrama de bloques de las Figura 1.3 se puede observar el ingreso de las diferentes señales, estos TS son de audio, video y datos, que al multiplexarse se vuelven un solo flujo de TS los cuales ocupan menos ancho de banda al ser transportados, así se tiene varios programas a la vez del mismo canal.

La medición de la señal a ruido no es efectiva porque no determina de forma directa las condiciones de desempeño de la señal. Para el análisis de desempeño de señales digitales es mejor la tasa de error de modulación (MER) o la magnitud del vector de error (EVM), pero para esta investigación se va a tratar únicamente la tasa de error de modulación.

⁷ Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb. En Sistema ISDB-Tb (págs. 4-30). Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones (CLADE-IT).

Tasa de error de modulación (Modulation error ration - MER)

En la modulación del sistema ISDB-Tb, es donde se puede chequear la tasa de error la cual es un factor que indica la exactitud de una constelación digital que gráficamente es la dispersión de puntos respecto al valor de la señal, cuanto más juntos estén los puntos mejor será la señal como se puede ver en la Figura 1.5. Este proceso sería comparado como la señal a ruido en la modulación análoga.

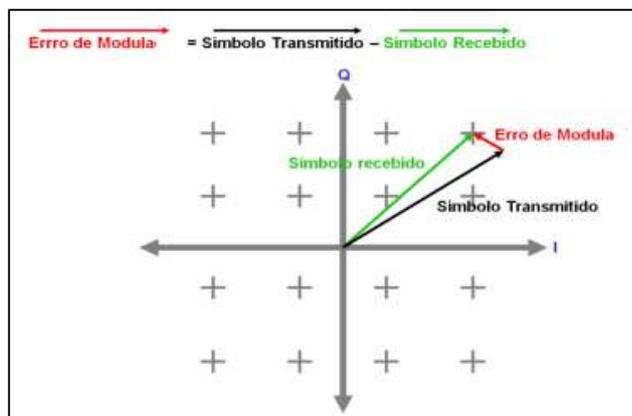


Figura 1.5: Error de la modulación en la constelación.⁸

El MER es el vector que define el desplazamiento entre los puntos “ideales” en un diagrama de constelación y los reales como se puede ver en la Figura 1.5, es decir, la relación entre la medida de la potencia de la señal DVB y la potencia del "ruido" presente en la constelación. En el MER se incluye todo tipo de deterioro de la señal como ruido, error de fase,

error de cuadratura, etc. Se expresa como un valor promedio en dB.

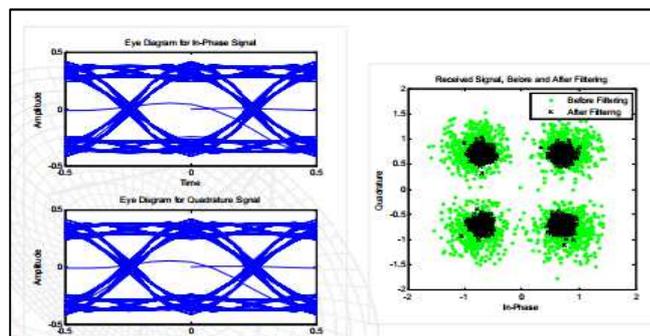


Figura 1.6: Graficas de la señal a ruido y la constelación.⁹

El MER permite medir la calidad de la modulación, la relación directa con la cantidad de bits recibidos (BER), el desempeño de la señal, posibles causas de degradación de la señal, distorsiones lineales. También combina los efectos del ruido (CNR), los efectos de no linealidad, retardo de grupo (groupdelay), problemas de respuesta dentro del canal (Ripple y Tilt) y micro reflexiones como se puede ver en la Figura 1.6.

A continuación, se muestra varios ejemplos de las mediciones de los parámetros de calidad de un canal de televisión es el siguiente:

⁸ CreativeCommons. (2011). Opiniones de Televisión digital terrestre. Obtenido de DatuOpinion.com : <http://www.datuopinion.com/television-digital-terrestre>

⁹ Vásquez, X. S. (2015). Medición de parámetros de calidad de las señales de televisión digital terrestre (tdt) en sitios

identificados como zonas de sombra dentro del distrito metropolitano de quito. Obtenido de Revista Politécnica: https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/363

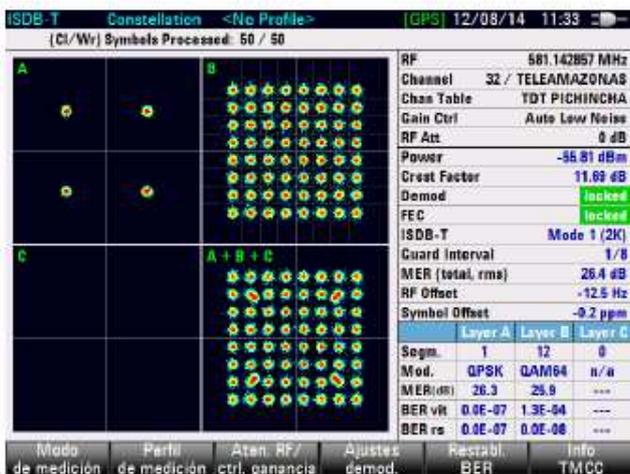


Figura 1.7: Constelación de una señal de televisión óptima.¹⁰

Como se puede observar en la Figura 1.7, la constelación de puntos es centrada en todos los puntos eso indica que la señal digital que se está revisando es óptima no tiene errores y está en un valor de 26.4dB dentro del rango establecido por la Norma ITU del ISDB-Tb.

