

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE TRANSMISIÓN DE CANAL LOCAL DE TDT UTILIZANDO EL MODULADOR UT-210

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DIEGO LEANDRO DÍAZ ALMEIDA

DIRECTOR: MSc. WILLAMS FERNANDO FLORES CIFUENTES

Quito, agosto de 2022

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Leandro Díaz Almeida, bajo mi supervisión.

MsC. WILLIAMS FERNANDO FLORES CIFUENTES
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Diego Leandro Díaz Almeida, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

DIEGO LEANDRO DÍAZ ALMEIDA

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia quienes estuvieron presentes durante toda esta etapa universitaria, por confiar siempre en mí y por demostrarme que no existen imposibles cuando contamos con el respaldo y apoyo de Dios.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme gozar de salud y vida, por poner en mi camino a un sinnúmero de buenas personas, quienes de una u otra forma me han ayudado a seguir mis sueños.

A mis padres y toda mi familia, por su apoyo incondicional y por exigirme siempre a cumplir todas las metas que me he propuesto.

A mis amigos, por haber crecido personal y profesionalmente a mi lado y por todos los momentos que pudimos compartir.

Al MsC. Fernando Flores, por su paciencia y apoyo a lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.2 ALCANCE	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 FUNDAMENTO TEÓRICO	4
1.4.1 ANTECEDENTES	4
1.4.2 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN.....	4
1.4.2.1 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN EN ECUADOR.....	6
1.4.3 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	7
1.4.3.1 Características de la televisión digital terrestre.....	8
1.4.3.2 Estándares de televisión digital terrestre	9
1.4.3.2.1 ATSC.....	10
1.4.3.2.2 DVB-T	11
1.4.3.2.3 ISDB-T	13
1.4.3.2.4 ISDB-Tb	15
1.4.3.3 Transport Stream.....	15
1.4.3.3.1 Paquetes PES.....	15
1.4.3.3.2 Tablas PSI.....	16
1.4.4 VIDEO	17
1.4.4.1 Conceptos de video digital.....	17
1.4.4.1.1 Tamaño de resolución.....	17
1.4.4.1.2 Velocidad de fotograma.....	18
1.4.4.2 Triángulo de exposición.....	18
1.4.4.2.1 Sensibilidad ISO.....	19
1.4.4.2.2 Apertura de diafragma.....	19
1.4.4.2.3 Velocidad de obturación.....	20
1.4.4.3 Composición:.....	20

1.4.4.3.1	<i>Encuadre</i>	20
1.4.4.3.2	<i>Ángulos</i>	20
1.4.4.3.3	<i>Leyes</i>	22
1.4.5	AUDIO.....	23
1.4.5.1	Ecualización.....	23
1.4.5.2	Compresión.....	24
1.4.5.3	Masterización.....	25
2	METODOLOGÍA.....	26
2.1	PREPRODUCCIÓN.....	26
2.1.1	RECURSOS.....	26
2.1.1.1	Recursos técnicos.....	26
2.1.1.2	Software.....	27
2.1.1.3	Recursos humanos.....	27
2.1.1.4	Escenografía.....	28
2.1.2	GUIÓN TELEVISIVO.....	28
2.1.3	STORY BOARD.....	29
2.1.4	PRUEBA DE SONIDO Y TRANSMISIÓN.....	31
2.2	PRODUCCIÓN.....	32
2.2.1	CONFIGURACIÓN Y SINCRONIZACIÓN.....	32
2.2.2	FACEBOOK.....	32
2.2.3	OBS.....	33
2.3	POSTPRODUCCIÓN.....	35
2.3.1	EDICIÓN DE AUDIO.....	35
2.3.2	EDICIÓN DE VIDEO.....	37
2.3.3	EXPORTACIÓN DE MEDIOS.....	38
2.4	GENERACIÓN DE TRANSPORT STREAM.....	40
2.4.1	INSTALACIÓN VIRTUAL BOX.....	40
2.4.2	INSTALACIÓN LINUX UBUNTU.....	41
2.4.3	INTRODUCCIÓN A OPENCASER.....	42
2.4.4	INSTALACIÓN DE OPENCASER.....	43
2.4.4.1	Requerimientos.....	43
2.4.4.2	Pasos para la instalación.....	43
2.4.5	GENERACION DE TS CON OPENCASER.....	44
2.4.5.1	Elementos de audio y video.....	44
2.4.5.2	Generación de tablas PSI/SI.....	49
2.4.5.2.1	<i>Encabezado del script</i>	49
2.4.5.2.2	<i>Definición de la red: NIT</i>	50

2.4.5.2.3	<i>Definición de los servicios: SDT</i>	52
2.4.5.2.4	<i>Definición del mapa de programas: PAT</i>	52
2.4.5.2.5	<i>Definición de los componentes del servicio: PMT</i>	53
2.4.5.2.6	<i>Creación de secciones y archivos .ts</i>	54
2.4.5.3	Generación del flujo único de paquetes de transporte TS.....	55
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
3.1	TRANSMISIÓN.....	57
3.1.1	MODULADOR UT-210	57
3.1.2	INTRODUCCIÓN A TSPLAYER	58
3.1.2.1	Panel de control de transmisión.....	60
3.1.2.2	Ajustes de transmisión del modulador	61
3.1.2.2.1	<i>Frecuencia:</i>	61
3.1.2.2.2	<i>Intervalo de guarda</i>	61
3.1.2.2.3	<i>Modo de transmisión</i>	62
3.1.2.2.4	<i>Tasa de código</i>	62
3.1.2.2.5	<i>Constelación</i>	63
3.2	ESCENARIO DE PRUEBA	67
3.3	ALTERNATIVA	70
3.3.1	VENTAJAS	72
3.3.2	DESVENTAJAS.....	72
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
4.1	CONCLUSIONES.....	73
4.2	RECOMENDACIONES.....	74
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	ANEXOS.....	79

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de transmisión de canal local de TDT utilizando el modulador UT-210 que permite que las estaciones de televisión que prestan un servicio local analógico puedan actualizar a un sistema digital con mejor calidad de audio y sonido. Para esto se realiza la preproducción, producción y postproducción de un video en alta calidad el cual será transmitido en un formato Transport Stream hacia cualquier televisor con un receptor de señal digital.

En el capítulo 1 se describen las principales características de la televisión digital, su historia y estándares. Además, se estudian los conceptos básicos de la teoría de audio (ecualización, compresión y masterización), video (triángulo de exposición y composición), especialmente el esquema de multiplexación Transport Stream (paquetes PES, tablas PSI).

En el capítulo 2 se muestra el proceso para la creación del video final obtenido a partir la preproducción, producción y postproducción; y la generación de paquetes PES, tablas PSI y el flujo único de Transport Stream en el sistema operativo Linux/Ubuntu en el software OpenCaster.

En el capítulo 3 se realizan las pruebas de transmisión en un escenario real mediante el uso del modulador UT-210 y el software TSPlayer. Además de la implementación de una alternativa para reducir el tiempo y la carga computacional al momento de generar el flujo único de Transport Stream.

Finalmente, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones y recomendaciones que derivan de la realización de este proyecto de titulación.

PALABRAS CLAVE: Televisión, Digital, Audio, Video, Transport, Stream, TS, Transmisión.

ABSTRACT

This paper presents the development of a local TDT channel transmission prototype using the UT-210 modulator. It allows the TV stations, that provide an analog local service, can upgrade to a digital system with better audio and sound performance. For this, the pre-production, production, and post-production was done in a high-quality video which will be transmitted in a Transport Stream format to any television with a digital signal receiver.

Chapter 1 describes the main characteristics of digital television, its history, and standards. In addition, the study of the basic concepts of audio theory (equalization, compression, and mastering), video (exposure triangle and composition), especially the Transport Stream multiplexing scheme (PES packets, PSI tables).

Chapter 2 shows the process for creating the final video obtained from pre-production, production, and post-production; and the generation of PES packets, PSI tables and the unique Transport Stream in the Linux/Ubuntu operating system in OpenCaster software.

In chapter 3, the transmission tests are carried out in a real scenario using the UT-210 modulator and the TSPlayer software. In addition to the implementation of an alternative to reduce the time and computational load when generating the unique Transport Stream.

Finally, chapter 4 presents the conclusions and recommendations that derive from the realization of this titling project.

KEY WORDS: Television, Digital, Audio, Video, Transport, Stream, TS, Transmission.

1 INTRODUCCIÓN

Un medio de comunicación que ha sido parte de la vida cotidiana de gran porcentaje de la población ecuatoriana es la televisión, con sus diferentes formatos y calidades, ya que llega a todos los hogares del país sin importar su ubicación geográfica o clase social. Su propósito inicial era entretener e informar a los televidentes, pero, ha evolucionado de manera exponencial ofreciendo de esta manera nuevos servicios y una mejor calidad de audio y video, cambiando así, la forma de ver televisión.

El cambio más representativo dentro de la industria televisiva fue la aparición de la televisión a color, seguido de la Televisión Digital que llegó con un amplio catálogo de herramientas y con la mejor calidad que se podría ofrecer, de esta manera el impacto que ha tenido la televisión lejos de decrecer ha incrementado ya que permiten informar a la población general y local con asuntos de interés como salud, entretenimiento, educación y más.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general de este Proyecto Técnico es:

Desarrollar un prototipo de transmisión de un canal local de TDT utilizando modulador UT-210.

Los objetivos específicos del Proyecto Técnico son:

- Recopilar contenido multimedia (audio y video) de alta calidad.
- Seleccionar un software capaz de procesar archivos en formato .ts (Transport Stream).
- Configurar las especificaciones de transmisión y modulación del dispositivo UT-210.
- Realizar pruebas para analizar el funcionamiento del prototipo de transmisión del canal TDT y los resultados.

1.2 ALCANCE

Este trabajo explorará el diseño de transmisión de un canal de televisión digital, basado en contenido multimedia de alta calidad producido, grabado y editado, donde el sistema digital trabajará en conjunto con el sistema analógico que todos los canales tienen ya implementados en la actualidad. Además, el televidente tendrá la posibilidad de comparar la diferencia en la calidad de estos dos sistemas.

Este proyecto se enfoca específicamente en el diseño de un prototipo de transmisión de canal local de TDT mediante el modulador UT-210, dispositivo encargado de la modulación y transmisión del contenido multimedia. Se requiere por parte del usuario únicamente un televisor con un receptor de televisión digital para poder sintonizar este canal.



Figura 1.1. Diagrama de bloques para el Prototipo de canal de televisión digital.

El procedimiento por seguir se compone de 4 pasos como se puede observar en la Figura 1.1.

El contenido que se visualizará se obtendrá de grabaciones de audio y video que serán previamente editadas, cada una de estas grabaciones se programarán para contar con todo el equipo técnico (cámaras y micrófonos).

El primer paso de este proyecto está basado en la grabación del contenido multimedia, mismo que será en una sesión programada con equipos de grabación profesional como: una cámara digital Sony Alpha 7I, Sony Alpha 7III, Sony Alpha 6000, GoPro Hero 5, cables (energía, hdmi, cannon, plug), Blackmagic Atem mini pro, micrófonos, consola de audio, iluminación. Todos estos equipos se juntan para obtener archivos en formato MP4, uno de estos es un archivo general que será grabado en OBS Studio que es un software libre y de código abierto para grabación de video y transmisión en vivo [1], mientras que los demás archivos serán grabados individualmente en las cámaras de video y en la consola de audio.

Las grabaciones se realizan de esta manera para seguir con el segundo paso, donde se realizará la edición de audio y video, cargando el video crudo en Adobe Premiere Pro, un software de edición de videos líder del sector para películas, TV y sitios web, permite crear material de archivo en películas y videos de gran calidad [2]. Mientras que el audio extraído de la consola se cargará en Adobe Audition, un software que cuenta con un conjunto de herramientas completo incluye funciones de multipista, forma de onda y visualización espectral para crear, mezclar, editar y restaurar contenido en formato de audio proporcionando una mezcla acabada de sonido de gran calidad [3].

El video final se exportará en resolución de imagen Full HD, es decir 1080p (1920 x 1080 píxeles) y en formato .avi (audio video interleave, audio y video intercalado) que es un tipo de contenedor introducido por Microsoft, el cual está muy estandarizado en la industria, las pistas de audio y de video se graban de forma consecutiva en diferentes capas, pero necesita mucho espacio de almacenamiento [4].

Como tercer paso el video final editado y exportado se realizará la generación de flujo único de Transport Stream en el software OpenCaster, en el sistema operativo Ubuntu/Linux. Obteniendo de esta manera un archivo .ts listo para la transmisión.

Sin embargo, también se realizarán las pruebas con la alternativa de exportar directamente el video desde Adobe Premier Pro en un formato m2t el cual, sin ningún proceso adicional ya es compatible para la transmisión de televisión digital.

Finalmente, el usuario podrá observar el producto final en un televisor que cuente con un receptor de señal digital.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente el servicio gratuito de televisión por señal abierta está disponible para toda la población y para acceder a una mejor calidad de imagen, sonido, cero ruidos y otros beneficios está disponible la Televisión Digital Terrestre (TDT) [5]. Este servicio se pretende implementar en canales locales que cuentan solo con el servicio de televisión analógica para pequeños sectores de la población, ya que solo se ha implementado en canales ya establecidos, que entregan su servicio a nivel nacional, los cuales tienen la capacidad económica suficiente para realizarlo.

El modulador UT-210 es el medio ideal para este propósito. Sus características permiten procesar un video en formato .avi y transmitirlo hacia un televisor, la ventaja de este formato es que da oportunidad a que el procesamiento se realice audio y video por separado ya que son grabados en diferentes capas.

El uso de equipo profesional y el aprendizaje de conceptos de grabación de audio y video serán los elementos principales que se utilizarán en este proyecto para obtener la mejor calidad posible, de manera que el televidente observe la diferencia que tiene la televisión digital sobre la televisión analógica tradicional.

El video final obtenido de las grabaciones y posteriormente editado, junto con el uso del modulador UT-210 para la transmisión son un medio válido para poder implementar una estación de televisión digital en un canal local. Tanto la televisión digital como la analógica pueden trabajar de la mano para brindar un servicio más completo a todo el público local, ofreciendo una mejor calidad de audio y video con su tecnología digital, pero sin dejar de ofrecer el servicio analógico a los usuarios que aún no puedan acceder a la tecnología recientemente implementada.

1.4 FUNDAMENTO TEÓRICO

1.4.1 ANTECEDENTES

Como se sabe, la televisión es un medio de comunicación tradicional que es capaz de realizar transmisión y recepción de audio y video a distancia. Nos permite conocer lugares nuevos, tradiciones, culturas, disfrutar de un sinfín de deportes en vivo, telenovelas, películas, entre otros a través de los diferentes contenidos que son presentados a los televidentes.

Pese al desarrollo de la Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), el medio de comunicación más usado a nivel mundial es la televisión ya que posee una gran variedad de aplicaciones en educación, información, sociedad, negocios, entre otros.

Según el Censo del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos realizado en 2010 [6], el 85,1% de la población ecuatoriana, cuenta con al menos un televisor como parte del equipamiento del hogar, y ve en promedio 3 horas diarias de televisión, lo que ha mantenido a este medio de comunicación como el más popular y eficaz del país.

1.4.2 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN

La forma en que la gente ve la televisión ha cambiado drásticamente desde que el medio irrumpió en escena por primera vez en las décadas de 1940 y 1950 y transformó para siempre la vida de las personas. Década tras década, la tecnología de la televisión ha avanzado constantemente: el color llegó en la década de 1960, seguido por el cable en la década de 1970, las videograbadoras en la década de 1980 y la alta definición a finales de la década de 1990. En el siglo XXI, es tan probable que los espectadores

vean programas en teléfonos celulares, computadoras portátiles y tabletas que en un televisor. Sin embargo, sorprendentemente, todos estos cambios tecnológicos fueron esencialmente solo mejoras en un sistema básico que ha funcionado desde finales de la década de 1930, con raíces que se remontan incluso más atrás que eso [7].

Los orígenes de la televisión se remontan a las décadas de 1830 y 1840, cuando Samuel Finley Breese Morse desarrolló el telégrafo, el sistema de envío de mensajes (traducidos en pitidos) a través de cables. Otro importante paso adelante se produjo en 1876 con el teléfono de Alexander Graham Bell, que permitió que la voz humana viajara a través de cables a largas distancias.

Tanto Bell como Thomas Edison especularon sobre la posibilidad de dispositivos similares a teléfonos que pudieran transmitir imágenes y sonidos. Pero fue un investigador alemán quien dio el siguiente paso importante hacia el desarrollo de la tecnología que hizo posible la televisión. En 1884, Paul Nipkow ideó un sistema para enviar imágenes a través de cables mediante discos giratorios. Lo llamó telescopio eléctrico, pero fue esencialmente una forma temprana de televisión mecánica.

A principios de la década de 1900, tanto el físico ruso Boris Rosing como el ingeniero escocés Alan Archibald Campbell-Swinton trabajaron de forma independiente para mejorar el sistema de Nipkow reemplazando los discos giratorios con tubos de rayos catódicos, una tecnología desarrollada anteriormente por el físico alemán Karl Braun. El sistema de Swinton, que colocaba tubos de rayos catódicos dentro de la cámara que enviaba una imagen, así como dentro del receptor, fue esencialmente el primer sistema de televisión totalmente electrónico.

En 1923, el ingeniero ruso Vladimir Zworykin trabajaba en la empresa de fabricación Westinghouse con sede en Pittsburgh cuando solicitó su primera patente de televisión, el "Iconoscopio", que utilizaba tubos de rayos catódicos para transmitir imágenes.

Mientras tanto, el ingeniero escocés John Baird dio la primera demostración mundial de televisión verdadera ante 50 científicos en el centro de Londres en 1927. Con su nuevo invento, Baird formó Baird Television Development Company, y en 1928 logró la primera transmisión de televisión transatlántica entre Londres y Nueva York y la primera transmisión a un barco en medio del Atlántico. A Baird también se le atribuye la primera demostración de televisión en color y estereoscópica.

En 1939 ocurre un gran impacto tecnológico por parte de Camarena González, al inventar lo que hoy en día conocemos como la televisión a color con el Sistema Tricromático Secuencial de Campos. Después de un año este sistema fue ligeramente mejorado e introducido por el inventor Peter Goldmark en la ciudad de Nueva York, pero, el sistema de color debía ser compatible con las emisiones a blanco y negro, debido al número de televisores que ya contaban con esta tecnología; por esta razón un grupo de ingenieros en 1951, desarrollan el primer sistema de televisión a color que tenía esta doble compatibilidad.

1.4.2.1 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN EN ECUADOR

En Ecuador, la historia de la televisión inicia en los años 50, cuando el ingeniero norteamericano Gliford Hartwell, en 1954, decide reparar con mucha paciencia un equipo de televisión que encontró abandonado en las bodegas de su compañía, la empresa General Electric de Syracussa, New York. Envía los equipos desde New York, arribando a la ciudad de Quito después de aproximadamente 4 años de reparación, para fundar la primera televisora en el país [8].

Con una finalidad evangelizadora y social, la iglesia evangélica impulsa la creación de la televisión en Ecuador. En 1957, antes de que los equipos lleguen al país, los misioneros solicitan a la Dirección General de Telecomunicaciones una licencia para instalar televisoras en las principales ciudades del país, Quito y Guayaquil. Sin embargo, al no existir un reglamento para este tipo de procedimientos en Ecuador, esta petición es negada.

En los años 50, la manabita Linda Zambrano originaria de Bahía de Caráquez, junto a su esposo el alemán Horts Michael Rosebaum, fueron los pioneros con la televisión en el Ecuador, los dos apasionados por los artículos innovadores y la tecnología asistieron a una exposición que se hizo por pedido de la Unión Nacional de Periodistas, para que los quiteños puedan ver imágenes blanco y negro en la televisión traída por el ingeniero norteamericano Gliford Hartwell.

Curiosos por el nuevo invento e investigando por el mismo, asistieron a la Feria Internacional de la Tecnología en Alemania y fue ahí en donde se encontraron con la novedosa televisión y deciden traerla para darla a conocer y el 1 de junio de 1960 se otorga el permiso para manejar la “Primera Televisión Ecuatoriana”, la cual fue denominada de esta manera al no tener ningún tipo de competencia, estación ubicada en la ciudad de Guayaquil correspondiente a Canal 4, lo que hoy conocemos como RTS (RedTeleSistema) [9]. Por azares del destino, a la par, con el uso de los equipos traídos

por el ingeniero norteamericano Gliford Hartwell en la ciudad de Quito en el año 1961 se aprobaba la estación de televisión HCJB TV (Hoy Cristo Jesús Bendice) conocida hoy como Televozandes.

En las faldas del volcán Guagua Pichincha en la ciudad de Quito en el año 1964, se instala la primera antena de televisión. Mientras tanto en otro lugar del país se da un acontecimiento importante ya que entra en funcionamiento Teleecuador (hoy RTS), canal 6 en Quito y 4 en Guayaquil, convirtiéndose de esta manera en el primer canal comercial del Ecuador de propiedad privada.

Es así como se comienza a escribir la historia de la televisión ecuatoriana. Posteriormente se crean nuevas estaciones televisivas de alcance nacional como las que podemos observar en Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Fecha de creación de canales de cobertura nacional de Ecuador [10].

Fecha de creación	Nombre del canal	Constitución
1 de marzo de 1967	Ecuavisa	Privado
30 de mayo de 1969	TC Televisión	Privado (incautado desde el 2008)
22 de febrero de 1974	Teleamazonas	Privado
18 de abril de 1977	Gamavisión	Privado (incautado desde el 2008)
6 de noviembre de 1992	Canal UNO	Privado
3 de noviembre de 1993	Telerama	Privado
10 de enero de 2005	RTU	Privado
26 de octubre de 2007	ECTV	Público

1.4.3 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La televisión Digital Terrestre (TDT) es la transmisión de imágenes en movimiento y su sonido asociado que codifica los datos de manera binaria a través de una red de trasmisores terrestres, de esta manera se obtiene una mejor calidad de audio y video, a diferencia de la televisión tradicional, la cual codifica los datos de manera analógica.

La TDT al igual que televisión tradicional es transmitida por ondas terrestres, por lo cual, la señal es enviada a través de antenas y es visualizada en televisores que cuenten con un receptor digital o en televisores analógicos acoplados a un accesorio creado para recibir señales digitales (TVbox, Chromecast, AppleTV, etc).

Como era de esperarse la TDT tiene ciertas ventajas respecto a la transmisión de televisión tradicional y las cuales son similares a las de otros medios de transmisión

digital como la televisión por cable o la televisión por satélite, el uso más eficiente del espectro radioeléctrico, capacidad de transmisión de audio y video de mejor calidad, menores costos de transmisión, entre otros.

