

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**Diseño de un sistema de gestión de Ancho de Banda por  
IP utilizando la Compresión en H.264 de video y audio  
embebido en Producciones Audiovisuales**

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico

Autor: Bach. Méndez López, Erick Manuel

Asesor: Ing. Cuadrado Lerma, Luis

LIMA-PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis es dedicado a mi papá, mamá y hermanas, por su apoyo moral y confianza que brindaron hacia mi persona. Agregando el apoyo incondicional e optimismo que en los días de exámenes me transmitían y que hoy en día lo siguen manifestando.

Erick M. Méndez L.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia entera por la confianza que me brindaron, a mis profesores de carrera y del programa de estudios básicos por la gran enseñanza, a mi querida Universidad Ricardo Palma por la gran oportunidad que me ofreció para ejercer una profesión y crecer en el ámbito laboral.

Erick M. Méndez L.

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	3
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos.....	3
1.1.1 Descripción del problema .....	3
1.1.2 Problema General.....	5
1.1.3 Problemas Específicos.....	5
1.2 Objetivo general y específico .....	6
1.2.1 Objetivo Principal .....	6
1.2.2 Objetivo Secundarios .....	6
1.3 Limitaciones del estudio.....	6
1.4 Justificación e importancia.....	7
1.4.1 Justificación .....	7
1.4.2 Importancia .....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	9
2.1.1 Antecedentes del ámbito Nacional.....	9
2.1.2 Antecedentes del ámbito Internacional .....	10
2.2 Bases teóricas relacionadas con el tema.....	11
2.2.1 Ancho de Banda.....	11
2.2.2 Compresión en H.264 .....	12
2.2.3 Video y Audio embebido .....	16
2.2.3.1 Video.....	16
2.2.3.2 Audio.....	18
2.2.3.3 Video y Audio embebido .....	19
2.3 Definición de términos usados .....	20
2.3.1 Fibra Oscura.....	20

2.3.2 Transport Stream.....	21
2.3.3 PID.....	21
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Tipo de Investigación.....	22
3.2 Relación entre variables.....	22
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE INGENIERÍA.....</b>	<b>23</b>
4.1 Diseño del sistema de gestión de ancho de banda por IP utilizando la compresión en H.264 de video y audio embebido en producciones audiovisuales.....	23
4.1.1 Diseño de las sedes de trabajo.....	24
4.1.2 Elección de equipos Encoder y Decoder.....	29
4.2 Ubicación estimada entre dentro de control y centro remoto.....	36
4.3 Pasos de configuración de equipos.....	38
4.3.1 Configuración Encoder.....	39
4.3.2 Configuración Decoder.....	43
4.3.3 Enrutamiento de red en RPS.....	44
4.3.4 Funcionamiento del Encoder RPS.....	47
4.3.5 Operación del sistema global.....	52
4.3.6 Operación y evaluación de equipos de validación de producto.....	65
4.3.7 Análisis del producto audiovisual.....	74
<b>CAPÍTULO V: COSTOS.....</b>	<b>82</b>
5.1 Análisis Capex.....	82
5.2 Análisis Opex.....	83
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Diagrama de bloques del proyecto de investigación.....	5
Figura 02: La estructura del codificador de video H.264 / AVC .....	14
Figura 03: Perfiles H.264 .....	15
Figura 04: Ejemplo de descomposición de macrobloques para estimación de movimiento. ....	16
Figura 05: Señal de fuente de audio digital.....	19
Figura 06: Diagrama de bloques global. ....	24
Figura 07: Diagrama de bloques de ambas sedes [1]. ....	24
Figura 08: Diagrama de bloques de ambas sedes [2]. ....	25
Figura 09: Diagrama de bloques de ambas sedes [3]. ....	26
Figura 10: Diagrama de bloques del proyecto de investigación – Sede in Situ. ....	28
Figura 11: Diagrama de bloques del proyecto de investigación – Sede Main. ....	29
Figura 12: Diagrama de bloques del proyecto de investigación – Final. ....	33
Figura 13: Diagrama pictográfico del proyecto de investigación - Final.....	36
Figura 14: Captura de ruta al Estadio Nacional. ....	37
Figura 15: Captura de ruta al estadio Alejandro Villanueva. ....	37
Figura 16: Comparación de conexiones punto a punto. ....	38
Figura 17: Interfaz HDMI del Encoder [1]. ....	40
Figura 18: Interfaz HDMI del Encoder [2]. ....	40
Figura 19: Interfaz HDMI del Encoder [2]. ....	41
Figura 20: Diagrama de bloques de la distribución de ordenadores PC 1 y 2.....	41
Figura 21: Web – Browser del Encoder RPS [1]. ....	42
Figura 22: Web – Browser del Encoder RPS [2]. ....	43
Figura 23: Web – Browser del Decoder RPS.....	44
Figura 24: Información del enrutamiento dinámico del puerto Ethernet 2 del Encoder. ....	45
Figura 25: Prueba de comunicación del puerto Ethernet 2 del Decoder al puerto Ethernet 2 del Encoder. ....	45
Figura 26: Información del enrutamiento dinámico del puerto Ethernet 2 del Decoder. ....	46
Figura 27: Prueba de comunicación del puerto Ethernet 2 del Encoder al puerto Ethernet 2 del decoder. ....	46
Figura 28: Diagrama de bloques de la distribución de videos entrantes al Encoder RPS con ayuda de un distribuidor de video. ....	47
Figura 29: Web-Browser del Encoder RPS [3]. ....	48
Figura 30: Web-Browser del Encoder RPS [4]. ....	48
Figura 31: Web-Browser del Encoder RPS [5]. ....	50
Figura 32: Diagrama de bloques de video de retorno en forma general. ....	51
Figura 33: Diagrama de bloques de video de retorno forma A. ....	51

Figura 34: Diagrama de bloques de video de retorno forma B. ....	52
Figura 35: Web-Browser del Encoder RPS [6]. ....	52
Figura 36: Ingreso de 6 señales de video en el Encoder. ....	53
Figura 37: Transmisión en vivo del Encoder. ....	55
Figura 38: Estado de la entrada 6 del Encoder. ....	56
Figura 39: Estado de recepción en el decoder. ....	56
Figura 40: Notificación del Encoder [1]. ....	57
Figura 41: Notificación del Encoder [2]. ....	57
Figura 42: Activación de preview en canal 1 del Encoder. ....	58
Figura 43: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [1]. ....	59
Figura 44: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [2]. ....	59
Figura 45: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [1]. ....	60
Figura 46: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [2]. ....	60
Figura 47: Habilitación de video retorno 1 en el Encoder [1]. ....	61
Figura 48: Habilitación de video retorno 1 en el Encoder [2]. ....	62
Figura 49: Habilitación de video retorno 2 en el Encoder [1]. ....	62
Figura 50: Habilitación de video retorno 2 en el Encoder [2]. ....	63
Figura 51: Web – Browser del Encoder [7]. ....	64
Figura 52: Estado de monitoreo del flujo de bitrate en el decoder configurado en visualización de 80Mbps. ....	64
Figura 53: Estado de monitoreo del flujo de bitrate en el decoder configurado en visualización de 100Mbps. ....	65
Figura 54: Diagrama de bloques de la simulación y evaluación del proyecto de investigación. ....	66
Figura 55: Etapa de evaluación y validación de material audiovisual. ....	67
Figura 56: Agregando Transport Stream en IPOUT de AVP3000. ....	67
Figura 57: Agregando Servicio al Transport Stream en IPOUT de AVP3000. ....	68
Figura 58: Configuración de IP y puerto en el Transport Stream [1]. ....	69
Figura 59: Configuración de IP y puerto en el Transport Stream [2]. ....	69
Figura 60: Agregando Video y Audios al servicio de IPOUT de AVP3000. ....	70
Figura 61: Configuración de la entrada de video al AVP3000 [1]. ....	71
Figura 62: Configuración de la entrada de video al AVP3000 [2]. ....	71
Figura 63: Configuración de encodificación de video al AVP3000 [1]. ....	72
Figura 64: Configuración de encodificación de video al AVP3000 [2]. ....	73
Figura 65: Configuración de encodificación de audio al AVP3000 [1]. ....	73
Figura 66: Configuración de encodificación de audio al AVP3000 [2]. ....	74
Figura 67: Ingreso de video procesado por el sistema RPS en el MTSA PRO – Bonder Tongue. ....	75
Figura 68: Servicios detectados en el MTSA PRO – Bonder Tongue. ....	75
Figura 69: Resumen de las tablas PID en el MTSA PRO – Bonder Tongue. ....	76
Figura 70: Información del video en el MTSA PRO – Bonder Tongue. ....	77

Figura 71: Información del audio en el MTSA PRO – Bonder Tongue. ....	78
Figura 72: Tablas de información PID en el MTSA PRO – Bonder Tongue.....	79
Figura 73: Bitrate de los servicios en el MTSA PRO – Bonder Tongue. ....	79
Figura 74: Calculo del bitrate total de los servicios en el MTSA PRO – Bonder Tongue.....	80
Figura 75: Gráfica del Bitrate total en el MTSA PRO – Bonder Tongue [1]. ....	80
Figura 76: Gráfica del Bitrate total en el MTSA PRO – Bonder Tongue [2]. ....	81
Figura 77: Monitoreo de alarmas en el MTSA PRO – Bonder Tongue.....	81