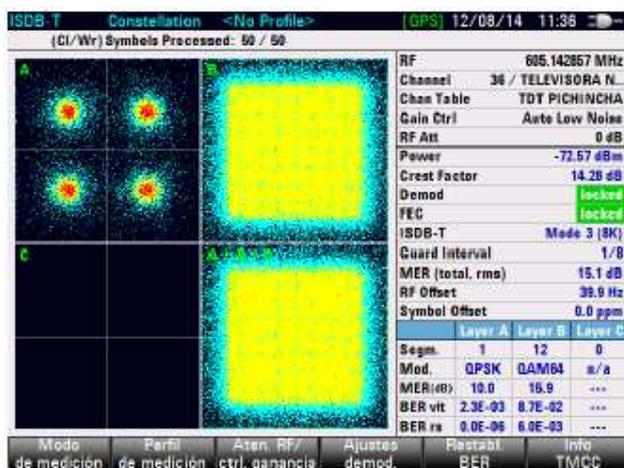


Figura 1.8: Constelación de una señal de televisión con alto ruido.¹¹

¹⁰ Vásquez, X. S. (2015). Medición de parámetros de calidad de las señales de televisión digital terrestre (tdt) en sitios identificados como zonas de sombra dentro del distrito metropolitano de quito. Obtenido de Revista Politécnica: https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/363

En la Figura 1.8 se observa una constelación de puntos totalmente dañada es decir con un alto índice de ruido en la señal digital, esto provoca problemas para el televidente como, por ejemplo: video con líneas y audio con ruido.

El monitoreo la tasa de error de modulación del transmisor digital en la estación terrena del canal, se lo realiza para detectar errores en la calidad de la señal esto se lo logra comparando los valores de las mediciones que se tomaran en la modulación de la señal, antes de transmitirla y en la demodulación de la señal del aire, con esto se tendrá la tasa de error en un rango aceptable para que la calidad de la señal de televisión sea óptima.

En la sección II se describirá los métodos y técnicas que se aplicaron para la realización de la descripción de la señal y para los datos que se recolectaron de las mediciones de la tasa de error de modulación.

En la tercera sección se indicará el diseño de todas las áreas necesarias para generar la señal digital del canal Telecentro y se describe como es la ruta de la señal desde las cámaras hasta la transmisión al aire y su recepción en los usuarios.

¹¹ Vásquez, X. S. (2015). Medición de parámetros de calidad de las señales de televisión digital terrestre (tdt) en sitios identificados como zonas de sombra dentro del distrito metropolitano de quito. Obtenido de Revista Politécnica: https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/363

En la cuarta etapa se indicará la realización de las mediciones de la tasa de error de modulación en los dos puntos de medición que son: el transmisor digital ubicado en el cerro Pichincha y en la recepción en una residencia de Quito.

II. MÉTODO

El enfoque metodológico que se utilizó para esta investigación fue el Enfoque Mixto, donde se estableció un diálogo entre los paradigmas cuantitativo y cualitativo, con el propósito de poder acceder a toda la información relevante necesaria para el cumplimiento de los objetivos. El enfoque mixto establece suposiciones o conjeturas (hipótesis) como consecuencia de la recolección de datos realizada en la investigación y las intenta demostrar.

Se define al enfoque mixto como “La investigación cualitativa no solo debe confluir con la cuantitativa, sino que la requiere de forma indispensable, pues en definitiva en la realidad se entrelazan constantemente ambas direcciones: la cuantitativa y la cualitativa”. (González Morales, Gallardo López, & Del Pozo Sánchez, 2016)

Las ventajas del enfoque Mixto son:

- Poder realizar un estudio más profundo del objeto de la investigación, al apoyarse en las fortalezas de los paradigmas cualitativo y cuantitativo.
- Poder obtener y analizar los datos de diferentes perspectivas.

El otro método que se utilizó es el Analítico porque la investigación se basa en la percepción directa del objeto y del problema. Consiste en el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

Técnicas

La técnica que se utilizará en la primera etapa de la investigación será la observación que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Mediante la observación se obtendrá la mayor cantidad de información y así poder registrar los antecedentes del objeto de investigación. La información se la recolectará mediante: lista de chequeos de datos, fotografías, escalas, grabaciones.