1.4.3.1 Características de la televisión digital terrestre

La televisión digital terrestre trae consigo varias características que por el momento no se podrían proporcionar en la televisión tradicional, las cuales se detallan a continuación:

a. Mayor aprovechamiento del ancho de banda

La televisión analógica realiza la transmisión de un único programa de televisión por cada canal UHF (que puede tener un ancho de banda de 6MHz, 7MHz u 8MHz). Además, para evitar interferencias, los canales contiguos al que tiene lugar una emisión deben estar libres.

Lo que permite que se pueda transmitir varios programas con una calidad similar a la de un DVD o un par con canales en calidad HD en el ancho disponible de un solo canal UHF es la codificación digital, la cual consiste en la traducción de los valores analógicos que ya han sido cuantificados al sistema binario, mediante códigos preestablecidos.

La televisión digital utiliza la codificación MPEG-2 que es la denominación para un grupo de estándares de codificación de audio y video establecido por MPEG (grupo de expertos en imágenes en movimiento). MPEG-2 es parecido a MPEG-1, pero además facilita el soporte para video entrelazado el cual es el formato usado por los televisores, para transportar audio y video digital por medios impredecibles e inestables define e introduce los flujos de transporte.

b. Mayor calidad de imagen y sonido

Como consecuencia del mayor aprovechamiento del ancho de banda, las transmisiones de Televisión Digital Terrestre pueden tener una mayor calidad audiovisual.

La transmisión terrestre de televisión se ve afectada por ciertas interferencias que se presentan como zonas de sombra, reflexiones que provocan ecos y la dispersión de la energía de su señal. La transmisión digital terrestre, al codificar su señal de manera lógica es capaz de corregir, hasta cierto punto, los problemas de interferencias que se presentan en la transmisión analógica como lo son: nieve, ruido en la imagen, colores deficientes, imágenes dobles y la baja calidad

en el sonido. Sin embargo, cuando la interferencia ha modificado la señal de manera significativa, el receptor no es capaz de reparar estos errores, lo que posteriormente deriva en la congelación de partes de la imagen o en la interrupción del sonido.

c. Mayor número de emisiones de televisión

Como consecuencia del mayor aprovechamiento del ancho de banda, es posible transmitir mayor cantidad de señales por un mismo canal de la TDT.

Puesto que se pueden transmitir varios programas digitales en el ancho de banda empleado por un canal analógico, la transmisión digital deriva en un importante ahorro de energía para un canal y como consecuencia implica una reducción de costos para los teledifusores.

d. Interactividad

Es posible brindar servicios adicionales a solamente un programa de televisión, ofreciendo al usuario la capacidad de personalizar el contenido audiovisual como: programación de canales, participar en votaciones, concursos, participar en los mismo programas de televisión, adquirir productos o servicios y toda esta interacción se la realiza por medio de un canal de retorno, usando el televisor como interfaz de salida y el control remoto como el enlace interactivo [10].

1.4.3.2 Estándares de televisión digital terrestre

La tecnología ha ido evolucionando a lo largo del tiempo y la televisión no fue la excepción mediante la transición de la televisión analógica a la televisión digital terrestre el cual se dio principalmente por el interés de los gobiernos de cada país por aprovechar de manera más eficiente el espectro usado por la televisión analógica, ofertar una mayor cantidad de canales e impulsar nuevas facilidades y servicios que únicamente podrá ofrecer la televisión digital.

En Estados Unidos inicia el desarrollo de los diferentes estándares de Televisión Digital Terrestre con el sistema ATSC, mientras que en Europa con el sistema DVB-T. Japón desarrolla su propio estándar tomando como referencia estos dos sistemas, ISDB-T, el mismo que es adoptado por Brasil, quienes implementan ciertas características para distribuirlo como ISDB-T Internacional o ISDB-Tb. China, finalmente, crea su propio estándar designado DTMB.

1.4.3.2.1 ATSC

El Comité de Sistemas de Televisión Avanzada o por sus siglas en inglés Advanced Television Systems Committee, es una organización internacional sin fines de lucro que desarrolla estándares voluntarios para la televisión digital. Las asociaciones que pertenecen a ATSC representan diferentes industrias de transmisión, equipos de transmisión, películas, electrónica de consumo, computadoras, cable, satélite y semiconductores [11].

El sistema normalizado por ATSC prevalece la alta definición (HDTV - High Definition Television) como una imagen panorámica, pantalla ancha, una relación de aspecto de 16:9, una resolución de 1920x1080 o 720x1280 pixeles. Una resolución seis veces mayor a la de estándares anteriores. Pero, también soporta imágenes de diferentes tamaños, pueden transmitirse por un solo canal de televisión de 6MHz de ancho de banda hasta seis canales virtuales de resolución estándar. Mediante el sistema Dolby Digital soporta audio de calidad teatral.

El sistema ATSC acepta un número de resoluciones y de imágenes por segundo definidos.

Tabla 1.2. Formatos enumerados por resolución.

Resolución		Relación de aspecto	Frecuencia (Hz o fps)
Vertical	Horizontal		
288	352	4:3 o 16:9	25
480	640	4:3	29.97 (59.94 campo/s)
			30 (60 campo/s)
			23.976
			24
			29.97
	704	4:3 o 16:9	30
			59.94
			60
			29.97 (59.94 campo/s)
			30 (60 campo/s)
576	352	4:3 o 16:9	23.976
			24
			29.97
			30
			59.94
			60
			25 (50 campo/s)

	480	4:3 o 16:9	25
			25 (50 campo/s)
			25
			25 (50 campo/s)
	544	4:3 o 16:9	25
			25 (50 campo/s)
			25
			25 (50 campo/s)
720	4:3 o 16:9	25	
		25 (50 campo/s)	
		25	
		50	
720	1280	16:9	23.976
			24
			25
			29.97
			30
			50
			59.94
			60
1080	1920	16:9	25 (50 campo/s)
			29.97 (59.94 campo/s)
			30 (60 campo/s)
			23.976
			24
			25
			29.97
			30

Entre los países que utilizan el sistema de ATSC se encuentran: Estados Unidos, Canadá, México, Corea del Sur, República Dominicana, Surinam, Jamaica, Bahamas, Puerto Rico, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Samoa Americana, Guam, Islas Marianas del Norte, Haití.

1.4.3.2.2 DVB-T

Difusión de Video Digital - Terrestre o por sus siglas en inglés Digital Video Broadcasting – Terrestrial, fue creado por la organización europea DVB para la transmisión de televisión digital terrestre. A pesar de ser un sistema desarrollado para canales de 8MHz puede ser utilizado con 8, 7 o 6 MHz de ancho de banda [12].

Este sistema transmite audio, video y más datos mediante un flujo MPEG-2, en su codificación para poder corregir los errores utiliza Forward Error Correction (FEC) para añadir la redundancia y protección suficiente para que esta sea más robusta. En la transmisión usa un esquema de modulación OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing un tipo de modulación multiportadora que al ser combinado con la

codificación para la corrección de errores resulta en una transmisión de tipo COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Tabla 1.3. Países y territorios que utilizan el estándar DVB-T.

Europa	África	Asia	América	Oceanía
Andorra	Argelia	Abjasia	Anguila	Australia
Albania	Benin	Afganistán	Aruba	Fiyi
Alemania	Burkina Faso	Arabia	Bermudas	Islas Salomón
Austria	Cabo Verde	Saudita	Bonaire	Islas Marshall
Bélgica	Camerún	Armenia	Colombia	Kiribati
Bielorrusia	Costa de Marfil	Azerbaiyán	Curazao	Nauru
Bosnia y Herzegovina	Egipto	Bangladés	Groenlandia	Nueva Celedonia
	Etiopía	Baréin	Guayana Francesa	
Bulgaria	Gabón	Birmania	Haití	Nueva Zelanda
Chipre	Ghana	Brunéi	Islas Georgias del Sur y Sandwich del Sur	Polinesia Francesa
Croacia	Kenia	Bután	Islas Malvinas	Tokelau
Dinamarca	Malí	Catar		
Eslovaquia	Madagascar	Corea del Norte	Islas Vírgenes Británicas	Tuvalu
Eslovenia	Marruecos	Emiratos Árabes Unidos		
Estonia	Mayotte	Georgia		
Finlandia	Namibia	India	Martinica	
Francia	Níger	Indonesia	Panamá	
Gibraltar	Nigeria	Irak	San Martín	
Grecia	Lesoto	Irán	San Pedro y Miquelón	
Guernsey	Libia	Israel	Trinidad y Tobago	
Hungría	Tanzania	Jordania		
Isla de Man	República Centroafricana	Kazajistán		
Irlanda	República del Congo	Kirguistán		
Islandia		Líbano		
Islas Feroe	República Democrática del Congo	Malasia		
Jersey		Mongolia		
Letonia		Nepal		
Lituania	Santa Elena, Ascensión y Tristán de Acuña	Omán		
Luxemburgo		Osetia del Sur		
Kosovo		Palestina		
Macedonia del Norte		Artsaj		
Malta	Sierra Leona	Singapur		
Modavia	Senegal	Siria		
Montenegro	Suazulandia	Tailandia		
Noruega	Sudáfrica	Taiwan		

Países Bajos	Sudán	Tayikistán		
Polonia	Togo	Turquía		
Portugal	Túnez	Uzbekistán		
Reino Unido	Uganda	Vietnam		
República Checa	Zambia			
	Zimbabue			
Rusia				
Serbia				
Suecia				
Transnistria				
Ucrania				
Ciudad del Vaticano				

1.4.3.2.3 ISDB-T

Radio difusión Digital Terrestre de Servicios Integrados o por sus siglas en inglés Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial es un conjunto de normas desarrollado originalmente en Japón y está diseñado para realizar transmisiones de radio y televisión digital.

Está disponible para soportar distintas resoluciones de pantalla y transmitir simultáneamente programas HDTV y “One-seg”, este último es un servicio de transmisión para receptores portátiles (teléfonos celulares) [13]. Además, realiza transmisión de datos mediante Internet con un canal de retorno con diferentes protocolos y sobre varios medios, usado para manejar servicios interactivos.

Este sistema está diseñado para transmitir en simultáneo un canal HDTV y un canal móvil para teléfonos celulares, en un ancho de banda de 6MHz, permite seleccionar la transmisión de un solo canal HDTV o entre dos y tres canales en definición estándar (SDTV), posee la capacidad de manejar servicios interactivos con transmisión de datos, como compras o juegos, ya sea mediante Internet de banda ancha o vía línea telefónica.

El sistema ISDB-T para la compresión y codificación de audio y video utiliza MPEG-2, aunque permite también el uso de otros formatos de compresión de video, como el MPEG-4 y JPEG, utiliza la modulación BST-OFDM (Band Segmented Transmission - Orthogonal Frequency Division Multiplexing), la cual divide la banda de frecuencia de un canal en trece segmentos, donde s0 es generalmente usado para 1seg, s1-s12 se usan para un HDTV o tres SDTV).

Tabla 1.4. Espectro de la estructura de 13 segmentos de ISDB-T.

s11	s9	s7	s5	s3	s1	s0	s2	s4	s6	s8	s10	s12
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

S0 es usado para 1seg, s1-s12 se usan para un HDTV o tres SDTV, el transmisor puede escoger la combinación de los segmentos a usar; opción por la cual es posible la flexibilidad del servicio. ISDB-T puede transmitir HDTV usando una señal de TV, cambiar a 3 SDTV o en cualquier momento cambiar a otro arreglo e incluso cambiar el esquema de modulación.

Se puede apreciar en la Figura 1.2 que el estándar japonés facilita la transmisión de un programa de alta definición, un programa de definición media junto con uno estándar o 3 programas solamente con definición estándar.

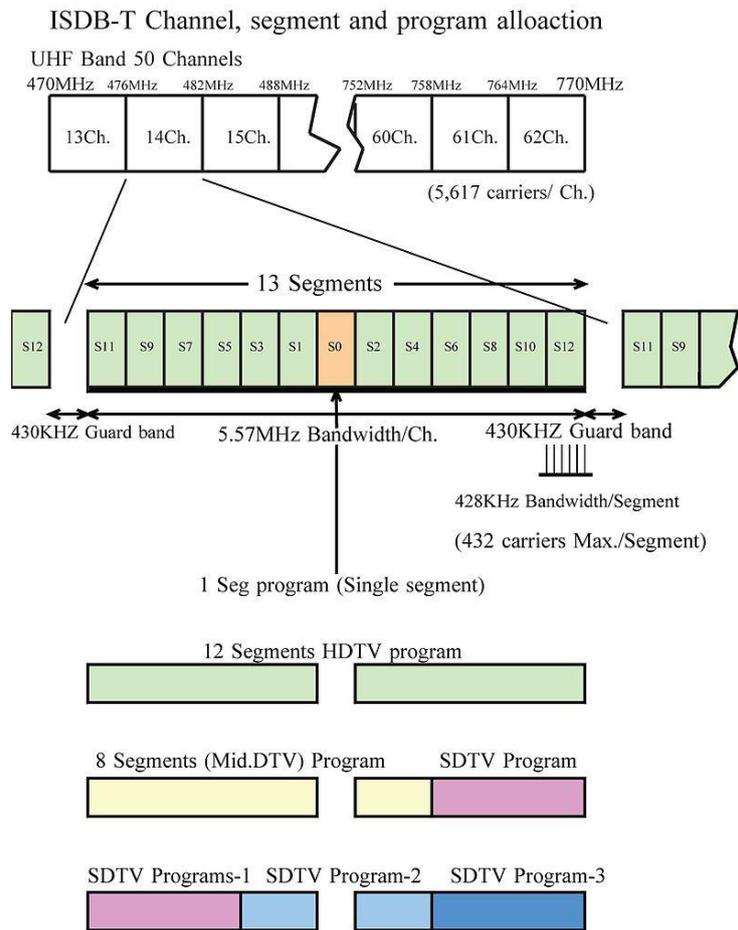


Figura 1.2. Canal de Transmisión en ISDB-T [14].

1.4.3.2.4 ISDB-Tb

ISDB-T Built-in, también conocido como ISDB-T Internacional es el estándar brasileño de televisión digital basado en el sistema japonés ISDB-T con la principal diferencia que en lugar de usar compresión de video MPEG-2, este estándar usa MPEG-4, el cual permite duplicar o hasta triplicar la cantidad de canales en el ancho de banda disponible.

1.4.3.3 Transport Stream

Transport Stream (TS) es un esquema de multiplexación de audio, video y datos especificado en los estándares de MPEG-2, el cual comprime de manera independiente los flujos de audio y video formando paquetes de información llamados paquetes TS, los cuales son traspasados al transmisor.

Como se puede observar en la Figura 1.3 el paquete TS posee una longitud constante de 188 bytes, de estos, 4 bytes corresponden a la cabecera, donde se realiza sincronización, indicación de errores, identificador de paquetes, control de cifrado, campo de adaptación y de carga y un contador de continuidad, mientras que los restantes son de información o carga útil.

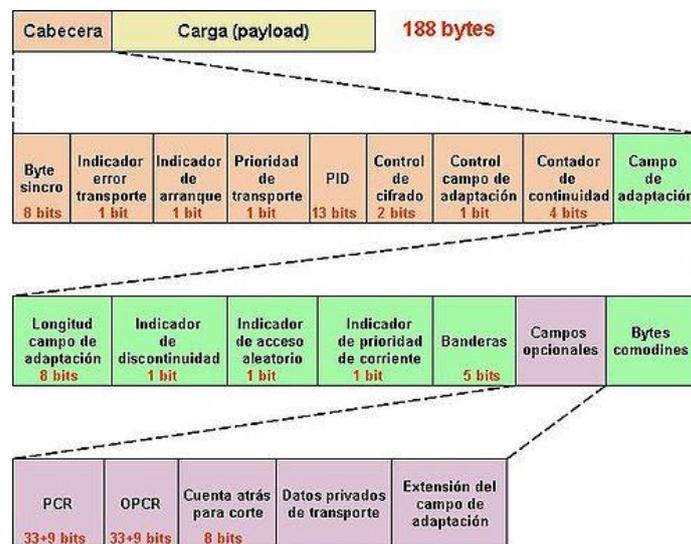


Figura 1.3. Esquema de un paquete TS [15].

1.4.3.3.1 Paquetes PES

Un flujo elemental empaquetado, o PES, consta de uno o varios flujos elementales (ES) que se han convertido en paquetes, cada uno de los cuales comienza con una cabecera. Un PES contiene solo un tipo de datos de una fuente, por ejemplo, desde un codificador de audio o video.

Los paquetes PES tienen una longitud variable, que no corresponde con la longitud fija de los paquetes de transporte, y pueden ser mucho más largos que estos. Los paquetes de transporte se forman a partir de un flujo de PES, la cabecera de PES se coloca al comienzo de la carga útil de un paquete de transporte, seguido de la cabecera del paquete de transporte como tal. El contenido del paquete PES restante llena las cargas útiles de los paquetes de transporte sucesivos hasta que se utiliza todo el paquete PES.

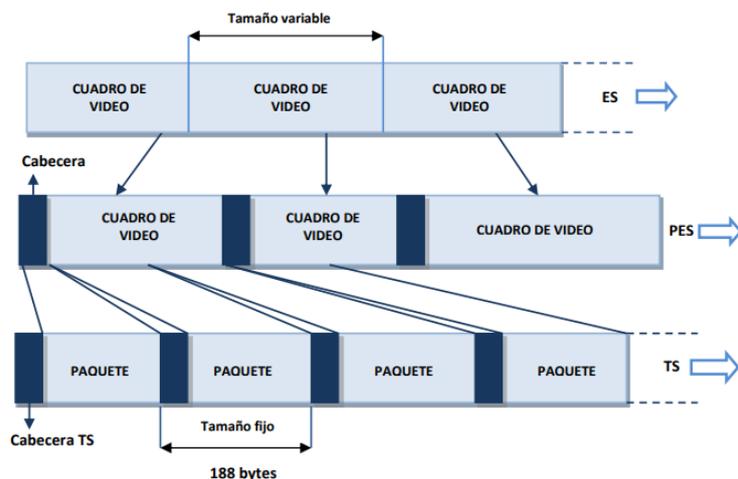


Figura 1.4. Estructura de paquetes Transport Stream [16].

1.4.3.3.2 Tablas PSI

Las tablas PSI (Program-specific information) proporcionan la información necesaria para el proceso de demultiplexación y decodificación, ya que en estas se incluye la información específica para percibir la información correcta de los diferentes flujos de datos.

Estos datos de PSI están constituidos en cuatro tipos de tablas:

- **Tabla de información de red (NIT):**
Provee la información necesaria sobre la red y la organización de los multiplexores o Transport Streams. Contiene marcadores con la información de las especificaciones físicas de red del transmisor. Dicha red estará conformada por algunos canales físicos que lleven tramas independientes, cada una con diferente información como teletexto, subtítulos, entre otros.
- **Tabla descriptora de servicios (SDT):**
Se encuentra información de los servicios que están en el TS e indica el título o nombre del servicio, entre otros datos adicionales, como el nombre del proveedor y el nombre del canal.

- Tabla de mapa de programas (PMT):
Indica e identifica la ubicación de los flujos que componen cada servicio y se genera a partir del programa que se encuentra presente en el TS. El receptor sintoniza o reconoce los canales o paquetes respectivamente necesarios en la decodificación ya que cada PMT transmite el PID y contenido de los ES.
- Tabla de asociación de programas (PAT):
Programas agrupa el número de programa con los paquetes de audio, video o datos a través del PID, pues cada PAT asigna el PID en el cual se transmiten los paquetes PMT o NIT.

1.4.4 VIDEO

1.4.4.1 Conceptos de video digital

Es fundamental conocer los diferentes formatos de video que existen para lo cual es necesario entender lo que significan todos y cada uno de los conceptos que determinan el tipo de formato en el que se trabajará, esto también nos permitirá configurar de una manera adecuada el proyecto. Los conceptos que se utilizan para definir el formato de video son principalmente: tamaño de resolución y velocidad de fotograma [4].

1.4.4.1.1 Tamaño de resolución.

El tamaño o resolución es el número de píxeles que forma una imagen digital. Un píxel es la menor unidad homogénea de color la cual forma parte de una imagen digital, sea esta una fotografía o un video [17].

Entonces, el número de píxeles de ancho por alto que tenga una imagen o video digital determinará su resolución y su calidad que es el nivel de detalle que se aprecia en la misma. Existen distintas resoluciones las cuales son detalladas en Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Principales resoluciones [18].

SIGLAS	NOMBRE	RESOLUCIÓN	OTRO NOMBRE
SD	Standard Definition	640 x 480 píxeles	
QHD	Quarter of High Definition	960 x 540 píxeles	
HD	High Definition	1280 x 720 píxeles	720p
FHD	Full High Definition	1920 x 1080 píxeles	1080p
QHD	Quad High Definition	2560 x 1440 píxeles	2K
UHD	Ultra High Definition	3840 x 2160 píxeles	4K
UHD 8K	Ultra High Definition 8K	7680 x 4320 píxeles	8K

1.4.4.1.2 Velocidad de fotograma

Es la frecuencia de registro o reproducción de imágenes o fotogramas. Es decir, es el número de imágenes por segundo que tendrá la secuencia de video.

Al igual que sucede con la resolución existen diferentes tipos de frame rate, en cine se trabaja con 24 fps, es decir, cada segundo pasará una secuencia de 24 imágenes, mientras más imágenes por segundo tenga un video este se apreciará mucho más fluido, las velocidades comunes son 24 fps, 25 fps, 30 fps y la máxima cantidad 60 fps.

1.4.4.2 Triángulo de exposición

Una exposición videográfica está conformada por tres variables fundamentales: la apertura de diafragma, velocidad de obturación y la sensibilidad ISO, las cuales se relacionan entre sí para formar el triángulo de exposición.



Figura 1.5. Triángulo de exposición [19].

1.4.4.2.1 Sensibilidad ISO

El ISO es un valor que muestra la sensibilidad o la cantidad de luz que un sensor de una cámara digital debe recoger. Tiene un parámetro fijo por defecto, que coincide con el valor más bajo de ISO, este parámetro de partida puede ser forzado para captar imágenes con menor cantidad de luz, pero, como consecuencia, es posible que pueda surgir cierta cantidad de ruido en la imagen, el cual será menor mientras menos sea forzado el sensor.

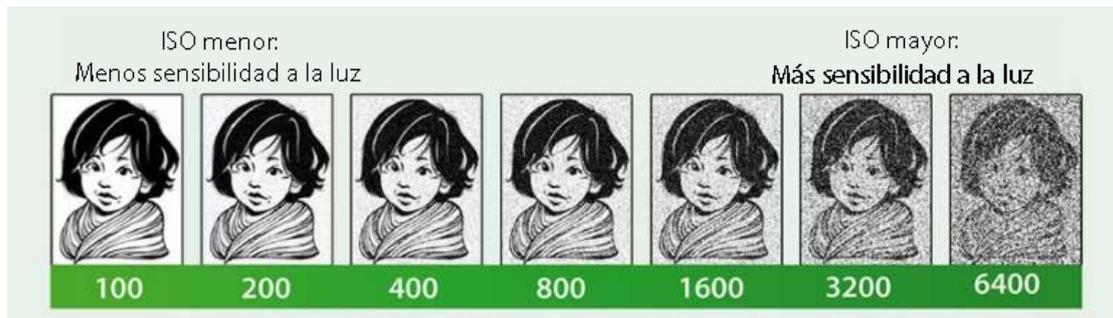


Figura 1.6. Ruido de una imagen en función del ISO [19].

