

**IMPLEMENTACIÓN DE UN CANAL DE TELEVISIÓN EN EL TECNOPARQUE-
SENA PARA LA GENERACIÓN DE CURSOS, PRÁCTICAS O LABORATORIOS
DE TELEVISIÓN DIGITAL BAJO EL ESTÁNDAR DVB-T**

**CAMILA ALEJANDRA PLAZAS OVIEDO
SANTIAGO MATEO GUERRERO ROMERO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ, D.C.
2021**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN CANAL DE TELEVISIÓN EN EL TECNOPARQUE-
SENA PARA LA GENERACIÓN DE CURSOS, PRÁCTICAS O LABORATORIOS
DE TELEVISIÓN DIGITAL BAJO EL ESTÁNDAR DVB-T**

**CAMILA ALEJANDRA PLAZAS OVIEDO
SANTIAGO MATEO GUERRERO ROMERO**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**DIRECTOR:
M.C. Gianina Garrido Silva**

**CODIRECTOR:
M.C. Oscar Mauricio Gelvez Lizarazo**

ASESORES EXPERTOS:

**Ing. Marco Antonio Vega Torres
Eugenio Moreno Ruiz**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ, D.C.
2021**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres que estuvieron presentes en toda mi formación como ingeniero, apoyando y dando consejos sobre mi carrera y vida personal.

Santiago Mateo Guerrero Romero.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido cumplir hoy un sueño más.

Camila Alejandra Plazas Oviedo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a los profesores Oscar Mauricio Gelvez y Marco Antonio Vega por su orientación y apoyo a lo largo de la realización de este proyecto como también a Eugenio Moreno por su ayuda incondicional en el Tecno-parque.

Camila Alejandra Plazas Oviedo.

AGRADECIMIENTOS

Me permito agradecer a todos los compañeros de la universidad con los cuales me forme no únicamente como ingeniero sino como persona, agradecimiento especial al profesor Oscar Mauricio Gelvez por la dedicación y apoyo a hora de desarrollar el presente documento, por último, el agradecimiento más grande a mis padres que con su esfuerzo y apoyo incondicional logre sacar adelante la carrera.

Santiago Mateo Guerrero Romero

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
PROBLEMA.....	13
JUSTIFICACIÓN.....	14
OBJETIVOS	15
ANTECEDENTES.....	16
1. TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	20
1.1 Redes	21
1.2 Especificaciones técnicas	22
2 DIGITAL VIDEO BROADCASTING	26
2.1 Digital Video Broadcasting (DVB)	26
2.2 Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T)	26
3 RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS PARA TDT BAJO DVB-T.....	30
3.1 Reconocimiento de Servidores:	30
3.2 Reconocimiento Equipos de Emisión y Medición:	31
3.3 Evaluación funcionamiento EPG:.....	33
3.4 Evaluación y prueba equipos para visualización	34
4 PARÁMETROS DE CALIDAD.....	38
4.1 Configuración de equipos para medición.	38
4.1.1 Configuración ETL.....	38
4.1.2 Configuración SFE	39
4.2 Medición del espectro	39
4.3 Medición del Diagrama de constelación.....	41
4.4 MER (f)	44
4.5 Medición del Patrón de Eco	46
4.6 Medición del Offset de Frecuencia SFN.....	48
4.7 Tabla de Medidas Cualitativas de Señal	50
5 GUÍAS DE LABORATORIOS PARA EDUCACIÓN.	53
5.1 Guía Creación de EPG Básica.....	54
5.2 Guía Caracterización de Señal	54

5.3	Resultados Evaluación de Guías	55
6	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	65
7	BIBLIOGRAFÍA	68

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Distribución de funciones servicio público de televisión.	18
Figura 2. Diagrama sistema TDT en formato DVB-T.....	21
Figura 3. Adiciones al estándar DVB-T realizadas por el estándar DVB-H	28
Figura 4. Asignación de espectro IMT en la república de Colombia.....	29
Figura 5. Diagrama Emisión Recepción empleando servidores.	30
Figura 6. R&S SFE Broadcast Tester.	31
Figura 7. R&S ETL TV Analyzer.	32
Figura 8. Antena emisora.....	32
Figura 9. Conexión Emisión / Analizador	33
Figura 10. Conexión para programación de contenido del TmBroadcast.	34
Figura 11. Interconexión entre los equipos para visualización.	34
Figura 12. Conexión Decodificador televisión.	35
Figura 13. Cable de video SCART.....	35
Figura 14. Antena indoor	36
Figura 15. Diagrama Final.	36
Figura 16. Configuración ETL.	39
Figura 17. Medición del Espectro a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.....	40
Figura 18. Razón de error de modulación para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.....	42
Figura 19. Configuración de los tipos de modulación.....	44
Figura 20. La razón de error de modulación QAM para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.....	45
Figura 21. Medición patrón de Eco para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.....	47
Figura 22. Medición offset de frecuencia SFN.	49
Figura 23. Tabla Cualitativas de la Señal para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.....	51

GLOSARIO

ACIEM: Asociación Colombiana de Ingenieros.

ANE: Agencia Nacional del Espectro, entidad que se encarga de planear estratégicamente el uso del espectro radioeléctrico, así como su vigilancia y control en todo el territorio nacional colombiano.

Banda UHF: *Ultra High Frequency*, Banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

CNTV: Comisión Nacional de Televisión.

DVB: Digital Video Broadcasting, organización que promueve estándares de televisión digital.

DVB-T: Es el estándar utilizado para la transmisión de televisión digital terrestre (TDT) creado por la organización Europea Digital Video Broadcasting (DVB).

DVB-T2: segunda versión del estándar DVB-T.

EPG: *Electronic Program Guide*, te permite la visualización de contenido informativo correspondiente a cada canal y programa.

ETL: *R&S®ETL TV Analyzer*, Es una solución todo en uno, la cual combina la funcionalidad de analizador de señales tanto para TV como para radio FM, analizador de video y MPEG, adicional a su funcionalidad de analizador de espectro todo en un único instrumento [1].

MER: *Modulation Error Rate*, factor que informa la exactitud de una constelación digital. Esta es una herramienta cuantitativa que permite valorar cómo es de buena una señal modulada digital.

MINTIC: El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, entidad que se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

MPEG: *Motion Picture Experts Group*.

RTVC: Radio Televisión Nacional de Colombia, entidad de radio y televisión pública de Colombia.

SDTV: *Standard Definition TV*, señal de televisión que no se puede considerar señal de alta definición (HDTV), ni señal de televisión de definición mejorada (EDTV).

SENA: El Servicio Nacional de Aprendizaje es una entidad Gubernamental de la República de Colombia la cual ofrece educación gratuita a millones de colombianos que se benefician con programas técnicos, tecnológicos y complementarios.

SFE: *R&S® SFE broadcast tester*, Es una solución compacta para la radiodifusión de la mayoría de los estándares de televisión [2].

TDT: Televisión Digital Terrestre, señal de televisión radiodifundida mejorada tecnológicamente, que ofrece video en alta definición, multicanalidad y contenidos digitales adicionales.

TECNO-PARQUE: Entidad dirigida por el SENA, enfocada en desarrollo tecnológico, innovación y emprendimiento en Colombia.

RESUMEN

El presente documento registra la implementación de un canal de televisión digital con fines educativos, en el cual se podrán desarrollar cursos, prácticas o laboratorios. Este proyecto fue realizado en dos grandes etapas: Investigación y Desarrollo, en la etapa de Investigación, como su nombre lo indica, se realiza la respectiva recopilación de todos los documentos necesarios para la realización de este trabajo, como son los manuales del fabricante de cada uno de los equipos empleados, así como trabajos realizados en el Tecno-Parque; una vez conseguidos dichos documentos se procede a la asimilación de la información, adquiriendo conocimientos del funcionamiento tanto del laboratorio como de cada equipo por separado.

En la etapa de Desarrollo, se realiza la correcta interconexión con los equipos, seguido a esto se procede a realizar una Electronic Program Guide (EPG) en la cual se describe la información del canal de televisión y el programa que se está transmitiendo digital bajo el estándar DVB-T, el contenido de este es referente a la Universidad Santo Tomás. Esta EPG es realizada en el equipo tmBroadcast que tiene como función mostrar el respectivo horario de programación con lo cual se puede programar una emisión total de todos los contenidos presentes en el equipo, los cuales serán transmitidos por el SFE bajo la frecuencia 850MHz y ancho de banda de 8MHz. Para la recepción de la señal se debe contar con un decodificador que cumpla con el estándar DVB-T, el cual realiza la búsqueda del canal dependiendo de la frecuencia una vez encontrado se podrá ver el contenido de este en el televisor.

Finalmente se presentan guías de aprendizaje con las cuales los estudiantes de educación superior, tecnólogos e interesados, logran realizar prácticas de laboratorio con temas como la creación una EPG básica, emisión contenida desde el tmBroadcast o desde un archivo local directamente del SFE entre otros.

Adicionalmente, se presenta la medición de los parámetros de calidad tales como medición del espectro, medición y análisis de constelación, errores de modulación, MER, echo pattern y Medición de amplitud y Fase, de los equipos pertenecientes a las dos instituciones.

INTRODUCCIÓN

La televisión digital terrestre o TDT corresponde a la evolución de la televisión analógica, la cual surge como respuesta a la búsqueda de un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, una mayor robustez y calidad de la señal, un mejor aspecto de pantalla, posibilitar un consumo asincrónico a través del almacenado de programas en discos duros de decodificadores entre otros. [3]

En Colombia, a partir de la implementación de la TDT, inicia un proceso de selección en el cual se toma la decisión de utilizar en el país el sistema europeo DVB-T. Esta decisión de instaurar la televisión digital terrestre da lugar al proceso del apagón analógico (término que refiere a la eliminación del servicio de televisión analógica). Se pretende que para el año 2022 se suspenda definitivamente ese servicio [4]; adicional a lo anterior, La Comisión Nacional de Televisión aprobó la ejecución del proyecto “PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRENAL EN COLOMBIA” en el cual se toma la decisión de regirse bajo el estándar DVB-T2.

Durante el proceso para determinar el estándar que regirá en Colombia la Universidad Santo Tomás y el SENA que ha implementado el Tecno-Parque como una red para la promoción del desarrollo tecnológico e innovación a nivel nacional, toman la decisión de adquirir los equipos necesarios para el estudio de las señales bajo el estándar DVB-T, razón por la cual surge la necesidad de emplear estos equipos en tecnología de transición como herramienta de aprendizaje.

A lo largo del documento se evaluará el correcto funcionamiento de los equipos que se consideraban en desuso respecto al DVB-T2, se elaboran esquemáticos de las interconexiones realizables en el laboratorio de televisión digital del Tecno-Parque, se presenta a su vez un comparativo entre los equipos de las dos instituciones, en donde se recalca la importancia de la calibración con que cuenta la Universidad Santo Tomás, se crean las guías de aprendizaje inexistentes, con el fin de dar un adecuado uso a los equipos y permitir que tanto estudiantes de educación superior como técnicos y personas interesadas estén en la posibilidad de realizar prácticas, talleres o trabajos dentro de las instalaciones del Tecno-parque, finalmente se complementara el estudio con dos prácticas de laboratorio en las cuales se abordan los temas de caracterización de señales y creación de EPG (*Electronic Program Guide*); por último, se presentan los resultados de evaluación de desempeño de las prácticas de laboratorio mediante una encuesta a los estudiantes de pregrado y docentes.

PROBLEMA

El SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) es una de las entidades educativas más representativas en Colombia y con la mayor cobertura a nivel nacional, ha implementado el Tecno-parque, el cual cuenta con sedes a lo largo de Colombia en ciudades principales como: Bogotá, Bucaramanga, Cali, La Guajira, La Granja, Manizales, Medellín, Neiva, Ocaña, Pereira, Pitalito, Rionegro, Tolima, Socorro, Valledupar y en Bogotá teniendo sedes en Cazucá y Chapinero, entre otras. [5]

Actualmente el SENA no cuenta con un laboratorio de televisión digital para prácticas o laboratorios en ninguna de sus sedes de Tecno-parque, cabe recalcar que la sede de Chapinero, base del presente estudio, posee los equipos necesarios para la implementación del canal de televisión bajo el estándar Europeo DVB-T, el cual no corresponde al estándar adoptado en Colombia para la difusión de televisión digital identificado como DVB-T2.

Para hacer el cambio o transición del estándar DVB-T al estándar DVB-T2, se requiere una inversión considerable en actualización de software y hardware. Ajustados a los equipos existentes en el Tecno-parque, la proyección apunta al aprovechamiento de los recursos, de tal forma que permitan desarrollar estrategias de aprendizaje.

La Universidad Santo Tomás posee algunos de estos equipos (R&S ETL-TV ANALYZER, R&S SFE- BROADCAST TESTER, Analizador de espectro), los cuales de igual manera están siendo subutilizados, pero mediante la presente estrategia, se podrán aprovechar para el enriquecimiento educativo, por medio de diferentes guías y prácticas de laboratorio.

Teniendo en cuenta cada uno de los puntos anteriores es pertinente formular la siguiente pregunta

¿Cómo se puede aprovechar la tecnología en transición como lo son los equipos bajo el estándar DVB-T, empleando nuestra formación como ingenieros de la Universidad Santo Tomás, para la elaboración de un espacio de aprendizaje en el cual se podrán realizar prácticas y cursos de televisión digital terrestre?

JUSTIFICACIÓN

Mediante el desarrollo de este proyecto, se logrará el aprovechamiento de los recursos, equipos y espacios con los que cuentan la Universidad Santo Tomás y el Tecno-parque.

Con la adecuación y reestructuración del laboratorio de televisión digital en el SENA los cuales se encuentran en el estándar DVB-T, se podrán desarrollar prácticas de laboratorio enfocadas para el aprendizaje en televisión digital terrestre.

La implementación de las guías permite proponer cursos para la educación superior, para la educación tecnológica y técnica, estas contarán con el contenido necesario para realizar la emisión local de un canal de televisión, así como los procedimientos y parámetros para caracterizar una señal, dando pie a la ejecución de prácticas de laboratorio específicas como la medición de calidad de señal.

La culminación de este proyecto dará cabida al uso integral de los equipos que posee la Universidad Santo Tomás, los cuales a pesar de que están completamente operativos y calibrados se encuentran subutilizados, su uso permitirá la comparación entre equipos con o sin calibración e integra los laboratorios del Tecno-parque para los estudiantes de la Universidad Santo Tomás.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un canal de televisión digital en el Tecno-parque para la generación de cursos, prácticas o laboratorios de televisión digital bajo estándar DVB-T para estudiantes de Ingeniería Electrónica y tecnólogos del SENA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Validar el funcionamiento de cada uno de los equipos (R&S ETL-TV ANALYZER, R&S SFE- BROADCAST TESTER y servidores) y realizar la comparación con los equipos pertenecientes a la Universidad SANTO TOMÁS los cuales están calibrados.
- ✓ Generar y probar experimentalmente la interconexión de los equipos bajo el estándar DVB-T, validando los parámetros de calidad entregados por el ETLTV ANALYZER los cuales incluyen MER (Modulation Error Rate), medición del espectro, intensidad de señal entre otros.
- ✓ Generar guías de usuario donde se detallen los procedimientos e interconexiones necesarias para la creación de cursos, prácticas o laboratorios.
- ✓ Validar la guía de usuario mediante pruebas con estudiantes de ingeniería de la Universidad Santo Tomás y/o aprendices del SENA evaluando la eficacia mediante una encuesta.

ANTECEDENTES

El laboratorio de TV digital terrestre perteneciente al Tecno-parque, se instaura durante el proceso de prueba para la selección del estándar de televisión digital. Este proceso inicia el 5 de Julio del año 2006, en donde La Comisión Nacional de Televisión realizó en Bogotá el primer foro de televisión digital, en el cual expertos de los estándares americano y europeo expusieron las ventajas y desventajas de cada estándar, foro que se apreció en televisión de alta definición HDTV (High Definition TV), con la colaboración del Consorcio de Canales Nacionales Privados-CCNP.