## INDICE DE TABLAS

Tabla 01 – Características necesarias del formato de video .....	30
Tabla 02: Comparación técnica entre las marcas a estudiar .....	31
Tabla 03: Comparación de precios de las soluciones de transporte de video.....	32
Tabla 04: Comparación de precios entre equipos de comunicación interna. ....	34
Tabla 05: Comparación de precios entre equipos de Red. ....	34
Tabla 06: Costo total de los dispositivos que comprenden al proyecto de investigación. ....	82
Tabla 07: Costos operativos para la implementación y operación del proyecto de investigación ....	83
Tabla 08: Costos de mantenimiento del proyecto de Investigación .....	83

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Diseño de un sistema de gestión de Ancho de Banda por IP utilizando la Compresión en H.264 de video y audio embebido en Producciones Audiovisuales, se manifiesta una propuesta para productoras audiovisuales, teniendo como objetivo gestionar el ancho de banda de las señales de video y audio embebido por IP en una Red de circuito cerrado y realizando todo el proceso bajo los estándares de compresión en H.264; garantizando la alta calidad del contenido audiovisual. Por ello, se definen conceptos teóricos en relación con los formatos de calidad de video, video y audio embebido, y ancho de banda que, a su vez, fueron comparadas con los datasheets de los equipos que se propuso a usar demostrando que, estos equipos pudieron realizar el transporte del contenido en un ancho de banda menor con alta calidad de imagen y se adicionó la comunicación interna (Intercom) para usuarios remotos, donde se hizo uso de VLAN interna del propio equipo, brindando un transporte de contenido audiovisual automatizado. Para lograr el objetivo de este trabajo de investigación, se describe el diseño del proyecto, pasos de ejecución y configuración, especificaciones técnicas de los dispositivos y resultados en base a simulaciones realiza en laboratorio.

**Palabras Claves:** Ancho de banda, IP, H.264, video y audio embebido, audiovisual, Intercom, VLAN y Red.

## **ABSTRACT**

This research paper entitled Design of a Bandwidth Management System over IP using H.264 Compression of video and audio embedded in Audiovisual Productions, a proposal for audiovisual producers is manifested, with the objective of managing the width band of the video and audio signals embedded by IP in a closed circuit network and performing the whole process under the compression standards in H.264; guaranteeing the high quality of the audiovisual content. Therefore, theoretical concepts are defined in relation to the formats of embedded video, video and audio quality, and bandwidth that, in turn, were compared with the datasheets of the equipment that was proposed to be used demonstrating that, these equipment they were able to transport the content in a lower bandwidth with high image quality and internal communication (Intercom) was added for remote users, where internal equipment VLAN was used, providing automated audiovisual content transport. To achieve the objective of this research work, the project design, execution and configuration steps, technical specifications of the devices and results based on simulations performed in the laboratory are described.

**Keywords:** Bandwidth, IP, H.264, embedded video and audio, audiovisual, Intercom, VLAN and Network

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el mundo globalizado y el avance dinámico de las telecomunicaciones en nuestro país, enfatizándose más en el rubro de radiodifusión y las producciones audiovisuales en el mundo de la televisión peruana, está sufriendo una enorme evolución en los sistemas de video y audio embebido; que a su vez, se adapta a la necesidad de obtener la producción ideal con formato de video en alta calidad, respetando los estándares de video; siendo así que, el proceso de automatizar la compresión de información de la producción, es lo mejor que le ha sucedido a los contenidos audiovisuales. Por ello, hasta la actualidad se viene mejorando el proceso de compresión del producto audiovisual, garantizando la buena calidad de imagen que es transportada en un ancho de banda mucho menor a lo que se tenía años atrás.

La demanda por adquirir este tipo de equipos de compresión de video ha sufrido un incremento muy importante en estos últimos años, forzando a las productoras y canales de televisión a examinar y desarrollar opciones de crecimiento en sus sistemas de video y audio embebido, tendiendo siempre a implementar equipos que permitan brindar un servicio de última generación.

Los distintos proveedores de equipos y proyectos ofrecerán a los canales o productoras, soluciones para optimizar sus contenidos audiovisuales. Debido a ello, nace el planteamiento de este proyecto, con la finalidad de ofrecer a las entidades en mención la opción de optimizar el transporte de contenidos audiovisuales obteniendo un formato de compresión en H.264.

Cabe resaltar que este proyecto de investigación consta de cinco capítulos.

En el Capítulo uno, se estableció el planteamiento del problema que comprende las preguntas, objetivos, justificación y una breve explicación del problema actual que poseen las producciones audiovisuales tradicionales.

En el Segundo Capítulo, se tiene la información del marco teórico de este proyecto de tesis, aquí se hace referente a las investigaciones que se realizó a los temas de: H.264, video y audio embebido y ancho de banda, con única finalidad de que el proyecto en mención tenga un sustento teórico.

En el Tercer Capítulo, se indica la metodología de investigación haciendo énfasis a los campos de tipo de metodología (este proyecto es tipo correlacional) y relación entre variable.

En el Cuarto Capítulo, se tiene el diseño de ingeniería en dónde se hace mención lo siguiente: El diseño del proyecto de investigación (contemplando dos sedes de trabajo), el proceso de configuración de los equipos principales y evaluación del producto audiovisual.

En el Quinto Capítulo, se tiene los cuadros de costos que comprenden a: Gastos Capex y Gastos Opex, que nos sirve de referencia para una futura implementación del proyecto.

Luego de estos capítulos, se hace mención las conclusiones, recomendaciones y bibliografía del proyecto de investigación.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

## 1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

### 1.1.1 Descripción del problema

En la actualidad, la forma del desarrollo de una producción audiovisual no está adaptada a la era IP en la que vivimos en estos momentos, ya que este proceso se podría realizar de manera más efectiva adoptándolo a las normas internacionales, con sus sistemas robustos de video y audio para realizar fácil y eficiente lo que en su momento requería más procesos de envío de material audiovisual, podría ser desarrollado de manera fácil y sencilla.

Por otro lado, existe otra problemática la cual son las comunicaciones internas entre una sede central de Switcher y sede in situ que se encuentran muy alejados. A todo lo anterior, se menciona que se tiene los siguientes puntos que vendrían a ser un obstáculo para los sistemas de producciones audiovisuales: Cableado extenso de cable de video, Conversores de SDI a F.O., operadores y equipos de video, equipos de audio.

- Cableado de video: en los sistemas tradicionales de video, realizan un uso muy extensivo de este tipo de cable entre los equipos de video que se encuentran en una móvil de producción, que en su momento viene a ser un obstáculo para los operadores dentro de una móvil.
- Conversor de SDI a F.O.: para el envío del producto audiovisual, realizan el uso de este tipo de conversor por F.O. en un ancho de banda de 3Gbps, desaprovechando todo ese ancho de banda sólo enviando un material de video.

- Operadores: para la realización de una producción audiovisual normalmente se necesitan gran cantidad de operadores para realizar el cableado y enrutamiento de señales de video y audio que se requiera en su momento, eso lleva a un costo elevado que se paga a cada operador por su trabajo del día.
- Sistemas de video y audio: en este caso, las producciones hacen uso de los sistemas de video/audios tradicionales que vienen a ser muy caros y espaciosos para una móvil de producción, que en el instante de producción vienen siendo muy tediosos de volver a configurarlos para el buen direccionamiento del material audiovisual. A ello, se le agrega que no se hace uso de la compresión de video y audio embebido en sus sistemas de video.

Este proyecto de investigación plantea la gestión del ancho de banda de video y audio embebido por IP, agregando la compresión en H.264 (encodificación) para la obtención de muy buena calidad con los dispositivos encoder y decoder de video, que también ayudarán a reducir la cantidad de cables que se emplean en las producciones, más la reducción de costos de operarios; puesto que, no se necesitaría gran cantidad de operarios para una móvil de producción audiovisual.

Con el Encoder y Decoder de video, se podrá obtener 5 beneficios: Gestión de ancho de banda, compresión de video y audio embebido en H.264 (encodificación), alta calidad de producto audiovisual, reducción de operarios in situ y reducción de cableado tanto de audio como de video. Además, con esta solución ya no se hará uso de los conversores de SDItoFO, el cual la señal de audio y video embebido ocupa alrededor de 3Gbps, sólo se hará uso como máximo 40Mbps con compresión H.264 y obteniendo 6 señales de video en alta calidad, agregando la comunicación interna de las zonas de trabajo (Ver. Figura 01). Todo lo anterior en base a direccionamiento IP que es con lo que se trabajará con los dispositivos en mención.

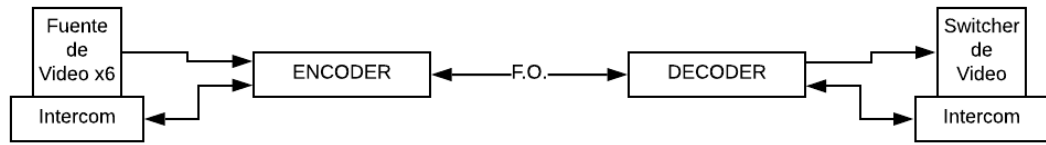


Figura 01: Diagrama de bloques del proyecto de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Para hacer realidad el proyecto, primero se deberá elaborar la descripción de las etapas de elaboración, experimentación y evaluación; introduciendo los conceptos teóricos más resaltantes y relevantes de su totalidad del tema, las cuales nos beneficiarán brindándonos información exacta y útil para tener un mejor entendimiento/desarrollo de la solución que se plantea para su futura implementación en el rubro de las telecomunicaciones/Radiodifusión.