1.4.4.2.2 Apertura de diafragma

La apertura de diafragma es el tamaño del orificio, el cual se encarga de regular la cantidad de luz que entra por el objetivo (lente) para llegar al sensor de la cámara. Al igual que el ojo humano que se cierra y se abre dependiendo de la cantidad de luz presente en el ambiente funciona la apertura de diafragma en el objetivo. El parámetro es inversamente proporcional al orificio de apertura, es decir, mientras menor sea el valor, más grande será el orificio en el objetivo y por lo tanto habrá mayor ingreso de luz hacia el sensor.

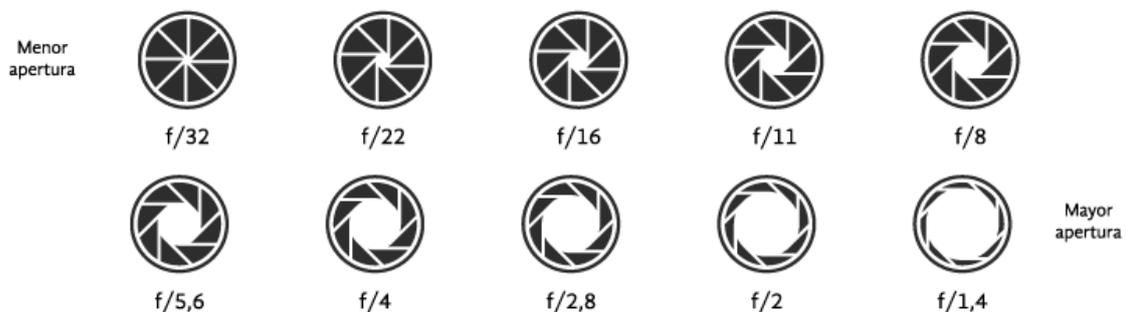


Figura 1.7. Apertura del diafragma [20].

1.4.4.2.3 Velocidad de obturación

La velocidad de obturación corresponde al inverso del tiempo de exposición, valor que determina el tiempo durante el cual el obturador está abierto y el sensor está recibiendo luz. Mientras menor sea el tiempo que llega luz al sensor, mayor será la velocidad y viceversa. Es medido en segundos y fracciones de segundos y los valores oscilan entre 30 segundos y $\frac{1}{8000}$ de segundo en las cámaras de mejor calidad.



Figura 1.8. Velocidad de obturación [21].

1.4.4.3 Composición:

La composición de la imagen es un conjunto de reglas o normas de diseño para ubicar los objetos comprendidos en una imagen, sea esta fija o móvil para incrementar su expresión artística y que la transmisión sea visualmente atractiva para el espectador.

1.4.4.3.1 Encuadre

Consiste en elegir y organizar los elementos que forman parte de la composición de la imagen, en otras palabras, es lo que el operador ubica dentro de la fotografía o video y la cantidad de escena que se debe captar, por lo que frente a un mismo objetivo el operador puede hacer diferentes tomas capturando unos y otros elementos.

1.4.4.3.2 Ángulos

Es la posición de la cámara al instante de realizar una fotografía o un video y dependiendo de esta posición es posible lograr diferentes estilos. Entre todos los ángulos, se pueden destacar 5.

1. Ángulo normal: se coloca la cámara al mismo nivel del objetivo y paralelo al suelo a fotografiar.



Figura 1.9. Ángulo normal [22].

2. Ángulo picado: consiste en colocar la cámara sobre el objetivo y ligeramente inclinada hacia el suelo.



Figura 1.10. Ángulo picado [22].

3. Ángulo contrapicado: se coloca la cámara por debajo del objetivo y ligeramente inclinado hacia el cielo, es decir, lo opuesto al ángulo picado.



Figura 1.11. Ángulo contrapicado [22].

4. Ángulo cenital: se coloca la cámara de manera perpendicular al suelo sobre el objetivo, en otras palabras, se coloca la cámara de arriba hacia abajo.



Figura 1.12. Ángulo cenital [22].

5. Ángulo nadir: consiste en colocar la cámara de abajo hacia arriba, de manera que quede completamente mirando al cielo, es decir, lo opuesto al ángulo cenital.

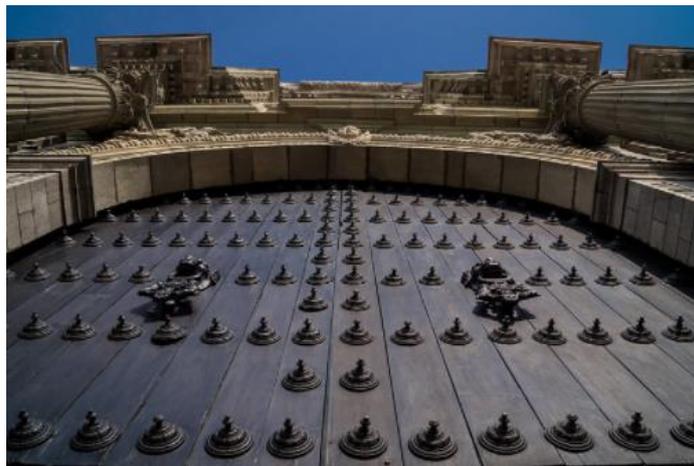


Figura 1.13. Ángulo nadir [22].

1.4.4.3.3 Leyes

- a. Ley de los tercios: consiste en la división de los lados del rectángulo en lo que se conoce como porciones doradas, para delimitar así cuatro puntos que se encuentran en posiciones estratégicas dentro de la superficie de la imagen, como lo muestra la Figura 1.14 [22].



Figura 1.14. Ley de los tercios [23].

- b. Ley de la mirada: radica en que se debe dejar más espacio por delante del sujeto que por detrás del mismo, sin importar el resto de los elementos que acompañen al sujeto en la imagen ni cuan estrecho o amplio sea el encuadre.



Figura 1.15. Ley de la mirada [24].

1.4.5 AUDIO

1.4.5.1 Ecuación

El elemento que modifica la curva de respuesta en frecuencia de un sistema de audio es el ecualizador, el cual emplea diferentes tipos de filtros para alterar la señal. Esta curva es la representación gráfica de la intensidad del sonido en función de la frecuencia a la cual es emitida.

Lo común en este tipo de curvas es que para ciertas frecuencias haya pérdida de potencia (atenuación) y que para otras exista una ganancia (amplificación), mientras que un escenario ideal es que no hubiese ninguna clase de pérdida ni ganancia de intensidad sonora para ninguna frecuencia. La función de la ecualización es corregir estas variaciones mediante el uso de filtros, los cuales realizan la acción inversa a la respuesta inicial de frecuencia, de esta manera se intenta obtener una respuesta plana.



Figura 1.16. Ecualizador.

Existen diferentes tipos de filtros los cuales realizan una modificación diferente en la señal:

- Filtros pasa bajos (Low pass filter - LPF): filtro que permite el paso a las frecuencias bajas mientras se opone al paso de frecuencias altas.
- Filtro pasa altos (High pass filter - HPF): filtro que permite el paso de frecuencias altas y se opone al paso de frecuencias bajas.
- Filtros pasa banda: filtro que al hacer una combinación de los anteriores permiten el paso de todas las frecuencias que se encuentran dentro de dos límites y se oponen al paso de las frecuencias que se encuentran por fuera de estos.
- Filtro rechazo de banda: filtro inverso al anterior, las frecuencias comprendidas dentro de los límites establecidos son rechazadas, mientras que las que se encuentran por fuera están permitidas.

1.4.5.2 Compresión

Un compresor, es un procesador con la capacidad de reducir el rango dinámico de una señal, haciendo uso de un amplificador controlado por voltaje (VCA) o por sus siglas en inglés, Voltage Controlled Amplifier. Para operar primero un detector de nivel verifica si la señal inicial supera o no un cierto nivel llamado umbral (threshold). Si la señal no supera el umbral el VCA toma un valor de ganancia 1 y la señal no se altera, pero si es superado, el VCA reducirá la ganancia en una proporción llamada relación de compresión (ratio), entonces si el ratio es 2:1, un exceso de 10 dB respecto al umbral se transformará en solo un exceso de 5 dB [25].

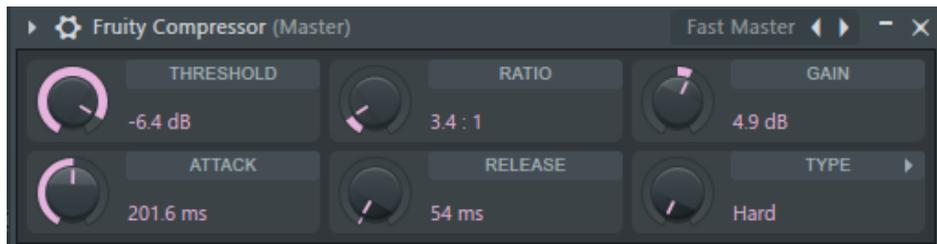


Figura 1.17. Compresor.

1.4.5.3 Masterización

El paso final en la producción de audio es la masterización la cual es la que se asegura de que el audio sonará lo mejor posible en cualquier formato o plataforma, utiliza herramientas antes vistas como la ecualización y la compresión, también el uso de limitadores y expansión estéreo.

2 METODOLOGÍA

En este capítulo se detallan las diferentes etapas para la producción, implementación y despliegue que conforman el prototipo de transmisión de canal local de TDT, para esta implementación se usará el modulador UT-210 de Hides.

La creación del video a utilizar será realizada en un concierto online sin fines de lucro con cuatro artistas: Marcelo Toapanta, Jayac, Punto Rojo y Los Panas de la Chaucha y dos conductores: Ramiro Díaz y Lorena Terán. Una vez con el video editado, exportado y listo para que el televidente lo pueda disfrutar, este será convertido en un archivo de formato .TS, el cual será cargado en el software TSPlayer para posteriormente transmitirlo con el uso del modulador UT-210.

2.1 PREPRODUCCIÓN

Aquí se definirán las ideas para el proyecto audiovisual. Al tener una idea principal de lo que se quiere realizar, es necesario realizar una lluvia de ideas y escribir la historia que se va a compartir, para más tarde desarrollar un guion y un storyboard. Este paso facilita conocer el lugar, recursos, personal, financiamiento para llevar a cabo la producción.

2.1.1 RECURSOS

2.1.1.1 Recursos técnicos

También llamados tecnológicos, se presenta una lista de herramientas e instrumentos auxiliares que son necesarios para que la producción audiovisual tenga la mejor calidad de audio y video.

- Video
 - Cámaras digitales:
 - Sony Alpha 6000
 - 2 Sony Alpha 7III
 - Panasonic
 - GoPro
 - Estabilizador de cámara Ronin DJI
 - 3 trípodes para cámara
 - Blackmagic Desing ATEM mini Pro
- Sonido
 - Interfaz de audio digital Focusrite 4i4 3rd Generation

- Inalámbricos:
 - sennheiser ew100 G4 con capsula MMD 835-1
 - 2 receptor sennheiser EM 100 G4 rackmount receiver
 - 1 audio-technica ATW-T341b
 - 1 receptor audio-technica ATW-R3100b
- Drum set:
 - 1 kit de micrófonos Beyerdynamic tg-drumset-pro-xl (7pcs)
- Otros:
 - 11 cajas directas whirlwind IMP2 Pasivas
 - cajas directas whirlwind EDB1 Pasivas
 - Cableado general.
- Iluminación
 - 10 luces Fresnel COB 200w 5 en 1.
 - luces robóticas 260 10R
 - 2 mini brutus led SG blinder 4Lx100w
 - 1 cámara de humo
 - 1 consola Command Wing.

2.1.1.2 Software

Preparar, adquirir e instalar los programas computacionales necesarios para la producción y postproducción.

- Open Broadcaster Software - OBS Studio
- Adobe® Premiere Pro
- Adobe® Audition
- FL Studio: The DAW Every Music Producer Loves

2.1.1.3 Recursos humanos

Se detallan las personas que participan de una u otra manera en la producción audiovisual.

- Jefe de piso
- Presentadores
- Artistas
- Operadores de cámaras
- Técnico de sonido

- Switcher
- Auxiliares

2.1.1.4 Escenografía

Los elementos complementarios para una puesta en escena de calidad y agradable para el deleite del televidente.

- Escenario
 - Palets lisos para piso
 - Palets
 - Armazón de carpa 6x4m
 - Luces navideñas decoración
 - Luces led RGB decoración
 - Luces led blancas decoración
 - Luz cálida decoración
- Set de entrevistas
 - Pinturas
 - Sillón
 - Sillas
 - Mesa

2.1.2 GUIÓN TELEVISIVO

Se presentan los detalles necesarios para “guiarse” en la producción del programa, indicando tiempos, escenas, diálogos de conductores y presentadores, introducción de anuncios, de esta manera se da indicaciones de en qué momento participa el conductor, coconductores y los artistas.

Tabla 2.1. Guión televisivo.

HORA	DURACIÓN	GRUPO O ARTISTA	CARGO	ESCENA	EN CÁMARA
18:00:00	0:05:00	Ramiro Díaz	Conductor	Escenario	SI
18:05:00	0:30:00	Marcelo Toapanta	Artista	Escenario	SI
18:35:00	0:02:00	Spot Publicitario		Video	SI
18:37:00	0:10:00	Marcelo Toapanta	Artista	Entrevista	SI
		Ramiro Díaz	Conductor		
		Lorena Terán	Conductora		
		Punto Rojo	Grupo	Preparando escenario	NO

18:47:00	0:03:00	Ramiro Díaz	Conductor	Escenario	SI
18:50:00	0:30:00	Punto Rojo	Grupo	Escenario	SI
19:20:00	0:02:00	Spot Publicitario		Video	SI
19:22:00	0:15:00	Punto Rojo	Grupo	Entrevista	SI
		Lorena Terán	Conductora		
		Jayac	Grupo	Preparando escenario	NO
19:37:00	0:03:00	Ramiro Díaz	Conductor	Escenario	SI
19:40:00	0:35:00	Jayac	Grupo	Escenario	SI
20:15:00	0:02:00	Spot Publicitario		Video	SI
20:17:00	0:26:00	Jayac	Grupo	Entrevista	SI
		Lorena Terán	Conductora		
		Los panas de la Chaucha	Grupo	Preparando escenario	NO
20:43:00	0:03:00	Ramiro Díaz	Conductor	Escenario	SI
20:46:00	0:37:00	Los panas de la Chaucha	Grupo	Escenario	SI
21:23:00	0:02:00	Spot Publicitario		Video	SI
21:25:00	0:20:00	Los panas de la Chaucha	Grupo	Entrevista	SI
		Lorena Terán	Conductora		
		Ramiro Díaz	Conductor		
21:45:00	FIN DEL PROGRAMA				

2.1.3 STORY BOARD

Se muestra visualmente las ideas plasmadas en el guion con un detalle mínimo ya que no es un anuncio del producto final, en las siguientes figuras se puede observar la ubicación del escenario, set de entrevistas, cámaras, mesa de control, mesa de sonido, ubicación de los elementos dentro del escenario y set de grabación respectivamente.

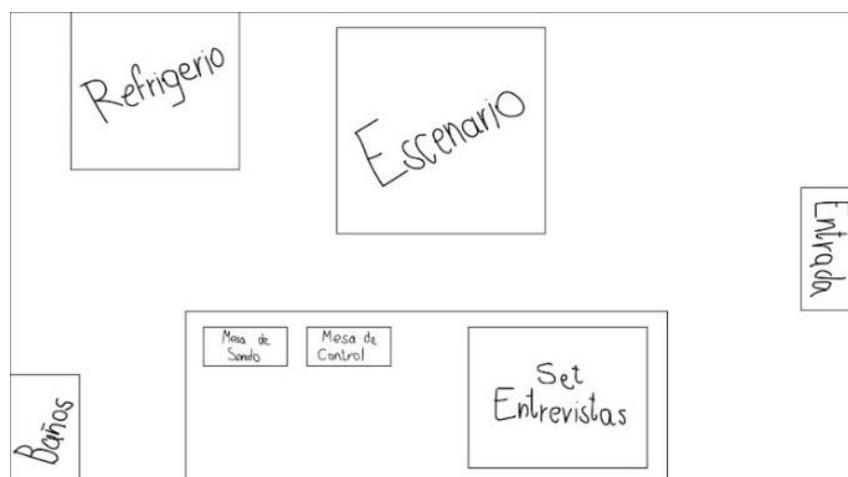


Figura 2.1. Ubicación de espacios en locación.

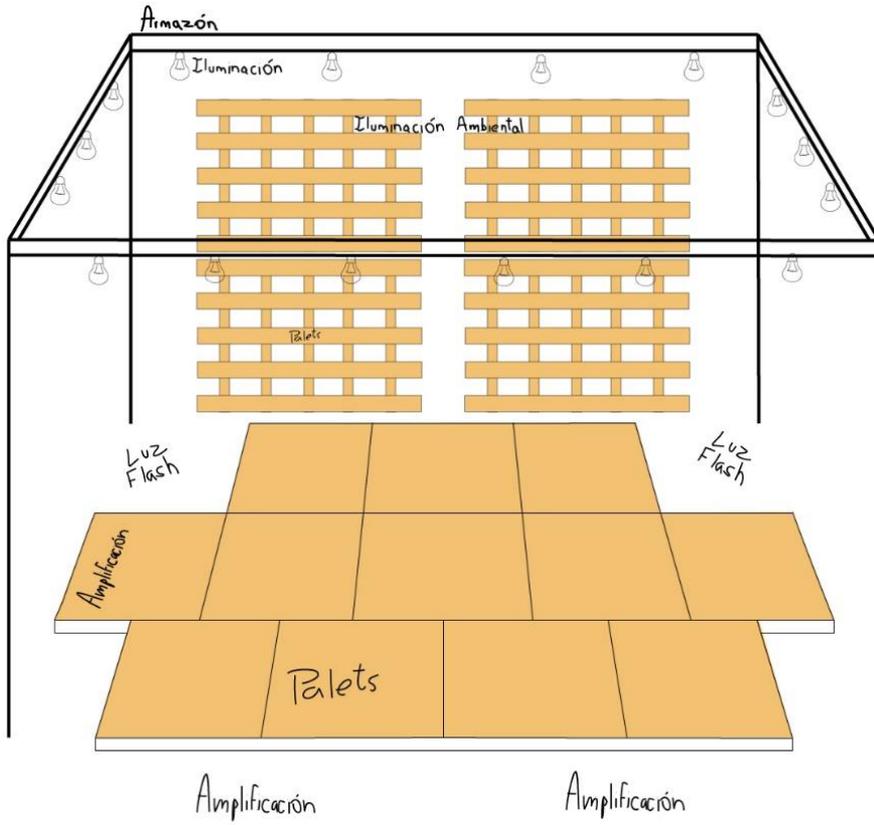


Figura 2.2. Escenario.



Figura 2.3. Set de entrevistas.

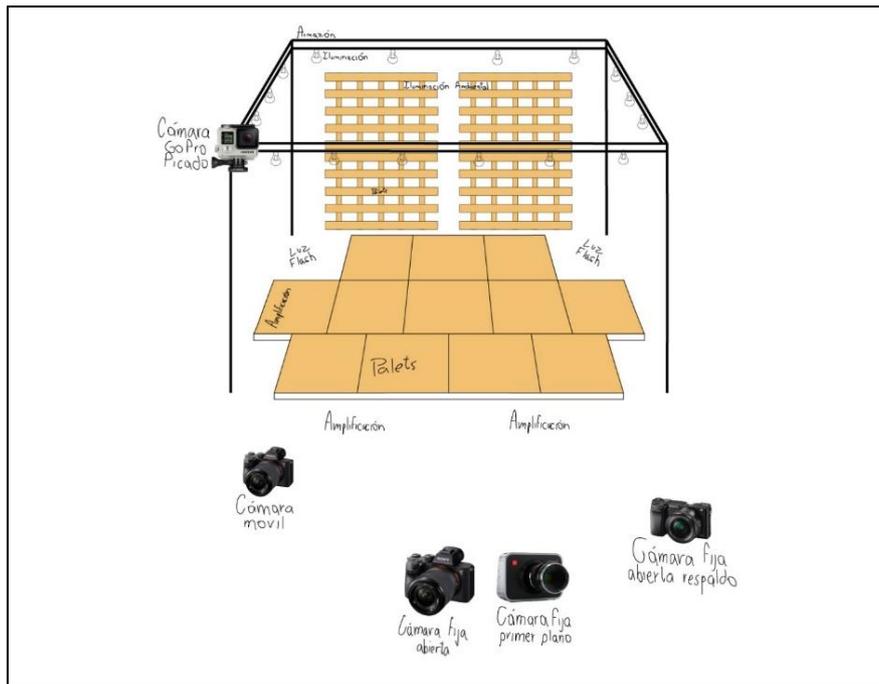


Figura 2.4. Ubicación de las cámaras.

2.1.4 PRUEBA DE SONIDO Y TRANSMISIÓN

Un día previo al día de producción se realiza una prueba de todo el personal, equipos y transmisión para que en caso de que exista algún error, este pueda ser detectado y corregido. Las pruebas deben ser lo más parecido al día de producción, con todos los participantes, respetando los tiempos establecidos, cada equipo y operador en su lugar, iluminación y escenografía.



Figura 2.5. Prueba de sonido y transmisión.

2.2 PRODUCCIÓN

Esta etapa da lugar a la puesta en práctica de todas las ideas pensadas en la etapa anterior, es decir, desplazar hasta el lugar previsto el personal (operador de cámaras, técnicos de sonido, músicos, actores, apoyo) y los recursos (cámaras, micrófonos, iluminación, amplificación, escenificación, etc.) y plasmar todas las ideas previamente descritas en palabras e imágenes.

Al ser un concierto online sin fines de lucro, se lo realiza en la plataforma de Facebook, donde cualquier persona con una cuenta puede conectarse y disfrutarlo, esta plataforma recibe una sola fuente proveniente del software OBS, el cual es el que recibe todas las fuentes de audio y video (cámaras, consola de audio y videos preproducidos).

Tanto la plataforma como el software de streaming tienen que ser configuradas previamente para estar sincronizadas y que no haya pérdida de datos o información entre OBS y Facebook.

Las cámaras y el audio están grabando todo el tiempo y por separado, con el fin de realizar una postproducción más detallada y sin errores. Al mismo tiempo están enviando su señal para la transmisión en vivo, donde la mezcladora es la encargada de escoger que cámara está viendo el espectador. Además de tener cada fuente por separado, OBS graba un producto “final” donde se fusiona el audio y las cámaras ya mezcladas junto a los videos preproducidos.