Para estas pruebas, la CNTV y junto con la colaboración del operador público nacional Radio Televisión Nacional de Colombia – RTVC donde se asignan las frecuencias 60 y 62 de la banda UHF para los estándares ATSC y DVB respectivamente, donde la RTVC contrató a ACIEM para realizar transmisiones en definición estándar SDTV (Standard Definition TV) y alta definición HDTV. [6]

A partir del inicio de las pruebas de TDT en Colombia en Julio de 2006, empresas fabricantes de equipos de los estándares americano y europeo realizaron demostraciones de televisión fija y móvil en diferentes eventos programados en el país como AndinaLink, Andicom, foros técnicos y foros de televisión digital programados por la CNTV, en noviembre del año 2007, el estándar japonés se unió a estas demostraciones. [6]

Para estas pruebas, la CNTV otorgó recursos para la adquisición de equipos de medición y recolección de datos para los estándares y se contó adicionalmente con la colaboración de la empresa Rhode & Schwarz quien suministró un equipo de medición para el estándar europeo, equipos con los que cuenta la Universidad Santo Tomás y el Tecno-parque del SENA [6].

A partir de lo anterior, se inician trabajos en las instalaciones del Tecno-parque y en otras instituciones de educación superior en el país donde se encuentran los siguientes proyectos realizados:

El primero *“Definición De Una Metodología Para El Estudio De La Coexistencia De Las Señales TDT Y LTE En Ambientes Transfronterizos Para La Banda De 614 A 698 MHz, Tomando Como Base El Caso Colombia-Brasil”*, es realizado por la universidad Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito donde se busca realizar una serie de simulaciones y mediciones de campo que permiten la determinación de cuál es la situación fronteriza actual en la Banda de 614 a 698 MHz entre Colombia y Brasil, así mismo presentando los ajustes indicados para que el modelo de propagación logre ser utilizado en los proyectos que surjan, de igual manera este proyecto también tiene como fin formular, proponer y acordar junto con la ANE un método para la realización de un estudio a las señales TDT y

LTE haciendo énfasis en la compatibilidad y convivencia en los ambientes fronterizos, este estudio podrá ser aplicado luego de lograr la solución de la problemática en la Banda mencionada anteriormente en Colombia-Brasil como también con los otros países fronterizos. [7]

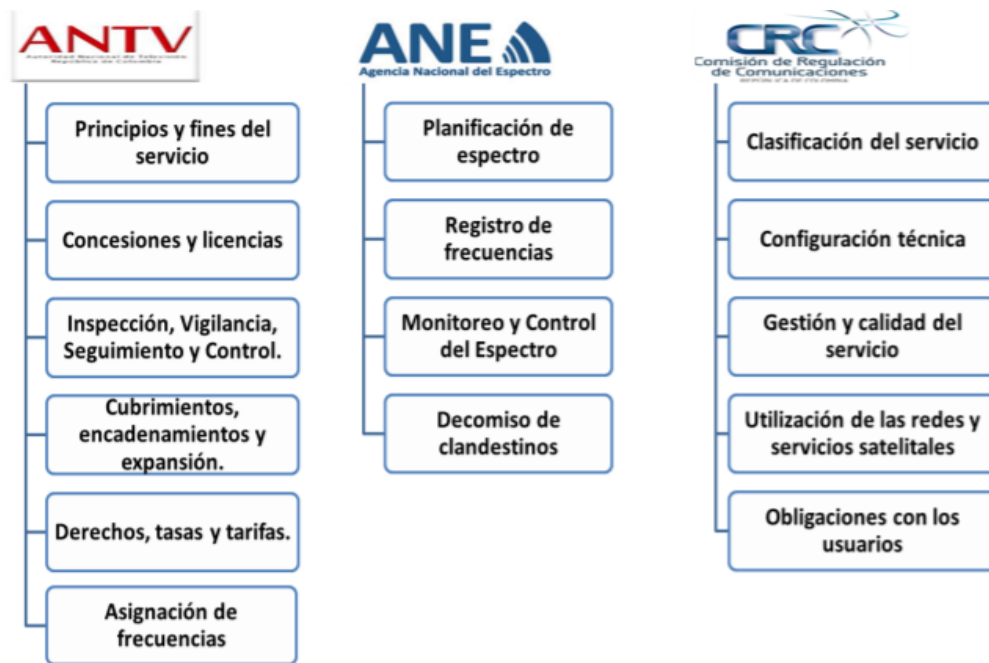
Por otro lado, se encontró el siguiente trabajo *“Guía Para El Desarrollo De Aplicaciones Interactivas En TDT Para Colombia”* por la Universidad Nacional De Colombia el cual describe condiciones para la implementación de interactividad en los programas de televisión digital terrestre (TDT) en Colombia, en este mismo trabajo se muestra la arquitectura de hardware y software, como también la determinación de elementos técnicos y tecnológicos necesarios para la producción y transmisión de aplicaciones interactivas en el estándar DVB-T2, realizando la aplicación de un piloto con la metodología propuesta conteniendo la descripción del proceso de producción, transmisión y recepción en aplicaciones interactivas TDT. [8]

Adicional a lo anterior, el documento Plan De Cobertura En Tecnología Digital por parte del Operador Público Nacional desarrollado por la ANTV (Autoridad Nacional de Televisión), se desarrolló para garantizar la cobertura nacional del servicio de televisión digital, en donde encontramos las normativas que rigen lo relacionado a la Televisión Digital Terrestre TDT las cuales son las siguientes:

- ✓ Acuerdo CNTV 008 de 2010 *“Por el cual se adopta para Colombia el estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T y se establecen las condiciones generales para su implementación”*.
- ✓ Acuerdo CNTV 004 de 2011 *“Por el cual se modifican los artículos 1 y 7 del Acuerdo 8 de 2010”*, el cual actualiza el estándar para TDT en Colombia de DVB-T a DVB-T2.
- ✓ Acuerdo CNTV 002 de 2012 – Reglamentación del servicio, mediante este Acuerdo se *“...establece y reglamenta la prestación del servicio público de televisión abierta radiodifundida digital terrestre TDT.”* [9]

Por otra parte, se cuenta con un esquemático de la distribución general de las funciones de cada institución frente al servicio público de televisión, el cual se muestra en la Figura 1.

Figura 1 Distribución de funciones servicio público de televisión.



Fuente: Agencia Nacional de Televisión, 2013

En la búsqueda de las bases de datos que provee la Universidad Santo Tomás se encontraron documentos cuyo tema principal es la elaboración de pruebas experimentales como son el monitoreo constante de un canal con el fin de determinar la calidad de emisión del mismo, así como las posibles soluciones al poder comparar los resultados con otros canales previamente medidos, información obtenida del siguiente artículo *“Real time, video quality monitoring application for digital television services”* el cual fue publicado el en 2017 durante el simposio número 23 IEEE del diseño y tecnología [10].

Otro documento encontrado *“Estimation on protection distance between analog TV and digital TV in adjacent channel at terrestrial television”* el cual mediante un sistema experimental de medida se determina el deterioro de la señal causado por la interferencia con un canal analógico, artículo que fue publicado en el congreso internacional de Ingeniería Eléctrica en el 2017 [11].

Para determinar la eficiencia es necesario realizar una adecuada validación de la calidad de la señal por ende se procede a indagar sobre proyectos referentes, encontrando así: *“Medición De La Calidad De La Señal De Los Canales De Televisión Pública En La Localidad De Ciudad Bolívar”* de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas en el cual se encamina al análisis de la calidad de la señal radiodifundida de televisión en la localidad de Ciudad Bolívar, para la

elaboración de tal análisis, se realizaron algunas mediciones en ambientes tanto indoor (Interior) como outdoor (Exterior) sobre la señal de transmisión de televisión en la banda de frecuencias desde los 57 MHz hasta los 857 MHz, se analizaron los valores de medida de las diferentes variables como son nivel de potencia de la señal, relación portadora a ruido, tasa de error de modulación y la tasa de error de bits [12].

En proyectos acerca de televisión digital y con enfoque fuera del país se encontraron unos proyectos titulados:

“Estudio Del Estándar Adoptado Para La Televisión Digital Terrestre En El Ecuador” Ubicado en el Ecuador en la Universidad Católica De Santiago De Guayaquil y elaborado en el año 2014, el cual consiste en la realización de investigaciones y comparaciones mediante pruebas, análisis técnicos, sociales y económicos de los diferentes estándares, como también su estructura, forma de transmisión que permitieron definir para Ecuador el estándar ISDBT, teniendo en cuenta los antecedentes, historia, ventajas, desventajas y características de la televisión. [13]

El siguiente proyecto acerca de televisión digital fue elaborado en Perú en la capital Lima en el año 2015 por la Universidad Ricardo Palma el cuál fue *“Estudio De Ingeniería Para Implementar El Servicio De Televisión Digital Terrestre En Las Zonas Periféricas De La Ciudad De Lima”*, que tiene como finalidad “realizar un estudio que permita dimensionar una red de frecuencia única que utilice alternativamente sólo un transmisor principal y luego transmisores sincronizados de baja potencia (gap fillers) o un sistema basado en transmisor ISO frecuencia de mediana potencia.” [14]

Finalmente, el repaso histórico tanto nacional como internacional presentado, permite exponer el constante desarrollo, investigación y puesta en marcha de estándares de comunicación para televisión digital; sin embargo, no se presenta una estructura de carácter educativo involucrando instituciones de educación técnica, tecnológica y superior que articule los sectores público y privado. El presente proyecto busca no solo dar cumplimiento a la implementación de sistemas de comunicación para la televisión digital si no que apuesta por trabajos colaborativos de instituciones reconocidas que incrementen el impacto en la formación de personal capacitado a partir de procesos de enseñanza-aprendizaje.

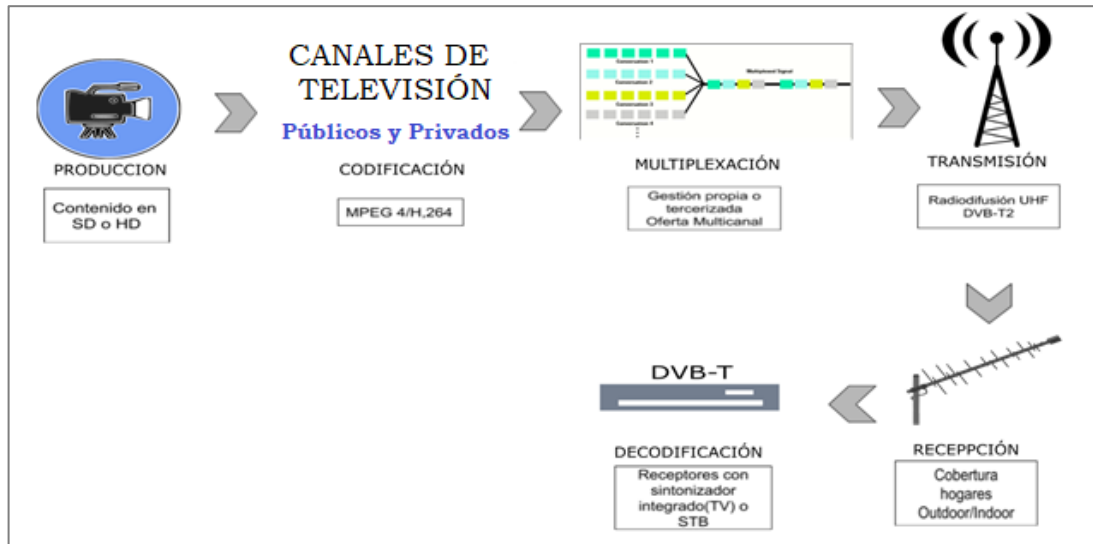
1. TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La TDT (Televisión Digital Terrestre), es la aplicación de tecnología digital a la señal de televisión, para luego ser radiodifundida a través de ondas hercianas terrestres u ondas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y estas a su vez son recibidas por medio de antenas UHF, ahorrando significativamente la utilización de un bien finito como el espectro electromagnético.

La TDT es la evolución de la Televisión Analógica Terrestre, esta nueva tecnología viene con mejoras y beneficios, entre ellos que es gratuita, cuenta con vídeo en alta definición, multicanalidad y contenidos digitales adicionales, se puede sintonizar en un televisor con sistemas TDT incorporados, una antena (UHF o interna) y un decodificador; sin embargo, para acceder a ella es importante tener en cuenta la cobertura empleada a lo largo del país ya sea en ciudades principales, municipios u otros lugares específicos del territorio nacional, la TDT permite el uso más eficiente del ancho de banda en el espectro para que de esta manera los operadores de televisión consigan incrementar el número de canales, dado que en un canal analógico se pueden transmitir cuatro o más canales TDT, adicional a esto la TDT permite la liberación del espectro para otros usos de telecomunicaciones [15], [16].

En Colombia desde el año 2008 según la página oficial de la TDT del país, se adoptó como política pública la migración a TDT, sustituyendo la televisión analógica Terrestre (implementada desde 1954), “la migración implica importantes esfuerzos en la adecuación de la red de transmisión a cargo de los concesionarios y operadores de la televisión abierta pública y privada; además, de una adecuación en los mecanismos receptores de la señal en los hogares colombianos” [17], considerando los diferentes elementos que componen el sistema TDT como se presenta en la figura 2.

Figura 2. Diagrama sistema TDT en formato DVB-T.



Fuente: Propia.

Respecto a los requerimientos técnicos de la televisión digital terrestre en Colombia, nos referimos al Acuerdo 02 de 2012 de la CNTV, en el cual se establecieron los criterios para planificación de frecuencias (Artículo 5), Configuración de cada Multiplex Digital (Artículo 6), Características Técnicas de las Señales Digitales (Artículo 7), Porcentaje de Gratuidad (Artículo 15), entre otros. De acuerdo a este se exponen las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia. [18]

1.1 Redes

Para julio de 2010 se le entrega a la CNTV una serie de recomendaciones de parámetros técnicos, para la regularización de la transmisión, recepción y coexistencia de redes, En marzo de 2012 la ACIEM que es el Cuerpo Técnico Consultivo del Gobierno Nacional, presenta una actualización de los parámetros técnicos, determinados al estándar DVB-T2. La Asociación presenta los parámetros globales, de transmisión, de receptores y decodificadores. Siendo los más representativos mencionados en la siguiente tabla: [19]

Tabla 1. Requerimientos Tecnicos DVB-T

Requerimientos minimos basados en DVB-T	
Error de cuadratura	Entre 9 dB hasta 13 dB
Intermodulaciones (Shoulder) antes de filtro de máscara	Deberán ser inferiores a -36 dB en $F_c \pm 3.2$ MHz
Filtro de Máscara (despues del filtro)	No debe atenuar más de 0.3 dB. Para ± 3.2 MHz, los umbrales son: máscara no crítica: -41.5 dB y máscara crítica: -51.5 dB
Medida de MER	\geq de 33 dB
Respuesta en Frecuencia vs Retardo de Grupo	Deberá ser inferior a 0.1 μ s pp
Nivel de Espúrias	Deberá ser menor que -60 dBc
Armónicas	Deberá ser menor que -80 dBc
Precisión de la Frecuencia	Deberá ser mejor que ± 100 Hz
Ruido de Fase	Deberá ser menor que -80 dB en 100 Hz
	Deberá ser menor que -85 dB en 1 KHz
	Deberá ser menor que -95 dB en 10 KHz
	Deberá ser menor que -110 dB en 100 KHz
	Deberá ser menor que -130 dB en 1000 KHz
Supresión de Portadora	Deberá ser mejor que 70 dB
Desbalanceo en Amplitud	Deberá ser menor que 0.3%
Error de Fase en la Constelación	Deberá ser menor que 0.5°
Entrada de señal de frecuencia externa para sincronización (GPS)	10 MHz y 1 pps
Eficiencia	Mínimo 20% (MER = 33 dB y Shoulder = 36 dB) incluyendo sistema de refrigeración

Fuente: Definición de las Especificaciones técnicas de la TDT en Colombia, 2012.