Otra técnica indispensable es la entrevista, mediante la cual se pudo recopilar de información mediante una conversación profesional, con la que además se adquirió información acerca de lo que se investiga. La entrevista es aplicada en las etapas previas de la investigación donde se quiere conocer el objeto de investigación desde un punto de vista externo, sin que se requiera aún la profundización en la esencia del fenómeno, las preguntas a formular por el entrevistador, se deja a su criterio y experiencia.

Una última técnica necesaria que se utilizó fue el fichaje, con la cual se registraron las mediciones que se obtuvieron en el transmisor y en la recepción de la señal mediante el medidor de campo.

III. DISEÑO

La estación terrena del canal Televisión posee toda la infraestructura y los equipos que son necesarios para la generación y transmisión de la señal abierta digital para la ciudad de Quito como se puede observar en la Figura 3.1, la calidad de dicha señal es un punto importante que se debe monitorear y para esto se realiza mediciones y revisiones del transmisor una vez al mes por parte del personal de la Empresa Ecuatronic, los cuales verifican el buen funcionamiento del mismo, pero en esta revisión no se verifica si la señal que se está transmitiendo tiene errores, por esa razón se va a realizar el monitoreo del error de modulación del transmisor y en la demodulación de la recepción de la señal digital.

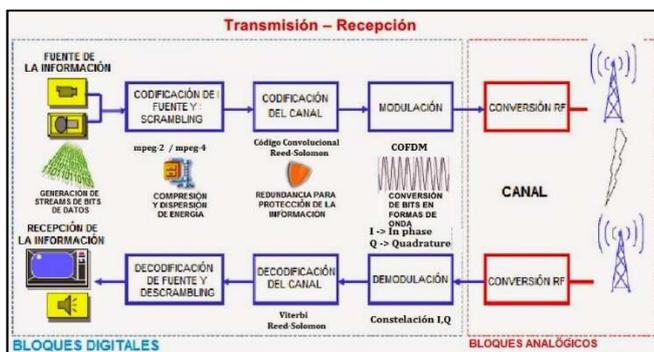


Figura 3.1: Diagrama de bloques de la señal de Televisión.¹²

La señal de televisión en la estación terrena el canal Televisión para su transmisión proviene de dos fuentes que son: la señal de producción de los programas en vivo y la señal del master de la pauta de programación diaria.

Codificación de la señal

Señal de Producción

La señal de producción de los programas en vivo consta de dos partes la señal de video y la de audio.

La señal de video de producción como se puede ver en la Figura 3.2 viene del servidor ROSS el cual es un equipo que permite escoger las diferentes fuentes que salen al aire como son:

- Las cámaras de los estudios,
- Las notas que realizan los editores que van a los servidores de las notas,
- Los caracteres que aparecen en la parte inferior de la pantalla,
- El prompter para los presentadores, que son las explicaciones de las notas en las cámaras,
- La microonda que es la transmisión de audio y video en tiempo real,
- El LiveU que es un servidor de transmisión de audio y video en tiempo real,

¹² M, J. (09 de 02 de 2013). Obtenido de Medir la señal DVB-T / Analizador Transport Stream (DVB-T): <http://tdtdvb-t.blogspot.com/>

- La señal de un cable operador para poner cualquier canal nacional e internacional que se necesite.

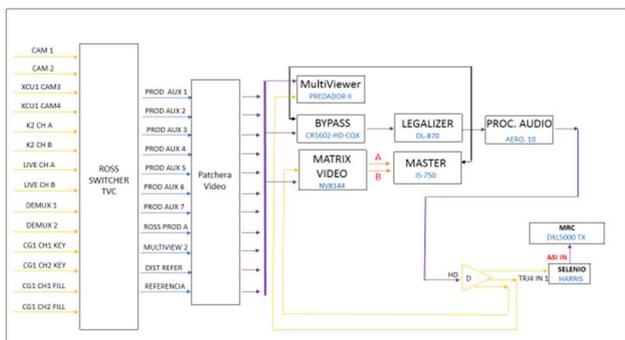


Figura 3.2: Diagrama bloques de la señal de producción.

La señal de audio como se muestra en la Figura 3.3, consta de varias fuentes como en el video que se juntan en la consola de sonido para regular el nivel de sonido que se envía al aire, esta señal pasa a una patchera de audio, a un distribuidor de video y luego al router principal para juntarse con la señal de audio del master del cual se envía las pautas comerciales cuando está en con la programación en vivo o con la programación diaria.