2.2.1 CONFIGURACIÓN Y SINCRONIZACIÓN

2.2.2 FACEBOOK

En el apartado de transmisión en vivo existen varios parámetros que se rellenan, como: el título, la descripción, miniatura del video y la clave de transmisión, la cual es colocada en el software de streaming (OBS).

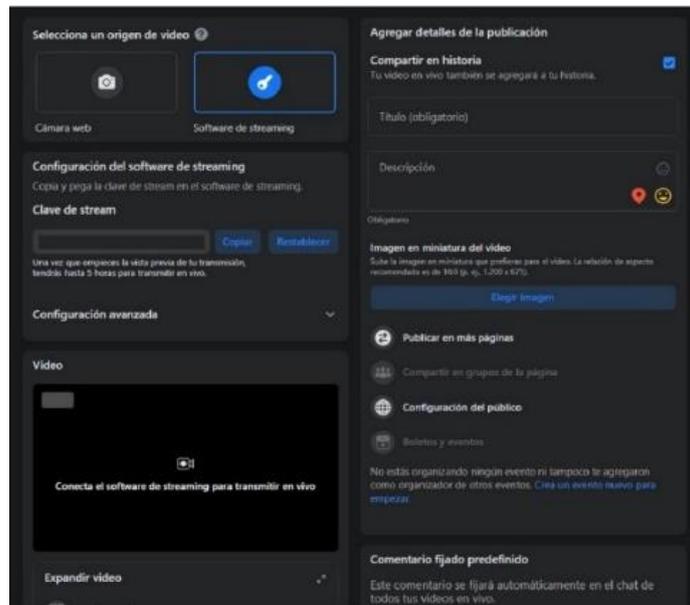


Figura 2.6. Apartado de configuración Facebook.

2.2.3 OBS

Al descargar el software, el mismo ofrece un asistente para su configuración con opciones de escoger entre transmisión y grabación, resolución y frecuencia de fotogramas, la plataforma donde será realizada la transmisión. En este último apartado se coloca la clave de retransmisión que proporciona la misma plataforma.

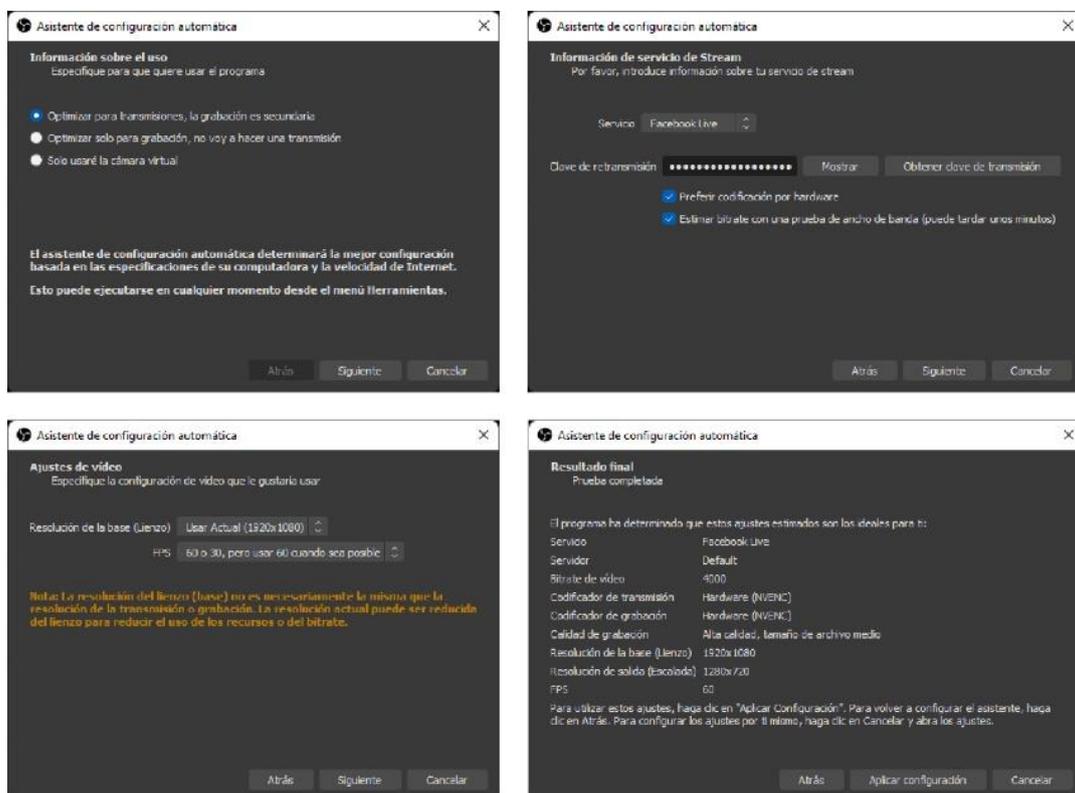


Figura 2.7. Asistente de configuración OBS.

Una vez finalizado el perfil es necesario configurar las escenas que son un total de 8, cada una con sus respectivas fuentes multimedia.

- Empezamos en breve
 - Gif animado
 - Audio espera
- Entrada
 - Video intro
- Cámara 1: Escenario
 - Claquetas conductores
 - Claquetas artistas
 - Mezcladora ATEM
 - Interfaz de audio Focusrite
- Entrevista
 - Claquetas conductores
 - Claquetas artistas
 - Mezcladora ATEM
 - Interfaz de audio Focusrite
- Intermedio
 - Spot Publicitario
- Salida
 - Video outtro
- Muchas gracias
 - Gif animado
 - Audio espera
- Salvavidas: utilizado en caso de ocurrir algún error con las demás escenas
 - Video salva

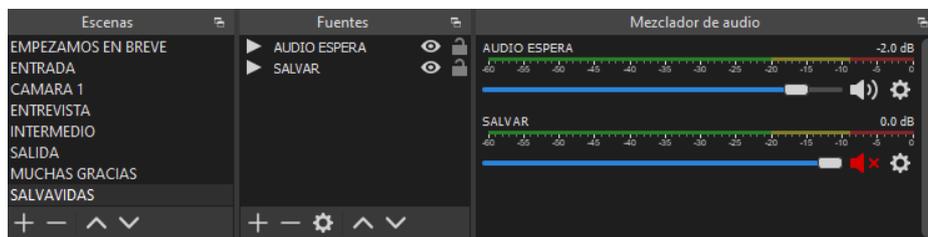


Figura 2.8. Colección de escenas.

Al tener listo tanto el perfil como la colección de escenas la producción inicia acorde a lo establecido en los diferentes guiones y pruebas realizadas.

2.3 POSTPRODUCCIÓN

Es un proceso totalmente independiente al de preproducción y producción en donde se realiza la edición de audio y video, el cual consiste para audio: limpieza de ruido ambiental, ecualización, compresión y masterización, mientras que para video: inclusión de efectos, corrección de color, cortes y sincronización, adición de títulos y banners y todo lo necesario para que la producción audiovisual quede lista para la exportación.

2.3.1 EDICIÓN DE AUDIO

Existe un sinnúmero de software para la edición de audio, entre ellos: Adobe Audition, Logic Pro X, Audacity, Reaper, FL Studio, Ableton Live, etc. Según las necesidades y facilidad del proyecto han sido seleccionados dos de ellos, el primero Adobe audition donde se extrae el archivo de audio directamente del software de edición de video y el segundo es FL Studio, un software netamente para edición de audio que cuenta con herramientas nativas para que todas las modificaciones sean más sencillas.

Adobe Audition es el software escogido para realizar la primera parte de la edición del audio, se crea un nuevo proyecto llamado multipista donde se establece el nombre, la ruta de almacenamiento y ciertas características como la velocidad de muestreo (44100Hz) y la profundidad de bits (24 bits). En caso de tener una plantilla de configuraciones de un proyecto, esta también puede ser importada.

Se toma la pista de audio grabada en el evento online y se la carga en la línea de tiempo del software Adobe Audition y el primer paso es quitar cualquier tipo de ruido ambiental que se presente en toda la pista, seguido de separar en escenario y entrevista de cada artista para poder trabajarlas por separado.

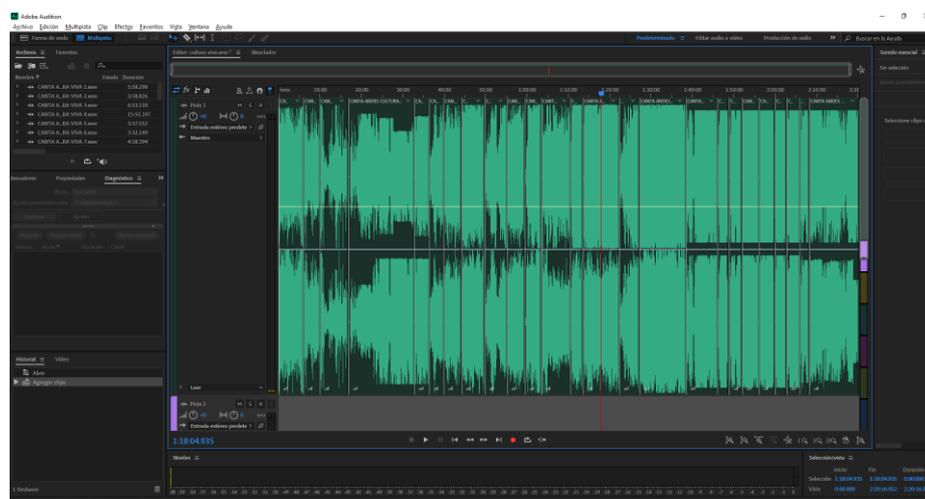


Figura 2.9. Adobe Audition.

Una vez realizada esta pequeña limpieza se procede a exportar cada pista por separado, pero con el mismo formato, al mismo software ofrece una interfaz para exportar clips seleccionados donde se establece el nombre del archivo, su ruta de acceso y las especificaciones establecidas al crear la multipista.

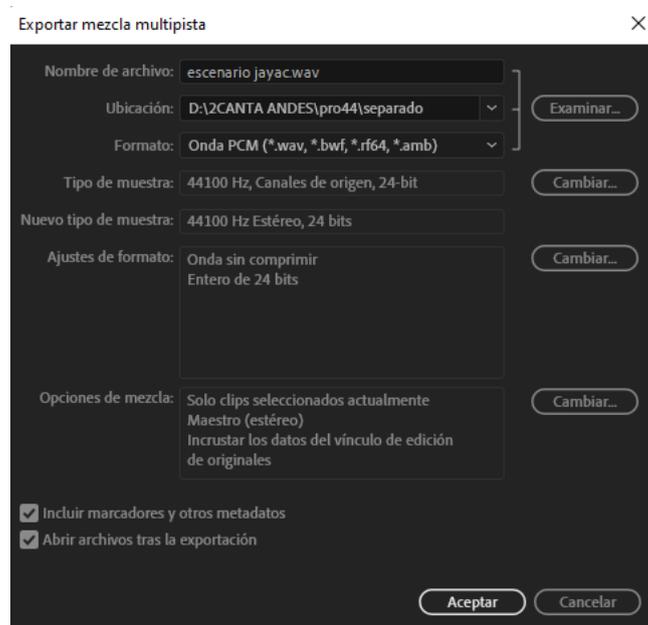


Figura 2.10. interfaz exportación de medios Adobe Audition.

Una vez exportadas las pistas por separado estas son cargadas en el software FL Studio donde se aplicarán todos los efectos, como ecualización y compresión para cada una de las pistas y una masterización final que posee un compresor y un limitador extra aplicados a toda la línea de tiempo. Después de aplicar todos estos efectos se procede a exportar la pista de audio final la cual será unida al video final.

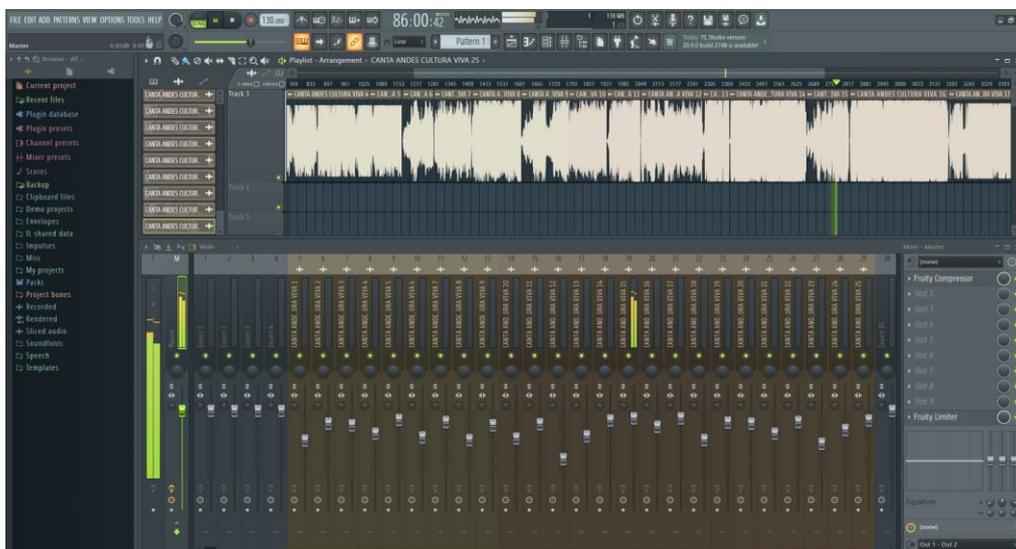


Figura 2.11. FL Studio.

2.3.2 EDICIÓN DE VIDEO

Existen varios software para la edición de video ya sean de paga o gratuitos, entre ellos: Adobe Premiere Pro, CyberLink PowerDirector 365, Pinnacle Studio 24, KineMaster, DaVinci Resolve, etc. Analizando todos estos el software seleccionado es Adobe Premier Pro el cual, al ser de los mismos creadores de Adobe Audition tiene un plus de compatibilidad con el software de edición de audio, y permite trabajar en conjunto, aparte de un sinnúmero de herramientas nativas que ofrece para que la edición de video sea intuitiva, sencilla y de gran calidad.

El software que se usa en esta etapa es Adobe Premiere Pro, se crea un nuevo proyecto con su nombre y carpeta donde se va a almacenar para posteriormente configurar una secuencia, donde se ubican los clips de video, audio y gráficos, para realizar la edición del proyecto. Cabe recalcar que todos los clips agregados a dicha secuencia cambiarán sus atributos como: el tamaño del fotograma o el *frame rate* para que coincida con las características de la secuencia creada.

Al tener un material de diferentes cámaras grabado en HD con una resolución de 1920x1080 a 25 fps, la mejor configuración de la secuencia será la misma, es decir 25 fotogramas por segundo a una resolución de 1920x1080.

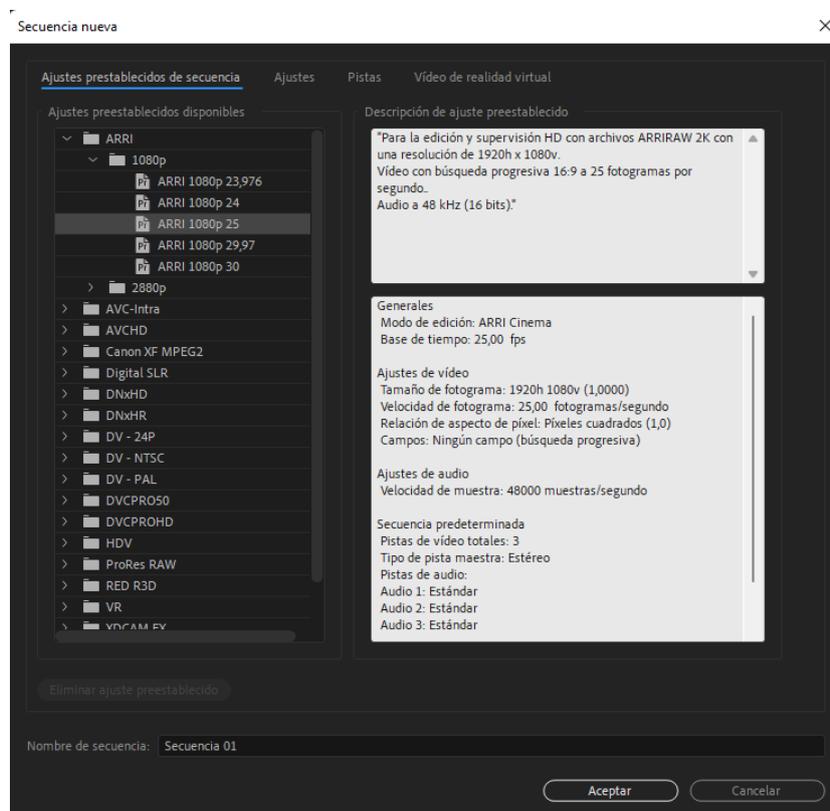


Figura 2.12. Creación de secuencia.

Se carga las diferentes fuentes (cámaras, OBS y audio editado) a la línea de tiempo de la secuencia creada la cual se compone de distintas pistas de audio y video, estas serán sincronizadas para que no exista ningún tipo de desfase entre una u otra y en base al video “final” extraído del software OBS se realizará la mezcla de las cámaras.

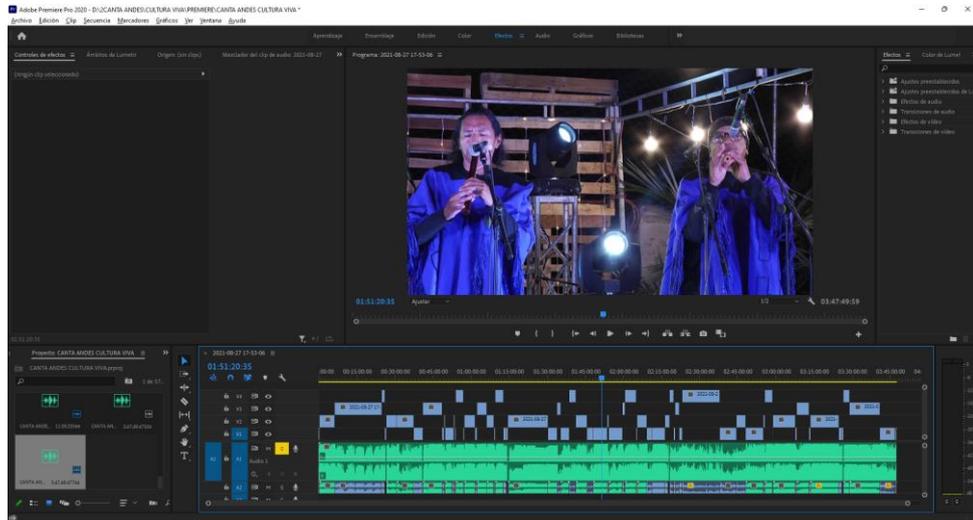


Figura 2.13. Adobe Premiere Pro.

2.3.3 EXPORTACIÓN DE MEDIOS

Una vez realizada toda la edición de audio y video se procede a la exportación de la secuencia a un archivo final reproducible, el software Adobe Premiere brinda una interfaz de ajustes de exportación amigable, en la cual se configuran las diferentes características que serán aplicadas al video final.

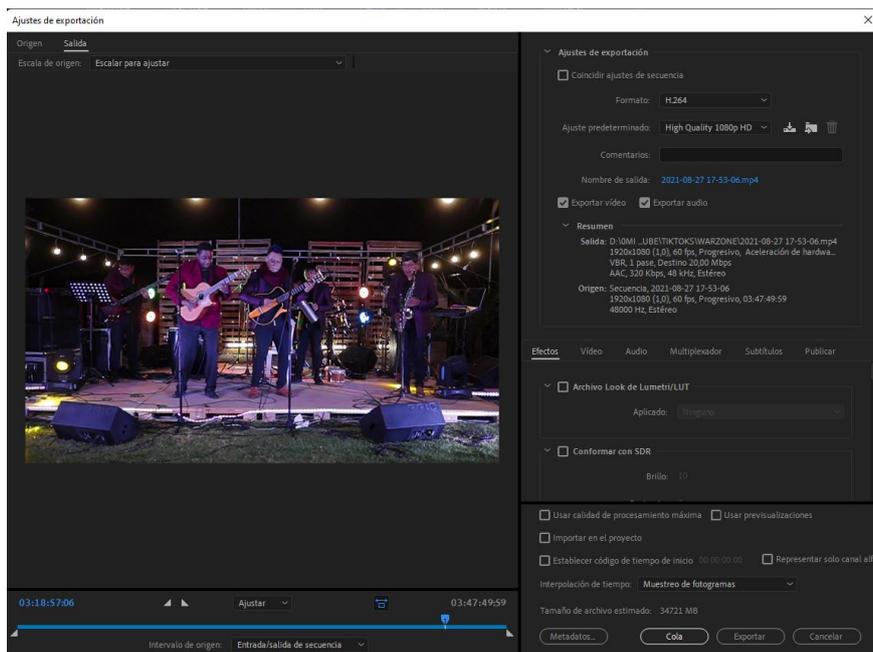


Figura 2.14. Interfaz exportación de medios Adobe Premiere Pro

Dentro de los ajustes de exportación se puede escoger entre diferentes opciones. Al seleccionar “coincidir con ajustes de secuencia” se crea un archivo por defecto en formato .mpeg con las mismas características de la secuencia creada originalmente.

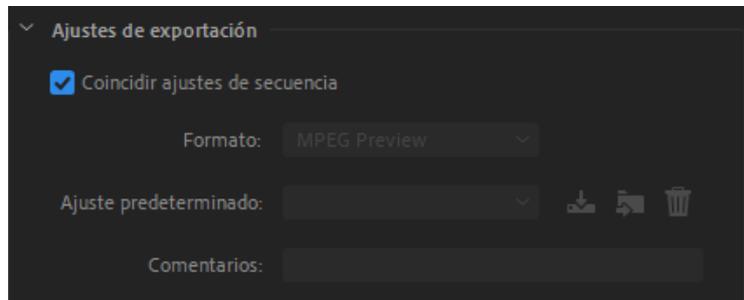


Figura 2.15. Opción "coincidir ajustes de secuencia" ON

Al estar desactivada esta opción, se podrá escoger entre los diferentes ajustes y formatos con los que el software cuenta, en los menús desplegables se busca la configuración que esté más acorde con las necesidades del proyecto.

Las configuraciones escogidas son: un formato H.264, el cual es un formato de codificación de video para grabación y distribución de señales de audio y video FullHD, compatible con redes de datos, que suministra imágenes de alta calidad sin consumir ancho de banda en exceso [26]. Un ajuste predeterminado “High Quality 1080p HD”, con una resolución de 1920x1080, un *frame rate* de 60 fotogramas por segundo y en un formato compatible con la mayoría de los reproductores, mp4, características que ofrecen una excelente calidad y fluidez de audio y video.