1.2 Especificaciones técnicas

Enfocándose en las especificaciones técnicas de los receptores (televisores y set top boxes o también conocidos como decodificadores), la Junta Directiva de la CNTV aprobó, mediante el ACTA número 1542 del 17 de septiembre de 2009 el documento “*Requerimientos Técnicos Mínimos de los Receptores de Televisión Digital Terrestre en Colombia*”, encontrando allí los requisitos mínimos establecidos

que garantizan la compatibilidad de los receptores con la señal radiodifundida de televisión digital DVB-T, dichos requisitos se encuentran a continuación: [19]

Televisores:

Según el documento de CRC “*Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia*” los requerimientos de técnicos de compatibilidad tanto obligatorios como opcionales establecidos para los televisores son:

Obligatorios:

- ✓ Sintonizador de televisión digital terrestre estándar DVB-T.
- ✓ Canalización en 6 MHz.
- ✓ Sistema de vídeo digital MPEG-4 (parte 10) / H.264.

Sintonizador de televisión analógica estándar NTSC-M.

- ✓ Bandas de operación (para sistema analógico y digital).
 - VHF: 54 - 72 MHz
76 - 88 MHz
174 - 216 MHz.
 - UHF: 470-806 MHz.
- ✓ Video: El equipo debe tener la capacidad de recibir las señales con las diferentes resoluciones emitidas por los operadores de televisión (incluida la resolución 1080i30fps 60 Hz) y desplegarlas con la resolución propia de la pantalla.
- ✓ Ajustables a la pantalla propia del televisor las relaciones de aspecto 4:3 y 16:9.
- ✓ Audio:
 - Capacidad de decodificar MPEG-1 y/o MPEG-2 Backward Compatible, layer I y II en los siguientes modos:
 - ISO/IEC 11172-3[9] single channel.
 - ISO/IEC 11172-3[9] joint stereo.
 - ISO/IEC 11172-3[9] stereo.
 - Capacidad de realizar Downmix a par estéreo de audio en formato AC-3 (ETSI TS 102 366).
- ✓ Soportar EPG (ETSI TR 101 211 y EN 300 468).
- ✓ Entrada RF con conector tipo F de 75 Ω.

- ✓ Función de Subtitulación (ETSI EN 300 743).
- ✓ Capacidad para actualizar el software del sistema OAD (On Air Download). DVB-SSU (ETSI TS 102 006).
- ✓ Alimentación 120 V a 60 Hz.

Opcionales:

- ✓ Common Interface (Acceso condicional).
- ✓ Decodificación de audio: Enhanced AC-3, MPEG-4 AAC, MPEG-4 HE-AAC.
- ✓ Pass-Through para el formato de audio AC-3.
- ✓ Interactividad MHP.

Set top boxes – STB (Decodificadores):

Según el documento de CRC *“Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia”* los requerimientos de técnicos de compatibilidad tanto obligatorios como opcionales establecidos para los decodificadores son:

Obligatorios:

- ✓ Sintonizador de televisión digital terrestre estándar DVB-T.
- ✓ Canalización en 6 MHz.
- ✓ Sistema de vídeo digital MPEG-4 (parte 10) / H.264.
- ✓ Bandas de operación
 - VHF: 54-72 MHz.
76-88 MHz.
174-216 MHz.
 - UHF: 470-806 MHz.
- ✓ Salida video: El equipo debe tener la capacidad de recibir las señales con las diferentes resoluciones emitidas por los operadores de televisión (incluida la resolución 1080i30fps 60 Hz) y entregar en sus salidas como mínimo una señal de vídeo de resolución 480i30fps 60 Hz.
- ✓ Capacidad de manejar señales radiodifundidas con relaciones de aspecto 4:3 y 16:9.
- ✓ Audio:
 - Capacidad de decodificar MPEG-1 y/o MPEG-2 Backward Compatible, layer I y II en los siguientes modos:
 - ISO/IEC 11172-3[9] single channel.
 - ISO/IEC 11172-3[9] joint stereo.
 - ISO/IEC 11172-3[9] stereo.

- Capacidad de realizar Downmix a par estéreo de audio en formato AC-3 (ETSI TS 102 366).
- ✓ Soportar Guía EPG (ETSI TR 101 211 y EN 300 468).
- ✓ Display o la función OSD (On Screen Display) para indicar el canal seleccionado.
- ✓ Búsqueda de canales automática.
- ✓ Entrada RF: conector tipo F de 75 Ω .
- ✓ Salidas:
 - Conector F de 75 Ω trasmodulada NTSC-M en CH 3 o 4.
 - RF Loop-Through.
 - Vídeo compuesto (CVBS).
- ✓ Función de Subtitulación (ETSI EN 300 743).
- ✓ Capacidad para actualizar el software del sistema OAD (On Air Download). DVB-SSU (ETSI TS 102 006).
- ✓ Alimentación 120 V a 60 Hz.

Opcionales:

- ✓ Salidas: Vídeo por componentes (YPbPr), HDMI, S-Video.
- ✓ Common Interface (Acceso condicional).
- ✓ Decodificación de audio: Enhanced AC-3, MPEG-4 AAC, MPEG-4 HE-AAC.
- ✓ Pass-Through para el formato de audio AC-3.
- ✓ Salidas de vídeo en resolución 720p60fps 60Hz, 1080i30fps 60Hz.
- ✓ Interactividad MHP.

2 DIGITAL VIDEO BROADCASTING

2.1 Digital Video Broadcasting (DVB)

El DVB (Digital Video Broadcasting) es una asociación de numerosas entidades y organismos entre los cuales encontramos la manufactura, operadores de red, broadcasters, entes reguladores, desarrolladores de software entre otras, estos con el fin de diseñar estándares para la transmisión de televisión digital y servicios de datos. [20]

DVB tiene desarrollados más de 50 estándares, los cuales están clasificados principalmente, en cuatro tipo: [19]

- ✓ DVB-S para redes satelitales
- ✓ DVB-C para redes de cable
- ✓ DVB-T para redes de radiodifusión terrestre
- ✓ DVB-H para equipos de usuario móviles

DVB fomenta el mercado encaminado a solucionar las necesidades y circunstancias económicas de la industria de transmisión de digital, partes interesadas y consumidores. Los estándar de DVB cubren todos los aspectos de la televisión digital desde la transmisión a través de la interconectividad y la interactividad de videos digitales, audio y datos. [20]

2.2 Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T)

El sistema DVB-T direcciona la transmisión de señal de televisión digital terrestre codificada en MPEG-2. Para una apropiada adaptación de las características de un canal analógico terrestre a un sistema digital codificado, dicha adaptación resulta en una transmisión flexible que usa modulación multiportadora comúnmente conocida como técnica OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), que a su vez combinada con codificación de corrección de errores forma la COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). [20]

Tabla 2. Interfaz básica del sistema.

Ubicación	Interfaz	Tipo de Interfaz	Conexión
Estación transmisora	Entrada	Flujo de Transporte Multiplexado MPEG-2	Desde el multiplexor MPEG-2
	Salida	Señal Radio Frecuencia	Aire
Estación Receptora	Entrada	Señal Radio Frecuencia	Aire
	Salida	Flujo de Transporte Multiplexado MPEG-2	Hacia el Demultiplexor MPEG-2

Fuente: Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia, 2012.

Para alcanzar la máxima eficiencia de espectro cuando se usan las bandas UHF, la técnica OFDM cuenta con 2 opciones en el número portadoras 2k (1705 portadoras) y 8k (6817 portadoras), 3 esquemas de modulación y diferentes intervalos de guarda, permiten la operación de pequeñas y grandes redes de frecuencia única SNF (Single Frequency Networks).

Tabla 3. Tamaños de los intervalos de guarda en DVB-T.

Proporción del intervalo útil	Tamaño del intervalo de guarda	
	8K	2K
1/4	224 μ s	56 μ s
1/8	112 μ s	28 μ s
1/16	56 μ s	14 μ s
1/32	28 μ s	7 μ s

Fuente: ETSI TR 101 190, 2011.

En cuanto a los requerimientos de ancho de banda, el espaciamiento de los canales es de 8 MHz, aunque es posible su escalamiento a 6 MHz y 7 MHz.

Para adaptarse a las diferentes tasas de transmisión y protección de errores, el sistema DVB-T cuenta con 5 relaciones de codificación (1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8), así como con tres esquemas de modulación no diferencial QPSK, 16 QAM y 64 QAM. Esto permite la transmisión simultánea de diferentes programas con diferente protección de error en áreas con cobertura. [20]

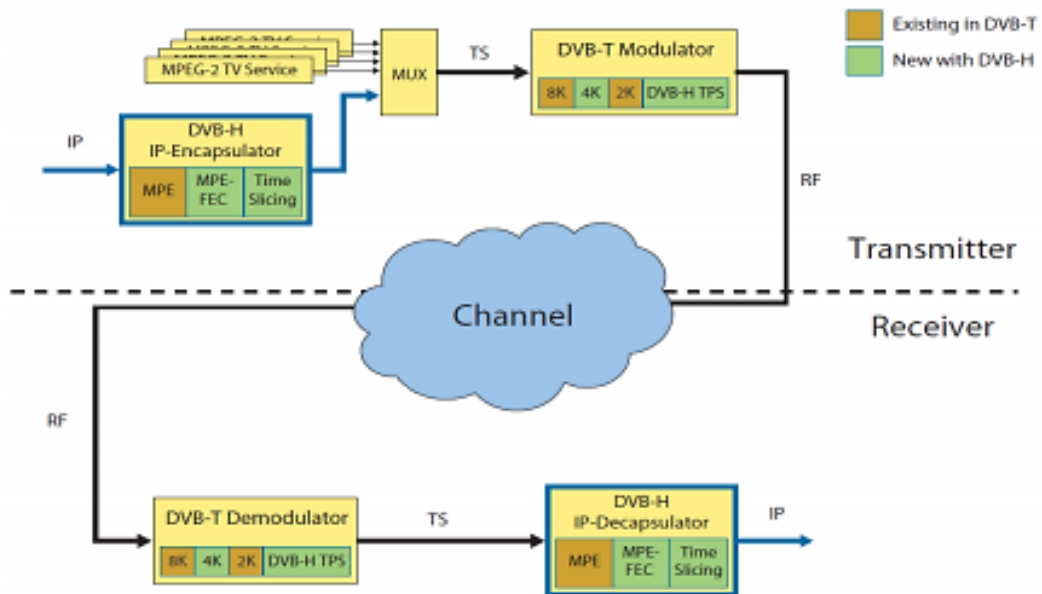
La relación de codificación de 1/2 tiene la mayor redundancia, pero la mayor seguridad de transmisión, este modo debe ser aplicado para canales fuertemente

perturbados, a diferencia de la relación de codificación 7/8 que tiene menos redundancia, pero el error de protección es débil, esta debe ser aplicada a canales con poca interferencia. [20]

El estándar utilizado para la codificación de las señales de video y audio es MPEG. Los países que se rigen bajo en estándar DVB cuentan con la posibilidad de escoger entre MPEG-2 y MPEG-4, dependiendo de criterios propios, siendo el MPEG-2 el más usado.

En cuanto a las extensiones del estándar DVB-T encontramos el DVB-H, el cual contiene la misma multiplexación que el DVB-T (ver figura 3), utiliza el mecanismo denominado MPE (encapsulación multiprotocolo), este mecanismo realiza la transmisión de protocolos de redes de datos sobre las capas superiores de los flujos de transporte MPEG-2. Dicho estándar contiene un modo de operación adicional a los ya establecidos para DVB-T y es el de la portadora 4K, esto permite aumentar la flexibilidad en el diseño de las redes, a su vez hace uso de la técnica time slicing por medio de la cual se obtienen ahorros de energía en las baterías de los receptores móviles [19].

Figura 3. Adiciones al estándar DVB-T realizadas por el estándar DVB-H



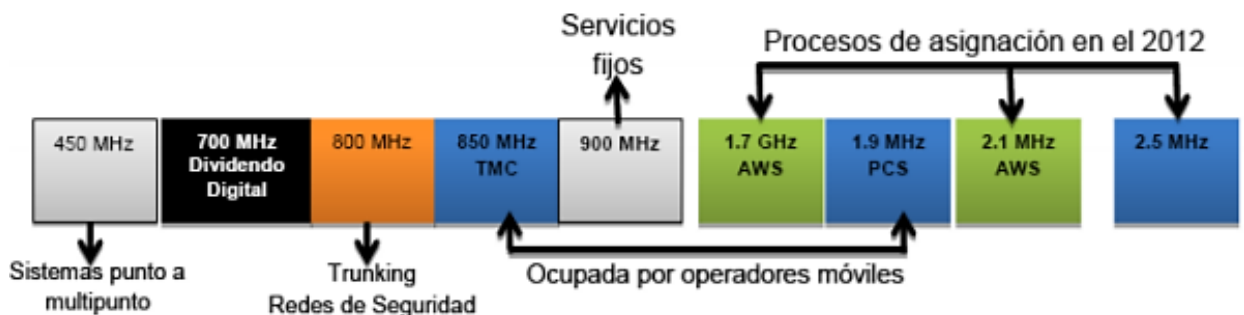
Fuente: Definición de las Especificaciones técnicas de la TDT en Colombia, 2012.

En cuanto a la situación en la de Colombia, se publicó el acuerdo CNTV 008, en este se adopta el estándar de televisión digital terrestre DVB-T, acuerdo encargado de garantizar la gratuidad del servicio, asignación de frecuencias en este caso 6 MHz para operación privada de los concesionarios de televisión nacional, también acuerda prohibición de cesión prohibición para ceder porciones del espectro asignado, de igual manera no se otorgan concesiones de televisión móvil y el sistema de codificación de video basado en la norma internacional de telecomunicaciones de la Recomendación UIT-T H.264 “Codificación de vídeo avanzada para servicios audiovisuales genéricos” equivalente a la Norma ISO/IEC 14496-10, comúnmente denominada H.264/MPEG-4 AVC”, entre otro aspectos generales de este acuerdo. [21]

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) identificó en la Región 2 es decir la región de las Américas la banda 698-806 MHz, que corresponde a los canales de ultra high frequency entre el 52 y 69, con un total de 108 MHz de espectro, para el uso en las IMT (Telecomunicaciones Móviles Internacionales).

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, asigna la banda 698 MHz a 806 MHz para la operación de servicios de radiocomunicaciones cuya finalidad sea la protección pública, las operaciones de socorro y la mitigación de desastres para salvaguarda de la vida humana, y para proveer redes y servicios de telecomunicaciones que utilicen IMT en cuanto a las señales de televisión se asigna la banda de 700 MHz como se ilustra en la figura 4 [19].

Figura 4. Asignación de espectro IMT en la república de Colombia.



Fuente: Definición de las Especificaciones técnicas de la TDT en Colombia, 2012.

3 RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS PARA TDT BAJO DVB-T.

El presente proyecto involucra los conceptos y requerimientos planteados en los primeros capítulos tanto para TDT como su interrelación con el estándar de comunicación DVB-T, a partir de lo cual se procede a evaluar y caracterizar el funcionamiento individual de los equipos encargados de la emisión y medición de señales, así como de los servidores pertenecientes en el Tecno-parque SENA.