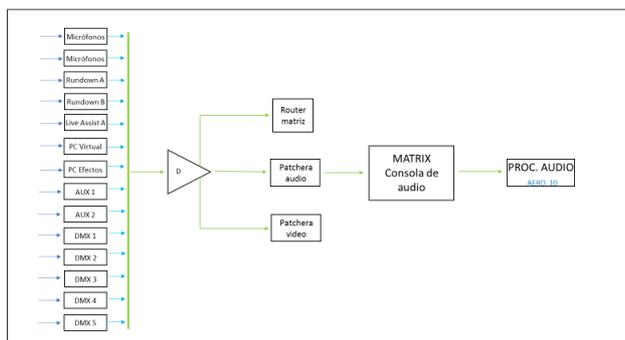


Figura 3.3: Diagrama de bloques de la señal de audio.

Señal del Master

La Figura 3.4 muestra la señal del master del canal Televisión¹³, es donde se rueda la programación de las novelas, los comerciales, las promociones, las películas, las series, etc. que se transmiten en el día.

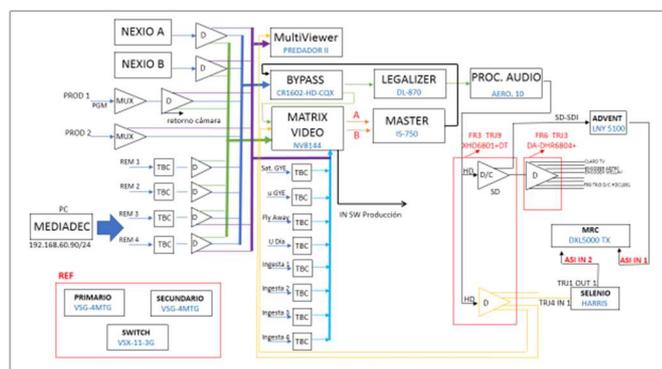


Figura 3.4: Diagrama de bloques del control master.

El recorrido de la señal del master comienza en las editoras de programación donde se dividen en bloques las novelas, series, películas y se mandan a un servidor de contenido en este caso se llama Nexio, este servidor está conectado a un distribuidor de video donde se divide la señal a diferentes equipos los cuales son:

- Multiview que es para monitoreo.
- Servidor de la matriz de video en HD.
- La botonera de ByPass para control del master.

¹³ ARCOTEL. (03 de septiembre de 2015). Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec:>

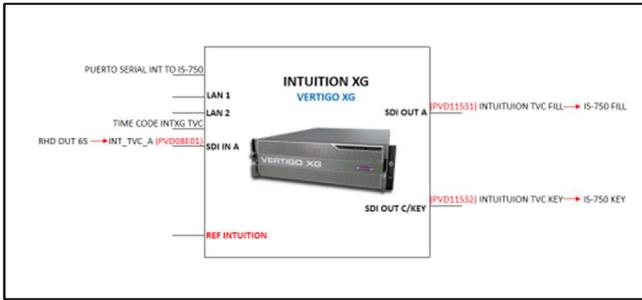


Figura 3.5: Diagrama de entradas y salidas del servidor Intuition.

La Figura 3.5 muestra al servidor Intuition del Master, es el equipo que permite agregar a la señal de video las sobreimposiciones, clasificaciones, el reloj y el logo que aparece cada cierto tiempo en la programación del canal como se muestra en la Figura 3.6; las sobreimposiciones son imágenes que se imponen a la señal de video como por ejemplo un mensaje para el público; las clasificaciones son el tipo de programa que está apareciendo ese momento como por ejemplo: apto para todo público; el reloj que es la hora del día y por último el logo del canal que aparece en la parte derecha superior de la pantalla como se observa en la Figura 3.7.



Figura 3.6: Imagen de programación con sobreimposiciones.



Figura 3.7: Programación del canal con Logo.

La señal del ByPass de la botonera auxiliar pasa al Legalizador de video, es el equipo que nivela los valores CRC, los monitorea y recalcula para garantizar valores de salida adecuados, el estándar para video es 1080 – 60i.

Esta señal pasa al procesador de audio como se puede observar en la Figura 3.8, que es el equipo que nivela los valores de audio impidiendo que el audio se sature o se baje su nivel, el nivel estándar de audio es -20 LKFS.

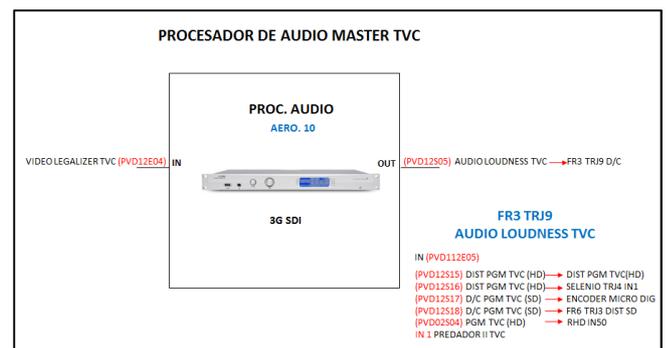


Figura 3.8: Diagrama en bloque del procesador de audio.

Toda la señal es embebida que quiere decir audio y video por el mismo canal y en formato HD que quiere decir alta definición (High Definition)¹⁴.