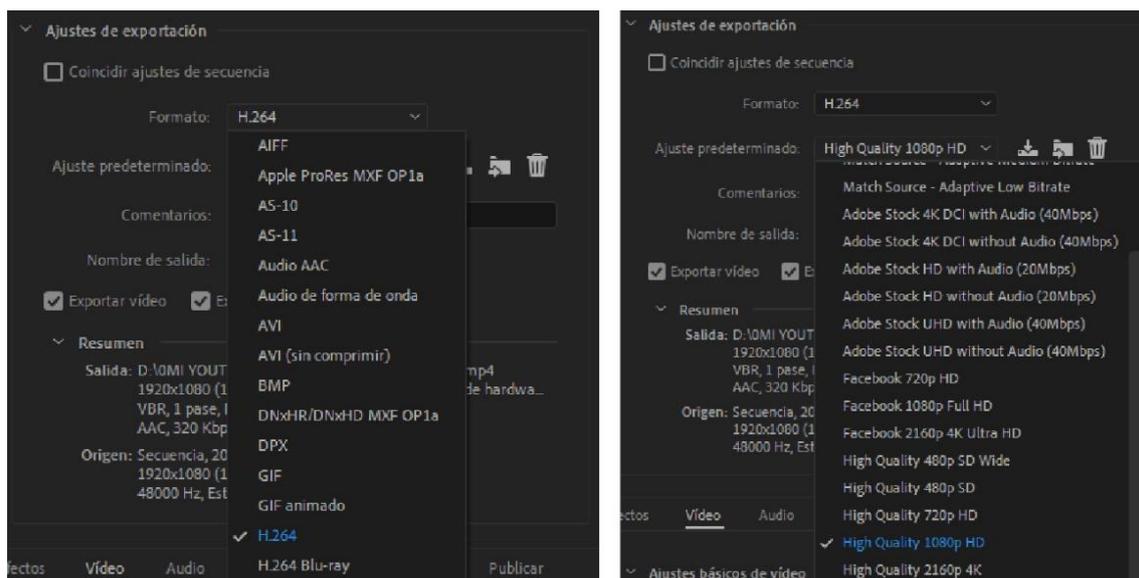


Figura 2.16. Ajustes predeterminados escogidos para la exportación.

2.4 GENERACIÓN DE TRANSPORT STREAM

Una vez exportado el archivo multimedia se procede a generar los flujos únicos de paquetes de transporte TS con el uso de una serie de herramientas como: OpenCaster que será instalado en Linux Ubuntu que es un sistema operativo de GNU/Linux para equipos de escritorio y servidores, dentro de sus principales características están [27]:

- Facilidad de manejo
- Actualizaciones frecuentes
- Facilidad de instalación del sistema
- Búsqueda e instalación de programas robusta y fácil al basarse en paquetes.
- Libertad de uso y distribución.

Dicho sistema operativo es instalado en VirtualBox, el cual es un software que se utiliza para crear máquinas virtuales para uso empresarial y doméstico, extremadamente rico en funciones y la única solución profesional disponible gratuitamente [28].

2.4.1 INSTALACIÓN VIRTUAL BOX

VirtualBox, en su última versión, se encuentra disponible en la página oficial de VirtualBox [28]. Al descargar obtenemos un archivo ejecutable, el cual, al correrlo muestra una primera ventana que contiene una bienvenida al software como tal y a su asistente de instalación.



Figura 2.17. Ventana de bienvenida VirtualBox

El asistente de instalación es muy amigable al usuario, lo único que se hace a continuación es seguir los pasos y recomendaciones que este nos ofrece, hasta finalizar con la instalación y ejecutar el software.

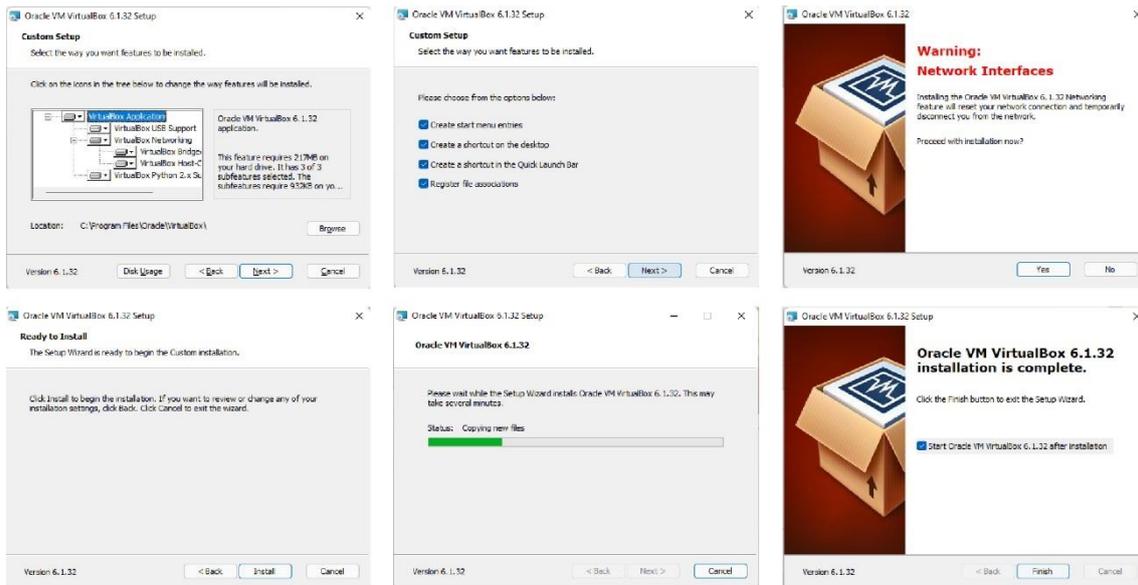


Figura 2.18. Pasos para instalación de VirtualBox.

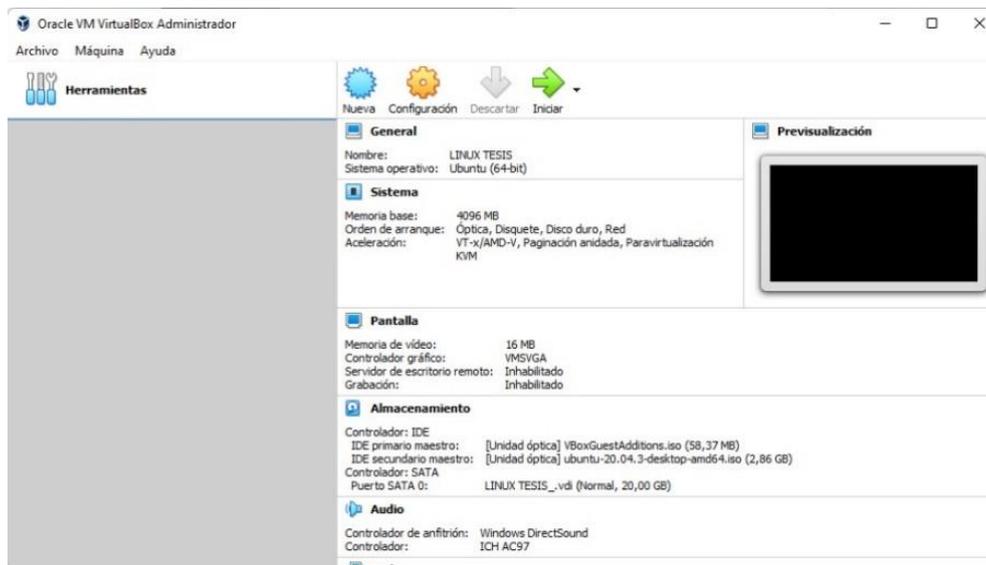


Figura 2.19. Ventana Principal de VirtualBox.

2.4.2 INSTALACIÓN LINUX UBUNTU

Linux Ubuntu, en su versión más reciente, se puede descargar desde la página oficial de UBUNTU, en el apartado de descargas, dicha descarga es una imagen ISO la cual será cargada en la máquina virtual de VirtualBox.

Para crear una máquina virtual en VirtualBox se sigue los siguientes pasos:

1. En la ventana principal dar clic en el apartado “Nueva”.
2. Colocar el nombre, el tipo, la versión y la carpeta donde se va a almacenar la máquina virtual.

3. Se asigna la cantidad de memoria RAM que se requiere, sin olvidar que dicha cantidad será tomada de la memoria física con la que cuenta el pc.
4. Se crea un disco virtual – Disco Imagen de VirtualBox (VDI).
5. Se selecciona un almacenamiento reservado dinámicamente lo cual permite ir aumentando el tamaño de espacio hasta llegar al máximo.
6. Se asigna la cantidad de almacenamiento y tomando en cuenta que se trabaja con archivos multimedia pesados, se coloca una cifra mayor a la mínima que se requiere para la instalación del sistema operativo.

Una vez creada la máquina virtual, se procede a la instalación de la imagen ISO de Linux Ubuntu en la misma, para lo cual se siguen los pasos a continuación:

1. En VirtualBox se ejecuta la máquina virtual, dando doble clic sobre ella.
2. Seleccionamos la imagen ISO de Linux Ubuntu descargada previamente.
3. En caso de no existir ningún tipo de error se procede a la instalación.
4. Para completar la instalación el sistema operativo ofrece un asistente de instalación donde se configura el idioma, región, usuario, contraseña de la máquina virtual.
5. Una vez instalado, el sistema mismo pide que la máquina virtual sea reiniciada.
6. Se retira el disco de instalación en VirtualBox y se da Enter.

2.4.3 INTRODUCCIÓN A OPENCASTER

OpenCaster es una colección de software gratuito y de código abierto para reproducir y multiplexar flujos de transporte MPEG, desarrollado por AVALPA Digital Engineering SRL. Su versión más reciente se encuentra disponible para su descarga en la página oficial de AVALPA [29]. Este sistemas se encuentra constantemente bajo pruebas e instalado de manera estable en la distribución de Linux Debian, pero en este caso será instalado en una distribución Linux Ubuntu.

AVALPA, una empresa europea que desarrolla OpenCaster para generar la mayoría de los datos presentes en flujos de transporte TS para el estándar DVB-T y con ciertas modificaciones del Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA) para el estándar ISDB-T [30]. Las funciones con las que cuenta OpenCaster son suficientes para que este sea ocupado como software principal para la realización del proyecto.

2.4.4 INSTALACIÓN DE OPENCASTER

2.4.4.1 Requerimientos

Para la generación de un archivo TS es necesario un computador o máquina virtual que trabaje con el sistema operativo GNU/Linux, con las características mínimas que son descritas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Requerimientos mínimos para instalación de OpenCaster.

HARDWARE	SOFTWARE
 Computador: <ul style="list-style-type: none">• Procesador: Dual-Core• Memoria RAM: 1GB• Disco Duro: 16 GB	Sistema Operativo: <ul style="list-style-type: none">• GNU/Linux Ubuntu 9.04 o superior OpenCaster: <ul style="list-style-type: none">• Compilador de C• Compilador de GCC• Python• FFmpeg

2.4.4.2 Pasos para la instalación

Desde el sistema operativo Ubuntu es necesario abrir un terminal para ejecutar las siguientes instrucciones.

1. Instalar OpenCaster en su versión más reciente.

```
$ sudo apt-get install opencaster
```

2. Instalar el compilador GCC

```
$ sudo apt-get install build-essential
```

3. Instalar Python

```
$ sudo apt-get install python-dev
```

4. Instalar FFMPEG

```
$ sudo apt-get install ffmpeg
```

5. Después de ejecutar cada una de las instrucciones es necesario ir confirmando cada una con una “s” o una “y” dependiendo del idioma que esté configurada la máquina virtual.
6. Actualizar la lista de paquetes disponibles y sus versiones.

```
$ sudo apt-get update
```

2.4.5 GENERACION DE TS CON OPENCASTER

En este apartado se explican los parámetros necesarios para generar un archivo Transport Stream de un video, para el mismo pueda ser transmitido por medio de una tarjeta moduladora (UT-210) hacia un receptor del estándar ISDB-Tb, el cual será el encargado de decodificar la señal y mostrarla en la televisión.

OpenCaster usa diferentes comandos para su funcionamiento, los cuales serán ejecutados en un terminal de Ubuntu, debido a que este no posee una interfaz gráfica. Algunos de los comandos más importantes junto con su respectiva función, son detallados a continuación [31]:

- `esaudio2pes`: comando que encapsula los *Elementary Streams* de audio en *Paquetized Elementary Streams*.
- `esvideompeg2pes`: comando que encapsula los *Elementary Streams* de video mpeg2 en *Paquetized Elementary Streams*.
- `pesaudio2ts`: comando que encapsula los *Paquetized Elementary Streams* de audio en un *Transport Stream*.
- `pesvideo2ts`: comando que encapsula los *Paquetized Elementary Streams* de video en un *Transport Stream*.
- `tscbmuxer`: comando que multiplexa todos los *streams* ya sea de audio, video, tablas PSI/SI en un solo *Transport Stream*.
- `tsstamp`: comando que corrige los PCR de un *Transport Stream* para que la llegada de los paquetes hacia el receptor esté sincronizada y precisa.

2.4.5.1 Elementos de audio y video

Ya que tenemos el video final exportado en un formato mp4 en una resolución de 1920x1080 y un aspecto de 16:9 es necesario generar los elementos de audio y video a transmitir, para lo cual se sigue los siguientes pasos:

1. En Ubuntu, se abre un terminal en la carpeta donde se encuentra el archivo multimedia.
2. Conversión del video fuente a formato AVI, el cual para tener una mejor calidad tiene pistas diferentes para el audio y para el video y OpenCaster realiza un mejor trabajo de esta manera.

```
ffmpeg -i TV_DIGITAL.mp4 -s 1920x1080 -r 60 -aspect 16:9 -b:
8000k convertido.avi
```

Código 2.1. Comando para conversión del formato de video fuente.

Los componentes del comando usado en el Código 2.1 son detallados a continuación:

- -i: hace referencia al archivo multimedia que será codificado, es decir, la fuente de ingreso (TV_DIGITAL.mp4).
 - -s: especifica la resolución de video en pixeles y al ser un video Full HD se coloca 1920 pixeles de ancho por 1080 pixeles de ancho.
 - -r: indica los frames por segundo, y al ser un video Full HD con gran fluidez se usa 60 FPS.
 - -aspect: indica la relación de aspecto, tanto para los servicios de alta definición como para los de TV estándar se usa 16:9 y al tener una resolución Full HD si se coloca otro aspecto la imagen se verá estirada o comprimida.
 - -b: indica la tasa de bits del video; y para la conversión se usa 8Mbps, porque es la cantidad mínima para no perder calidad en un video de alta definición como este.
 - convertido.avi: es el nombre del archivo después de la conversión, el cual se guarda en la misma carpeta.
3. Generar los Elementary Streams de video y audio los cuales son detallados en el Código 2.2 y Código 2.3 respectivamente.

```
ffmpeg -i convertido.avi -an -vcodec mpeg2video -f mpeg2video
-s 1920x1080 -r 60 -aspect 16:9 -deinterlace -b: 8000k -
maxrate 8000k -minrate 8000k -bf 2 -bufsize 1835008 video1.m2v
```

Código 2.2. Codificación de video.

Los componentes del comando usado en el Código 2.2 son detallados a continuación:

- `-i`: hace referencia al archivo multimedia que será codificado, es decir, la fuente de ingreso (convertido.avi).
- `-an`: ignora a la señal de audio si es que la misma está presente en la señal de entrada.
- `-vcodec`: Códec de video, en este caso se trata de mpeg2video que es el códec que se necesita para que sea compatible con la señal de Transport Stream.
- `-f`: indica el formato de salida, en este caso el formato que se necesita es mpeg2video.
- `-s`: especifica la resolución de video en pixeles y al ser un video Full HD se coloca 1920 pixeles de ancho por 1080 pixeles de ancho.
- `-r`: indica los frames por segundo, y al ser un video Full HD con gran fluidez se usa 60 FPS.
- `-aspect`: indica la relación de aspecto, tanto para los servicios de alta definición como para los de TV estándar se usa 16:9 y al tener una resolución Full HD si se coloca otro aspecto la imagen se verá estirada o comprimida.
- `-deinterlace`: Define una opción para desentrelazar imágenes.
- `-b`: indica la tasa de bits del video; y para la conversión se usa 8Mbps, porque es la cantidad mínima para no perder calidad en un video de alta definición como este, para mantenerla constante se coloca el mismo parámetro en maxrate y minrate, que son las tasas máximas y mínimas respectivamente.
- `-bufsize`: Tamaño del buffer en bits. Esta cantidad está directamente relacionada con el buffer VBV (video buffer verifier) mediante la siguiente expresión: $vbv_buffer_size * 1024 * 16 = buffer_size = 1835008$, donde el `vbv_buffer_size` es 112 [32].
- `video1.m2v`: es el nombre del archivo generado, el cual se guarda en la misma carpeta.

```
ffmpeg -i convertido.avi -vn -ac 2 -acodec mp2 -f mp2 -ab 128000  
-ar 48000 audio1.mp2
```

Código 2.3. Codificación de audio.

Los componentes del comando usado en el Código 2.3 son detallados a continuación:

- `-i`: hace referencia al archivo multimedia que será codificado, es decir, la fuente de ingreso (convertido.avi).
- `-vn`: ignora a la señal de video si es que la misma está presente en la señal de entrada.
- `-ac`: define el número de canales. Por defecto es igual a 1.
- `-acodec`: códec de audio, en este caso se trata de mp2 que es el códec que se necesita para que sea compatible con la señal de Transport Stream.
- `-f`: indica el formato de salida, en este caso el formato que se necesita es mp2.
- `-ab`: tasa de bits de la señal de audio en bits por segundo. La tasa de bits es de 128kbps.
- `-ar`: define la frecuencia de muestreo de la señal de audio. La frecuencia por defecto es de 44100 Hz. Pero se usará los 48000 Hz.
- `audio.mp2`: es el nombre del archivo generado, el cual se guarda en la misma carpeta.

4. Para el proceso de paquetización del video se utiliza el comando `esvideompeg2pes`, que permite pasar el archivo ES video1.m2v al archivo PES video1.pes.

```
esvideompeg2pes video1.m2v > video1.pes
```

Código 2.4. Paquetización de video en PES.

5. Para el proceso de paquetización del audio se utiliza el comando `esaudio2pes` con sus especificaciones que permite pasar el archivo ES audio1.mp2 al archivo PES audio1.pes.

```
esaudio2pes audio1.mp2 1152 48000 384 3600 > audio1.pes
```

Código 2.5. Paquetización de audio en PES.

Los componentes del comando usado en el Código 2.5 son detallados a continuación:

- `audio1.mp2`: audio ES a ser convertido.
- `1152`: número de muestras por frame.
- `48000`: frecuencia de muestreo, debe ser la misma que se definió en el ES.
- `384`: tamaño del frame de audio.

- 3600: Desplazamiento del PTS (Presentation Time Stamp), se define para poder sincronizar con el video.
 - `audio1.pes`: es el nombre del archivo generado, el cual se guarda en la misma carpeta.
6. Para el proceso de paquetización del video en TS se utiliza el comando `pesvideo2ts` con sus especificaciones que permite pasar el archivo PES `video1.pes` al archivo TS `video1.ts`.

```
pesvideo2ts 2065 60 112 9200000 0 video1.pes > video1.ts
```

Código 2.6. Paquetización de video en TS.

Los componentes del comando usado en el Código 2.6 son detallados a continuación:

- `video1.pes`: video PES a ser convertido.
 - 2065: número de PID asignado al video.
 - 60: número de Frames por Segundo.
 - 112: es el valor del VBV (Video Buffer Verifier), En este caso el valor será fijo ya que así está definido en el estándar MPEG-2.
 - 9200000: es el ancho de banda de la señal de Transport Stream. Es recomendado que el ancho de banda sea un 15% más grande que la tasa de bits de la señal de video definida en la función `ffmpeg`. En este caso $8000k+(15\% \text{ de } 8000K) = 9200K$.
 - 0: indica que el video no va a estar en un loop.
 - `video1.ts`: es el nombre del archivo generado, el cual se guarda en la misma carpeta.
7. Para el proceso de paquetización del audio en TS se utiliza el comando `pesaudio2ts` con sus especificaciones que permite pasar el archivo PES `audio1.pes` al archivo TS `audio1.ts`.

```
pesaudio2ts 2075 1152 48000 384 0 audio1.pes > audio1.ts
```

Código 2.7. Paquetización de audio en TS.

Los componentes del comando usado en el Código 2.6 son detallados a continuación:

- `audio1.pes`: audio PES a ser convertido
- `2075`: número de PID asignado al audio.
- `1152`: número de muestras por frame, se debe mantener el valor que se definió en el PES.
- `48000`: frecuencia de muestreo, se debe mantener el valor que se definió en el PES.
- `384`: tamaño de frame de audio, se debe mantener el valor que se definió en el PES.
- `0`: indica que el audio no va a estar en un loop.
- `audio1.ts`: audio de salida ya en formato TS.

2.4.5.2 Generación de tablas PSI/SI

Para la generación de tablas PSI/SI, es necesario emplear un script en Python, el cual contiene el código generador de las diferentes tablas y con campos útiles para la identificación de flujos de transporte, control de transmisión dentro del sistema y la correcta de-multiplexación de dichos flujos.

Al compilar este script en el terminal de Ubuntu, se obtienen las diferentes tablas como archivos `.ts`, mismos que son necesarios para la multiplexación, en conjunto con el audio y video, obteniendo un archivo final `.ts` el cual será usado por el transmisor.

El script se ha tomado de [33] y modificado según la necesidad del proyecto. El código completo y listo para ejecutarlo se adjunta en el Anexo A.

2.4.5.2.1 Encabezado del script

En el Código 2.8 se muestra el encabezado, donde se observa que se incluyen las librerías propias de OpenCaster, declaración de variables como: números identificadores de red, identificador de servicio de televisión digital, frecuencia de transmisión, entre otros, que identifican al transport stream.

```
#!/usr/bin/env python
#coding: utf8
import os
from dvbobjects.PSI.PAT import *
from dvbobjects.PSI.NIT import *
from dvbobjects.PSI.SDT import *
```

```

from dvbobjects.PSI.PMT import *
from dvbobjects.SBTVD.Descriptors import *
# ID de red
tvd_ts_id = 0x073b
# ID de red original
tvd_orig_network_id = 0x073b
# frecuencia de transmisión en MHz
ts_freq = 533
# tecla de acceso rápido al canal
ts_remote_control_key = 0x05
# ID de servicio de TV digital
tvd_service_id_sd = 0xe760
# PID de la PMT del servicio
tvd_pmt_pid_sd = 1031

```

Código 2.8. Encabezado del script para generación de tablas PSI/SI.