3.1 Reconocimiento de Servidores:

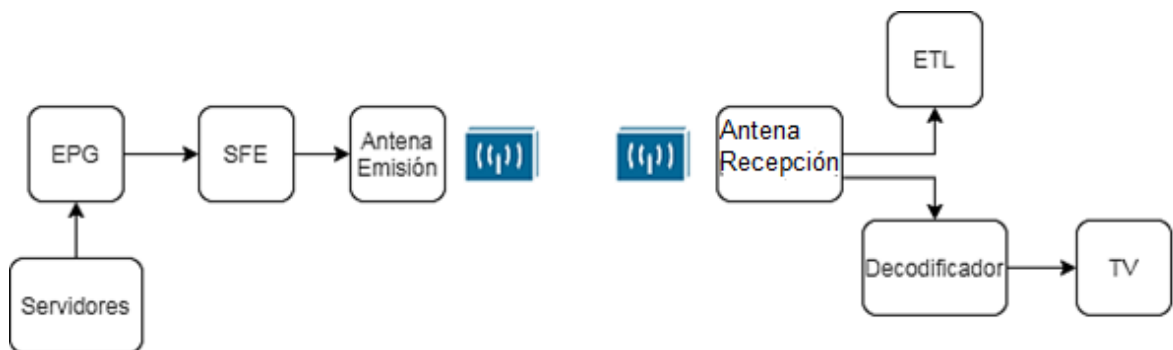
Tienen como función principal la adquisición y almacenamiento de los contenidos dentro del estándar DVB-T, para la validación de estos se utilizó la “*GUÍA PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES INTERACTIVAS EN TDT PARA COLOMBIA*” [8]

Las pruebas realizadas para corroborar el estado actual son:

1. Revisión de trabajos previos con los servidores (creación de aplicaciones DVB-T).
2. Comprobar encendido de los mismos.
3. Determinar estado del software.

La interconexión necesaria para incluir los servidores en el modelo del sistema de comunicación de televisión digital correspondiente se presenta en la figura 5.

Figura 5. Diagrama Emisión Recepción empleando servidores.



Fuente: Propia

Al finalizar el reconocimiento de funcionamiento de los servidores, se aprecia una alteración en el software de dichos equipos; adicional a lo anterior, en investigación con los fabricantes de dichos elementos, notifican la salida de circulación, limitando el proceso de restauración, razón por la cual, los servidores no se consideran en el sistema final implementado, cabe resaltar que la EPG en este caso no requiere de los servidores para su funcionamiento, dado que la información a ser transmitida puede ser almacenada en el TMBroadcast.

3.2 Reconocimiento Equipos de Emisión y Medición:

El Tecno-parque y la USTA cuentan con los equipos de emisión y medición necesarios, los cuales para el desarrollo de este proyecto se utilizan específicamente los siguientes:

R&S® SFE broadcast tester: Equipo encargado de la radiodifusión de la señal, permite la selección de los diferentes estándares de comunicación, además de determinar características del canal como el ancho de banda, frecuencia central, tipo de modulación entre otras (ver figura 6), este equipo se encuentra tanto en el Tecno-parque como en la USTA.

Figura 6. R&S SFE Broadcast Tester.



Fuente: https://www.rohde-schwarz.com/pk/manual/r-s-sfe-broadcast-tester-getting-started-manuals-gb7_78702-28468.html.

R&S®ETL TV Analyzer: Equipo que cuenta con capacidad de analizar señales tanto de televisión como de radio FM, analizador de video y MPEG, además de funcionar como analizador de espectro (ver figura 7). Este equipo se encuentra tanto en el Tecno-parque como en la USTA.

Figura 7. R&S ETL TV Analyzer.



Fuente: <https://www.rohde-schwarz.com/uk/manual/etl/>

ANTENA Emisión/Recepción: La antena utilizada de referencia ANT0360Q5A como se ilustra en la figura 8, cuya característica omnidireccional, emite radiación en todas las direcciones de manera uniforme. La antena se encuentra tanto en el Tecno-parque como en la USTA.

Figura 8. Antena emisora



Fuente:
<https://e.huawei.com/es/products/enterprise-etworking/wlan/accessories/antena> - available in 2019

Las pruebas realizadas para evaluar el funcionamiento de los equipos mencionados anteriormente son:

1. Encendido de los equipos.
2. Interconexión de cada equipo con su correspondiente antena amplificadora de señal como se evidencia en el esquemático de la figura 8 haciendo uso de cable Coaxial LMR-400 de baja pérdida (ver figura 8).
3. Emisión de señal de prueba.
4. Recepción de señal y verificación de las características estipuladas.

Figura 9. Conexión Emisión / Analizador



Fuente Propia

El proceso de reconocimiento de equipos de emisión y medición, proporcionó como resultado la transmisión de una señal característica con configuración de parámetros específicos los cuales fueron apreciados y medidos por el equipo receptor, dando como conclusión su correcto funcionamiento permitiendo el uso de estos en el presente proyecto.

3.3 Evaluación funcionamiento EPG:

Al contar con los equipos SFE Broadcast Tester y las antenas en correcto funcionamiento, se procede a evaluar el desempeño del TmBroadcast, equipo encargado del cronograma de canales y programas, así como agregar información referente a cada uno de los programas programados bajo el software tmBroadcast 2.2. fundamental para la EPG.

Pruebas realizadas para corroborar el estado actual del equipo:

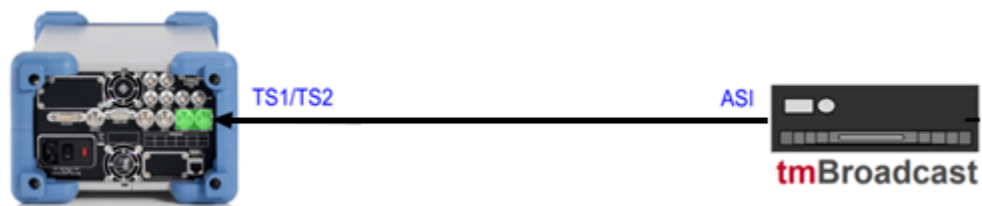
1. Prueba de encendido y visualización de interfaz de usuario en monitor extra como se presenta en la figura 10.
2. Verificación de software instalado a partir del documento guía titulado tmBroadcast 2.2.X, STEP by STEP guide to create a channel and deliver EPG data [22].
3. Establecer la Conexión entre EPG y SFE como se ilustra en la figura 11.
4. Emisión de Guía de programación con contenido referente a la Universidad Santo Tomás.

Figura 10. Conexión para programación de contenido del TmBroadcast.



Fuente: Propia.

Figura 11. Interconexión entre los equipos para visualización.



Fuente: Propia.

Al realizar las respectivas conexiones, seguimientos, paso a paso de manuales y emisión de contenido en la EPG, se concluye que todos los equipos funcionan adecuadamente.

Para el paso a paso y procedimientos a seguir para conseguir la emisión local del contenido de la EPG en los equipos del Tecno-parque dirigirse al "ANEXO A"

3.4 Evaluación y prueba equipos para visualización

Con el objetivo de ver en tiempo real la señal emitida, es necesario emplear un decodificador y un televisor compatible con el estándar de comunicación para televisión digital DVB-T. Se procede a realizar las pruebas requeridas para certificar que los equipos de gestión de información para los canales y los equipos que permiten la visualización, se encuentran en condición para ser utilizados como

herramienta de aprendizaje, tomando como base la interconexión de éstos como se visualiza en la figura 12.

Figura 12. Conexión Decodificador televisión.



Fuente: Propia

La prueba empleada para el reconocimiento de funcionamiento, corresponde a la verificación de encendido de los equipos, validación de la interconexión entre el televisor y el decodificador mediante el cable SCART (ver figura 13) y finalmente corroborar la señal emitida con la visualizada.

Figura 13. Cable de video SCART.



Fuente:

<https://coisasuteis.net/es/cables/123-cable-scart-macho-de-21-pines-15m.html>

El decodificador recibe la señal emitida con su antena (DVB-T indoor antenna BZD 30 figura 14) y realiza el escaneo de frecuencias para encontrar el canal transmitido, el cual se encuentra con una frecuencia central de 850 MHz lo que corresponde a la configuración del SFE, adicionalmente, en el equipo emisor se asigna una salida de video la cual se puede apreciar en el televisor.

Antena Indoor: Antena de referencia planar activa Kathrein BZD 30 DVB-T para la recepción de señales digitales de televisión terrestre y de radio en el rango VHF y UHF (Banda III). Esta antena se encuentra tanto en el Tecno-parque como en la USTA.

Figura 14. Antena Indoor

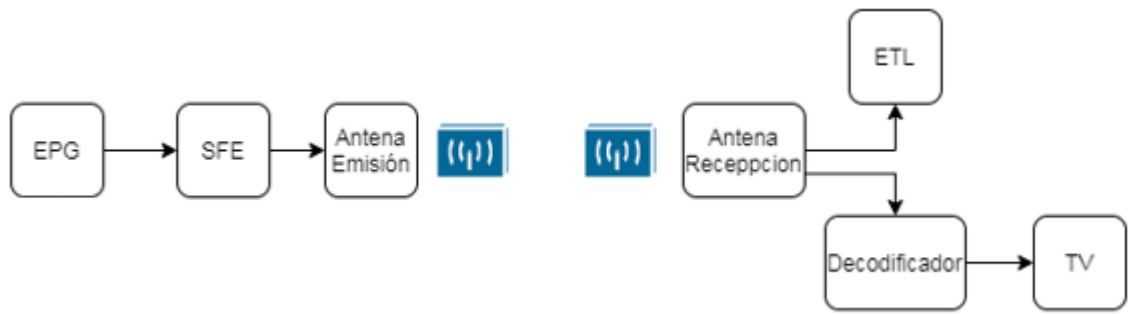


Fuente: <https://www.grooves-inc.com/kathrein-bzd-dvb-indoor-antenne-kathrein-hardware-electronic-pZZa1-2097451777.html>

Para el proceso de evaluación de estos equipos se realiza prueba de video y prueba de contenido, en la prueba de video se selecciona un video referente a la USTA para ser transmitido directamente del SFE y para la prueba de contenido se programa el contenido dentro de la EPG, obteniendo de estas un resultado satisfactorio.

Finalmente, tras verificar y contemplar todos los equipos necesarios para la creación de un entorno de aprendizaje práctico, se obtiene el diagrama final como se aprecia en la figura 15.

Figura 15. Diagrama Final.



Fuente: Propio.

4 PARÁMETROS DE CALIDAD.

Todo canal de comunicación digital requiere no solo de un diagrama de interconexión de equipos, sino que se garanticen las características de señal transmitida, para ello es necesario establecer unos parámetros de medición para determinar la calidad de la transmisión y de todo el sistema, por lo cual, a partir de los equipos utilizados en el Tecno-parque según el esquema de interconexión empleado en el actual trabajo (figura 15) se consideran los siguientes parámetros a evaluar:

- ✓ Medición del espectro.
- ✓ Diagrama de constelaciones.
- ✓ Tasa de error de modulación o MER (Modulation Error Rate).
- ✓ Patrón de Eco.
- ✓ Offset de frecuencia SFN.
- ✓ Tabla de medidas cualitativas de señal.

A partir de los parámetros seleccionados es necesario iniciar una configuración específica para su medición.

4.1 Configuración de equipos para medición.

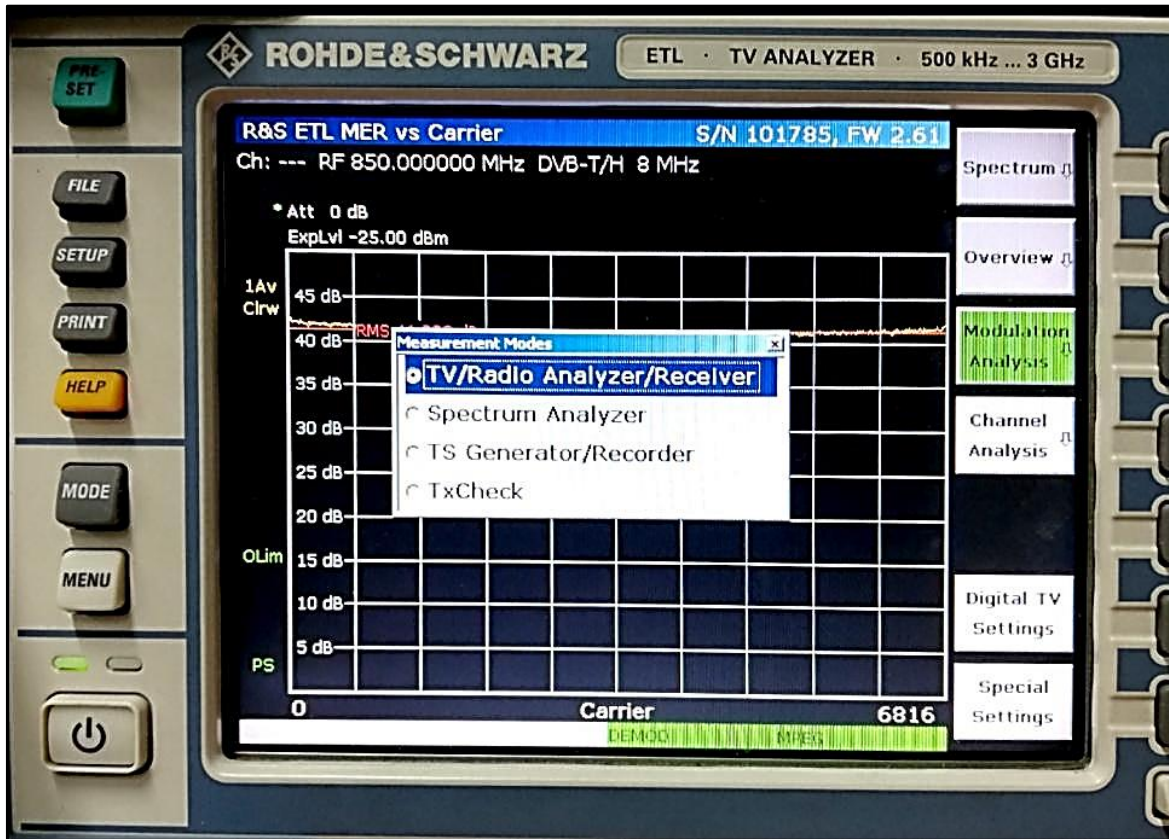
Es necesario realizar una configuración previa a mediciones dentro de los equipos ETL y SFE, este proceso de medición se realiza tanto en los equipos del Tecno-parque como para los equipos de la Universidad Santo Tomas.

4.1.1 Configuración ETL

Para configurar el ETL, se requiere ajustar el ancho de banda y la frecuencia central indicada o de transmisión como se ilustra en la figura 16.

Ancho de banda: 8 MHz
Frecuencia Central: 850 MHz

Figura 16. Configuración ETL.



Fuente: Propia.

4.1.2 Configuración SFE

Para la configuración del SFE se requiere ajustar los siguientes parámetros:

- Frecuencia central = 850 MHz.
- Estándar de transmisión = DVB-T/H.
- Ancho de banda del canal = 8 MHz.
- FFT mode = 8 KHz.

4.2 Medición del espectro

Esta medición permite la visualización del canal activo de medición, todos los parámetros son puestos por el estándar de modulación digital por defecto, mostrando el espectro claramente.

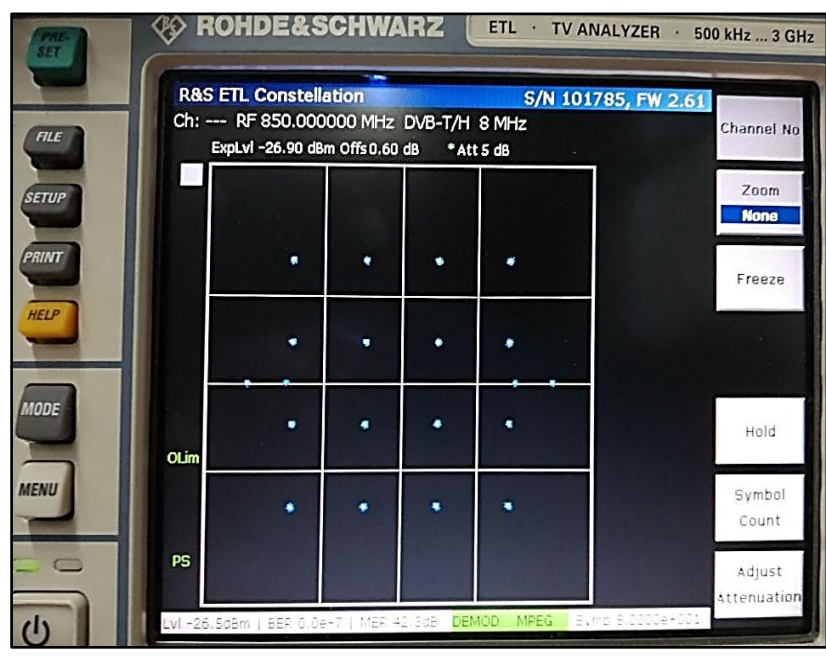
De acuerdo con esta medición, se puede encontrar las características que se esperan de un canal de televisión digital, ubicado en una frecuencia central de 850 MHz y un ancho de banda de 8MHz. Estas dos características las podemos encontrar tanto en la medición realizada en el Tecno-parque como en la USTA, descubrimos que para un equipo sin calibración las consecuencias son componentes de dispersión en los extremos del canal.