Por último, la señal se pasa por un equipo llamado Selenio que permite convertir a los parámetros en HD necesarios para su transmisión desde la microonda. El equipo Selenio realiza la conversión de parámetros para TDT que significa Televisión Digital Terrestre, el parámetro de video debe estar en ASI y el de audio en AACL2.

Una vez lista la señal con los parámetros de audio y video para HD se envía a la microonda de transmisión que es un equipo MRC DXL5000, en la estación terrena.

IV. IMPLEMENTACIÓN

Transmisión de la señal al aire

La transmisión de la señal al aire, se la realiza en el Cerro Pichincha, donde se encuentran los equipos encargados de tomar la señal embebida en video y audio para que los receptores de televisión digital capten la señal, como se puede observar en la Figura 3.9.

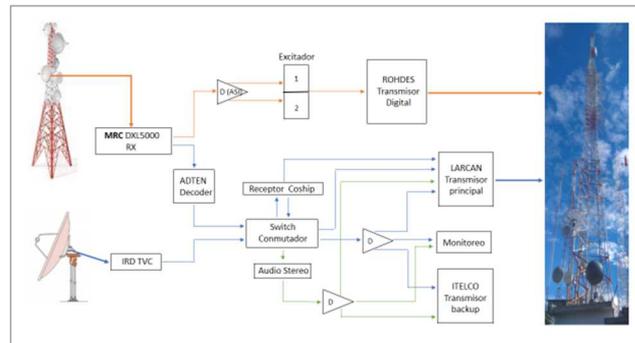


Figura 3.9: Diagrama de bloques de la recepción de la señal.

La transmisión empieza mediante un enlace de microonda en el Cerro Pichincha con el receptor MRC DXL5000 como se muestra en la Figura 3.10 que se tiene en la caseta, este receptor posee dos salidas: la una para la señal digital y la otra para la señal analógica, pero esta señal no se necesita para la investigación.



Figura 3.10: Receptor digital de la señal de televisión en el cerro Pichincha.



Figura 3.11: Imagen del excitador que se encuentra en el cerro Pichincha.

La salida que se va a utilizar para la transmisión digital se la envía a un distribuidor, que permite tener dos salidas a los excitadores en redundancia indicado en la Figura 3.11 que posee

¹⁴ ARCOTEL. (03 de septiembre de 2015). Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec>:

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

el transmisor ROHDES, esta señal pasa por un filtro para atenuar las ondas de los armónicos como se puede ver en las Figuras 3.12 y 3.13, y llegar a tener una señal limpia la cual se enviará a las antenas, llegando la señal a los ciudadanos mediante ondas de radiofrecuencia que captan los dispositivos para televisión digital.

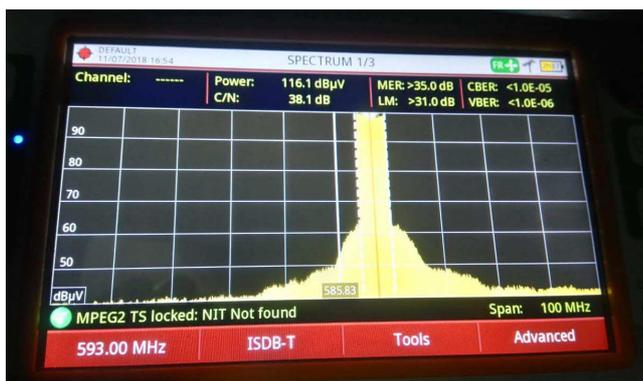


Figura 3.12: Señal digital en el transmisor antes del filtro.



Figura 3.13: Señal digital en el transmisor después del filtro.

La demodulación de la señal digital como se muestra en la Figura 3.14, va a depender de la manera que se desee sintonizar la señal y del aparato que tenga el ciudadano, existen varias opciones como las siguientes:

- La primera opción es si el televisor es analógico, pero se puede poner un aparato externo para que pueda sintonizar la señal digital.
- La segunda opción es que el televisor sintonice la señal digital directamente del aire.
- La tercera opción es si posee un receptor móvil como del automóvil.
- La cuarta opción es si se desea sintonizar con dispositivos portátiles como el celular o un watchman.