### 1.1.2 Problema General

¿Cómo se diseñará un sistema de gestión de ancho de banda por ip utilizando la compresión en h.264 de video y audio embebido en producciones audiovisuales?

### 1.1.3 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo diseñar un sistema de compresión de video y audio embebido en H.264 para garantizar el buen uso de ancho de banda por IP?
- b) ¿De qué manera el ancho de banda será gestionado para el transporte de video y audio embebido?
- c) ¿De qué manera el direccionamiento IP realizará el transporte de un producto audiovisual comprimido en H.264?



## 1.2 Objetivo general y específico

### 1.2.1 Objetivo Principal

Diseñar un sistema de gestión de ancho de banda por ip utilizando la compresión en h.264 de video y audio embebido en producciones audiovisuales.

### 1.2.2 Objetivo Secundarios

- a) Diseñar un sistema de compresión de video y audio embebido en H.264 para garantizar el buen uso de ancho de banda por IP.
- b) Gestionar el ancho de banda para el transporte de video y audio embebido.
- c) Realizar el transporte de un producto audiovisual comprimido en H.264 a través del direccionamiento IP.

## 1.3 Limitaciones del estudio

El óptimo progreso del presente proyecto de investigación tiene una dependencia en gran medida de la información teórica que nos puedan ofrecer los libros dedicados a la distribución y/o transporte de los contenidos audiovisuales, enfatizándose explícitamente en las Productoras y Canales de Tv; puesto que, gracias a esa información el proyecto podrá tener mayor consistencia.

El factor de recolección de información teórica de video y audio embebido utilizando la compresión en H.264, atiende en reunir los libros virtuales y comparar que información resulta la más útil para este proyecto, en donde se involucrará a las direcciones IP y Ancho de banda.

## 1.4 Justificación e importancia

### 1.4.1 Justificación

El diseño de un sistema de gestión de ancho de banda por ip, tiene como único fin realizar el uso adecuado al ancho de banda que ocupa la señal de video y audio embebida en compresión H.264, para así contar con capacidad de poder realizar otro transporte/comunicación por IP.

Se tiene estimado, enrutar por IP otros sistemas de audio (Intercom). Con ello, se tendrá el ancho de banda en equilibrio y gestionado.

#### 1.4.1.1 Justificación Operativa

Mediante el sistema de gestión de ancho de banda, se podrá mejorar la calidad del formato de video que es transportada y comprimida en H.264 para las producciones audiovisuales remotas y/o canales de televisión que posean conexiones punto a punto, ya sea por medio de fibra óptica y/o cable ethernet; con sus dispositivos de Red debidamente enrutados en la misma red de circuito cerrado para así garantizar el óptimo funcionamiento del sistema en total más la VLAN interna que generará esta solución para la comunicación de Intercom entre las sedes de operación.

#### 1.4.1.2 Justificación Técnica

El desarrollo de esta tesis nos permite acceder y establecer la posibilidad de desarrollar un sistema de gestión de ancho de banda por IP utilizando la compresión en H.264 de video y audio embebido con tecnología actualizada, la cual nos permita ejecutar un mejor control y compresión de video en las sedes remotas conectadas punto a punto, gracias a la evolución tecnológica de la compresión de video en el mercado actual de Broadcast con fines de cumplir los objetivos trazados en el presente proyecto.

#### 1.4.1.3 Justificación Económica

Con el proyecto de tesis sistema de gestión de ancho de banda por IP para la compresión en H.264 de video y audio embebido, se espera lograr una reducción de costos operativos y de hardware muy significativa; teniendo en cuenta que, en la actualidad el costo con los sistemas de video en los años anteriores sobrepasa al precio del sistema planteado en este proyecto.

#### 1.4.2 Importancia

La importancia de este proyecto radica en que las producciones audiovisuales no hacen uso de este tipo de sistema de producción. Debido a ello, no se puede gestionar el ancho de banda por IP de video y audio en compresión H.264. De ese modo, este proyecto tiene como finalidad mostrar el cómo se puede realizar el diseño de este tipo de sistemas de producciones audiovisuales en el Perú, desarrollándolo con la tecnología predominante en el mundo de las telecomunicaciones y/o Radiodifusión, que serán distribuidas en los canales de Tv y productoras audiovisuales, quienes serán los clientes más beneficiados con el diseño del proyecto total mostrando todo lo que nos ofrece este sistema y que a su vez, podrá ser escalable a un futuro.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Antecedentes del ámbito Nacional

Cuipal, W. (2011), sustenta la tesis titulada “Diseño de sistemas de video y audio digital para un canal de televisión” para obtener el grado de Ingeniero Electrónico, Lima - Perú, en sus conclusiones más importantes manifiesta que en la tesis presentada diseñará sistema tradicional para distribución de señales en un Canal de Televisión, para su diseño hace uso de los equipos de audio y video convencionales, sólo priorizando la distribución de dichas señales más no usando los nuevos métodos de encodificación y/o compresión por IP.

Guerrero, A. (2010), sustenta la tesis titulada “Diseño de un centro de producción de alta definición” para obtener el grado de Ingeniero de las Telecomunicaciones, Lima - Perú, en sus conclusiones más importantes manifiesta que en la tesis presentada realizará el diseño de un centro de producción de video y audio embebido en alta calidad (HD), pero el envío de información se realiza de forma tradicional, teniendo muchos cables de video de por medio y no considerando la gestión de ancho de banda por IP.

Venegas, L. (2012), sustenta la tesis titulada “Generación de una trama broadcast transport stream (bts) usando el software libre Opencaster” para obtener el grado de Ingeniero de las Telecomunicaciones, Lima - Perú, en sus conclusiones más importantes manifiesta que en la tesis presentada mostrará soluciones de codificación y multiplexación en un sistema de TV digital haciendo uso de un software libre que genera Transport Stream para ser enviado por IP, pero para la calidad SD sin gestionar ancho de banda y realizan la generación de tramas BTS a través de un software que en su

entender requerirá de alguna actualización, esto causaría algunos problemas de producción de material audiovisual.

### 2.1.2 Antecedentes del ámbito Internacional

Bustillos, M. (2014), sustenta la tesis titulada “Gestión del ancho de banda en redes de área local utilizando software libre” para obtener el grado de Licenciado en Informática, La Paz – Bolivia, en sus conclusiones manifiesta que en la tesis presentada logró implementar la solución al problema de control de tráfico de datos en redes de área local, consiguiendo que las aplicaciones que necesiten un bajo tiempo de latencia o una obtención de mayor ancho de banda tenga priorizado este recurso. El prototipo presentado permitirá realizar un adecuado control de ancho de banda, pero un software necesita actualizaciones, esto nos dice que en un tiempo determinado necesitará de actualización y esto llevará a perder tiempo en la gestión del ancho de banda.

Teran, R. (2016), sustenta la tesis titulada “Diseño de una red Lan IPTV para un canal de televisión” para obtener el grado de Magister en Redes de Comunicación, Quito - Ecuador, en sus conclusiones más importantes manifiesta que en la tesis presentada de IPTV realizará un flujo de transporte para acceder a emitir un contenido audiovisual por IPTV, dónde obligatoriamente hará uso de Internet para poder emitir pero el hacer uso del internet para emitir contenidos audiovisuales no es tan bueno porque se limitan al ancho de banda ofrecido por el proveedor de internet, agregando las horas picos de uso de internet en el mundo de hoy.

Lamy-Bergot, C. y Gadat, B. (2011), en su trabajo de investigación titulado “Control de la aplicación para la transmisión H.264 / AVC resistente a errores de adaptación rápida a través de redes inalámbricas IP”, resaltan que en su trabajo de investigación proponen realizar una estrategia de gestión de

aplicación (fuente conjunta y codificación de canales), que permitirá una adaptación más eficiente de la transmisión multimedia a la contension de una red inalánbrica IP. Para ello, se realizó el ingreso de un algoritmo de predicción semi-analítica de la calidad de servicio percibida (PQoS) del flujo de video declarada como la distorsión de extremo a extremo (EED), que se tiene en consideración las distorsiones debidas a los diversos tratamientos de comprensión, transmisión y decodificación de un grupo de imágenes (GOP), relacionado a un canal de comunicación imperfecto.

## 2.2 Bases teóricas relacionadas con el tema

### 2.2.1 Ancho de Banda

El ancho de banda para las producciones audiovisuales viene a ser un factor muy importante. Con él, se puede limitar que porcentaje de flujo de datos se podrá realizar el transporte de la información de video y audio embebido; para entrar más a detalle en este punto, nos basamos en los conceptos teóricos.