4.3 Medición del Diagrama de constelación.

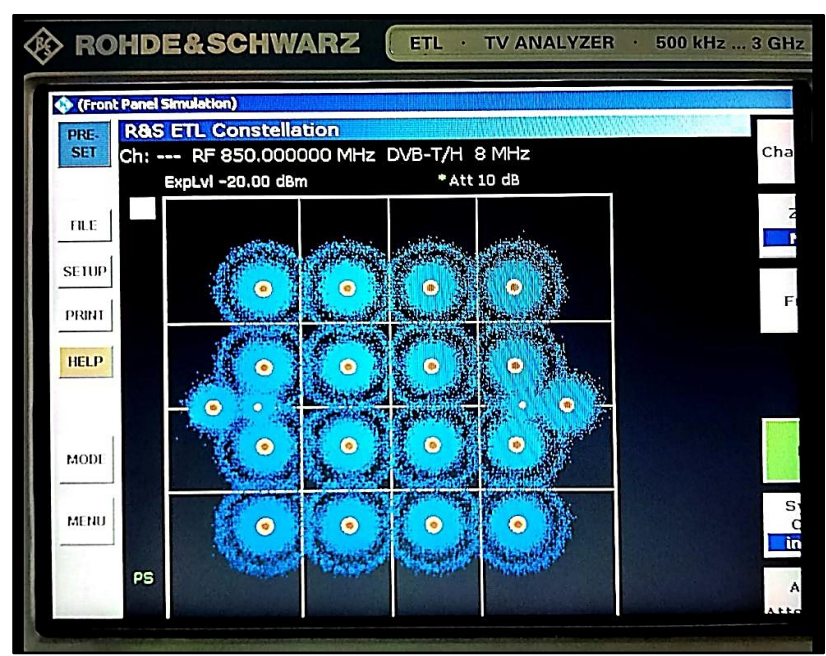
Un Diagrama de Constelación es una representación de un esquema de modulación digital en el plano complejo. Los ejes real e imaginario suelen ser llamados I por In-phase y Q por cuadratura, el diagrama de constelaciones es un parámetro de calidad que no se expresa numéricamente, sino que es la representación gráfica de la obtención de símbolos digitales en un periodo de tiempo, cuando se habla de un canal de transmisión ideal se refiere a un canal de transmisión sin ruido ni interferencias, en el canal de transmisión ideal la representación del diagrama de constelaciones, los puntos se muestran bien definidos es decir sin dispersión, esta buena definición se da debido al impacto en la misma zona logrando un punto muy concentrado, existe dispersión cuando en la medición hay interferencias y ruido que no permiten la correcta lectura por parte del demodulador, de igual manera la probabilidad de ocurrencia de los puntos en el plano complejo I/Q se representan por diferentes colores e intensidades, los resultados de la constelación varían según el tipo de modulación 64QAM, 16QAM, QPSK. [23]

Esta medición muestra el diagrama de constelación de la modulación para la señal que se esté analizando, ya que el estándar DVB-T define una señal multiportadora, la constelación de un rango de portadoras seleccionadas se visualiza.

Figura 18. Razón de error de modulación para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.



a)



b)

Fuente: Propia.

La medición del diagrama de constelaciones nos muestra claramente la diferencia con un equipo calibrado, en esta medición entre menor sea el área que se aprecia en la gráfica mayor es la calidad de la señal, el ruido y las interferencias provocan que el demodulador no siempre lea los símbolos de forma correcta. En este caso, los impactos se dispersan y crean diferentes formas que permiten determinar visualmente el tipo de problema en la señal.

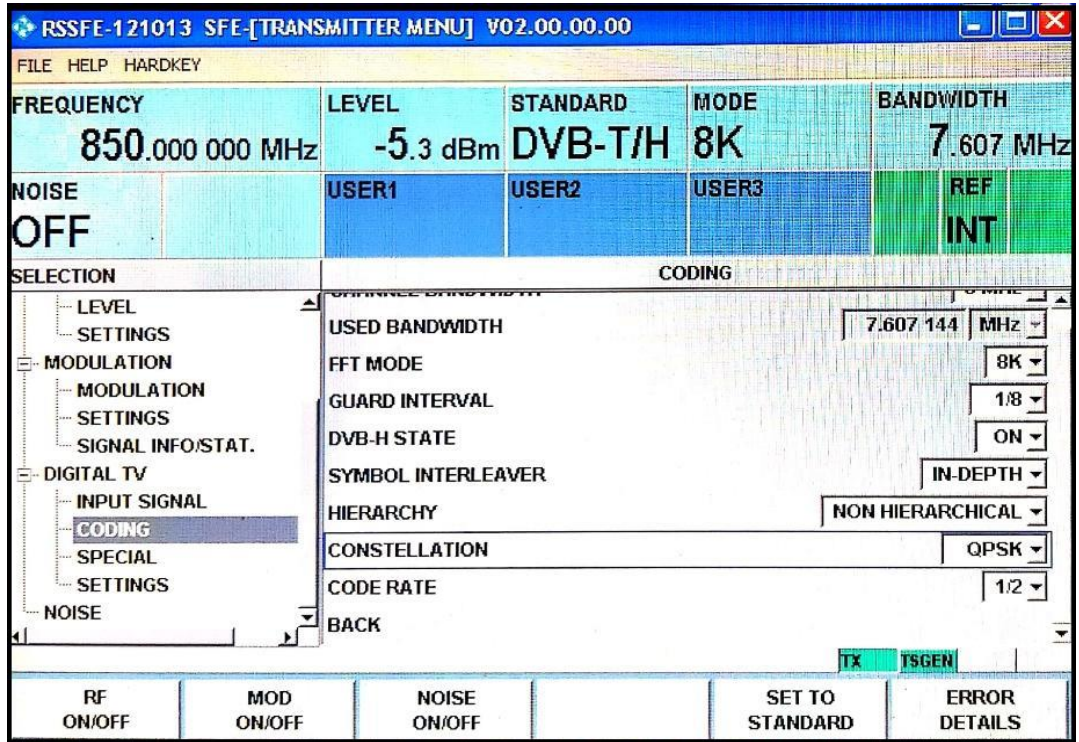
Se debe tener en cuenta que, al ser una interpretación cualitativa, para conocer cuál es la calidad de la transmisión, se tiene una gradación de colores, dicha gradación se puede ver como la cantidad de símbolos agrupados en una misma zona, la escala de colores está clasificada de la siguiente manera:

- Negro (Ausencia de símbolos)
- Azul y Amarillo (En orden ascendente)
- Rojo (Máxima densidad)

Una mayor dispersión de los símbolos indica mayor nivel de ruido o peor calidad de la señal [12].

Los tipos de modulación son configurados directamente en el SFE como se especifica en la figura 19.

Figura 19. Configuración de los tipos de modulación.



Fuente: Propia.

4.4 MER (f)

La razón de error de modulación es una medición de la relación señal a ruido (SNR) en una señal modulada digitalmente, así como SNR, MER es usualmente expresado en decibeles (dB). MER se calcula para un número de símbolos N , y se define así:

$$MER = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{I}_j^2 + \tilde{Q}_j^2)}{\sum_{j=1}^N [(I_j - \tilde{I}_j)^2 + (Q_j - \tilde{Q}_j)^2]} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

I_j Es el componente i del j -ésimo símbolo recibido.

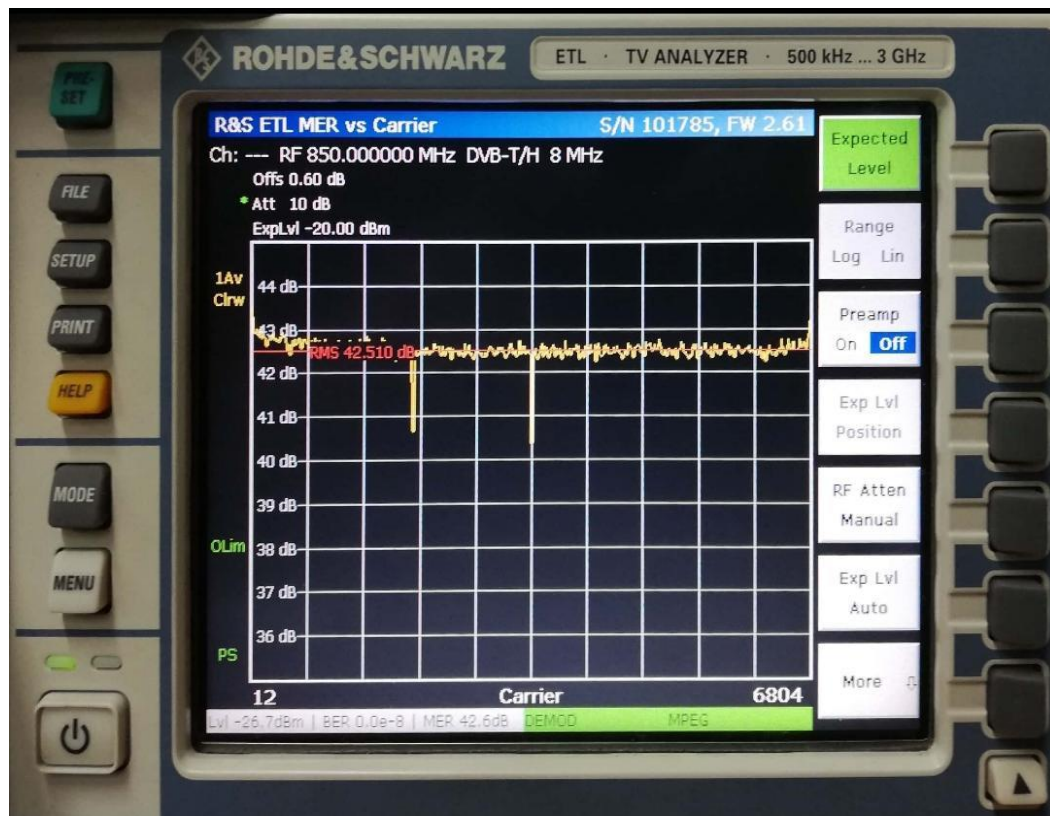
Q_j Es el componente Q del j -ésimo símbolo recibido.

\tilde{I}_j Es el componente ideal i del j -ésimo símbolo recibido.

\tilde{Q}_j Es el componente ideal Q del j -ésimo símbolo recibido.

La medición MER (f) muestra la curva de razón de error de modulación dependiente de la frecuencia, para dicho cálculo solo se utilizan las portadoras útiles, en la curva MER, el valor está basado en el rango de portadora seleccionado y se presenta en decibel.

Figura 20. La razón de error de modulación QAM para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.



a)



b)

Fuente: Propia.

La información que nos entrega la Gráfica MER(f), nos indica posibles errores con las portadoras residuales, por lo general, esta gráfica no debe contener picos y su valor es directamente proporcional a la calidad de señal entre mayor sea el número mejor es la calidad.

El valor MER(RMS), tiene que ser mayor a 35 dB indicando que la señal cumple con una calidad mínima de transmisión [24].

4.5 Medición del Patrón de Eco

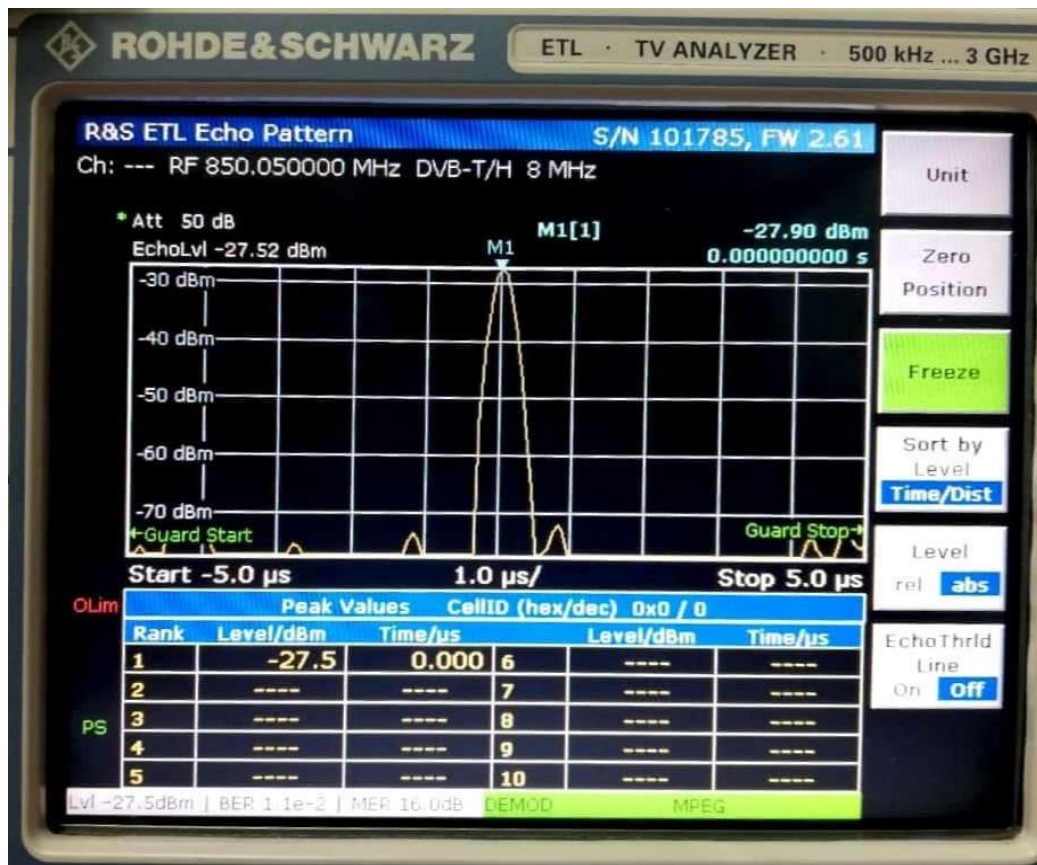
Esta medición muestra el perfil del eco de transmisión del canal. Esta medición permite visualizar la respuesta en tiempo real de un canal de televisión digital terrestre y por ende permite detectar ecos que pueden aparecer debido a distintas razones, entre ellas, las reflexiones que experimenta la señal sobre grandes superficies como edificios, montañas, entre otros. [25]

Dos líneas verticales etiquetadas con “guard start” y “guard stop” indican el intervalo de guarda. El ETL posiciona la ventana de FFT para la demodulación de tal manera que la suma de los valores de potencia de todos los patrones de eco detectado está a su máximo.