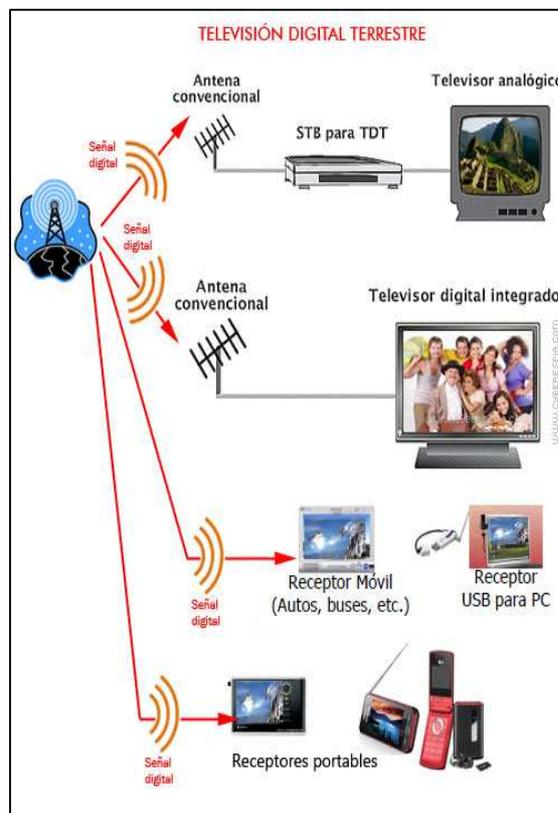


Figura 3.14: Esquema de la recepción de la señal digital.¹⁵

¹⁵ CreativeCommons. (2011). Opiniones de Televisión digital terrestre. Obtenido de DatuOpinion.com : <http://www.datuopinion.com/television-digital-terrestre>

Procesamiento de la información

Los datos que se tiene son los valores de las mediciones del error de modulación en la transmisión digital de la señal y en la demodulación de la recepción de la señal del aire, os cuales ayudara a chequear la calidad de la señal que se está transmitiendo a los ciudadanos.

Estos datos se obtienen de las mediciones en dos puntos específicos los cuales son: antes de transmisor en la estación terrena y al receptor la señal y demodular mediante una antena dipolo o casera.

El primer punto de medición del error de modulación se lo realiza antes del transmisor digital que se encuentra en el Cerro Pichincha, como se puede ver en la Figura 3.15, que es el equipo que convierte la señal de video en ASI y la señal de audio en AAC, parámetros necesarios para la señal digital, antes de que ingrese al transmisor digital.

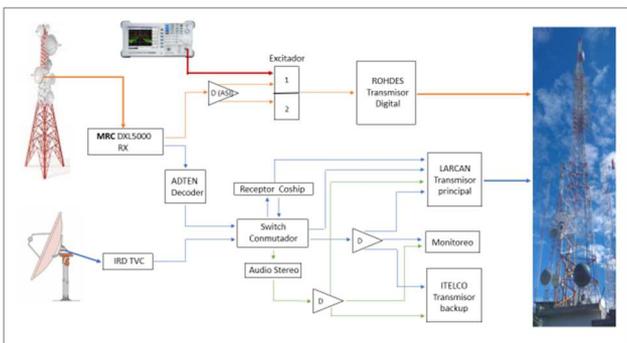


Figura 3.15: Primer punto de medición del error de modulación.

En la Figura 3.16, se puede observar la toma de mediciones mediante un analizador de espectros que mida señales terrestres y poniendo la frecuencia del canal digital que está en el rango 591MHz a 595MHz, una vez que se engancha la señal se pueden ver varios valores, pero el que se necesita es el MER y está en un valor de 35dB que es óptimo para la transmisión de la señal al aire.



Figura 3.16: Imagen de la toma de mediciones del transmisor.

Los datos realizados del MER en el transmisor se los realizo por 50 días consecutivos como se puede observar en la Tabla 3.1, los datos que se obtuvieron son antes del filtro y después del filtro del transmisor, se obtuvo el valor promedio de 34.921dB mediante la fórmula 1, si la respuesta se redondea queda en 35dB, estando en un rango óptimo de transmisión teniendo un valor estable de MER, como se puede observar en la figura 3.16.

$$M(x) = \frac{\sum_i X_i * n_i}{N}$$

Fórmula 3.1: Fórmula del promedio o la media aritmética.¹⁶

$$M(x) = \frac{1746.1 \text{ dB}}{50} = 34.921 \text{ dB} = 35 \text{ dB}$$

¹⁶ Universo fórmulas. (2017). Obtenido de Universo fórmulas:

<http://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/media/>

Los datos realizados en el transmisor son los siguientes:

Nro.	Mediciones	
	Antes filtro	Después filtro
1	34.7	34.7
2	34.9	34.9
3	35.0	35.0
4	35.0	35.0
5	35.0	35.0
6	34.9	34.9
7	34.9	34.9
8	34.9	34.9
9	34.9	35.0
10	34.7	34.7
11	34.7	34.7
12	34.7	34.9
13	34.9	34.9
14	34.9	34.9
15	34.9	35.0
16	35.0	35.0
17	35.0	35.0
18	35.0	35.0
19	35.0	35.0
20	35.0	34.9
21	34.9	35.0
22	34.9	35.0
23	35.0	34.9
24	34.9	34.9
25	34.9	35.0
26	35.0	35.0
27	35.0	35.0
28	35.0	35.0
29	35.0	34.9
30	34.9	34.9
31	34.9	34.9
32	34.9	34.7
33	34.7	34.7
34	34.7	34.9
35	34.9	34.9
36	34.9	35.0
37	35.0	35.0
38	35.0	35.0
39	35.0	35.0

40	35.0	35.0
41	35.0	34.9
42	34.9	34.9
43	34.9	34.7
44	34.7	34.9
45	34.9	34.9
46	34.9	35.0
47	35.0	35.0
48	35.0	35.0
49	35.0	35.0
50	35.0	35.0

Tabla 3.1: Datos medición del MER en el transmisor de microonda.