Castro Lechtaler, A. R. y Fusario, R. J., (2006), “El ancho de banda es definido como el intervalo de frecuencias en dónde la distorsión lineal y la atenuación están ordenados bajo límites determinados y constantes.” (p.91)

Los cuantitativos para la transmisión de video no vienen a ser los mismos para la realización de transmisión de audio. Para el video, su ancho de banda requerido está muy por encima del ancho de banda de audio requerido. Los requerimientos de retardo y jitter del video, vienen a ser similares al de audio. La tasa de error del canal aceptable dependerá de la calidad de video en que se transmite. (Furth, B, 1998, p.792)

### 2.2.2 Compresión en H.264

El termino H.264 (estándar de compresión de ITU), hoy en día es muy mencionado en el rubro de Radiodifusión; puesto que, sus sistemas embebidos son actualmente basados en este formato de compresión, claro que existe uno superior a este, que es el H.265 pero no todos los sistemas tienen en hardware y software de este tipo de formato, algunos si pueden adaptarse a un UpGrade de firmware y software pero del 100% de sistemas, más del 60% todavía hacen uso del formato de compresión H.264 y que hoy en día les sigue dando muy buenos resultados en su calidad de recepción y transmisión de video y audio embebido. No obstante, este formato nos permite realizar un almacenamiento y ancho de banda reducidos, al mencionar el ancho de banda, nos referimos al tipo de transmisiones en vivo que realizan los Transmisores de video y audio embebido haciendo uso de Internet de datos de SIM's cards. A todo ello, la entidad conocida mundialmente "Tektronix", realizó un estudio a este tipo de compresión para que sus allegados clientes y/o futuros, puedan apreciar y tener más conocimiento de esta compresión en su artículo.

Tektronix, (2012), H.264 es un nombre que está relacionado con la línea ITU-T de los estándares de compresión de video H.26x; por su parte, AVC se vincula con el lado de ISO/IEC MPEG del plan de alianza que completó el trabajo sobre el estándar, mucho después del desarrollo anterior realizado en el T como un proyecto al que llamaron H.26L. Es usual nombrar al estándar H.264/AVC (o AVC/H.264 o H.264/MPEG-4 AVC o MPEG-4 Parte 10) para destacar el patrimonio común. El nombre H.26L, que se entabla a su historial del UIT-T, es mucho menos común, pero aún es usado. Ocasionalmente, también es conocido o nombrado como "el CODEC JVT", en alusión a la organización JVT que lo incrementó. (p.29).

Siguiendo los conceptos de la compresión H.264, esta mantiene unas características únicas de ella; puesto que, con ellas, se puede realizar la comparación de estándares para sus estudios en laboratorio y/o campo.

En el estudio realizado por Li, Z; Drew, M. y otros (2014), mencionan lo siguiente:

Las características principales de H.264 se hace comparación con los estándares MPEG-2 y MPEG-4. Una de las principales diferencias entre H.264 y los otros formatos de video es que H.264 accede un tamaño variable de bloque para la compensación de movimiento; mientras que, MPEG-2 solo concede bloques de 16x16 píxeles y MPEG-4 de 16x16 hasta bloques de 8x8 píxeles. Además, H.264 hace uso de la resolución de muestra trimestral para la valoración de movimiento, una característica opcional en MPEG-4 y no es admisible en MPEG-2. Otra resaltante diferencia, es que H.264 accede muchos marcos de referencia para la compensación de movimiento; mientras que, los otros dos estándares aceptan solo un marco de referencia. Como se detalló anteriormente, al hacerlo, H.264 mejora la codificación de las áreas de oclusión. [...]

La compresión H.264 muestra una mayor eficiencia en la codificación de video, hasta un 50% mejor de compresión que MPEG-2 y hasta un 30% mejor que H.263 + y MPEG-4 Advanced Simple Profile, manteniendo la calidad de video comprimido. Cubre una amplia gama de aplicaciones, desde alta tasa de bits a muy baja tasa de bits. Las funciones principales H.264 mejoradas, en conjunto con las nuevas herramientas de codificación, establecen una mejora significativa en la relación de compresión, resistencia a los errores y calidad subjetiva con respecto a los estándares existentes de ITU-T y MPEG. Desde entonces, se ha establecido como el standard predeterminado para muchas aplicaciones de video; por ejemplo, discos Blu-ray, transmisiones de HDTV, transmisión de video en Internet, software



web como flash y silverlight, y aplicaciones en dispositivos móviles y portátiles. (p. 395)

Por consiguiente y mayor entendimiento del flujo de trabajo que presenta la encodificación H.264, se presenta la figura 02, dónde se observa todo el proceso y distribución que se realiza para obtener la encodificación en un buen nivel.

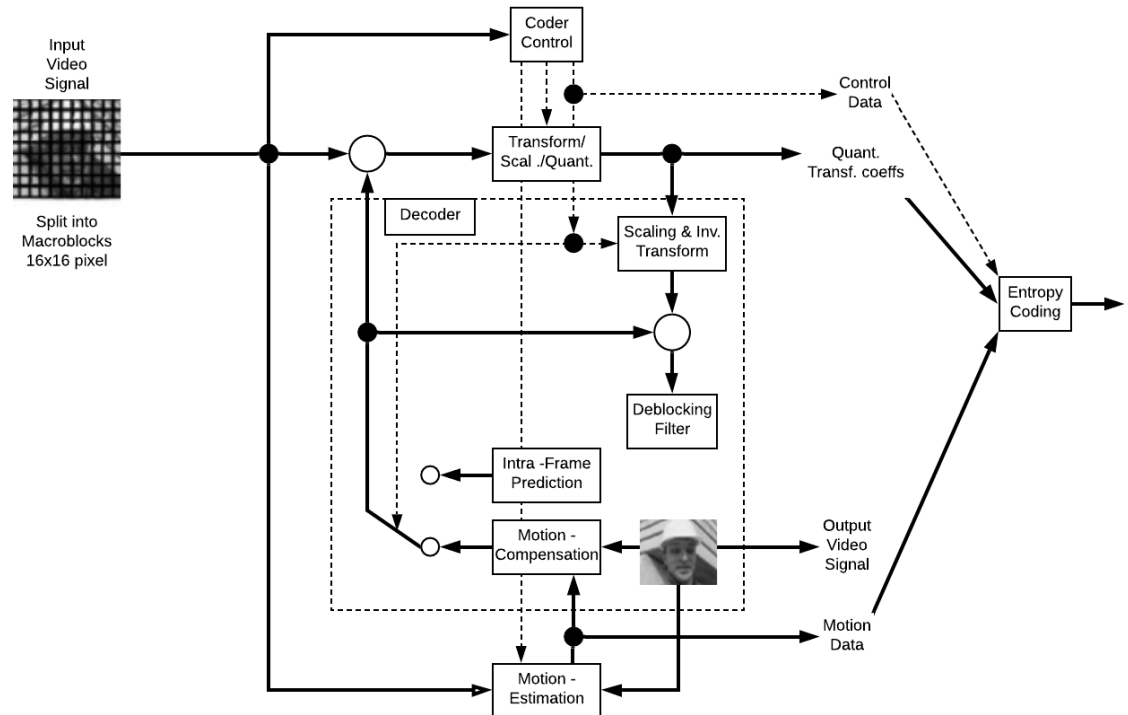


Figura 02: La estructura del codificador de video H.264 / AVC

Fuente: Basic Prediction Techniques in Modern Video Coding Standards (2016)

### 2.2.2.1.1 Niveles y perfiles

La compresión H.264 presenta niveles y perfiles de encodificación; con ello, se podrá tener más claro la distribución de aspectos que abarca este formato, todo con fines de llegar al usuario final con la calidad idónea de video y audio embebido. En el cual, Li, Z; Drew, M. y otros (2014) también

hacen énfasis en este aspecto que posee esta compresión y mencionan lo siguiente mostrando una imagen de distribución (Figura 03):

“Como antes, se proporcionan varios perfiles para satisfacer las necesidades de diversas aplicaciones que van desde dispositivos móviles hasta transmisión de HDTV.” (p. 415)

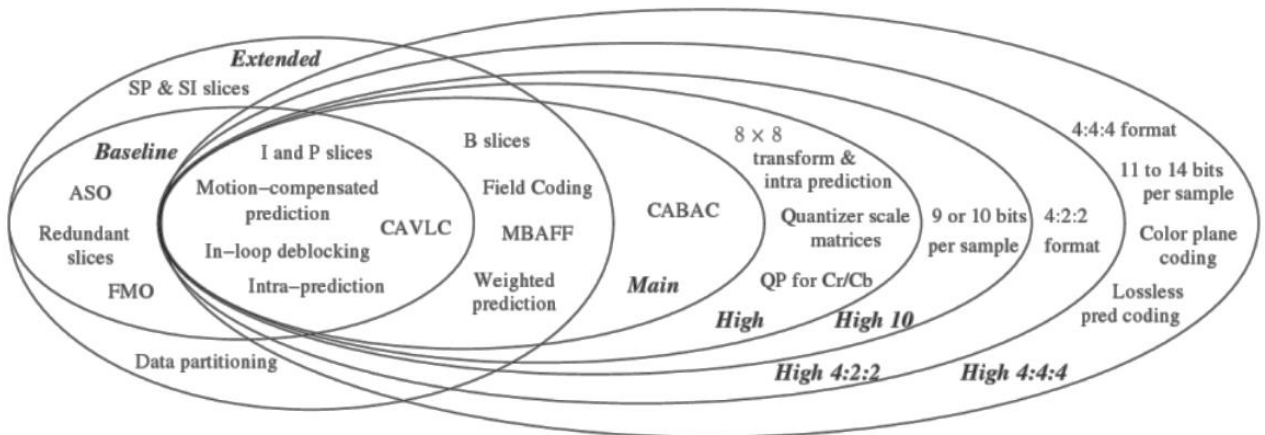


Figura 03: Perfiles H.264

Fuente: Fundamentos de multimedia (2014).