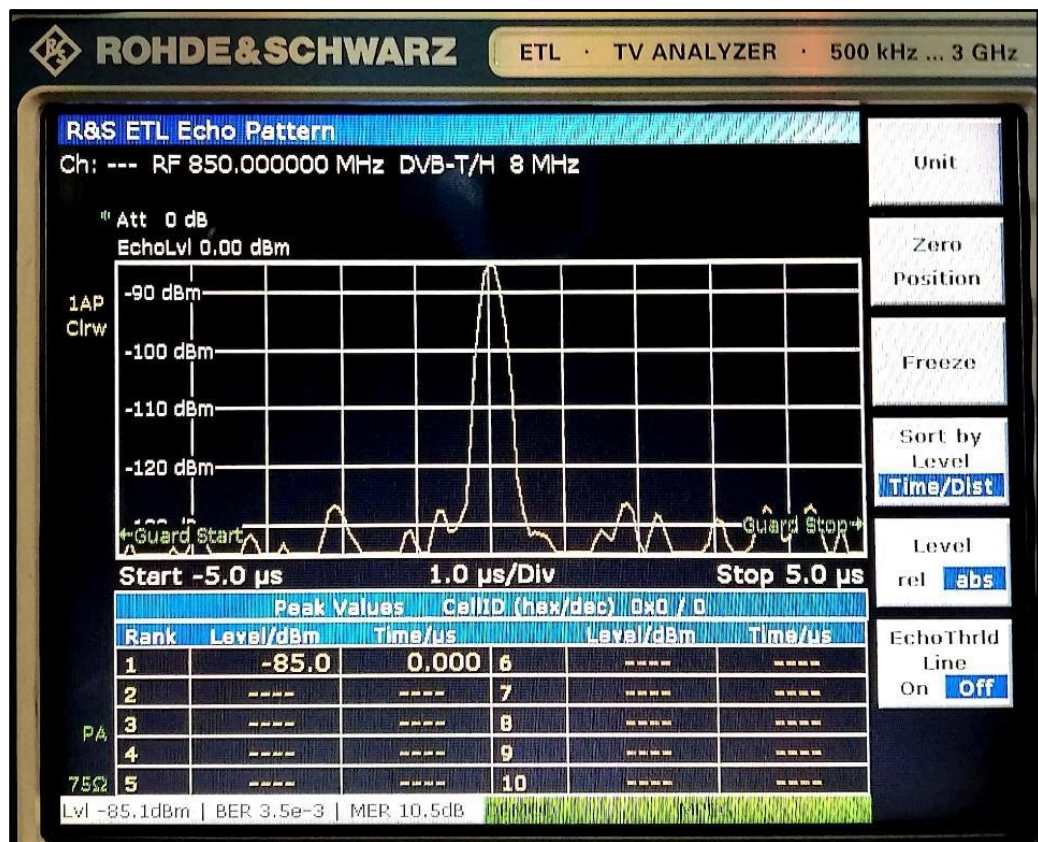
Una línea horizontal etiquetada como “EchoDetectionThreshold” muestra una potencia de umbral determinado automáticamente para el usuario.

Una tabla debajo de la pantalla gráfica lista ya sean los diez caminos de eco más fuertes de acuerdo con el nivel de fuerza definido o los diez primeros caminos de eco de acuerdo con el retardo de tiempo (o distancia).

Figura 21. Medición patrón de Eco para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.



a)



b)

Fuente: Propia.

De esta medición podemos concluir que no cuenta con ningún eco, esto se puede explicar de la siguiente manera, al ser un sistema educativo de baja potencia las reflexiones ocasionadas por grandes superficies como edificios no afectan estos tipos de sistemas.

4.6 Medición del Offset de Frecuencia SFN

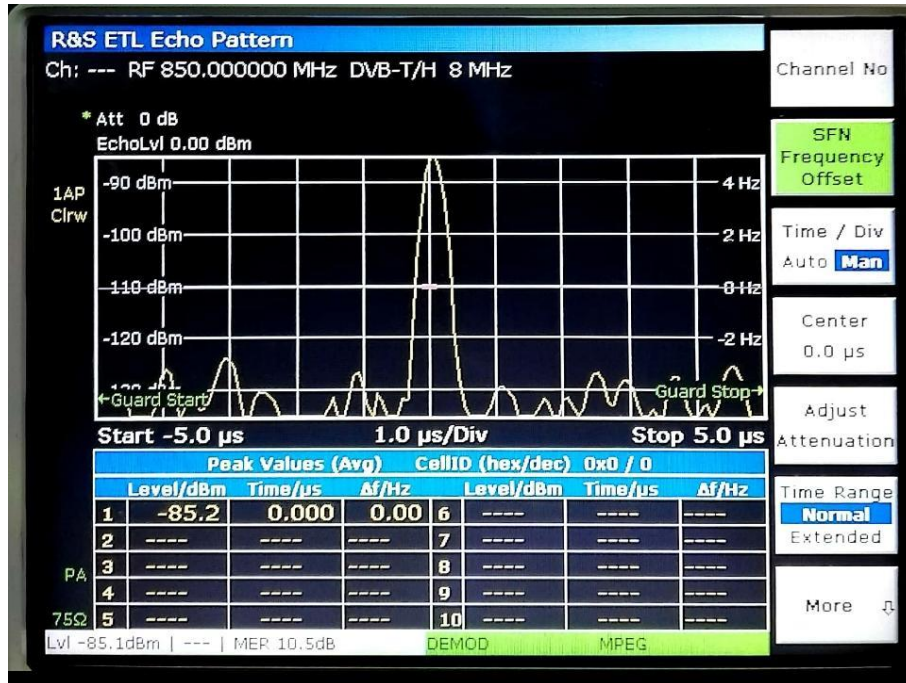
La medición del offset de frecuencia SFN es parte de la medición del patrón de eco. En adición a la impresión de la magnitud del patrón de eco, los desfases de los pulsos de frecuencia del eco detectados pueden ser mostrados.

Con las redes de frecuencia simple, los diferentes transmisores pueden ser revisados en su frecuencia correcta de transmisión.

Los desfases de frecuencia son referenciados al pulso localizado en la posición cero del eje de tiempo/distancia. En consecuencia, este pulso siempre tiene un desfase de frecuencia referenciado a cero.

La ventana de detección acorde al nivel de fuerza es visualizada.

Figura 22. Medición offset de frecuencia SFN.



Fuente: Propia.

En ella se observa que para cada rebote de la señal se obtiene la potencia con la que llega con respecto a la señal principal, así como su retardo, calculando de esta forma la distancia estimada de la procedencia de cada señal rebotada, el medidor muestra en pantalla cada uno de los rebotes ordenados en el tiempo, pudiendo estar estos adelantados o retrasados a la señal principal con la diferencia que para el SFN los ecos surgen por la recepción simultánea de la misma señal procedente de varios transmisores con distintos retardos y amplitudes. Se enuncia en la gráfica la diferencia de frecuencias entre la señal principal y sus ecos procedentes de diversos transmisores [26].

De esta medición se puede inferir que al ser un sistema bajo el estándar DVB-T y el estándar instaurado en Colombia es DVB-T2 no se encuentran transmisores adicionales que puedan causar ecos en la señal.

4.7 Tabla de Medidas Cualitativas de Señal

Las tablas de medidas cualitativas corresponden a un resumen de las mediciones realizadas por el equipo ETL, en la cual nos brindan los rangos característicos de la señal. Dicha tabla cuenta con indicativo de colores verde (valor medido en el rango aceptable para transmisión) y Rojo (valores por fuera del rango). [24]

En la tabla se aprecia los siguientes valores:

- ✓ Nivel.
- ✓ Calidad de Modulación.
- ✓ BER.
- ✓ Offset de frecuencia de portadora y Offset de tasa de bits.

Nivel: Valor que representa la potencia promedio de la señal digital modulada.

Calidad de Modulación: La tasa de error de modulación (MER) y el error de vector de magnitud (EVM), son empleados para la valoración de calidad de los puntos de constelación con respecto al valor teórico de la señal.

Entre mayor sean estos valores mejor será la calidad de la señal.

Bit error ratios (BERs): Para los sistemas de transmisión DVB-T/ DVB-H, existen dos mecanismos de protección de errores: el decodificador Viterbi y el decodificador Reed-Solomon, ambas técnicas son empleadas para detectar y corregir los errores en los bits durante la transmisión. Bajo óptimas condiciones estos valores deben ser iguales a cero.

Offset de frecuencia de portadora y Offset de tasa de bits: El Offset de frecuencia de portadora, es la diferencia existente entre las frecuencias medida y asignada en el equipo, con lo cual se puede determinar los errores de oscilación, adicional, entrega las medidas correspondientes a:

- ✓ Frecuencia de separación entre las portadoras individuales
- ✓ El periodo entre símbolos
- ✓ Tamaño absoluto del intervalo de guarda

Los límites que presenta el Offset de tasa de bits es de ± 20 ppm para asegurar una operación sin errores.

Figura 23. Tabla Cualitativas de la Señal para a) Universidad Santo Tomás y b) Tecnoparque SENA.

Pass	Limit	<	Results	<	Limit	Unit
Level	-60.0		-26.3		10.0	dBm
Constellation			64 QAM NH / normal			
MER (rms)	24.0		42.5		-----	dB
MER (peak)	10.0		28.6		-----	dB
EVM (rms)	-----		0.49		4.40	%
EVM (peak)	-----		2.42		22.00	%
BER before Viterbi			0.0e-8(29/100)		1.0e-2	
BER before RS			0.0e-8(11/100)		2.0e-4	
BER after RS			0.0e-6(6/10)		1.0e-10	
Packet Error Ratio			0.0e-4(6/10)		1.0e-8	
Packet Errors			0		1	/s
Carrier Freq Offset	-30000.0		452.9		30000.0	Hz
Bit Rate Offset	-100.0		0.5		100.0	ppm
MPEG Ts Bitrate			16.588244			MBit/s
PS						
64 QAM NH (64NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/8 (1/8)	1/2,1/2 (1/2,1/2)	CellID 0		
TPS Res. 0,0,0,0	INT N (N)	MPE FEC Off/Off	Time Sl. Off/Off	LI 1F		

a)

Pass	Limit	<	Results	<	Limit	Unit
Level	-60.0		-39.1		10.0	dBm
Constellation			16 QAM NH / normal			
MER (rms)	24.0		36.9		-----	dB
MER (peak)	10.0		19.1		-----	dB
EVM (rms)	-----		1.06		4.40	%
EVM (peak)	-----		8.28		22.00	%
BER before Viterbi			7.3e-9(338/1K00)		1.0e-2	
BER before RS			0.0e-9(431/1K00)		2.0e-4	
BER after RS			0.0e-8(285/1K00)		1.0e-10	
Packet Error Ratio			0.0e-6(285/1K00)		1.0e-8	
Packet Errors			0		1	/s
Carrier Freq Offset	-30000.0		323.5		30000.0	Hz
Bit Rate Offset	-100.0		0.4		100.0	ppm
MPEG Ts Bitrate			11.058828			MBit/s
PS						
16 QAM NH (16NH)	FFT 8k (8k)	GI 1/8 (1/8)	1/2,1/2 (1/2,1/2)	Cell ID 0		
TPS Res. 0,0,0,0	INT N (N)	MPE FEC Off/Off	Time Sl. Off/Off	LI 1F		

b)

Fuente: Propia

Al ser una tabla cualitativa que muestra las principales medidas cualitativas de la señal medida es posible determinar que, tanto los equipos de USTA como los del SENA son aptos para la transmisión ya que todos los valores de esta se encuentran en los en los rangos adecuados para la misma.

“Para obtener información más detallada acerca del procedimiento de configuración de los equipos SFE y ETL para cada una de las medidas de la señal, dirigirse al ANEXO B”.

5 GUÍAS DE LABORATORIOS PARA EDUCACIÓN.

El presente capítulo cuenta con un enfoque de educación en sistemas de comunicación digital de televisión, a partir de la puesta en marcha de los diferentes equipos que componen un sistema DVB-T presentes en el tecno-parque SENA y la USTA, a partir de lo anterior, se da inicio a la creación de guías de laboratorio prácticas para ser desarrolladas en los diferentes espacios académicos del área de comunicaciones, para los programas de ingeniería electrónica y de telecomunicaciones en la USTA así como los cursos técnicos que ofrece el SENA en esta área.

La estructura de las guías prácticas cuenta con:

1. Especificación de las competencias que se pretenden fortalecer y/o desarrollar en el estudiante.
2. Listado de los equipos, materiales y software necesarios para el desarrollo de la práctica de laboratorio.
3. Referencias bibliográficas que fomentan la investigación de temas propios de la práctica.
4. Sección de procedimiento en el cual se ofrece una guía o paso a paso, como elemento de apoyo para el desarrollo del laboratorio.
5. Sección de informe, aquí se hace hincapié en los elementos que deben formar parte del documento que presente una evidencia del trabajo realizado.
6. Sección de entregable se especifica la forma de entrega del informe y/o sustentación del trabajo realizado.
7. Finalmente, la sección de evaluación cuenta con una matriz de tres principales ítems.
 - Analítico (30.0%): Conocimientos en equipos y formatos de emisión.
 - Práctica (50.0%): Conexiones físicas correctas, cálculos, etc.
 - Informe (20.0%): Cumple con lo solicitado para el informe.

A partir de la información presentada en los anteriores capítulos, es evidente que la conexión de los múltiples equipos para la emisión de información a partir de TDT, requiere de manuales o referencias textuales y/o gráficas que conducen a la necesidad de una primera práctica de laboratorio sobre la creación de una EPG, en la cual se genera la emisión local de una señal con una guía de programación electrónica elaborada por los estudiantes, generando así la oportunidad de evaluar la calidad de esta señal transmitida, de aquí nace el desarrollo de la consiguiente guía que pretende determinar las características de la señal, así como evaluar la calidad de emisión.

Es importante mencionar que la realización y evaluación del sistema implementado está sustentado por los asesores expertos en el área de comunicaciones Eugenio Moreno Ruiz y Marco Antonio Vega Torres, así como recalcar que se está evaluando la revisión de una práctica aplicable en un futuro haciendo uso de los equipos.

5.1 Guía Creación de EPG Básica

Para la primera guía se busca la inmersión de los estudiantes en el campo de la televisión digital terrestre, específicamente en el estándar DVB-T. En la Guía Creación de una EPG básica no solamente se pretende crear una EPG, con el desarrollo de esta guía el estudiante obtendrá el conocimiento de todo un sistema de transmisión digital ya que para lograr la emisión de esta EPG es necesario implementar cada una de las componentes de este sistema (Emisión - Recepción - Visualización).

Se establecen los procedimientos que permitirá que el estudiante sea capaz de realizar las interconexiones de equipos necesarios como lo son: TmBroadcast, R&S SFE Broadcast Tester, Televisor, Conectores BNC y SCART, Decodificador, Antena DVB-T Indoor. Así como generar una guía de programación visible en el televisor y promover en el estudiante habilidades blandas como lecto-escritura en la generación de un informe del trabajo realizado.

La Guía Creación de EPG básica de la que se habla anteriormente se encuentra en el "ANEXO C"

5.2 Guía Caracterización de Señal

Para esta segunda guía se busca fortalecer conocimientos en los espacios académicos como teoría de la comunicación del programa de Ingeniería electrónica de la USTA, haciendo un énfasis en la capacidad de identificar la calidad de señal bajo el estándar DVB-T, realizando una revisión detallada de manuales y catálogos técnicos de televisión, en este sentido se dará uso a los equipos presentes en la universidad y/o en el SENA como son : R&S SFE Broadcast Tester, R&S ETL TV Analyzer, Antena DVB-T Indoor, Decodificador, Televisor y Conectores BNC y SCART.

Se establecen los procedimientos por los cuales se realizan las conexiones físicas entre cada uno de los elementos, así como la configuración en la especificación de ancho de banda y frecuencia central en la transmisión.

La guía busca desarrollar en el estudiante habilidades blandas como lecto-escritura en la generación de un informe del trabajo realizado.

La Guía Caracterización de Señal de la cual se habla anteriormente se encuentra en el “ANEXO D”

Con el fin de evaluar el desempeño de las guías de usuario se realiza una encuesta a estudiantes de la Universidad Santo Tomás, a un curso característico de 24 estudiantes del núcleo de comunicaciones, es decir, que actualmente se encuentran cursando alguna de los siguientes espacios académicos: Teoría de la Comunicación, Transmisión de Datos ó Comunicaciones Inalámbricas.