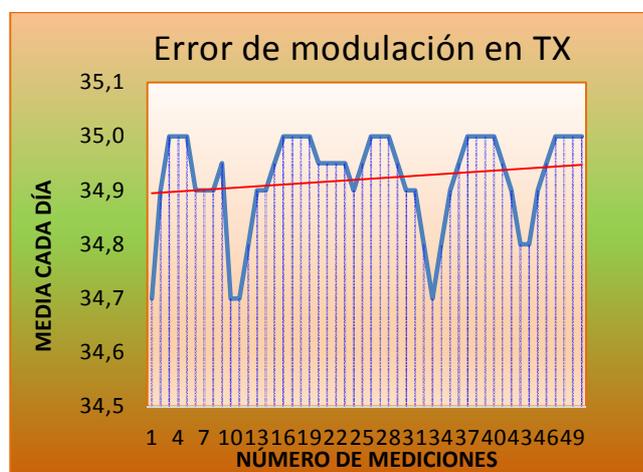


Figura 3.17: Histograma de las medias del MER en el transmisor.

El segundo punto de medición del error de modulación se lo realiza en la recepción la señal digital como se puede ver en la Figura 3.17, esto es mediante una antena digital o cualquier antena casera para obtener los valores de MER que deben estar por encima de 23dB en la antena y por encima de 21dB en las tomas, el valor óptimo es de 40dB.



Figura 3.18: Segundo punto de medición del error de modulación.



Figura 3.19: Imagen de la toma de mediciones en el canal Televisión.

Los datos realizados de la demodulación de la señal se lo realizó en dos sitios de la ciudad, los cuales son: el canal Televisión y una residencia.

- Canal Televisión

Oficina del Canal Televisión		
Fecha	Nro.	Mediciones del MER
25/05/2018	1	33.0
	2	33.4
	3	33.7
	4	34.0
01/06/2018	1	31.6
	2	32.8
	3	33.0
	4	33.4
08/06/2018	1	32.6
	2	32.8
	3	33.0
	4	33.4

Tabla 3.2: Datos medición del MER en el canal Televisión.

En la Figura 3.19 se observa la obtención de las mediciones de la recepción de la señal con una antena digital, en los datos de la Tabla 3.2 se puede observar que el valor varía en un rango de 0.02dB y 0.03dB, pero siempre se encuentra sobre los 23dB en el valor de MER, para obtener una calidad óptima en audio y video.



Figura 3.20: Mediciones del MER canal Televisión.

- Residencia en Quito

Residencia		
Fecha	Nro.	Mediciones del MER
28/05/2018	1	29.0
	2	29.2
	3	29.5
	4	30.0
04/06/2018	1	31.7
	2	31.9
	3	32.0
	4	32.3
11/06/2018	1	30.0
	2	31.3
	3	31.5
	4	31.7

Tabla 3.3: Datos medición del MER en una residencia.

En la Figura 3.21 se observa la obtención de las mediciones de la recepción de la señal con una antena casera en una residencia en la ciudad de Quito, de dichas mediciones de la Tabla 3.3 se puede observar que los valores están entre 29dB a 31dB en la recepción, siendo un valor óptimo de calidad, estos valores también se encuentran sobre los 23dB en el valor de MER.



Figura 3.21: Imagen de la toma de mediciones en una residencia.

Las mediciones se las realizó mediante una antena digital como se puede ver en la Figura 3.22 y una antena casera en este caso una Yagi como se puede ver en la Figura 3.23, los valores del MER obtenidos en el campo varían entre 29dB y 33 dB, este valor es mayor a los 23dB que se debe superar en la medición de la antena, para tener una buena recepción de la señal y una calidad óptima en audio y video.



Figura 3.22: Mediciones del MER con una antena digital.



Figura 3.23: Mediciones del MER con una antena casera.

En todas las mediciones del MER de la señal digital que se realizó tanto en la transmisión como en la recepción, se obtuvo un diagrama de constelación con todos los puntos centrados en los cuatro cuadrantes dando como evidencia que la señal es óptima y no posee ningún tipo de error como se puede observar en la Figura 3.24.



Figura 3.24: Diagrama de constelación de la señal digital.