Así mismo, en conjunto con la compresión del video en H.264, se tiene la estimación de movimiento, en el cual nos alinearemos en los conceptos plasmados en un estudio realizado por Dhanani S. y Parker M. (2012), para así tener la claridad de este proceso que caracteriza a una señal de video y que a su vez se representa en la figura 04, los autores mencionan lo siguiente:

En el estándar MPEG-2, la estimación de movimiento siempre se realiza a través de la coincidencia de macroceldas de 16x16. En H.264, los tamaños de bloque pueden variar de 16x16 a 4x4, lo que permite una segmentación más precisa de las regiones móviles del marco. Para la predicción de luma, los tamaños de bloque incluyen 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8 y 4x4.

Estos pueden usarse en cualquier combinación dentro de un solo macrobloque. Para los bloques de predicción de croma, los tamaños pueden ser más pequeños dependiendo del submuestreo de croma en uso (4: 4: 4 o 4: 2: 2 o 4: 2: 0). (p. 137)

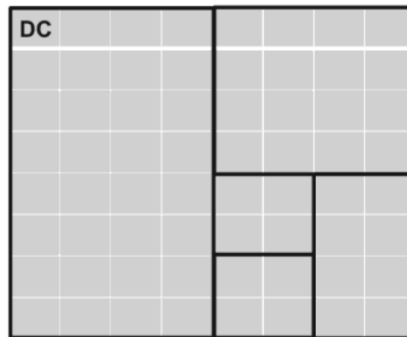


Figura 04: Ejemplo de descomposición de macrobloques para estimación de movimiento.

Fuente: Digital Video Processing for Engineers: A Foundation for Embedded Systems Design (2012).

### 2.2.3 Video y Audio embebido

#### 2.2.3.1 Video

El video es una de las tecnologías más antiguas y usadas en el mundo de radiodifusión y/o broadcast que realiza la grabación y proceso de imágenes para un contenido audiovisual. En él se puede reflejar los colores ideales para un buen producto final. Para ello, un estudio del video realizado por Watkinson J. y Consultant Head and Neck and Thyroid Surgeon John Watkinson (2012).

Cuando una imagen bidimensional cambia con el tiempo, la información básica es tridimensional. Una forma de onda eléctrica analógica es bidimensional, ya que lleva un cambio de voltaje con respecto al tiempo. Para transmitir información de imagen tridimensional por un canal

bidimensional, es necesario recurrir al escaneo. En lugar de intentar transmitir el brillo de todas las partes de una imagen a la vez, el escaneo transmite el brillo de un solo punto que se mueve con el tiempo. (p. 03)

Debido a ello, se tiene dos tipos de video: digital y análogo, el cual tienen mucha diferencia de procesamiento; claro está que, el primero es el análogo y que el digital es lo más requerido hoy en día (es la evolución del análogo que viene en conjunto con las nuevas tecnologías de video). También, en el estudio realizado por Watkinson J. y Consultant Head and Neck and Thyroid Surgeon John Watkinson (2012), hacen referencia a estos dos tipos de videos, que se presenta a continuación:

En un sistema analógico, la forma de onda de video se transmite por alguna variación infinita de un parámetro continuo, como el voltaje en un cable o la fuerza o frecuencia del flujo en una cinta. En una grabadora, la distancia a lo largo del medio es un análogo del tiempo adicional y continuo. No importa en qué punto se examina una grabación a lo largo de su longitud, se encontrará un valor para la señal grabada. Ese valor puede cambiar con una resolución infinita dentro de los límites físicos del sistema.”. [...]

El video digital es simplemente un medio alternativo para llevar una imagen en movimiento. Aunque hay varias maneras en que esto se puede hacer, hay un sistema, conocido como modulación de código de pulso (PCM), que tiene un uso prácticamente universal. En lugar de ser continuo, el eje de tiempo se representa de manera discreta o gradual. La forma de onda del video no se transporta mediante representación continua, sino mediante medición a intervalos regulares. Este proceso se denomina muestreo y la frecuencia con la que se toman las muestras se denomina frecuencia de muestreo o frecuencia de muestreo  $F_s$ . (p. 04)

### 2.2.3.2 Audio

La señal de audio abarca un rango de espacio de espectro mucho más pequeño que el video. Claro que, toda asignación de bitrate en audios se realiza por estándares ya plasmados en el rubro de radiodifusión o broadcast. Con ello, en el estudio realizado por Weynand, D. y Piccin, V. (2015), mencionan más a detalle el proceso del audio y se muestra la figura 05, dónde también hace referencia a los niveles de audio.

El ATSC adoptó un conjunto de estándares para la porción de video de la televisión digital conocida como documento A / 53. La tabla de estándares asociada con A / 53 no aborda el audio. Los estándares de audio se establecen en un documento denominado A / 52. Dentro del documento A / 52, el ATSC se refiere al sistema de codificación digital Dolby como AC-3. El método AC-3 de codificación de audio ha sido aceptado por los fabricantes como el principal método de codificación de audio que se utilizará para la mayoría de los equipos de consumo. En consecuencia, los organismos de radiodifusión y los fabricantes han aceptado este estándar para fines de producción. Sin embargo, no ha sido adoptado oficialmente por el ATSC. (p. 211)

El oído humano tiene un rango dinámico de aproximadamente 140 dB y un ancho de banda auditivo de hasta 20 kHz. Por lo tanto, las señales de audio de alta calidad deben coincidir con estas características. Antes de que las señales de audio analógicas sean muestreadas y digitalizadas, deben ser limitadas en la banda por medio de un filtro de paso bajo. Luego, la conversión de analógico a digital se realiza a una velocidad de muestreo de 32 kHz, 44,1 kHz o 48 kHz (y ahora también 96 kHz) y con una resolución de al menos 16 bits. La frecuencia de muestreo de 44,1

kHz corresponde a la de los CD de audio, 48/96 kHz son de calidad de estudio. Si bien la frecuencia de muestreo de 32 kHz todavía está prevista en el estándar MPEG, de hecho, es obsoleta. Una velocidad de muestreo de 48 kHz a una resolución de 16 bits produce una velocidad de datos de 786 kbit / s por canal, lo que significa aprox. 1.5Mbit / s para una señal estéreo. (Weynand, D. y Piccin, V. ,2015, p. 143)

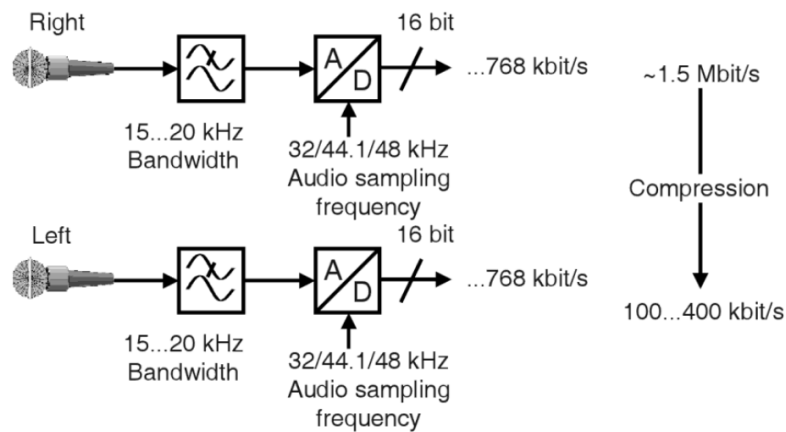


Figura 05: Señal de fuente de audio digital.

Fuente: Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide (2008).

### 2.2.3.3 Video y Audio embebido

Las señales de audio digital se pueden manejar de dos maneras diferentes en una arquitectura de conmutación digital. Un método es usar capas separadas para las señales de audio, similar a lo que se hace en los sistemas de banda base. Otro método para incrustar las señales de audio en señales de video digital. [...]

El Video y Audio embebido, se define como las señales de audio están integradas en las señales de video, solo se requiere un interruptor de una capa. Además, debido a que las señales están vinculadas entre sí, la posibilidad de enrutar erróneamente las señales de video y audio que corresponden al mismo programa

a diferentes destinos se reduce considerablemente. En el lado negativo, es necesario integrar todas las señales de audio en las señales de video digital. Esto se puede hacer ya sea utilizando dispositivos de inserción independientes o mediante el uso de productos como plataformas de cinta que admiten audio incorporado. (Simpson, W., 2013, p.86)

Cada flujo HD-SDI puede tener ocho pares de AES incrustados, más los canales de datos auxiliares. A medida que la cinta evolucionó a SDI, el audio ahora está incrustado en el video, y las señales digitales tienen diferentes requisitos para el enrutamiento y la distribución, como el re-reloj. [...]