2.4.5.2.2 Definición de la red: NIT

En esta tabla se muestra el contenido de la información específica de la red actual como: el nombre de la red, el nombre del TS, código de área, intervalo de guarda, entre otros.

```

nit = network_information_section(
    network_id = tvd_orig_network_id,
    # empieza los descriptores de la tabla NIT
    network_descriptor_loop = [
        #descriptor del nombre de la red
        network_descriptor(network_name = "EPNTV",),
        # descriptor de gestión del sistema
        system_management_descriptor(
            # indica que la transmisión es de TV abierta
            broadcasting_flag = 0,
            # para el sistema ISDB-Tb, toma el valor de 3
            broadcasting_identifier = 3,
            # especificado por el proveedor
            additional_broadcasting_identification = 0x01,
            additional_identification_bytes = [],
        )
    ],
    transport_stream_loop = [
        transport_stream_loop_item(
            # número que diferencia a la red de otras
            transport_stream_id = tvd_ts_id,
            # toma el valor del ID de la red
            original_network_id = tvd_orig_network_id,
            transport_descriptor_loop = [
                # descriptor de lista de servicios
                service_list_descriptor(
                    dvb_service_descriptor_loop = [
                        service_descriptor_loop_item (
                            # ID de servicio de TV digital
                            service_ID = tvd_service_id_sd,
                            # valor que indica que el servicio es de TV
                            service_type = 1,
                        ),
                    ],
                ),
            ],
        ),
    ],
)

```

```

    ),
    # descriptor de sistema de distribución terrestre
    terrestrial_delivery_system_descriptor(
        # indica el código de área desde donde se tx el
servicio
        area_code = 1341,
        # valor de acuerdo a la Tabla 2.3
        guard_interval = 0x01,
        # valor de acuerdo a la Tabla 2.4
        transmission_mode = 0x02,
        frequencies = [
            # frecuencia de transmisión
            tds_frequency_item( freq=ts_freq )
        ],
    ),
    # descriptor de recepción parcial
    partial_reception_descriptor (
        service_ids = []
    ),
    # descriptor de información del TS
    transport_stream_information_descriptor (
        # tecla de acceso al canal
        remote_control_key_id = ts_remote_control_key,
        # nombre del TS definido por el usuario
        ts_name = "TMTV",
        transmission_type_loop = [
            transmission_type_loop_item(
                # discrimina las capas jerárquicas y es
definido por el operador de servicios
                transmission_type_info = 0x0F,
                service_id_loop = [
                    service_id_loop_item(
                        # ID de servicio de TV digital
                        service_id=tsvd_service_id_sd
                    ),
                ]
            ),
            transmission_type_loop_item(
                # discrimina las capas jerárquicas y es
definido por el operador de servicios
                transmission_type_info = 0xAF,
                service_id_loop = [],
            ),
        ],
    ),
    )
),
),
),
),
# indica el número de versión de la tabla NIT
version_number = 0,
# indica que sección se utilizó para enviar información de la
tabla
section_number = 0,
# indica el número total de secciones para enviar la tabla
last_section_number = 0
)

```

Código 2.9. Generación de la tabla NIT.

2.4.5.2.3 Definición de los servicios: SDT

En esta tabla se identifica el contenido de los servicios disponibles en el Transport Stream, con sus respectivos nombres de servicios y proveedores.

```
#TABLA SDT

sdt = service_description_section(
    # número que diferencia a la red de otras
    transport_stream_id = tvd_ts_id,
    # toma el valor del ID de la red original
    original_network_id = tvd_orig_network_id,
    service_loop = [
        service_loop_item(
            # ID de servicio de TV digital
            service_ID = tvd_service_id_sd,
            # indica que no existe información del evento actual
            EIT_schedule_flag = 0,
            # indica que no existe información del evento siguiente
            EIT_present_following_flag = 0,
            # indica que el servicio se está ejecutando
            running_status = 4,
            # indica que existe acceso a todos los streams
            free_CA_mode = 0,
            service_descriptor_loop = [
                # descriptor de servicio
                service_descriptor(
                    # indica que el servicio es de TV digital
                    service_type = 1,
                    # nombre del proveedor del servicio
                    service_provider_name = "EPN",
                    # nombre del servicio
                    service_name = "EPN",
                ),
            ],
        ),
    ],
    # indica el número de versión de la tabla SDT
    version_number = 0,
    # indica que sección se utilizó para enviar información de la
    # tabla
    section_number = 0,
    # indica el número total de secciones para enviar la tabla
    last_section_number = 0,
)
```

Código 2.10. Generación de la tabla SDT.

2.4.5.2.4 Definición del mapa de programas: PAT

En este listado se identifica el contenido de la tabla PAT, la cual muestra los PID asociados a las tablas PPMT de cada programa, estas son las tablas que definen como se compone cada servicio.

```

#TABLA PAT

pat = program_association_section(
    # número que diferencia a la red de otras
    transport_stream_id = tvd_ts_id,
    program_loop = [
        program_loop_item(
            # Número de programa especial para la tabla NIT
            program_number = 0,
            # PID específico de la tabla NIT
            PID = 16,
        ),
        program_loop_item(
            # ID de servicio de TV digital
            program_number = tvd_service_id_sd,
            # PID de la PMT del servicio
            PID = tvd_pmt_pid_sd,
        ),
    ],
    # indica el número de versión de la tabla PAT
    version_number = 0,
    # indica que sección se utilizó para enviar información de la
    # tabla
    section_number = 0,
    # indica el número total de secciones para enviar la tabla
    last_section_number = 0,
)

```

Código 2.11. Generación de la tabla PAT.

2.4.5.2.5 Definición de los componentes del servicio: PMT

En este apartado se muestra el contenido de la tabla PMT, con una diferencia con respecto a las tablas anteriores y es que tiene que haber una PMT por cada servicio que se transmita, que en el caso del proyecto es uno solo, esta tabla contiene los PID de audio y video de la programación y se define un servicio de stream de video MPEG2 en el PID 2065 y de un stream de audio MPEG2 en el PID 2075.

```

#TABLA PMT

pmt_sd = program_map_section(
    # PID de la PMT del servicio
    program_number = tvd_service_id_sd,
    # valor definido por el usuario, que indica sincronización de
    # tiempo
    PCR_PID = 2064,
    # descriptor de información del programa
    program_info_descriptor_loop = [],
    stream_loop = [
        stream_loop_item(
            # indica que el stream es de video
            stream_type = 2,

```

```

        # PID del stream de video
        elementary_PID = 2065,
        element_info_descriptor_loop = [ ]
    ),
    stream_loop_item(
        # indica que el stream es de audio
        stream_type = 3,
        # PID del stream de audio
        elementary_PID = 2075,
        element_info_descriptor_loop = []
    ),
],
# indica el número de versión de la tabla PMT
version_number = 0,
# indica que sección se utilizó para enviar información de la
tabla
section_number = 0,
# indica el número total de secciones para enviar la tabla
last_section_number = 0,
)

```

Código 2.12. Generación de tabla PMT.

2.4.5.2.6 Creación de secciones y archivos .ts

En el siguiente código se muestran los comandos necesarios para generar las secciones y archivos .ts de las tablas anteriores, que al igual que la generación de las tablas forman parte del mismo script de Python.

```

#GENERACION DE ARCHIVOS
out = open("./nit.sec", "wb")
out.write(nit.pack())
out.close()
# creación del archivo nit.ts
os.system("sec2ts 16 < ./nit.sec > ./nit.ts")

out = open("./pat.sec", "wb")
out.write(pat.pack())
out.close()
# creación del archivo pat.ts
os.system("sec2ts 0 < ./pat.sec > ./pat.ts")

out = open("./sdt.sec", "wb")
out.write(sdt.pack())
out.close()
# creación del archivo sdt.ts
os.system("sec2ts 17 < ./sdt.sec > ./sdt.ts")

out = open("./pmt_sd.sec", "wb")
out.write(pmt_sd.pack())
out.close()
# creación del archivo pmt.ts
os.system("sec2ts " + str(tvd_pmt_pid_sd) + " < ./pmt_sd.sec >
./pmt_sd.ts")

```

Código 2.13. Generación de secciones y archivos TS.

2.4.5.3 Generación del flujo único de paquetes de transporte TS

Una vez generadas las señales de audio y video en archivos .ts y por separado, se debe generar las tablas PSI/SI, entonces dentro de la misma carpeta en Ubuntu se colocan los archivos multimedia (video1.ts y audio1.ts), el script de Python para la generación de tablas PSI/SI.

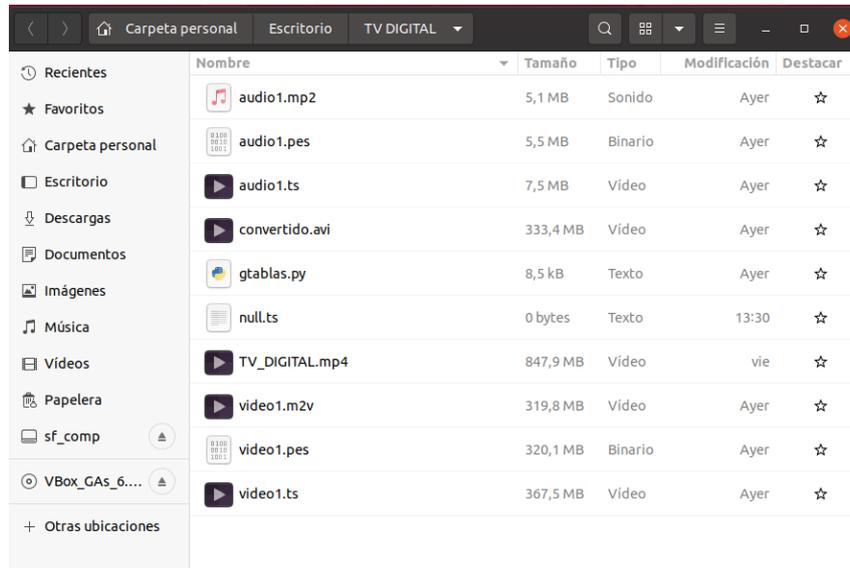


Figura 2.20. Carpeta con archivos necesarios para generación de TS.

Ya con los archivos necesarios dentro de la misma carpeta se abre un terminal y se sigue los siguientes pasos para generar el archivo único:

Ejecutar el script de Python con los siguientes comandos, los cuales se encargan de compilar y ejecutar el código, mismo que genera las diferentes secciones y tablas en un formato .ts necesarios para la multiplexación.

```
python gtablas.py
```

Código 2.14. Ejecución del Script.

Todos los archivos necesarios para la generación del flujo único de Transport Stream se encuentran contenidos en el Anexo B.

Realizar la multiplexación con todos los archivos: audio, video y tablas PSI/SI.

```
tscbrmuxer b:15040 pat.ts b:15040 pmt_sd.ts b:3008 sdt.ts b:3008  
nit.ts b:5750000 video1.ts b:188000 audio1.ts > videofinal.ts
```

Código 2.15. Multiplexación y generación del Transport Stream.

En este proceso se cambia la posición de los paquetes de video, por lo tanto, la llegada de estos será imprecisos en el receptor. Para solucionar este problema se usa la herramienta tsstamp, la cual es la encargada de sincronizar los paquetes de audio y video.

```
tsstamp videofinal.ts 29958294 > videofinal1.ts
```

Código 2.16. Sincronización de paquetes.

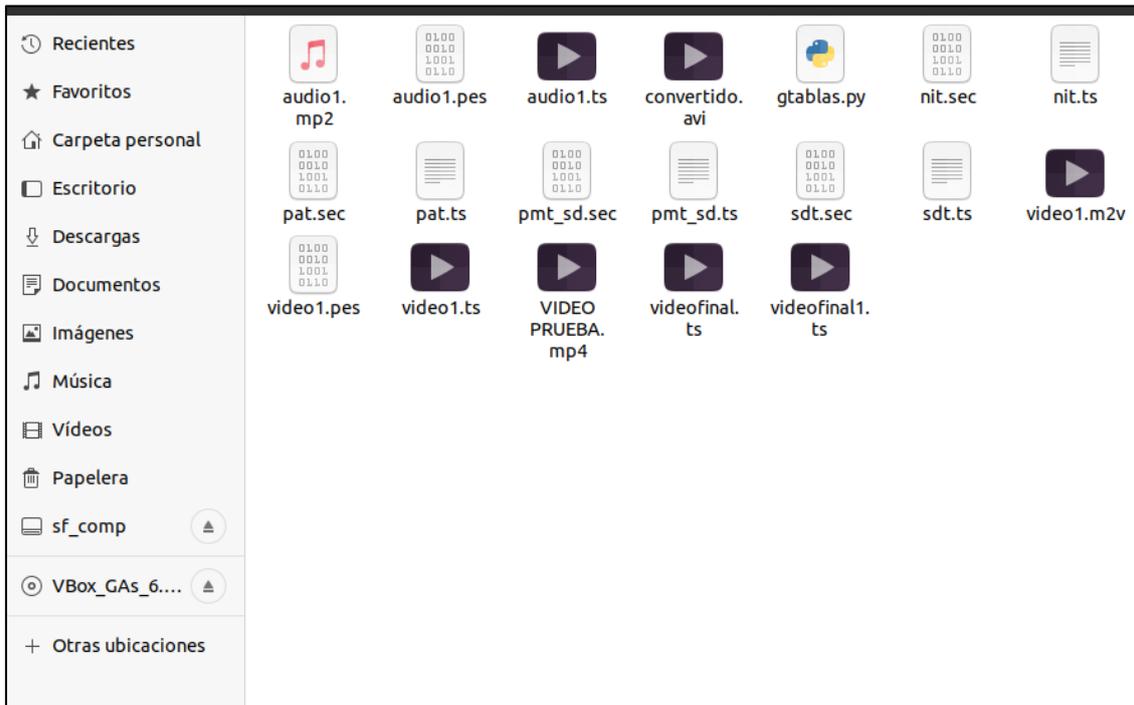


Figura 2.21. Carpeta contenedora de todos los archivos.

El archivo final “OpenCaster COMPLETO” listo para la transmisión se encuentra contenido en el Anexo C.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 TRANSMISIÓN

3.1.1 MODULADOR UT-210

El modulador UT-210 mostrado en la Figura 3.1 es un transmisor que está basado en USB con soporte para transmisión DVB-T, ISDB-T e ISDB-Tb [34], alimentado desde el bus USB, por lo que no se requiere de un adaptador de alimentación externo ni cálculo de CPU.



Figura 3.1. Modulador UT-210.

Las características principales del modulador utilizado en el proyecto se pueden apreciar en Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Características Modulador UT-210.

PARÁMETRO	VALOR	
Conector RF	Dos conectores MCX (hembra) de 75 Ω , uno para Tx y otro para Rx	
Ancho de banda	DVB-T	2/3/4/5/6/7/8 MHz
	ISDB-T	6/7/8 MHz
FFT	2k, 4k, 8k	
Constelación	64QAM, 16QAM, QPSK	
Code rate	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	
Intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16 o 1/32	
Capa ISDB-T	Capa 1 (13-seg) y Capa 2 (12-seg + 1-seg)	
Rango de frecuencias	100 - 2500MHz en pasos de 1KHz	

Nivel de salida RF	5 dBm (113 dBuV) @100-470 MHz
	5 dBm (113 dBuV) @470-950 MHz
	0 dBm (108 dBuV) @950-1900MHz
	-5 dBm (103 dBuV) @1900-2500MHz
Atenuador Digital	Rango: +0/-25dB , Step size 1dB
Puerto USB	USB 2.0 o USB 1.1
Power	5V DC (USB Bus Power), 500mA
Dimensiones	67x 35 mm (Excluido el conector USB)

Dentro de las aplicaciones que soporta este modulador, se encuentran:

- Generador de señales DVB-T/ISDB-T/-Tb.
- Demostraciones.
- Investigación y desarrollo.
- Transmisión/distribución de video.
- Señalización digital.
- Pantalla inalámbrica.
- TV de hotel, TV de hospital, TV a bordo, entretenimiento doméstico de lujo.
- TV de información del hotel, ferias comerciales, TV de información del centro comercial, TV del campus, en el estadio, TV local.
- Deportes en Vivo, Monitoreo, Vigilancia, TV Corporativa.
- Monitoreo Industrial.
- Televisión aficionada [34].

El modulador UT-210 cuenta con un puerto USB, el cual será conectado a un computador que cuente con el software TS Player y el controlador necesario instalados; este computador debe contar con ciertas especificaciones mínimas como lo son: un CPU: Intel, AMD, ARM, MIPS, 128 MB de memoria RAM o más, para que el archivo sea transmitido de una manera continua.

3.1.2 INTRODUCCIÓN A TSPLAYER

HiDes TS Player es un reproductor de flujo de transporte intuitivo para Windows. Está diseñado para alimentar de un archivo Transport Stream al modulador UT-210 para transmisión DVB-T e ISDB-T. El reproductor TS puede leer y reproducir flujos de transporte compatibles con el formato MPEG-2.

Paso 1: Verificar que el controlador está bien instalado: "Panel de control", "Administrador de dispositivos", debe haber un dispositivo llamado "IT9517 TX Device" en la categoría "Controladores de sonido, video y juegos".

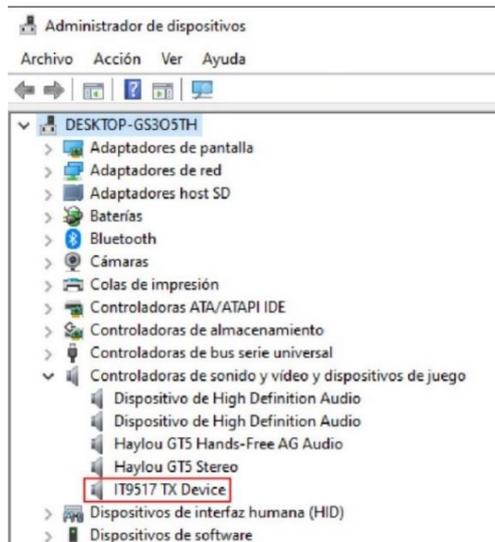


Figura 3.2. Controlador para el modulador UT-210.

Paso 2: clic en "browse" para seleccionar el archivo TS.

Paso 3: Hacer clic en la pestaña "ISDB-T"

Paso 4: Configuración de los parámetros de transmisión. Es posible configurar la frecuencia, el ancho de banda, la tasa de codificación, el intervalo de protección, etc. Hay que tener en cuenta que es posible que si se cambia la configuración el receptor no decodifique la señal correctamente.

Paso 5: Haga clic en el botón "Ejecutar" para comenzar a transmitir el archivo de flujo de transporte.

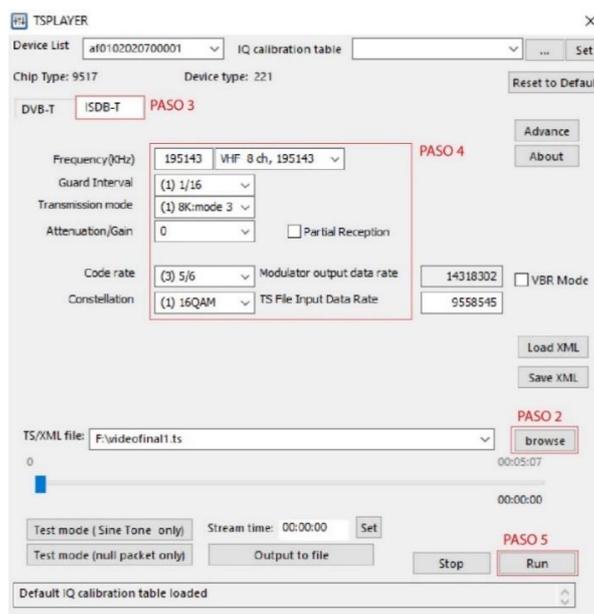


Figura 3.3. Interfaz de configuración TSPlayer.

3.1.2.1 Panel de control de transmisión

Tabla 3.2. Especificaciones panel de control TSPlayer.

	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Lista de dispositivos	Muestra todos los UT-210 instalados en su PC. El usuario puede seleccionar cualquier dispositivo y seleccionarlo como el activo. Se muestra la información del dispositivo activo, incluido el chip y el tipo de dispositivo.
2	Ajustes de transmisión del modulador	Puede cambiar la configuración del modulador seleccionando diferentes anchos de banda, frecuencia, tasa de código, modo de constelación, intervalo de guarda y el modo de transmisión. Los diferentes ajustes cambiarán la tasa de datos de salida del modulador. Básicamente, la tasa de datos de salida del modulador debe ser igual o mayor que la tasa de datos de entrada del archivo TS.
3	Atenuación/Ganancia para control de potencia de salida	La potencia de salida de RF es configurable, desde -25dB~+12dB, paso de 1 dB. En la mayoría de las configuraciones prácticas, la ganancia máxima puede ser solo de hasta +6 dB.
4	Tasa de datos de salida del modulador	La tasa de datos de salida del transmisor de la configuración del modulador en el grupo 2.
5	Tasa de datos de entrada de archivo TS	La velocidad de datos del archivo TS. Cuando se lee un archivo TS, TS Player calculará su tasa de datos predeterminada al verificar los PCR en el archivo automáticamente. En caso de un cálculo incorrecto, la tasa de datos de entrada se puede ingresar manualmente. TSPlayer impulsará la transmisión a una velocidad de datos constante en función de este valor. Si la transmisión es de velocidad de datos variable, marque la casilla "Modo VBR", luego TSPlayer impulsará la transmisión en función del valor de PCR. Los archivos de muestra en la carpeta \TS Files tienen una velocidad de datos constante y el modo VBR se puede desactivar.
6	Modo de prueba (solo paquete nulo)	Si está marcado, no se requiere ningún archivo de entrada TS. Solo transmitirá paquetes nulos.
7	Detener/Ejecutar para control de reproducción	Este grupo proporciona controles para la reproducción, incluidos ejecutar, detener y desplazarse.
8	Mensaje	Mensajes para el estado del sistema
9	Tabla de calibración IQ	Se puede cargar para optimizar aún más la calidad de salida de RF del UT-210. De forma predeterminada, IQ_Table.bin se cargará si existe con TsPlayer.exe en la misma carpeta.

Para tolerar ecos más lejanos es necesario aplicar intervalos de guarda más largos ya que los que son más cortos reducen la eficiencia del canal, para televisión digital se dispone de cuatro tipos de intervalos de guarda, los cuales están dados como fracción de un periodo de símbolo ($1/4$, $1/8$, $1/16$, y $1/32$).