5.3 Resultados Evaluación de Guías

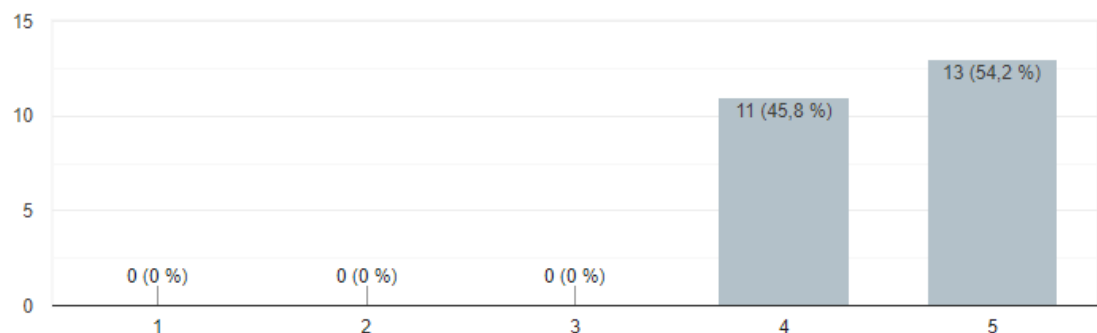
Para el desarrollo de la encuesta se escoge la población objetivo el total de estudiantes de ingeniería electrónica pertenecientes a la universidad Santo Tomás que se encuentran cursando el núcleo de comunicaciones, de los cuales se pretende la toma de una muestra de un tercio de esta población.

Se realiza una conferencia virtual para la revisión de las guías, convocando a los estudiantes con ayuda y supervisión de los docentes Marco Antonio Vega y Oscar Mauricio Gelvez. Se expone la temática de la práctica, así como la documentación necesaria para su elaboración, concluido este procedimiento se realiza la evaluación de la estructuración de las guías a partir de la siguiente encuesta:

Gráfica 1. Resultado encuesta pregunta 1.

¿De acuerdo al material entregado como evaluaría el contenido del mismo ?

24 respuestas



Fuente: Propia.

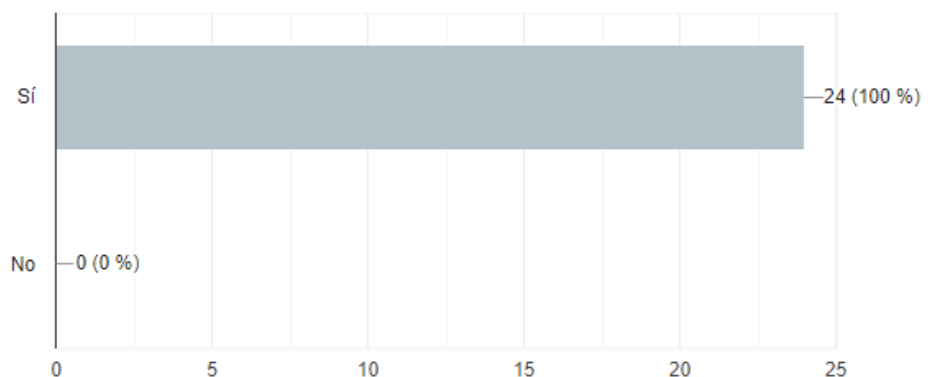
Del total de los encuestados el 45.8% considera que el material entregado es bueno, teniendo en cuenta que la calificación otorgada es 4 en una escala de 1 a 5. El 54.2% restante considera que el material entregado es muy bueno dando su calificación 5 en la escala de 1 a 5.

Se puede concluir que los encuestados se sienten satisfechos con el material transmitido interpretando que las guías elaboradas son adecuadas para la elaboración de las practicas propuestas.

Gráfica 2. Resultado encuesta pregunta 2.

¿Considera que los recursos Bibliográficos presentes en la práctica de laboratorio son suficientes para su desarrollo?

24 respuestas



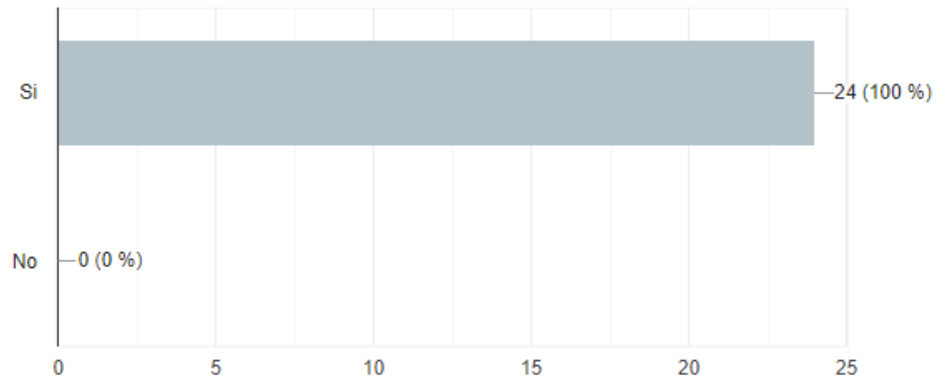
Fuente Propia.

El 100% de los participantes de la evaluación para la guía, referente a los espacios de comunicación cuya característica presenta que los encuestados ya tienen conocimientos en sistemas de comunicación, evaluaron positivamente las referencias bibliográficas presentadas en la guía que llevan a identificar una necesidad básica para la realización de la práctica.

Gráfica 3. Resultado encuesta pregunta 3.

¿Las preguntas planteadas en la práctica pudieron ser contestadas con la información suministrada?

24 respuestas



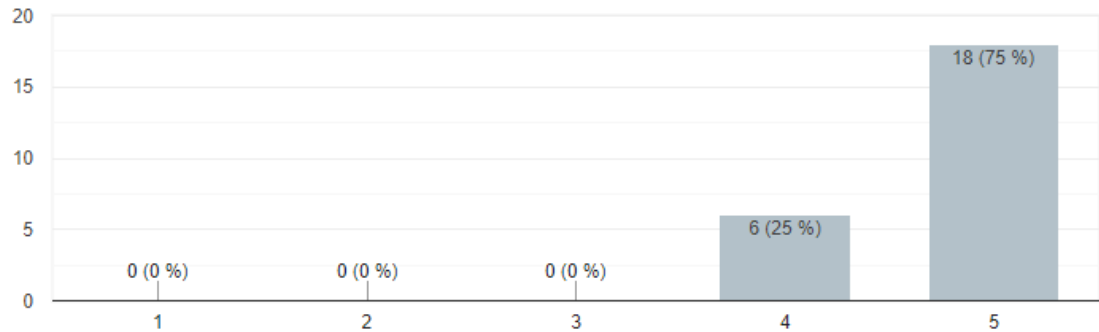
Fuente Propia.

El 100% de los encuestados considera que la información suministrada es suficiente para responder las preguntas planteadas en la guía, lo cual indica que la práctica se podrá realizar sin inconvenientes consiguiendo la información necesaria en los documentos entregados a los estudiantes.

Gráfica 4. Resultado encuesta pregunta 4.

¿Cómo califica el procedimiento planteado en la práctica de laboratorio?

24 respuestas



Fuente. Propia.

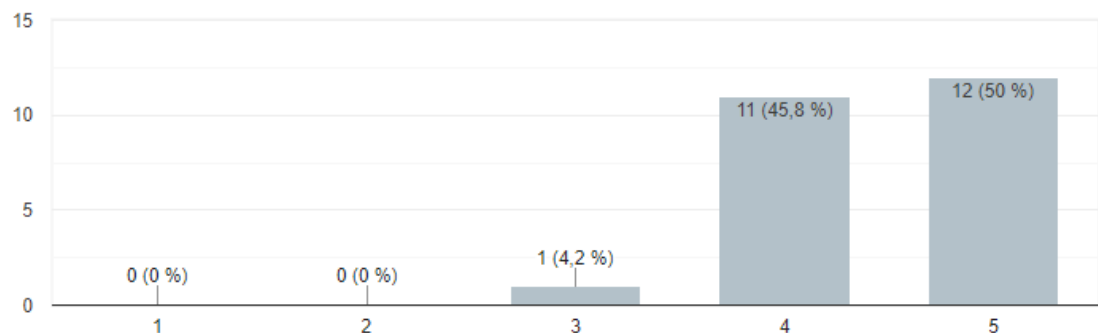
Los encuestados en su gran mayoría (75%) calificaron con la máxima puntuación de la escala que el procedimiento que se diseñó para ser aplicado en la práctica fue muy bueno dando a entender que su contenido es claro, conciso y fácil de comprender.

Es importante destacar que 6 estudiantes lo que significa el 25% calificaron con 4, lo cual sigue siendo una calificación favorable dentro de la escala planteada.

Gráfica 5. Resultado encuesta pregunta 5.

Una de las competencias que se pretende evaluar con el desarrollo de esta práctica es generar la capacidad de evaluar la calidad de una señal empleando el ETL. ¿Cómo evaluaría el enfoque de la práctica para fomentar esta competencia ?

24 respuestas



Fuente: Propia.

La mitad de los encuestados piensa que el enfoque de la práctica cumple con la competencia a cabalidad para generar la capacidad de evaluar una señal de televisión.

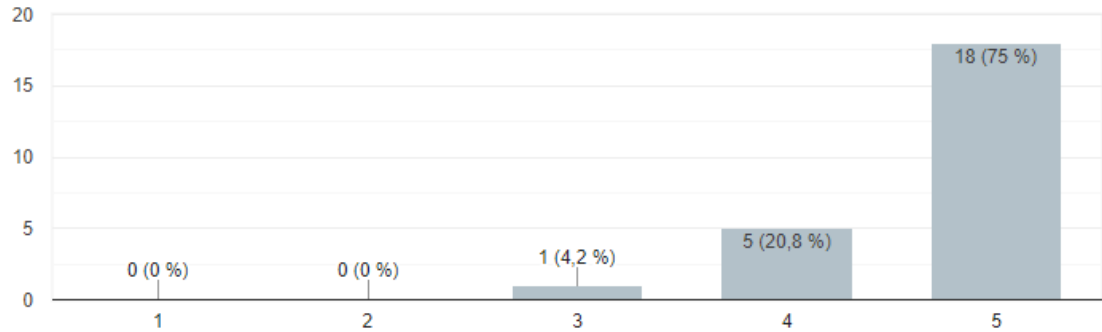
El 46% también se encuentra satisfecho con la competencia a generar con el desarrollo de dicha práctica.

Y solo un encuestado del total de los encuestados no se encuentra satisfecho en su totalidad dado que su calificación es 3 en la escala de 1 a 5.

Gráfica 6. Resultado encuesta pregunta 6.

¿Qué tan de acuerdo se encuentra con respecto a los indicadores para la evaluación de la práctica ?

24 respuestas



Fuente: Propia.

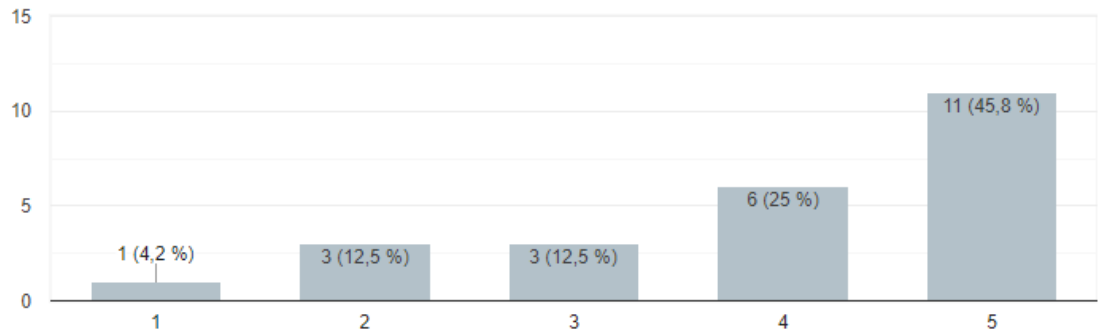
Teniendo en cuenta los indicadores planteados para la evaluación de la práctica los encuestados se encuentran de acuerdo en su mayoría votando dieciocho de ellos 5 en la calificación, los seis restantes se distribuyen cinco votando 4 en la calificación y un estudiante votando 3.

Estos resultados se pueden interpretar que la gran mayoría cumpliría a cabalidad los indicadores de evaluación, dando a conocer que el requerimiento de entrega de la práctica no tiene una sobrecarga de trabajo.

Gráfica 7. Resultado encuesta pregunta 7.

¿Qué tan probable sería que se inscriba a una electiva de Televisión Digital en caso de ser abierta ?

24 respuestas



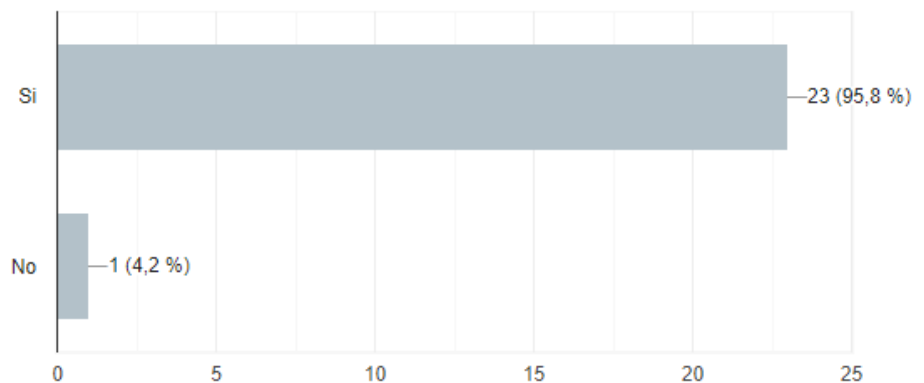
Fuente: Propia.

La probabilidad de inscribir una electiva de televisión digital es adecuada para la instauración de dicha electiva, considerando una alta posibilidad de inscripción a valores iguales o encima de 4 obtenemos que el 70.8% de los encuestados les interesa la posibilidad de tener en esta electiva, mientras que solo 4.2% de la muestra definitivamente no la tomaría.

Gráfica 8. Resultado encuesta pregunta 8.

¿Cree usted que la guía y la práctica le aportan conocimiento para su vida académica y profesional?

24 respuestas



Fuente Propia.

Los encuestados en su gran mayoría siendo el 96% cree que la guía y la práctica aporta conocimiento para su vida académica y profesional, mientras que el 4%, que corresponde a un solo estudiante, opina lo contrario, esto indicaría un interés en la temática de televisión digital.

RESULTADOS GENERALES

La encuesta en general consta de tres temas principales donde su valor está asignado (40%, 40% y 20%), también teniendo en cuenta el valor de cada pregunta dentro de cada tema, dicha distribución se puede apreciar a continuación:

- Documentación entregada (40%)
 - Pregunta 1. (13,33%)
 - Pregunta 2. (13,33%)
 - Pregunta 3. (13,33%)

- Desarrollo de la práctica **“Prueba De Calidad De Emisión”** (40%)
 - Pregunta 4. (13,33%)
 - Pregunta 5. (13,33%)
 - Pregunta 6. (13,33%)

- Interés estudiantil (20%)
 - Pregunta 7. (10%)
 - Pregunta 8. (10%)

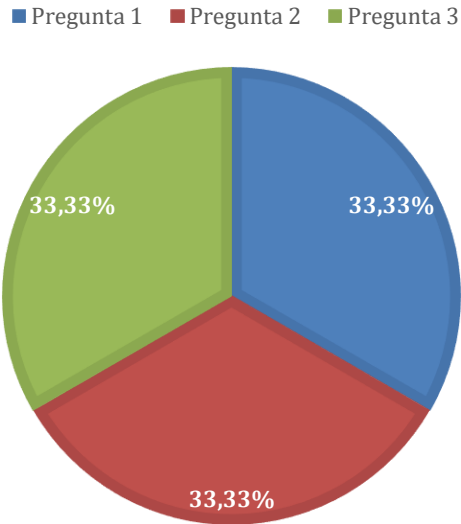
NOTA: Tener en cuenta que en las preguntas correspondientes, se toman las puntuaciones 4 y 5 como aprobación en la escala de calificación de 1 a 5 y desaprobación en la escala de calificación 1, 2 y 3.