En la arquitectura ip, el video SDI y el audio analógico / AES siguen siendo parte del núcleo de la producción de estudio. Las cámaras emiten SDI, mientras que los micrófonos y los altavoces son analógicos. Una vez que la salida de un micrófono ingresa a la consola de producción de audio, se convierte en AES. (Olson, G., 2014, p.31)

## 2.3 Definición de términos usados

### 2.3.1 Fibra Oscura

Es una ruta de fibra óptica normalmente utilizado en las entidades de transferencia de archivos o metada, con buena velocidad de transmisión y gran ancho de banda libre para ser usado como sea conveniente por una empresa de telecomunicaciones. Para entrar más a detalle, en el estudio realizado por Mathur, K (2018) menciona lo siguiente:

Una red de fibra oscura o simplemente una red oscura es una red de fibra óptica operada de forma privada que es operada directamente por su operador a través de fibra oscura arrendada o comprada a otro proveedor, en lugar de comprar ancho de banda o capacidad de línea arrendada. Las redes de fibra oscura se

pueden usar para redes o nubes privadas como acceso a Internet o redes de infraestructura de Internet. (p. 359)

### 2.3.2 Transport Stream

Es un protocolo de comunicación muy utilizado en las entidades de radiodifusión para el encapsulamiento de videos y audio, basados en los estándares de MPEG-2; en dónde se observa, toda la información lógica de un material audiovisual. Por consiguiente, en el estudio realizado por Shi, Y. y Sun, H. (1999) menciona lo siguiente:

El flujo de transporte es una definición de flujo diseñada para comunicar o almacenar uno o más programas de video codificado, audio y otros tipos de datos en entornos con pérdidas o ruidosos donde pueden ocurrir errores significativos. Y también, combina uno o más programas con una o más bases de tiempo en una sola secuencia. (p.451)

### 2.3.3 PID

Comúnmente conocido en el rubro de radiodifusión como el identificador de programa, que nos ayuda a poder caracterizar por un código hexadecimal a un programa, a las cuales comprende dicha caracterización al video y audio que posea el material audiovisual. Así vez, en el estudio realizado por Shi, Y. y Sun, H. (1999) menciona lo siguiente:

“Un valor entero único utilizado para asociar flujos elementales de un programa en un flujo de transporte único o multiprograma. Es un campo de 13 bits, que indica el tipo de fecha almacenada en la carga útil del paquete.” (p. 451)



## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Tipo de Investigación**

Este proyecto de investigación fue de tipo correlacional, porque se realizó la medida del nivel de relación de la variable independiente compresión de video y audio embebido en H.264 con la variable dependiente ancho de banda, y así se observó el óptimo funcionamiento del proceso de compresión en formatos de video en alta calidad.

La metodología de este proyecto comprendió los siguientes puntos a continuación:

- Búsqueda de información teórica que sustente los procedimientos en pruebas del proyecto.
- Evaluación de solución de transmisión de material audiovisual.
- Diseño del proyecto de investigación, que contempla dos sedes de trabajo.
- Identificación y evaluación de dispositivos y/o marcas a usar.
- Comparación en precios, bondades y de soluciones de transmisión.
- Simulación del proyecto de investigación.
- Pruebas y validación de calidad del producto audiovisual.

### **3.2 Relación entre variables**

La estrategia de compresión de video y audio embebido en H.264 nos sirve para controlar una variable secundaria en relación directa a otra variable llamada primaria; por tal razón, el diseño de compresión en H.264 consistirá en controlar y gestionar la variable dependiente: Ancho de Banda, logrando así satisfacer la necesidad específica de controlar la relación entre dos cantidades diferentes.

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO DE INGENIERÍA**

### 4.1 Diseño del sistema de gestión de ancho de banda por IP utilizando la compresión en H.264 de video y audio embebido en producciones audiovisuales.

En el diseño de este proyecto de investigación, nos basamos en un estudio de los sistemas de encodificación de video y audio embebido, teniendo en cuenta que el formato de video de este fue en alta calidad (HD) con la finalidad de mostrar un producto audiovisual idóneo. En este diseño, se consideró todos los detalles de la comunicación punto a punto que nuestro sistema presentó sin tener interrupciones bruscas en plena transmisión, asignando direcciones IP 's que fueron estimados en una red de circuito cerrado con fines de asegurar la excelente comunicación.

No obstante, al mencionar la comunicación punto a punto, nos referimos que este proyecto de investigación se caracteriza por no hacer uso de internet; puesto que, comúnmente estos tipos de sistemas trabajan con conexión a internet, dónde realizan direccionamientos Ip's con apertura de puertos que un sistema de cualquier marca requiere. La solución que se planteó en este proyecto de investigación, sólo se hará uso de una conexión punto a punto a través de una ruta de fibra óptica (podría ser fibra oscura monomodo), que un canal de Tv u/o productora posee en sus puntos de trabajos remotos, esto es muy novedoso porque estas entidades no suelen realizar transmisiones remotas con conexiones punto a punto en circuito cerrado, sólo se basan en el uso de internet.

Este proyecto de investigación contempló tener 2 sedes de trabajo (ver Figura. 06); puesto que fue necesario la asignación de una sede remota y una sede de monitoreo/control para el buen funcionamiento y operación del proyecto total. Con ello, se planificó dos zonas de trabajo en donde el producto audiovisual fue quien realizó el enlace en ambas sedes, pero con la gran diferencia que el flujo de trabajo en ellas resultó ser muy distinto.

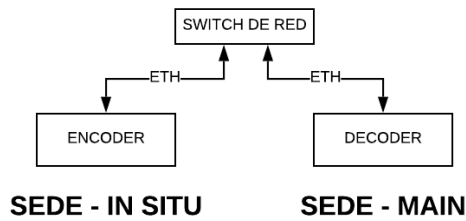


Figura 06: Diagrama de bloques global.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1 Diseño de las sedes de trabajo

Definiendo las zonas/sedes de trabajo, comenzaremos primero con el diseño global de ambas sedes para así ir definiendo lo que se requiere para el proyecto. Según como se muestra en la Figura 06, el diagrama de bloques de las sedes: In Situ y Main (interconectadas por fibra óptica), nos detalla el corazón del flujo de trabajo del proyecto, en dónde se observa la distribución de los equipos Encoder y Decoder; claro está que ambos equipos tienen ya asignado una zona de trabajo (los dos equipos están conectados a switches de red mediante fibra óptica). De acuerdo con lo necesario en este proyecto, la comunicación total es por Red (Asignando IP'S en la misma red) para garantizar el ida y vuelta de la comunicación por el circuito cerrado que se está planteando. Cabe mencionar, que para este proyecto no se hará uso del recurso de internet para evitar contratiempos en ambas zonas de trabajo.

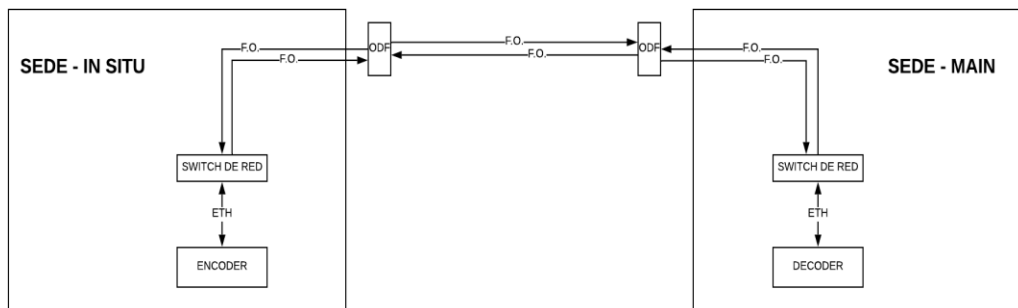


Figura 07: Diagrama de bloques de ambas sedes [1].

Fuente: Elaboración propia

Teniendo plasmado la distribución de trabajo en el diagrama de bloques (Figura 07), seguiremos agregando etapas necesarias y así llegar a lo que se necesita para el desarrollo total del proyecto. Para ello, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones que posee una producción audiovisual, ya sea de un evento deportivo o informativo (noticias).

- Mantener más de 3 señales de video en 1080i (HD) en H.264.
- Tener señales de monitoreo in Situ.
- Conexión punto a punto en circuito cerrado.
- Opción de enrutar comunicación por IP.

Definido todas las etapas a agregar, comenzaremos añadiendo las señales de video entrantes y salientes en el flujo de trabajo de ambas sedes. Ahora, como se muestra en la Figura 08, vemos como se estima la asignación de señales SDI de video en el encoder y decoder, claro está que son distribuidos de formas distintas, puesto que, como se mencionó anteriormente, ambos cumplirán roles distintos con la distribución de video.

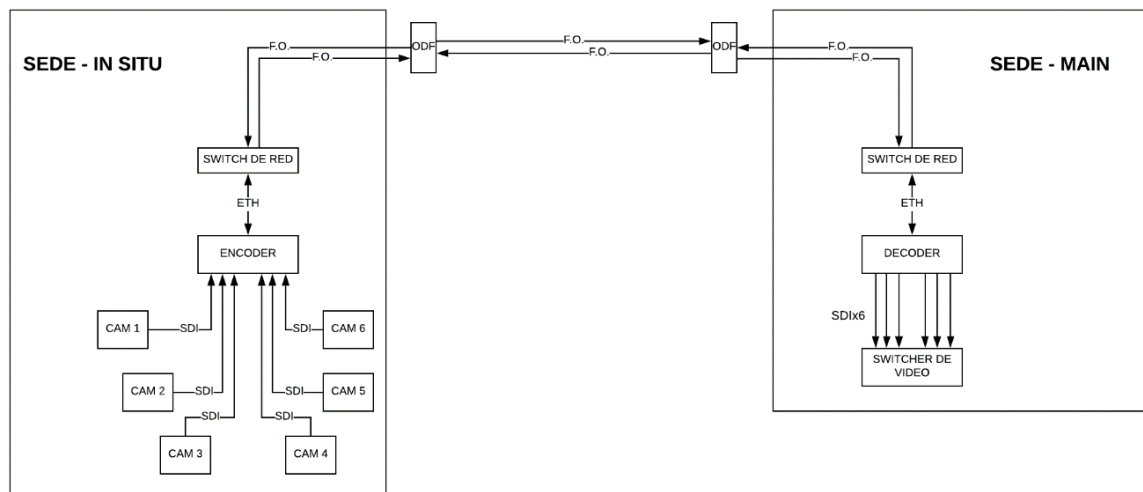


Figura 08: Diagrama de bloques de ambas sedes [2].