V. ANALISIS DE RESULTADOS

Generación de la señal

El canal Televisión posee el estándar ISDB-T Internacional para la televisión digital terrestre que se implementará en los siguientes años de acuerdo a la Norma Técnica para el servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre de la resolución ARCOTEL-2015-0301. La generación de la señal del canal posee el formato de alta definición en 1080i con relación de aspecto 16:9.

Transmisión de la señal

Los datos realizados del MER en el transmisor se los realizó por 50 días consecutivos, los datos que se obtuvieron son antes del filtro y después del filtro del transmisor, se obtuvo el valor promedio de 34.921dB, redondeando queda en 35dB, estando en un rango óptimo de transmisión teniendo un valor estable de MER.

Recepción de la señal

Las mediciones de la recepción de la señal con una antena digital, se puede observar que el valor varía en un rango de 0.02dB y 0.03dB, pero

siempre se encuentra sobre los 23dB en el valor de MER, para obtener una calidad óptima en audio y video.

Las mediciones de la recepción de la señal con una antena casera en una residencia en la ciudad de Quito, se puede observar que los valores están entre 29dB a 31dB en la recepción, siendo un valor óptimo de calidad, estos valores también se encuentran sobre los 23dB en el valor de MER.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El canal de televisión Televisión posee toda la infraestructura y los equipos necesarios para la generación de la señal digital sea en vivo o la programación grabada del día a día, también posee un transmisor digital para la transmisión de la señal al aire y está ya se puede recibir en los dispositivos digitales.

Los dos puntos de evaluación de la tasa de error de modulación que se obtuvieron de los resultados del análisis de la generación de la señal fueron: en el transmisor digital y en la recepción al demodular la señal digital. Estas mediciones ayudan a determinar la ganancia de la antena que se usa para la recepción de la señal digital.

La tasa de error de modulación es el parámetro que cuantifica los errores de una constelación digital, este factor facilita valorar si una señal digital es buena. El cálculo de este factor en transmisión, lleva implícita la

demodulación de la señal para la evaluación. En recepción, este parámetro se determina tras la demodulación propia de la recepción de los datos. En ambos casos, es necesario el uso de la constelación de transmisión normalizada como referencia.

Al evaluar la calidad de la señal digital mediante la tasa de error de modulación en el transmisor se obtuvo un valor promedio de 35dB y en la recepción se obtuvieron valores entre 29dB a 33dB mediante dos tipos de antenas una YAGI y otra digital, respecto a los valores que se debe superar como mínimo 23dB llegando a un valor óptimo de 40dB.

En un futuro se desearía realizar el estudio de la generación e implementación de los beneficios de la televisión digital terrestre como es la interactividad con el usuario, con que equipos se realizaría el envío de la señal y que tipo de señal debería ser para dicho servicio.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es el resultado del esfuerzo de varios meses de capacitación en las diferentes materias que se recibieron en el postgrado, por este motivo agradezco a mis profesores, quienes han puesto a prueba mis capacidades y conocimientos a lo largo de este tiempo, el cual ha finalizado llenando todas mis expectativas.

REFERENCIAS

I. Referencias

- Alulema, D. (Agosto de 2012). *La televisión digital terrestre en el Ecuador es interactiva*. Obtenido de Eidos: <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/89/83>
- ARCOTEL. (03 de septiembre de 2015). *Norma Técnica de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec>: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/norma-television-digital-terrestre.pdf>
- CreativeCommons. (2011). *Opiniones de Televisión digital terrestre*. Obtenido de DatuOpinion.com : <http://www.datuopinion.com/television-digital-terrestre>
- González Morales, A., Gallardo López, T., & Del Pozo Sánchez, F. (2016). *Metodología de la Investigación*. Quito: Jurídica del Ecuador.
- Hernández, P., & Poltoski, G. (2003). *¿ Ser digital? El dilema de la televisión digital terrestre en América Latina*. Obtenido de https://cedoc.infod.edu.ar/upload/Glenn_Polstolski.pdf
- M, J. (09 de 02 de 2013). Obtenido de Medir la señal DVB-T / Analizador Transport Stream (DVB-T): <http://tdtdvb-t.blogspot.com/>
- Oliveros, H., & Ferrari, H. (2012). *Televisión Digital Terrestre - Norma ISDB-Tb*. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar>: http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal_frvn/CyTAL_2012/TF/TF013.pdf
- Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb. En *Sistema ISDB-Tb* (págs. 4-30). Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones (CLADE-IT).
- Telecomunicaciones, M. d. (05 de Mayo de 2018). *Ministerio de Telecomunicaciones*. Obtenido

de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/contexto-internacional/>

Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. En W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (págs. 5, 6). Mexico: Pearson Educación .

Universo fórmulas. (2017). Obtenido de Universo fórmulas:
<http://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/media/>

Vásquez, X. S. (2015). *Medición de parámetros de calidad de las señales de televisión digital terrestre (tdt) en sitios identificados como zonas de sombra dentro del distrito metropolitano de quito*. Obtenido de Revista Politécnica:
https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/363