- **Documentación Entregada.**

La evaluación de la documentación entregada tiene un peso del 40% del total de la guía, valor representado por la sumatoria de cada una de las preguntas con la que cuenta el tema, se puede evidenciar siguiente tabla:

PREGUNTAS	VALOR SOBRE TOTAL DE LA GUÍA	VALOR SOBRE EL TEMA
Pregunta 1.	13,33%	33,33%
Pregunta 2.	13,33%	33,33%
Pregunta 3.	13,33%	33,33%
Total	40%	100%

Gráfica 9. Documentación entregada.



Fuente: Propia.

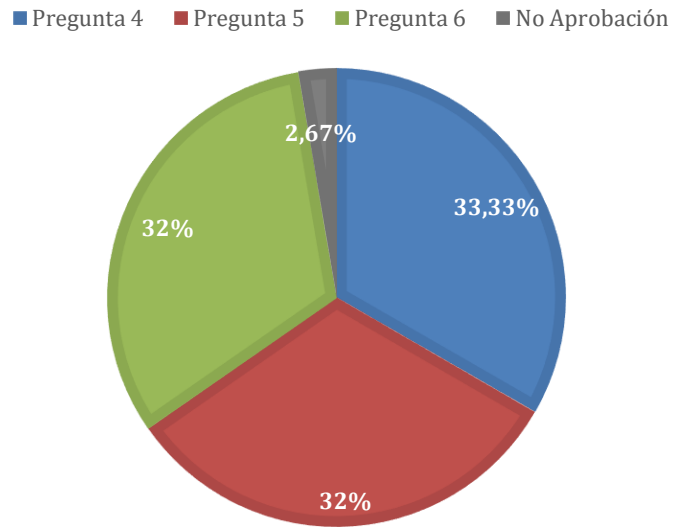
Las preguntas formuladas haciendo referencia a la documentación entregada (Gráfica 1, 2 y 3), nos indican completa satisfacción de los encuestados hacia los documentos que les fueron suministrados, estos resultados a favor se atribuyen a los previos conocimientos adquiridos en sistemas de comunicación.

- **Desarrollo de la práctica “Prueba De Calidad De Emisión”**

La evaluación del desarrollo de la práctica tiene un peso del 40% del total de la guía, valor representado por la sumatoria de cada una de las preguntas con la que cuenta el tema, se puede evidenciar siguiente tabla:

PREGUNTAS	VALOR SOBRE TOTAL DE LA GUÍA	VALOR SOBRE EL TEMA
Pregunta 4.	13,33%	33,33%
Pregunta 5.	12,8%	32%
Pregunta 6.	12,8%	32%
No Aprobación	1,06%	2,67%
Total	40%	100%

Gráfica 10. Desarrollo de la práctica “Prueba De Calidad De Emisión”.



Fuente: Propia.

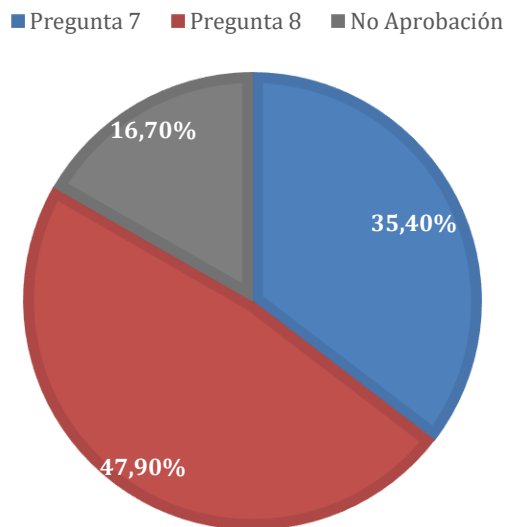
Las preguntas con enfoque a la práctica “**Prueba De Calidad De Emisión**” **ANEXO D** (Gráfica 4, 5 y 6), teniendo en cuenta puntualmente las competencias, factores de evaluación y procedimiento, se deduce que el diseño propuesto para la misma es acertado para lo que se busca obtener en el desarrollo de estas.

- **Interés Estudiantil.**

Para el Interés Estudiantil se le asigna un peso del 20% del total de la guía, valor representado por la sumatoria de cada una de las preguntas con la que cuenta el tema como se evidencia en la siguiente tabla.

PREGUNTAS	VALOR SOBRE TOTAL DE LA GUÍA	VALOR SOBRE EL TEMA
Pregunta 7.	7,08%	35,4%
Pregunta 8.	9,58%	47,9%
No aprobación	3,34%	16,7%
Total	40%	100%

Gráfica 11. Interés estudiantil.



Fuente: Propia.

Y, por último, se plantean 2 preguntas respecto al interés de los estudiantes respecto al núcleo de comunicaciones (Gráfica 7 y 8), da como resultado la inclinación significativa hacia la temática de televisión digital abriendo así la posibilidad de instauración de una electiva capaz de abarcar esta temática.

En resumen, la encuesta cuenta con una aprobación aproximada del 95.58% y así mismo una desaprobación del 4.42%, dando así un excelente panorama de calificación para la encuesta aplicada.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

CONCLUSIONES

- ✓ A partir de la caracterización de los equipos requeridos para la emisión de contenidos para un canal de televisión digital, fue posible interconectar dichos elementos, concluyendo así que es posible realizar la implementación de un canal de televisión digital bajo el estándar DVB-T en el Tecnoparque SENA de igual manera poner en marcha un sistema de medición de calidad de señal propio de la Universidad Santo Tomás para dar vida a estos equipos.
- ✓ Mediante el uso de las guías de usuario fue posible verificar paso a paso el correcto funcionamiento de los equipos R&S ETL-TV ANALYZER, R&S SFE-BROADCAST TESTER, y MUX; al contemplar encendido, configuración, envíos y recepciones de señal según cada equipo, sin embargo, los servidores no cuentan con licencias que permitieran su uso, concluyendo de esta manera que los equipos se encuentran en las condiciones requeridas para su uso académico. Es importante mencionar que el almacenamiento de la información y contenido a emitir se realiza de forma local.
- ✓ A partir del manual (guía estándar DVB-T) se realizó la interconexión de los equipos R&S ETL-TV ANALYZER, R&S SFE-BROADCAST TESTER de forma satisfactoria, emitiendo así una señal de prueba. Al realizar verificación de la señal recibida la interpretación de la intensidad de la misma se representa en el equipo de medición como el nivel de señal que corresponde la potencia promedio de la señal digital modulada cuyo valor medido es de -26.3 para la USTA y -39.1 para el SENA. El nivel tiene como límites permitidos mínimo -60 dBm y máximo 10 dBm, mediante esta medida logramos concluir que, aunque los equipos pertenecientes al SENA no cuentan con la calibración con la que cuentan los equipos de la USTA los valores obtenidos son apropiados para realizar una emisión local, adicionalmente permite determinar claramente la importancia de la calibración de equipos.
- ✓ La calidad del sistema bajo el estándar DVB-T implementado se determinó bajo la medición de los parámetros proporcionados por el equipo R&S ETL-TV ANALYZER dentro del Tecnoparque donde el MER da un valor de 42.5 dB lo cual nos indica una señal adecuada ya que se aceptan valores que superen 35 dB, resaltando un nivel -26.3 dBm en la potencia promedio de la señal valor que se encuentra en los valores adecuados, verificado en el espectro se evidencia que la señal cuenta con los parámetros configurados de un ancho de banda de 8Mhz y una frecuencia central de 850 MHz presentando ligeras distorsiones para los equipos desajustados del

Tecnoparque SENA. La comunicación digital fue determinada bajo diagramas de constelación 64QAM, 16QAM y QPSK los cuales son la representación gráfica de la densidad de símbolos dependiendo de la modulación, de esta característica se evalúa que para un equipo desajustados la densidad de símbolos tiene un área mucho mayor indicando que la señal contiene componentes de ruido mayores hecho que está directamente relacionado a la calidad de la señal, finalmente para determinar la calidad de la señal se debe evaluar cada uno de los parámetros mencionados y evaluar si corresponden a las características de una señal adecuada para su Emisión.

- ✓ El sistema de canal digital bajo el estándar DVB-T implementado, cuenta con una guía de usuario diseñada bajo parámetros de configuración de equipos contemplando características del fabricante, formas de interconexión y conceptos para análisis de señales que favorecen la réplica del sistema por cualquier usuario que cuente con los equipos como el Tecno-parque SENA y/o USTA Bogotá.
- ✓ Los diferentes espacios académicos del área de comunicaciones del programa de ingeniería electrónica de la USTA Bogotá fueron partícipes de la evaluación de la guía de usuario diseñada para un canal de televisión bajo estándar DVB-T implementado, teniendo en cuenta esta población objetivo se realiza esta encuesta a una muestra de 1/3 de la población aproximadamente y a su vez a dos ingenieros docentes, arrojando como resultado la aprobación completa de los estudiantes y docentes, obteniendo porcentajes de 46% para bueno y 54% para excelente en la sección de la encuesta que pretende calificar el contenido del material suministrado. La sección que aspira calificar el desarrollo y enfoque de la práctica en la cual se abarca evaluación, competencias y procedimientos, encontramos los siguientes resultados 75% de aprobación total contra un 4.2% de indiferencia en cuanto a la evaluación de la práctica, 96% de satisfacción general en cuanto a las competencias desarrolladas, 100% de interés en cuanto al procedimiento de la práctica de los cuales 75% otorga calificación máxima. La última sección de la encuesta está enfocada en determinar si la comunidad estudiantil estaría dispuesta a inscribir una electiva enfocada a televisión digital terrestre y su interés personal respecto al tema, sección de la cual encontramos una probabilidad del 70 % de inscripción y un interés del 95.8 % sobre el tema TDT.

TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos futuros se plantea la realización de nuevas prácticas empleando el laboratorio de televisión digital terrestre que posee el SENA, con el fin de profundizar el aprendizaje sobre televisión digital terrestre. Es posible plantear diversas prácticas tales como: **Tipos de Conexión** (En la cual será posible identificar los tipos de conectores, así como sus propiedades, tipos de señales que pueden ser portadores y como realizar reparaciones básicas de estos tipos de conectores), otra práctica que es posible realizar corresponde a **Interconexión con servidores** (En la cual, se puede adicionar como recurso de la universidad servidores compatibles con el estándar DVB-T y realizar la interconexión empleando el multiplexor para adicionar contenido audiovisual a la guía de programación(EPG).

Adicional a esto, recalcando que fue posible realizar este trabajo en el estándar DVB-T es posible replicarlo para el actual estándar de emisión digital, mencionado lo anterior, es prudente decir que tomada la decisión de la universidad de adquirir todos los equipos que se rigen bajo el estándar actual, se podrían realizar prácticas mucho más elaboradas como lo sería la comparación o evaluación de canales existentes logrando, por ejemplo, evaluar el impacto que tiene en la señal el solapamiento de canales, el entorno (“que ocurre con la señal si se interfiere con estructuras de gran tamaño o si se encuentra en espacio abierto”), entre otros.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. & SCHWARZ, «ROHDE & SCHWARZ,» [En línea]. Available: https://www.rohde-schwarz.com/uk/product/etl-productstartpage_63493-9255.html.
- [2] «ROHDE & SCHWARZ,» [En línea]. Available: https://www.rohde-schwarz.com/pk/product/sfe-productstartpage_63493-9485.html.
- [3] L. A. Albornoz y M. T. García Leiva , La televisión digital terrestre, Buenos Aires: La Crujía, 2012.
- [4] MinTic, «Plan General de Cese de Emisiones Analógicas PGCEA,» [En línea]. Available: https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-145967_recurso_1.pdf.
- [5] SENA, «TECNOPARQUE,» [En línea]. Available: http://tecnoparque.sena.edu.co/sedes/_layouts/mobile/mbllists.aspx..
- [6] M. A. V. Torres, «TV DIGITAL EN COLOMBIA,» 2006.
- [7] C. D. P. G. y. M. G. G. Teuta, «DEFINICIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA COEXISTENCIA DE LAS SEÑALES TDT Y LTE EN AMBIENTES TRANSFRONTERIZOS PARA LA BANDA DE 614 A 698 MHZ, TOMANDO COMO BASE EL CASO COLOMBIA-BRASIL,» 30 Diciembre 2016. [En línea].
- [8] D. Gutierrez, «GUÍA PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES INTERACTIVAS EN TDT PARA COLOMBIA,» 2013. [En línea].
- [9] CNTV, «MINTIC,» [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-1268.html>.
- [10] I. Tache, «Real time, video quality monitoring application for digital television services,» IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Bucharest, Romania, 2017.
- [11] K. Chomsuk, «Estimation on protection distance between analog TV and digital TV in adjacent channel at terrestrial television,» de 2017 International Electrical Engineering Congress (iEECON),» IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Pattaya, Thailand, 2017.
- [12] A. K. Florido, «MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE LA SEÑAL DE LOS CANALES DE TELEVISIÓN PÚBLICA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR,» 22 Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13394/1/FloridoAngaritaKarenNatalia2018.pdf>.
- [13] A. G. Cevallos, «ESTUDIO DEL ESTÁNDAR ADOPTADO PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR,» 7 Mayo 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1731/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-41.pdf>.

- [14] M. L. B. Ponce, «Estudio de ingeniería para implementar el servicio de televisión digital terrestre en las zonas periféricas de la ciudad de Lima,» 2015. [En línea]. Available: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/1158>.
- [15] S. D. E. P. E. A. DIGITAL, «Television Digital,» [En línea]. Available: <http://www.televisiondigital.gob.es/tdt/paginas/tdt.aspx>.
- [16] «ANTV,» [En línea]. Available: <https://www.antv.gov.co/index.php/mapa-cobertura/item/25-que-es-la-tdt>.
- [17] «Televisión Digital para Todos,» [En línea]. Available: <https://www.tdtcolombia.tv/que-es-tdt>.
- [18] CNTV, «Normograma mintic,» 9 Abril 2012. [En línea]. Available: https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/acuerdo_cntv_0002_2012.htm. [Último acceso: Marzo 2021].
- [19] C. d. R. d. C. –. R. d. Colombia, Septiembre 2012. [En línea]. Available: https://www.crc.com.gov.co/recursos_user/Documentos_CRC_2012/Actividades_Regulatorias/TDT/documentos_soporte_TDT_20120914.pdf.
- [20] D. V. Broadcasting, «DVB,» [En línea]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101100_101199/101190/01.03.02_60/tr_101190v010302p.pdf.
- [21] CNTV, «normograma acuerdo 008,» 22 Diciembre 2010. [En línea]. Available: https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/acuerdo_cntv_0008_2010.htm.
- [22] S. t. 2.2.X, «STEP by STEP guide to create a channel and deliver EPG data,» 2013.
- [23] M. E. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/cursodetelecomavanzada/unidad-4>.
- [24] R. & SCHWARZ, «Quality Measurements on Digital and Analog TV Transmitters Using the R&S@ETL,» [En línea]. Available: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/7bm67/7BM67_1E.pdf. [Último acceso: 2020].
- [25] PROMAX, «Manual de instrucciones para HD RANGER UltraLite,» [En línea]. Available: <https://www.promax.es/downloads/manuals/Spanish/HDRangerUltraLite.pdf>.
- [26] J. P. S. Cristina Gracia Bobi, «Medidas de calidad de señales DVB-T,» [En línea]. Available: http://oa.upm.es/38458/1/PFG_CRISTINA_GRACIA_BOBI_JAVIER_PLATAS_SENTIS.pdf. [Último acceso: 2020].
- [27] T. Solutions, «Tmira Solutions, Manual Usuario,» [En línea]. Available: http://tmira.com/wp-content/uploads/2016/06/tmira_broadcast_en.pdf.
- [28] R.&.SCHWARZ, «ROHDE & SCHWARZ SFE,» 2010. [En línea]. Available: https://www.rohde-schwarz.com/pk/manual/r-s-sfe-broadcast-tester-getting-started-manuals-gb7_78702-28468.html.

[29] R.&.SCHWARZ, «ROHDE & SCHWARZ ETL,» [En línea]. Available:
<https://www.rohde-schwarz.com/uk/manual/etl/>.