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, se considera obtener 6 señales de video en el encoder que sean utilizadas de la siguiente manera:

- Entradas 1 y 2, videos principales de transmisión.
- Entradas 3 y 4, videos de respaldo 1.
- Entradas 5 y 6, videos de respaldo 2.

Este último, con la posible finalidad de mostrar 2 señales de video de monitoreo provenientes de la sede Main, es decir, serán recepcionadas en la sede in Situ. Con ello, se garantiza un transporte y distribución de las señales de video y audio embebidos con la calidad en H.264.

Teniendo toda la distribución de las señales en formato de alta calidad, agregando el conocimiento que en las productoras y/o canales de televisión es muy importante la comunicación interna entre operarios para realizar las coordinaciones respectivas en una producción o evento que se está ejecutando. Entonces, como se muestra en la Figura. 09, observaremos la posición del equipo de comunicación interna en el proyecto de investigación.

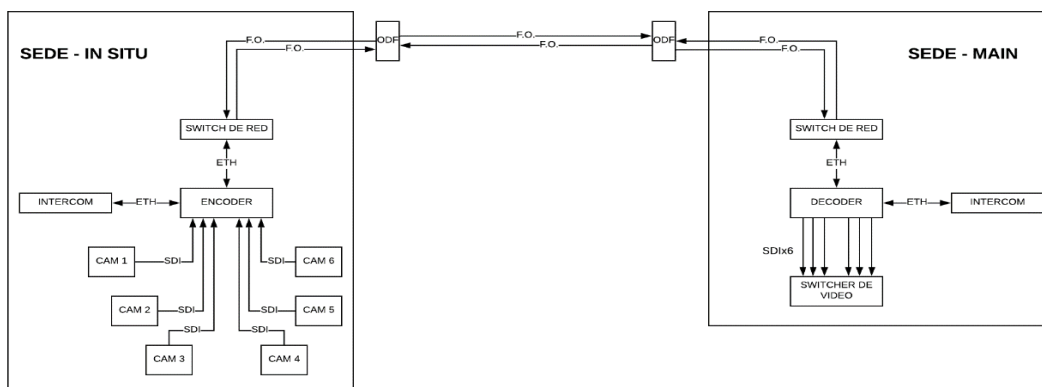


Figura 09: Diagrama de bloques de ambas sedes [3].

Fuente: Elaboración propia

Con ello, tenemos el aspecto del proyecto de investigación que se está formulando y por ello se entrará a detallar que procedimientos se realizará en cada sede de trabajo.

#### a) Sede In Situ

En esta sede de trabajo del producto audiovisual es muy independiente; en él, es que se realiza el ingreso y envío de las señales de video que deben cumplir las siguientes características:

- Resolución de video: 1080i (Full HD)
- Aspecto cromático: 4:2:0

Detallando más el flujo de trabajo en esta sede, será del ingreso de las señales de video SDI (en este caso que se ingresen simultáneamente 6), que serán transportadas por Red en circuito cerrado por el Encoder RPS en compresión H.264 (4:2:0).

Como se muestra en la Figura 10, en esta sede se tendrá un Switch de Red con Salidas y entradas por Fibra Óptica con Transceivers SFP, muy aparte de tener las 6 señales de video ingresantes al Encoder, se agrega un equipo de comunicación interna (Intercom) con fines de mantener una comunicación constante entre sede in situ y sede Main, claro que dicha comunicación no afectará al transporte de video; porque que, este tipo de comunicación es enrutado con otras direcciones IP's por su segundo puerto ethernet.

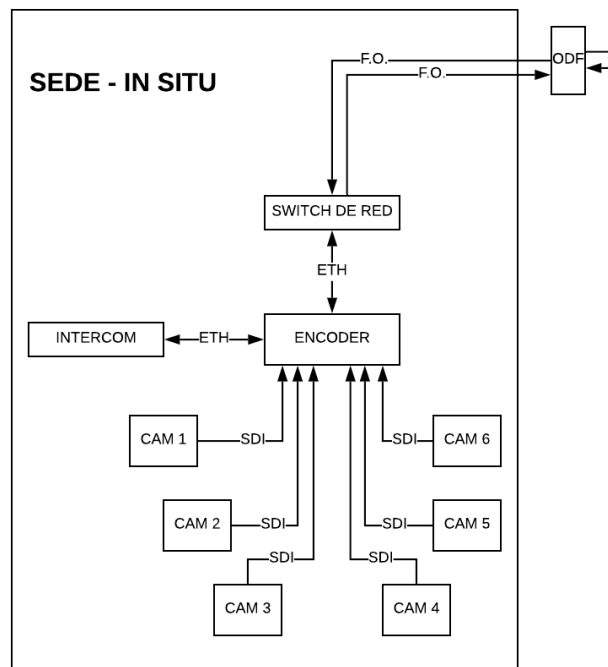


Figura 10: Diagrama de bloques del proyecto de investigación – Sede in Situ.

Fuente: elaboración propia.

#### b) Sede Main

En esta sede, se realizará la recepción de las señales de video que provienen de la Sede in Situ; es decir, esta sede dependerá del flujo de trabajo que se ejerza en la sede independiente empleando la validación de calidad de video que se esté recibiendo.

No obstante, luego de validar la calidad de video, se optará por enrutar las señales hacia un enrutador, distribuidor y/o switcher de video.

Detallando el flujo de trabajo en esta sede (como se mencionó anteriormente), será la zona de recepción de las 6 señales de video y que, en su momento se deberá hacer uso de dos señales que ingresen al decoder con el fin que en la Sede in Situ puedan observar y/o monitorear la calidad de video que se está enviando. Como se aprecia en la Figura. 11, nos detalla las rutas de video y cables de ethernet a insertar; en esta

vista del proyecto, se tiene las 6 señales de video SDI provenientes del Encoder que son recepcionadas en el decoder y cuyas señales son dirigidas a un switcher de video para el inicio de su procesamiento como, por ejemplo: inserción de logos, gráficos, banners, etc.

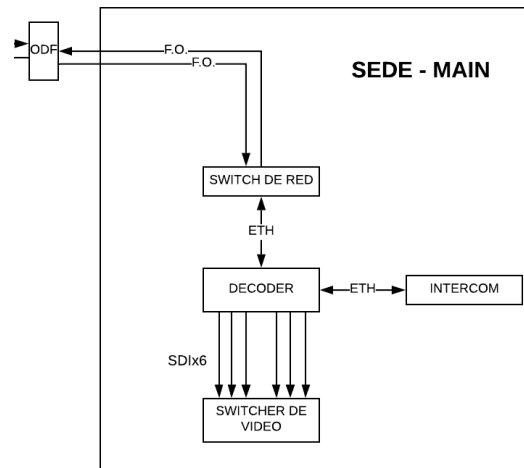


Figura 11: Diagrama de bloques del proyecto de investigación – Sede Main.

Fuente: elaboración propia.

En ello, también se hará (como se mencionó en la descripción de la sede in Situ), la instalación del dispositivo de comunicación interna (Intercom) con fines de coordinación entre personal de producción de ambas sedes.

#### 4.1.2 Elección de equipos Encoder y Decoder

El proceso de selección de sistema a diseñar en este proyecto de investigación se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos y/o características, que nos permitan realizar un producto de calidad, que a su vez garantizar la operación correcta de los equipos/dispositivos a usar. Para ello, en la Tabla 01, nos muestra las características que se necesitan para este proyecto.



Tabla 01 – Características necesarias del formato de video.

N°	DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTO	CARACTERÍSTICA
1	Formato de video	1080i/59.97 u 1080i/29.9
2	Resolución de video	HD
3	Compresión de Video	H.264
4	Aspecto Cromático	4:2:0
5	Aspecto de video	16:9
6	Entradas y salidas SDI	6 i/o
7	Entradas y salidas para Monitoreo	2
8	Conexión Ethernet	2
9	Tipo de conexión por Red	Point to point

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información ofrecida en la tabla superior, la elección de la solución principal del proyecto (el corazón de la solución final) deberá poseer su propio codificador y decodificador de video y audio embebido para cumplir con todas las exigencias del proceso de producción. Ahora, se procederá a evaluar 3 marcas reconocidas mundialmente y que cumplan los requisitos necesarios para el proyecto.