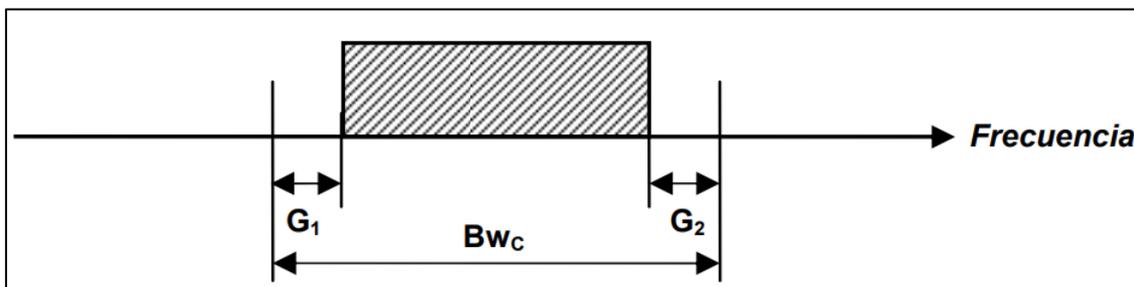


Figura 3.5. Intervalos de guarda.

3.1.2.2.3 Modo de transmisión

La disposición o separación entre portadoras para el sistema de transmisión ISDB-Tb está basada en tres modos de transmisión los cuales son [37]:

- modo 0 o “modo 2k”: se puede utilizar con un transmisor para pequeñas redes de frecuencia única.
- modo 1 o “modo 4k”: ofrece una solución adicional entre el tamaño de las células de transmisión y la capacidad de la recepción móvil.
- modo 2 o “modo 8k”: se puede utilizar para pequeñas y grandes estructuras de red de frecuencia única.

3.1.2.2.4 Tasa de código

La señal que llega al receptor no solo está expuesta al deterioro por efectos multicamino, sino también es irrumpida por ruido gaussiano auditivo, por tal motivo es necesario que se incremente la robustez de la protección de errores y agregar un codificador interno, el cual es el encargado de proteger e incluso brinda una relación flexible de código para el estándar ISDB-Tb [38].

Se usa un codificador convolucional con la técnica de perforación de símbolos el cual permite que un código convolucional con una tasa de código “madre” de $1/2$ pueda perforarse a una tasa mayor, por ejemplo, $2/3$, $3/4$, $5/6$ e incluso $7/8$, solamente al dejar de transmitir una parte de los símbolos del código.

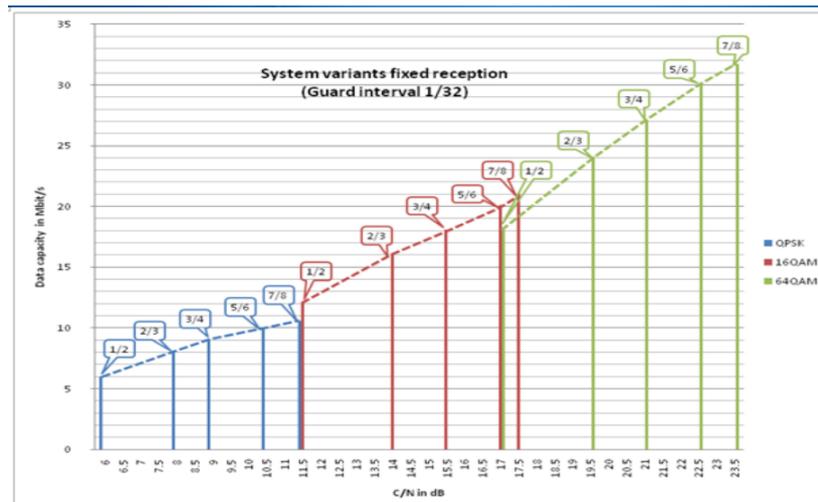


Figura 3.6. Variantes del sistema recepción fija.

Tabla 3.4. Código convolucional con perforación.

TASA DE CÓDIGO	MATRIZ DE PERFORACIÓN	Distancia libre (para el código convolucional K=7 estándar de la NASA)
1/2 (NO PERFORADO)	1	10
	1	
2/3	1 0	6
	1 1	
3/4	1 0 1	5
	1 1 0	
5/6	1 0 1 0 1	4
	1 1 0 1 0	
7/8	1 0 0 0 1 0 1	3
	1 1 1 1 0 1 0	

3.1.2.2.5 Constelación

La modulación digital es la acción de modificar cualquier parámetro de una onda portadora, de acuerdo con las variaciones de una señal moduladora discreta, la cual no cuenta con las características suficientes para ser transmitida en el espacio.

La modulación digital se divide dos clases:

La modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase-Shift Keying) es altamente utilizada para comunicaciones inalámbricas LAN, RFID y Bluetooth y es una forma de modulación angular, la cual consiste en variar la fase de una señal de referencia de frecuencia constante (onda portadora) entre un número limitado de valores discretos.

La característica principal de este tipo de modulación es que la fase de la onda portadora representa cada símbolo de información de la señal moduladora, dentro de un conjunto limitado de valores discretos es escogido un valor angular por el modulador.

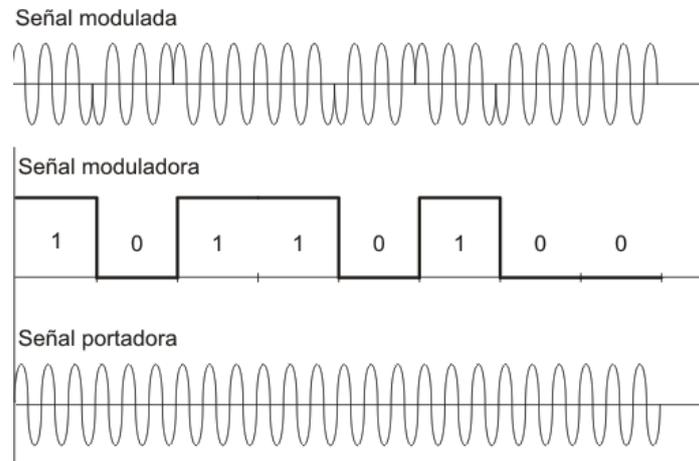


Figura 3.7. Modulación PSK.

QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) o modulación por desplazamiento de fase en cuadratura es un tipo de modulación PSK en la cual los bits modulados son 2 a la vez, y dando apertura a seleccionar uno de los cuatro desplazamientos de fase de la portadora posibles. Este tipo de modulación permite que se transporte el doble de información que PSK usando el mismo ancho de banda [39].

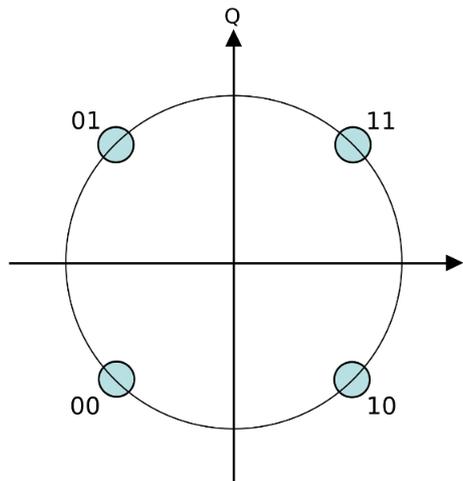


Figura 3.8. Diagrama de constelación modulación QPSK.

La modulación de amplitud en cuadratura, QAM (Quadrature amplitude modulation), consiste en una modulación ASK (Amplitud-Shift Keying) o por desplazamiento de amplitud de dos señales portadoras, pero de forma independiente, las cuales tienen la misma frecuencia con la diferencia que se encuentran desfasadas entre sí 90°.

Es posible que estas dos señales puedan operar en el mismo canal sin ningún tipo de interferencia entre ellas, debido a que se encuentran en cuadratura, es decir, sus portadoras cuentan con este desfase. Son señales sinusoidales generalmente donde una es la onda portadora y la otra es la señal de datos. El resultado de sumar estas dos señales ASK es la señal modulada QAM.

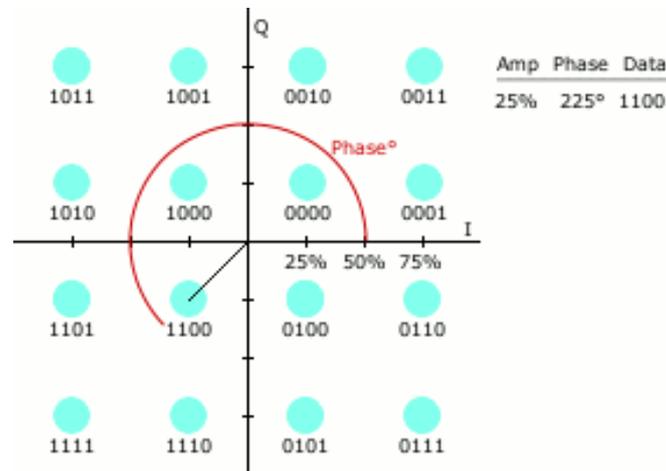


Figura 3.9. Diagrama de constelación modulación 16-QAM.

16-QAM como su nombre lo indica cuenta con 16 símbolos y cada símbolo es representado por 4 bits como se menciona en el diagrama de constelación de la Figura 3.9.

64-QAM cuenta con un total de 64 símbolos y cada uno es representado por 6 bits como se muestra en el diagrama de constelación de la Figura 3.10.

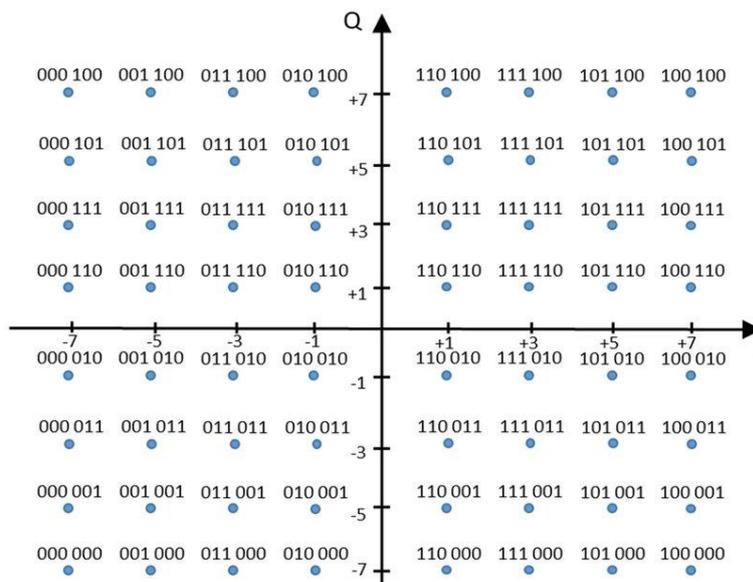


Figura 3.10. Diagrama de constelación modulación 64-QAM.

Para 64-QAM hay 64 puntos en lugar de 16, razón por la cual la diferencia de fase y amplitud entre dos puntos es mucho menor, pero existe un problema al momento de implementarlo en el mundo real y es que existen interferencias y obstrucciones, las cuales hacen que la fase y la amplitud varíe, por esta razón las muestras no llegarán exactamente en el punto destinado sino se encontrarán cercanas al mismo, lo que se conoce como dispersión. Si esta dispersión es lo suficientemente amplia los puntos serán confundidos y existirán errores.

Como se observa en la Figura 3.11, para 16-QAM hay 16 puntos de elección y es relativamente fácil diferenciarlos, pero al momento de elevar a 64-QAM, donde contamos con 64 puntos de elección, los cuales se encuentran más juntos, se complica un poco más la diferenciación entre ellos y por lo tanto hay mayor probabilidad de errores.

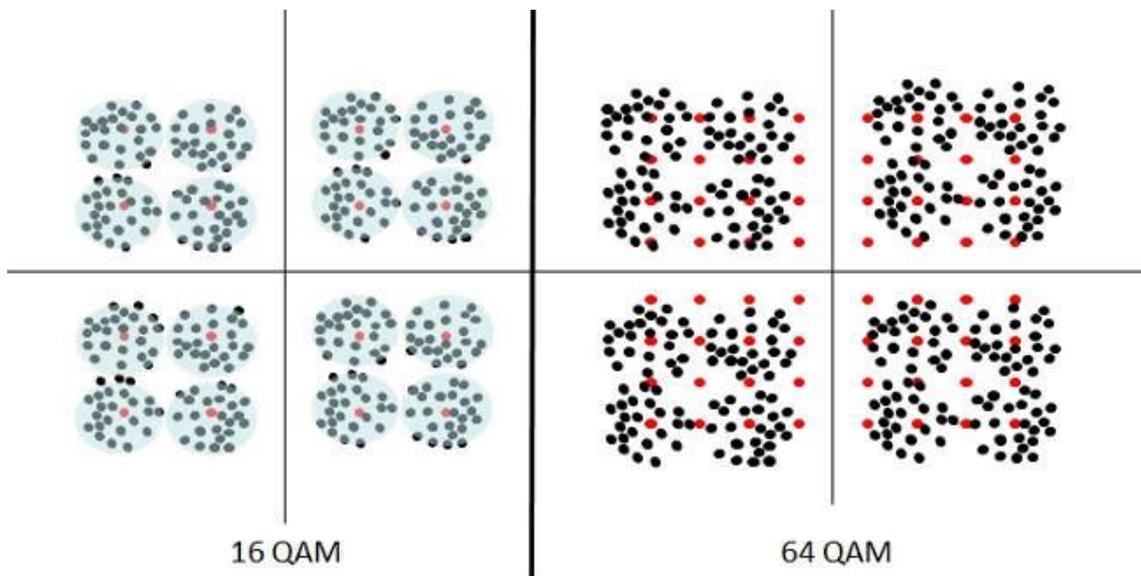


Figura 3.11. Comparación entre 16-QAM y 64-QAM.

Entonces con toda esta información y conociendo la tasa de bits del video final exportado y listo para la transmisión la cual es de 19.329 Mbps, se selecciona una tasa de bits de transmisión mayor a la del video.

Para calcular la tasa de bits de transmisión se utiliza un algoritmo de transformada inversa rápida de Fourier (inverse fast Fourier transform, IFFT). La Tabla 3.5 muestra la tasa de bits útil para cada tasa de corrección de errores, tipo de modulación y todas las combinaciones de intervalos de guarda disponibles [40].

Para el Proyecto se ha seleccionado la de 19,76 Mbps y corresponde a una modulación 64-QAM, una tasa de código $\frac{3}{4}$ y un intervalo de guarda de 1/16. Especificaciones que serán colocadas en el software TS Player para la transmisión.

Tabla 3.5. Tasa útil de bits para cada tasa de corrección de errores, cada constelación y para todas las combinaciones de intervalos de guarda [40].

Modulación	Tasa de Código	Intervalo de Guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	3,73	4,14	4,39	4,52
	2/3	4,97	5,52	5,85	6,03
	3/4	5,59	6,22	6,58	6,78
	5/6	6,22	6,91	7,31	7,54
	7/8	6,53	7,25	7,68	7,91
16-QAM	1/2	7,46	8,29	8,78	9,04
	2/3	9,95	11,05	11,7	12,06
	3/4	11,19	12,44	13,17	13,57
	5/6	12,44	13,82	14,63	15,08
	7/8	13,06	14,51	15,36	15,87
64-QAM	1/2	11,19	12,44	13,17	3,57
	2/3	14,92	16,58	17,56	18,09
	3/4	16,79	18,66	19,76	20,35
	5/6	18,65	20,73	21,95	22,62
	7/8	19,59	21,77	23,05	23,75

El software TSPlayer para transmisión y archivos de prueba se han incluido en el Anexo D.

3.2 ESCENARIO DE PRUEBA

Este Proyecto de Titulación trabaja sobre un único escenario de prueba, el cual consiste en enviar un archivo Transport Stream que contiene, entre otros, el video final producido, grabado y editado por medio del modulador UT-210 hacia un televisor que cuenta con un receptor de televisión digital.

Como se puede observar en la Figura 3.12, el modulador UT-210 cuenta con las dos conexiones detalladas (USB y SMA) mediante la conexión USB obtendrá el Transport Stream enviado desde el computador, el cual fue generado con la herramienta

OpenCaster en el sistema operativo Ubuntu y cargado al software TSPlayer instalado sobre el sistema operativo Windows.

Mientras que en el lado receptor se observa una única conexión (coaxial) la cual se encuentra entre el televisor que cuenta con un receptor de televisión digital y una antena de aire, dicha antena recibe la señal enviada por el modulador UT-210 y la envía al televisor, mismo que realiza todo el proceso para que el usuario pueda observar el video final.

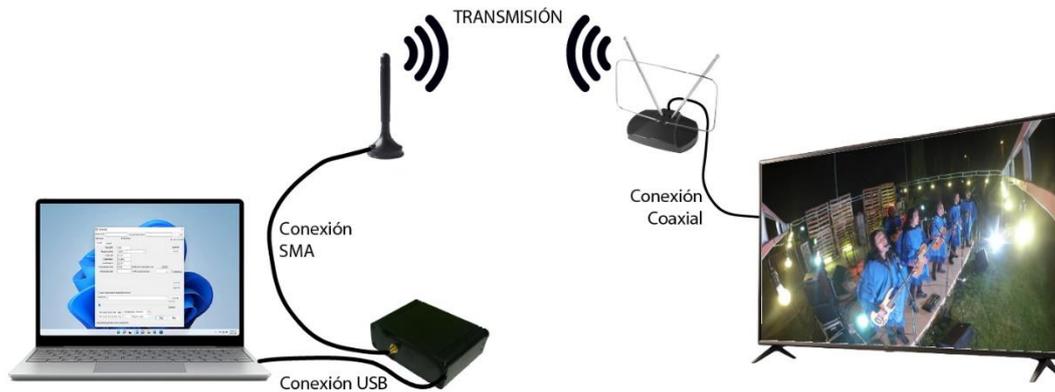


Figura 3.12. Esquema escenario de pruebas.

Los resultados de este esquema para el escenario de prueba se pueden observar en la Figura 3.13.



Figura 3.13. Escenario de pruebas real.

Claramente se puede apreciar en la pantalla del televisor la calidad de audio y video, la cual tiene un tamaño de resolución Full High Definition (FHD) de 1920x1080 pixeles, sin ningún tipo de corte o distorsión en la reproducción del video, todo esto a una distancia aproximada de dos metros entre el transmisor y el receptor.

La cobertura de transmisión dependerá principalmente de la antena a utilizar, en el caso del proyecto se ha usado una antena digital con conexión SMA y la máxima distancia que puede alcanzar sin perder calidad y sin cortes o distorsiones en la reproducción es de 18.5 metros, a partir de esta distancia el video presenta fallos y no se aprecia la calidad FHD y fluidez.

Una vez comprobada la buena calidad de reproducción y la cobertura que tiene la transmisión, se ha medido la latencia, es decir la diferencia de tiempo que hay desde que se envía el video desde la PC hasta que se inicia a reproducir el mismo en el televisor receptor.

Para esto se hizo uso de un cronómetro el cual se inicia al momento de dar clic en la PC para transmitir el video y se lo para al momento que este comienza a reproducirse en el televisor, la cantidad que marcó este cronómetro es de 1 segundo con 34 milésimas y se puede apreciar en la Figura 3.14 y es la latencia que tendrá la transmisión de este proyecto.



Figura 3.14. Latencia en la transmisión de televisión digital.

3.3 ALTERNATIVA

Al ser un proyecto realizado para una transmisión de televisión digital local, se optó por encontrar una alternativa para que, a los operadores de dichos canales, por el momento analógicos, que no están muy familiarizados con los términos técnicos se les haga sencillo el cambio a un sistema de transmisión digital, con una mejor calidad de audio y video.

Esta alternativa es un proceso que reduce el tiempo y los recursos computacionales al momento de generar el archivo de transmisión, dicho archivo tiene un formato M2TS con una extensión .m2t.

M2TS es un formato de archivo de video codificado en alta definición, es usado generalmente en los disco Blu-ray que son conocidos por su elevada calidad en audio y video [41].

Tabla 3.6. Características del formato M2TS.

PARÁMETROS	M2TS
Extensión	.m2ts, .mts, .ts, .m2t
Formato de codificación de video	MPEG-2,H.264,H.265
Formato de codificación de audio	AC-3,DTS,LPCM, otros

Para reducir el tiempo y recursos computacionales ya no se hará uso del software OpenCaster en el sistema operativo Ubuntu, sino que al momento de exportar el archivo de video final, producido, grabado y editado en el Software Adobe Premiere Pro no se lo hará en formato MP4.

Se realiza un cambio en este apartado, el cual es exportar el video final directamente en un formato compatible para la transmisión, es decir, M2TS el cual usa un formato MPEG2 con una multiplexación Transport Stream y dichas especificaciones se las puede configurar en los ajustes de exportación del mismo software.

Para exportar en este formato en específico se siguen los siguientes pasos:

- Paso 1: Escoger el formato MPEG2

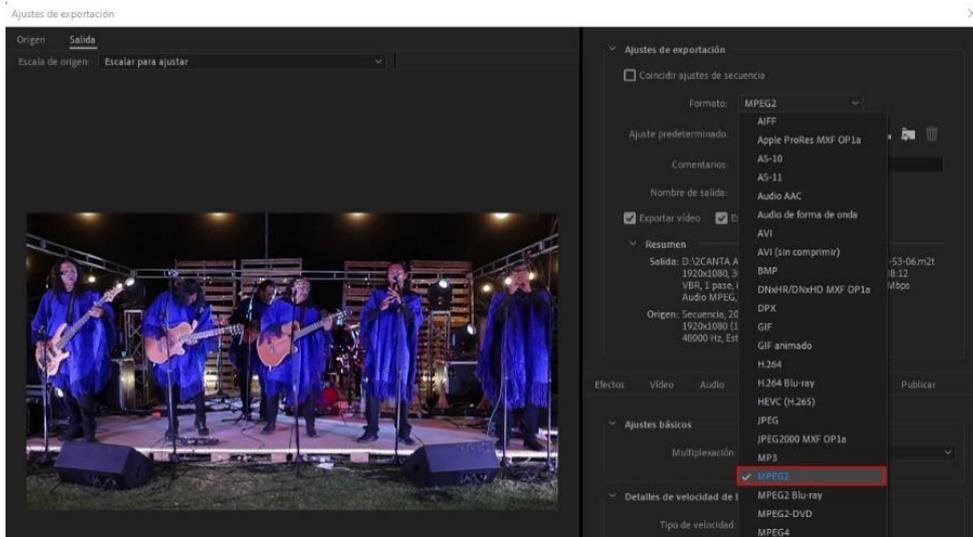


Figura 3.15. Selección del formato MPEG2.

- Paso 2: Clic sobre Multiplexador.
- Paso 3: Seleccionar tipo de multiplexación TS.
- Paso 4: Exportar video final.

El archivo final “ALTERNATIVA COMPLETO” listo para la transmisión se encuentra contenido en el Anexo C.

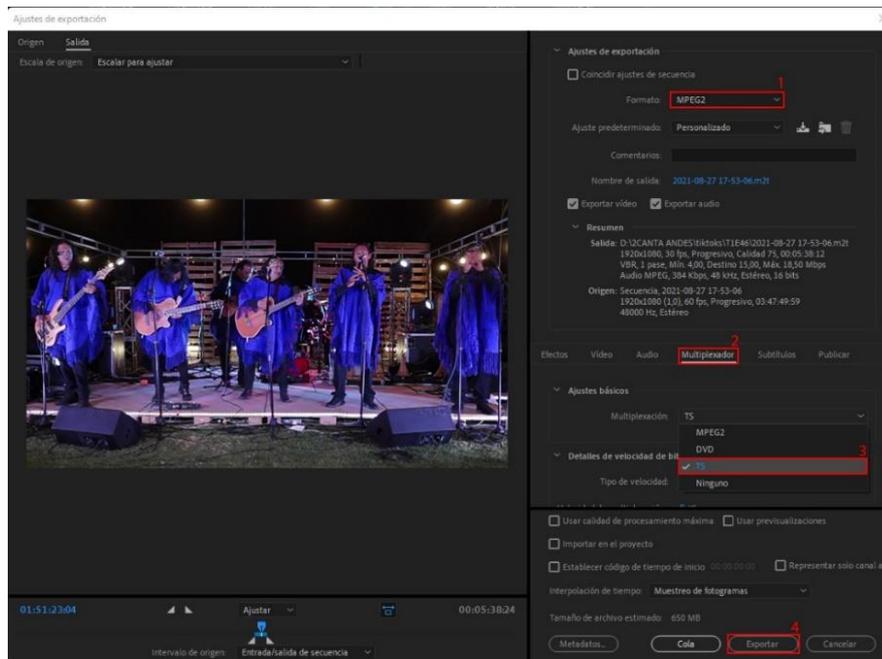


Figura 3.16. Alternativa de exportación del archivo TS.

Una vez finalizado el proceso de exportación, cargamos el nuevo archivo al software de transmisión TSPlayer y se realiza el mismo proceso para la transmisión hacia el televisor.



Figura 3.17. Prueba de alternativa en un escenario real.

3.3.1 VENTAJAS

La ventaja principal es la eliminación del tiempo de conversión del archivo mp4 a TS, razón que deriva en la reducción de recursos computacionales ya que evita el uso del software OpenCaster dentro del sistema operativo Ubuntu.

Facilita el proceso para el operador del canal digital al evitar la instalación de una máquina virtual (VirtualBox), un sistema operativo adicional (Linux/Ubuntu) y el software OpenCaster.

Uso de un único software para la edición de video y para la exportación del archivo final en un formato compatible para la transmisión.

3.3.2 DESVENTAJAS

La principal desventaja es que no es posible incluir las tablas PSI para la generación del flujo único de paquetes de transporte TS, es decir, no tendrá un nombre de red, de proveedor o servicio.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan de la realización de este trabajo de titulación son las siguientes:

- El proceso de la pre-producción es uno de los aspectos al que menos valor se le asigna, pero este apartado es el encargado de que todo el proyecto se lo realice de la mejor manera. Incluye todos los preparativos necesarios para que se lleve a cabo la grabación, entre ellos: el desarrollo de una idea, creación de guiones, story board y la prueba de sonido y video previos a la producción. Se consigue una mejor organización para el equipo, darle forma a una idea, el conocimiento de que elementos omitir y cuales agregar y tener una idea más clara del producto final que se obtendrá.
- La alta calidad del contenido multimedia no solo depende de los equipos que se usaron en la grabación (cámaras de video, equipo de audio), ni de la definición final del video, sino también del proceso previo que se realizó con la preproducción, la historia que se quiere transmitir al público, la sincronización de todos los participantes y sobre todo del proceso de postproducción, edición de audio y video, espacio en el cual se dan las características finales al producto que será transmitido hacia un televisor con receptor de señal digital.
- Una opción para generar los flujos únicos de Transport Stream TS mediante software, es el uso de OpenCaster, el cual funciona usando una serie de líneas de comando con diferentes componentes cada uno, que en algunos casos son numerosos y de los cuales no existe suficiente información, lo que derivó en seleccionar las características necesarias para una producción de audio y video en alta definición, dichas características son especificadas en todas y cada una de las líneas de comando al momento de generar un correcto Transport Stream.
- Al conocer que la generación de flujos únicos de Transport Stream TS en el software OpenCaster es ligeramente complicada, se encontró una alternativa a la generación de un archivo compatible para la transmisión TDT, la cual consiste en exportar el archivo directamente del software Adobe Premiere Pro en el sistema operativo Windows, mismo que en los ajustes de exportación cuenta con la opción de escoger

un formato MPEG-2 con una multiplexación TS, obteniendo un archivo de extensión .m2t listo para la transmisión.

- Las pruebas de transmisión realizadas tanto del archivo creado con la herramienta OpenCaster como de la alternativa exportada directamente del software Adobe Premiere Pro fueron exitosas, apreciando claramente en el televisor receptor una calidad excelente en audio y video con una resolución 1920x1080 Full High Definition (FHD) con una fluidez de audio y video sin cortes, ni distorsiones.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para una correcta ubicación de los equipos de video en el lugar de grabación, se recomienda realizar varias combinaciones de los ángulos posibles que las cámaras puedan tomar, para así tomar la mejor decisión y que todos los planos se encuentren cubiertos sin perder nada del contenido preparado.
- Se recomienda que los equipos de audio junto con el técnico escojan un lugar específico y estratégico, mismo que les permita tener todo el control sobre los participantes, monitorización y salida del sonido hacia el exterior.
- Es recomendable que cualquier video que se requiera transmitir, primero se transforme en un formato .avi, ya que este tipo de formato da oportunidad a que el procesamiento se realice audio y video por separado ya que son grabados en diferentes capas.
- En el presente proyecto se usó como norma principal al estándar ISDB-Tb, entonces si se desea profundizar en este tema, se requiere realizar cualquier cambio o exista una actualización, se recomienda usar como fuente bibliográfica específica a la norma que rige este estándar.
- Se recomienda que el computador donde se instale la máquina virtual Linux/Ubuntu y el software OpenCaster tenga una elevada capacidad de procesamiento, tanto en el CPU como en su memoria, ya que al momento de realizar la generación del flujo único de Transport Stream las tareas de codificación de audio y video, consume gran parte de los recursos del computador.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Open Broadcaster Software | OBS.” <https://obsproject.com/es> (accessed Aug. 24, 2021).
- [2] “Adobe Premiere Pro | Editor de video profesional.” <https://www.adobe.com/la/products/premiere.html> (accessed Aug. 31, 2021).
- [3] “Software de grabación y edición de audio | Adobe Audition.” <https://www.adobe.com/la/products/audition.html> (accessed Sep. 24, 2021).
- [4] G. López Aliaga, *INTRODUCCION PRACTICA A LA EDICION DE VIDEO CON ADOBE PREMIERE CC 2020*, Primera Ed. Elche, 2021. [Online]. Available: <https://innovacionumh.es/editorial/INTRODUCCION PRACTICA A LA EDICION DE VIDEO CON ADOBE PREMIERE CC 2020 20-01-2020.pdf>
- [5] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información MINTEL, “Reprograma el cronograma de evolución a la televisión digital terrestre TDT.” <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-reprograma-el-cronograma-de-evolucion-a-la-television-digital-terrestre-tdt/> (accessed Feb. 01, 2021).
- [6] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, “Censo de Población y Vivienda Ecuador,” 2010.
- [7] History, “Who Invented Television?” <https://www.history.com/news/who-invented-television> (accessed Oct. 26, 2021).
- [8] A. L. Mora, *La televisión en el Ecuador*, 1era ed. Texas: Editorial AMAUTA, 1982.
- [9] F. Macías Pinargote, *La primera pantalla: crónica del nacimiento de la televisión en el Ecuador*. Portoviejo - Ecuador: Imprenta y Gráficas Ramírez, 2003.
- [10] C. A. Valverde-Lojano, “La interactividad – interacción en la Televisión Digital Terrestre.,” *Killkana Social*, vol. 4, no. 2, pp. 19–24, Aug. 2020, doi: 10.26871/killkanasocial.v4i2.605.
- [11] “About ATSC - ATSC : NextGen TV.” <https://www.atsc.org/about/> (accessed Jan. 03, 2022).
- [12] P. F. Sotomayor Jácome, “ANÁLISIS DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT) Y PRUEBAS DE CAMPO UTILIZANDO LOS EQUIPOS DE COMPROBACIÓN TÉCNICA DE LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES.” Accessed: Jan. 17, 2022. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1159>
- [13] “DiBEG | ISDB-T Official Web Site.” <https://www.dibeg.org/> (accessed Jan. 25, 2022).
- [14] Wikipedia, “CANAL ISDB-T.” https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/ISDB-T_CH_Seg_Prog_allocation.png (accessed Jun. 02, 2022).

- [15] "Transport Stream - Wikipedia, la enciclopedia libre."
https://es.wikipedia.org/wiki/Transport_Stream (accessed Aug. 07, 2022).
- [16] J. Parreño and S. Ponce, "Creación de nuevos servicios de televisión digital terrestre bajo el estándar isdb-tb para la plataforma villageflow mediante el análisis de su estructura.," Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, 2014. Accessed: Aug. 07, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8094/T-ESPE-047735.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [17] "Laboratorio de documentación » Como escanear los materiales."
<http://multimedia.uoc.edu/blogs/labdoc/es/com-escanear/> (accessed Aug. 08, 2022).
- [18] "Resoluciones de pantalla: qué son y guía con los tipos y sus nomenclaturas."
<https://www.xataka.com/basics/resoluciones-pantalla-que-guia-tipos-sus-nomenclaturas> (accessed Aug. 08, 2022).
- [19] "Triángulo de exposición en fotografía gráfico explicativo."
<https://www.xatakafoto.com/guias/triangulo-exposicion-explicado-graficamente> (accessed Aug. 07, 2022).
- [20] "Aprendiendo fotografía: Apertura de diafragma - Foto24."
<https://blog.foto24.com/apertura-de-diafragma/> (accessed Aug. 07, 2022).
- [21] "Velocidad de Obturación: Qué Es y Para Qué Sirve."
<https://www.dzoom.org.es/para-que-sirve-la-velocidad-de-obturacion/> (accessed Aug. 07, 2022).
- [22] J. Luis, P. Fragoso, S. Mexicana, and F. Profesionales, "COMPOSICIÓN FOTOGRÁFICA Teoría y Práctica," 1990.
- [23] "6 ejemplos prácticos de la aplicación de la Regla de los tercios - Diego Ibañez - Fotografía." <https://www.diegoibanezfotografia.com/blog/fotografia/item/101-6-ejemplos-practicos-de-la-aplicacion-de-la-regla-de-los-tercios> (accessed Aug. 07, 2022).
- [24] "¿Sabes qué es la Ley de la mirada?"
<https://www.fotografiaesencial.com/blog/sabes-que-es-la-ley-de-la-mirada/> (accessed Aug. 07, 2022).
- [25] "Compresores de Audio", Accessed: Feb. 06, 2022. [Online]. Available: <http://www.laimagenyelsonido.com.ar/UNLA/sistemas%20de%20grabacion%202/apuntes/Compresores%20de%20Audio%20-%20Final.pdf>
- [26] "ITU-T Recommendation database." <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11466&lang=es> (accessed Feb. 20, 2022).
- [27] "Enterprise Open Source and Linux | Ubuntu." <https://ubuntu.com/> (accessed Mar. 02, 2022).
- [28] "Oracle VM VirtualBox." <https://www.virtualbox.org/> (accessed Mar. 02, 2022).

- [29] "OpenCaster 3.2.2: the free digital tv software." <https://www.avalpa.com/the-key-values/15-free-software/33-opencaster> (accessed Mar. 03, 2022).
- [30] T. Moncayo and M. Pozo, "GENERACIÓN DEL FLUJO ÚNICO DE PAQUETES DE TRANSPORTE TS DE ACUERDO A LA NORMA ISDB-Tb Y DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA SU ANÁLISIS," Quito, 2014.
- [31] M. Illescas and D. Villamarín, "IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR DE PRUEBAS DE TV DIGITAL TERRESTRE ISDB-Tb, PARA LA EMISIÓN DE APLICACIONES INTERACTIVAS," Sangolquí, 2011. Accessed: Mar. 06, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/4289/T-ESPE-032586.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [32] D. Villamarín, G. Olmedo, R. Lara, and M. A. Illescas, "Generación de Transport Stream con Audio, Video y Datos de Interactividad para el Sistema de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb," *Maskay*, vol. 2, no. 1, p. 49, 2012, doi: 10.24133/maskay.v2i1.147.
- [33] "OpenCaster para SATVD-T," 2010, Accessed: Mar. 06, 2022. [Online]. Available: <http://www.avalpa.com/>
- [34] HiDes Inc., "UT-210 Professional 4-band(100~2500MHz) USB DVB-T/ISDB-T Modulator." http://www.hides.com.tw/product_ut210_eng.html (accessed Mar. 28, 2021).
- [35] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información MINTEL, "Informe-CITDT-GATR-2011-003", Accessed: May 21, 2022. [Online]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Informe-CITDT-GATR-2011-003.pdf>
- [36] F. Valle, J. Ribadeneira-Ramírez, F. Moreno, J. Rodríguez, D. Veloz, and G. Martínez, "Planificación de Frecuencias para Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Ecuador," *Revista Perspectivas*, vol. 1, no. 1, pp. 23–35, Jan. 2019, doi: 10.47187/perspectivas.vol1iss1.pp23-35.2019.
- [37] P. Q. Jofre Stalin, "SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE CON LA NORMA ISDB-TB EN CANALES CON DESVANECIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE REDES SFN USANDO MATLAB," Quito, 2016. Accessed: May 24, 2022. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16340?mode=full>
- [38] C. Pérez Vega, "Transmisión de Televisión - Capítulo 3 - Codificación de canal y modulación." Accessed: May 26, 2022. [Online]. Available: <https://personales.unican.es/perezvr/pdf/Codificacion%20de%20Canal.pdf>
- [39] "QPSK-using-MATLAB - File Exchange - MATLAB Central." <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/68277-qpsk-using-matlab> (accessed May 29, 2022).
- [40] "Radiodifusión digital terrestre análisis del estándar DVB-T." http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000400006 (accessed Aug. 08, 2022).

- [41] “Application Definition Blu-ray Disc Format BD-J Baseline Application and Logical Model Definition for BD-ROM,” 2005.

ANEXOS

ANEXO A. Código completo de tablas PSI.

ANEXO B. Carpeta contenedora de los archivos de la generación del archivo único de Transport Stream.

ANEXO C. Archivos generados listos para la transmisión.

ANEXO D. Software de transmisión y archivos de prueba.

ANEXO A

CÓDIGO COMPLETO DE TABLAS PSI LISTO PARA EJECUCIÓN CON PYTHON EN UBUNTU.

```
 -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Wed Mar  2 13:08:37 2022

@author: Diego
"""

#!/usr/bin/env python
#coding: utf8
import os
from dvbobjects.PSI.PAT import *
from dvbobjects.PSI.NIT import *
from dvbobjects.PSI.SDT import *
from dvbobjects.PSI.PMT import *
from dvbobjects.SBTVD.Descriptors import *
# ID de red
tvd_ts_id = 0x073b
# ID de red original
tvd_orig_network_id = 0x073b
# frecuencia de transmisión en MHz
ts_freq = 527
# tecla de acceso rápido al canal
ts_remote_control_key = 0x05
# ID de servicio de TV digital
tvd_service_id_sd = 0xe760
# PID de la PMT del servicio
tvd_pmt_pid_sd = 1031

#TABLA NIT

nit = network_information_section(
    # toma el valor del ID de la red original
    network_id = tvd_orig_network_id,
    # empieza los descriptores de la tabla NIT
    network_descriptor_loop = [
        #descriptor del nombre de la red
        network_descriptor(network_name = "EPNTV",),
        # descriptor de gestión del sistema
        system_management_descriptor(
            # indica que la transmisión es de TV abierta
            broadcasting_flag = 0,
            # para el sistema ISDB-Tb, toma el valor de 3
            broadcasting_identifier = 3,
            # especificado por el proveedor
            additional_broadcasting_identification = 0x01,
            additional_identification_bytes = [],
        )
    ],
    transport_stream_loop = [
        transport_stream_loop_item(
            # número que diferencia a la red de otras
```

```

transport_stream_id = tvd_ts_id,
# toma el valor del ID de la red
original_network_id = tvd_orig_network_id,
transport_descriptor_loop = [
    # descriptor de lista de servicios
    service_list_descriptor(
        dvb_service_descriptor_loop = [
            service_descriptor_loop_item (
                # ID de servicio de TV digital
                service_ID = tvd_service_id_sd,
                # valor que indica que el servicio es de TV
digital
                service_type = 1,
            ),
        ],
    ),
    # descriptor de sistema de distribución terrestre
    terrestrial_delivery_system_descriptor(
        # indica el código de área desde donde se tx el
servicio
        area_code = 1341,
        # valor de acuerdo a la Tabla 2.3
        guard_interval = 0x01,
        # valor de acuerdo a la Tabla 2.4
        transmission_mode = 0x02,
        frequencies = [
            # frecuencia de transmisión
            tds_frequency_item( freq=ts_freq )
        ],
    ),
    # descriptor de recepción parcial
    partial_reception_descriptor (
        service_ids = []
    ),
    # descriptor de información del TS
    transport_stream_information_descriptor (
        # tecla de acceso al canal
        remote_control_key_id = ts_remote_control_key,
        # nombre del TS definido por el usuario
        ts_name = "TMTV",
        transmission_type_loop = [
            transmission_type_loop_item(
                # discrimina las capas jerárquicas y es
definido por el operador de servicios
                transmission_type_info = 0x0F,
                service_id_loop = [
                    service_id_loop_item(
                        # ID de servicio de TV digital
                        service_id=tvd_service_id_sd
                    ),
                ]
            ),
            transmission_type_loop_item(
                # discrimina las capas jerárquicas y es
definido por el operador de servicios
                transmission_type_info = 0xAF,
                service_id_loop = [],

```

```

        ),
    ],
)
],
),
],
# indica el número de versión de la tabla NIT
version_number = 0,
# indica que sección se utilizó para enviar información de la
tabla
section_number = 0,
# indica el número total de secciones para enviar la tabla
last_section_number = 0
)

#TABLA SDT

sdt = service_description_section(
# número que diferencia a la red de otras
transport_stream_id = tvd_ts_id,
# toma el valor del ID de la red original
original_network_id = tvd_orig_network_id,
service_loop = [
    service_loop_item(
        # ID de servicio de TV digital
        service_ID = tvd_service_id_sd,
        # indica que no existe información del evento actual
        EIT_schedule_flag = 0,
        # indica que no existe información del evento siguiente
        EIT_present_following_flag = 0,
        # indica que el servicio se está ejecutando
        running_status = 4,
        # indica que existe acceso a todos los streams
        free_CA_mode = 0,
        service_descriptor_loop = [
            # descriptor de servicio
            service_descriptor(
                # indica que el servicio es de TV digital
                service_type = 1,
                # nombre del proveedor del servicio
                service_provider_name = "EPN",
                # nombre del servicio
                service_name = "EPN TV",
            ),
        ],
    ),
],
),
# indica el número de versión de la tabla SDT
version_number = 0,
# indica que sección se utilizó para enviar información de la
tabla
section_number = 0,
# indica el número total de secciones para enviar la tabla
last_section_number = 0,
)

#TABLA PAT

```

```

pat = program_association_section(
    # número que diferencia a la red de otras
    transport_stream_id = tvd_ts_id,
    program_loop = [
        program_loop_item(
            # Número de programa especial para la tabla NIT
            program_number = 0,
            # PID específico de la tabla NIT
            PID = 16,
        ),
        program_loop_item(
            # ID de servicio de TV digital
            program_number = tvd_service_id_sd,
            # PID de la PMT del servicio
            PID = tvd_pmt_pid_sd,
        ),
    ],
    # indica el número de versión de la tabla PAT
    version_number = 0,
    # indica que sección se utilizó para enviar información de la
tabla
    section_number = 0,
    # indica el número total de secciones para enviar la tabla
    last_section_number = 0,
)

#TABLA PMT

pmt_sd = program_map_section(
    # PID de la PMT del servicio
    program_number = tvd_service_id_sd,
    # valor definido por el usuario, que indica sincronización de
tiempo
    PCR_PID = 2064,
    # descriptor de información del programa
    program_info_descriptor_loop = [],
    stream_loop = [
        stream_loop_item(
            # indica que el stream es de video
            stream_type = 2,
            # PID del stream de video
            elementary_PID = 2065,
            element_info_descriptor_loop = [ ]
        ),
        stream_loop_item(
            # indica que el stream es de audio
            stream_type = 3,
            # PID del stream de audio
            elementary_PID = 2075,
            element_info_descriptor_loop = []
        ),
    ],
    # indica el número de versión de la tabla PMT
    version_number = 0,
    # indica que sección se utilizó para enviar información de la
tabla

```

```

    section_number = 0,
    # indica el número total de secciones para enviar la tabla
    last_section_number = 0,
)

#GENERACION DE ARCHIVOS

out = open("./nit.sec", "wb")
out.write(nit.pack())
out.close()
# creación del archivo nit.ts
os.system("sec2ts 16 < ./nit.sec > ./nit.ts")

out = open("./pat.sec", "wb")
out.write(pat.pack())
out.close()
# creación del archivo pat.ts
os.system("sec2ts 0 < ./pat.sec > ./pat.ts")

out = open("./sdt.sec", "wb")
out.write(sdt.pack())
out.close()
# creación del archivo sdt.ts
os.system("sec2ts 17 < ./sdt.sec > ./sdt.ts")

out = open("./pmt_sd.sec", "wb")
out.write(pmt_sd.pack())
out.close()
# creación del archivo pmt.ts
os.system("sec2ts " + str(tvd_pmt_pid_sd) + " < ./pmt_sd.sec >
./pmt_sd.ts")

```

ANEXO B

CARPETA CONTENEDORA DE LOS ARCHIVOS DE LA GENERACIÓN DEL ARCHIVO ÚNICO DE TRANSPORT STREAM.

En el siguiente enlace se encuentran todos los archivos necesario para la generación del archivo TS que será usado para la transmisión: archivos ES, archivos PES, audio y video TS por separado y las Tablas PSI.

[TRANSPORT STREAM](#)

ANEXO C

ARCHIVOS GENERADOS LISTOS PARA LA TRANSMISIÓN.

En el siguiente enlace se encuentran los dos archivos listos para realizar la transmisión, tanto el generado en el software OpenCaster en el sistema operativo Linux/Ubuntu como la alternativa exportada directamente desde el software Adobe Premiere Pro en el sistema operativo Windows.

[TRANSMISIÓN](#)

ANEXO D

SOFTWARE DE TRANSMISIÓN Y ARCHIVOS DE PRUEBA.

En el siguiente enlace se encuentra el software con el cual se realiza la transmisión y archivos en formato TS de prueba. Cabe recalcar que el software únicamente funcionará si se encuentra conectado un transmisor, en este caso trabaja en conjunto con el modulador UT-210.

[TS PLAYER](#)