Entre ellos tenemos las siguientes marcas:

- Aviwest
- LiveU
- TvU-Networks

Estas marcas, son especialistas en realizar dispositivos para transmisión de contenido audiovisual en vivo para los canales de Tv, con la ayuda de su tecnología embebida 3G/4G que permite transmitir cualquier tipo de envío de video y audio embebido de un lugar remoto, con el único requisito de estar en el área de cobertura de una red celular para el acceso a internet. En este proyecto de investigación no se requiere tener acceso a internet, sólo se requiere que garantice una comunicación punto a punto en circuito

cerrado, con ello se realizará una mejor gestión de ancho de banda del envío de datos de video.

En la elección de la marca a realizar el proyecto de investigación, primero se evaluará si las marcas mencionadas se puedan caracterizar (detalle muy importante) en obtener comunicación punto a punto por ser lo más resaltante del proyecto. Por consiguiente, se realizará la identificación de modelo por marca de dispositivo para su siguiente comparación de especificaciones técnicas:

- Aviwest: presenta el Encoder HE 4000.
- LiveU: presenta el Encoder LU610
- TVU\_Networks: presenta el sistema RPS.

Teniendo la información de estos tres equipos, se comparó las especificaciones técnicas a continuación (Tabla 02):

Tabla 02: Comparación técnica entre las marcas a estudiar.

Nº	Característica	HE - 4000	LU610	RPS
1	Cantidad de entradas de video SDI	4	2	6
2	Formato de compresión	H.265/H.264	H.265/H.264	H.264
3	Cantidad de señales de monitoreo	-----	-----	2
4	Conexión a red o circuito cerrado	Red	Red	Red/Ckt Cerrado
5	Capacidad de limitar el ancho de banda	Si	Si	Si
6	¿Posee decoder independiente?	No	No	Si

Fuente: Elaboración propia

Un punto más que se deberá observar es el precio estimado de la solución integrada; puesto que, teniendo el conocimiento de la visión de una productora audiovisual y/o canal de TV, buscarán la mejor opción de transporte de video en muy buena calidad

con un precio razonable de acorde al mercado, agregando la garantía y soporte que brindará la marca a deficiencias del sistema en total. Con ello, observamos en la Tabla 03 los precios de los 3 sistemas (mencionadas anteriormente).

Tabla 03: Comparación de precios de las soluciones de transporte de video.

N°	DESCRIPCIÓN	AVIWEST	LIVE-U	TVUNETWORKS
1	Encoder y Decoder	\$ 22,000.00	\$ 24,500.00	\$ 22,800.00
2	Garantía extendida por 3 años	\$ 3,000.00	\$ 3,600.00	\$ 4,500.00
3	Soporte 24x7 por 3 años	\$ 8,000.00	\$ 13,000.00	\$ 10,500.00
	TOTAL =	\$ 33,000.00	\$ 41,100.00	\$ 37,800.00

Fuente: Elaboración propia

Teniendo la información de las Tablas 04 y 05, se podrá establecer la elección del sistema a emplear en nuestra solución, claro está que se deberá tener en cuenta la rigurosidad que presenta cada marca y su prestigio en el mercado peruano.

Analizando las soluciones para este proyecto de investigación, observamos lo siguiente:

- 1) Aviwest: la solución planteada por esta marca es una buena opción por su encodificación de video y el tipo de resolución que envía hasta de 4K, que es muy moderno y que requiere una de sus unidades StreamHub (decoder) para la recepción de sus videos. Pero el gran déficit que aún maneja esta empresa es la distribución de equipos para una conexión punto a punto; puesto que, se necesitaría de 3 equipos para realizar esta comunicación, que son: Encoder, StreamHub y Manager, eso nos llevará a elevar los costos de adquisición y la cadena de transporte sería más amplia.
- 2) Live-U: la solución presentada por esta marca es una de las que un canal de tv elegiría, pero con el gran déficit de sólo mantener 1 entrada SDI y 1 HDMI, claro está que, la encodificación de video es muy buena y fácil de operar. Pero el déficit

es cuando se configure su decoder, para habilitarlo se deberá realizar una reconfiguración a un decoder (receptor) de sus transmisores remotos LU200, lo cual no sería muy bien visto debido a los problemas que presentan los equipos que son reconfigurados y añadidos para otro flujo de trabajo.

3) TVU\_NETWORKS: esta solución presenta muy buenas características de transporte de material audiovisual, más su encodificación de video, pero tiene un déficit en sus entradas de video y monitoreo, si en su momento se desea hacer uso de las 2 señales de monitoreo, se deberá dejar de transmitir 2 de las señales de entrada.

Teniendo toda esta información y evaluando cada solución por marca, podremos deducir que la compañía que más se acerca a las características de este proyecto de investigación es la solución de TVU\_NETWORKS. Entonces, definiendo y/o plasmando más a detalle el diagrama de bloques, se observará (como se muestra en la Figura 12) la distribución del encoder y decoder de transporte de video y audio embebido.

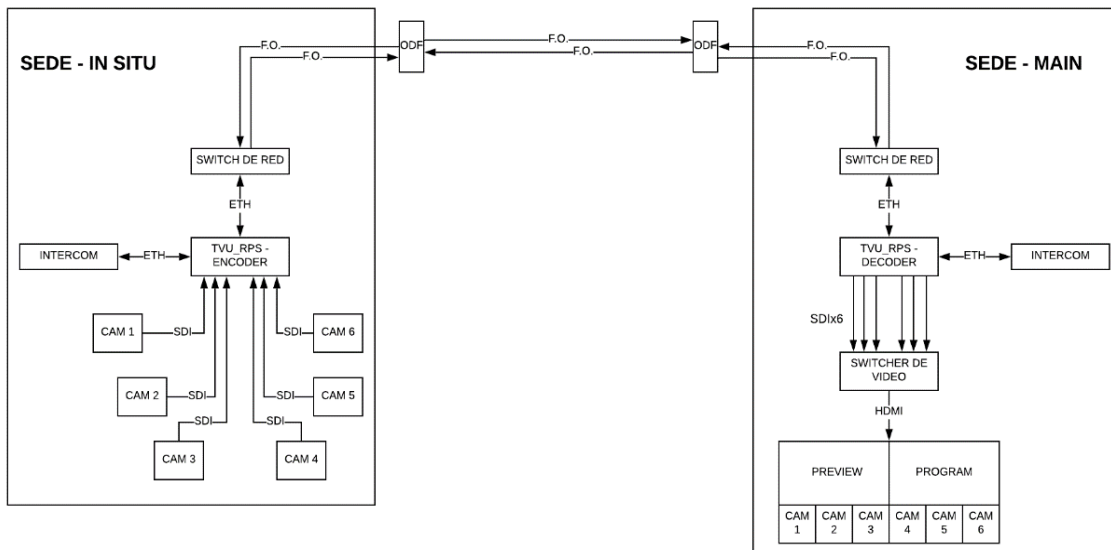


Figura 12: Diagrama de bloques del proyecto de investigación – Final.

Fuente: elaboración propia.

Se deberá tener en cuenta para el proyecto de investigación los siguientes equipos: Intercom y Switch de Red (con puertos de fibra). Para ello, se evaluará los precios para poder garantizar un buen uso a la cantidad de dinero asignado a este proyecto.

En la tabla 04 y 05, se muestran los precios de los equipos que se requieren para completar la solución final.

Tabla 04: Comparación de precios entre equipos de comunicación interna.

N°	DESCRIPCIÓN	RTS	CLEAR - COM
1	Solución Transmisor y Receptor	\$ 14,500.00	\$ 16,000.00
2	Garantía extendida por 3 años	\$ 1,500.00	\$ 1,750.00
	TOTAL =	\$ 16,000.00	\$ 17,750.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05: Comparación de precios entre equipos de Red.

N°	DESCRIPCIÓN	CISCO (Catalyst)	HP (procurve)
1	2 Switch de red 24puertos + 2 puertos SFP	\$ 3,500.00	\$ 2,600.00
2	Garantía 1 año	\$ 400.00	\$ 280.00
	TOTAL =	\$ 3,900.00	\$ 2,880.00

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la elección del Intercom a usar, nos basaremos en la experiencia de los canales de tv y se optará por la marca ClearCom, la cual nos garantiza una buena operación de su sistema y por parte de los Switch de red, sólo es necesario saber que soporten un tiempo estimado de trabajo para que puedan ser agregados a este proyecto de investigación, pero examinando los precios optaremos por la solución de HP, que implica a toda la conexión por red de circuito cerrado.

De acuerdo con ello, se procederá a realizar la separación de etapas de red y video de los dispositivos a usar, recalando que las laptops y/o pc a utilizar pueden ser de cualquier gama porque sólo se hará uso en la conexión y enrutamiento de video.

- a) Encodificación de Video e Intercom:
  - Remote Production System (RPS) Marca: TVU\_NETWORKS  
Modelo: Encoder.
  - Remote Production System (RPS) Marca: TVU\_NETWORKS  
Modelo: Decoder.
  - Internal Communication (Intercom) Marca: Clear-Com Modelo:  
Eclipse HX Frame and V-Series Panel.
  
- b) Red de datos:
  - Switch de red Marca: HP Modelo: Procurve 24 ports
  - Laptop con sistema operativo Windows.

Teniendo todo ello, nos plasmamos en desarrollar el diagrama pictográfico de la solución del proyecto de investigación que es mostrada en la Figura 13, incluyendo todos los equipos necesarios para este proyecto.

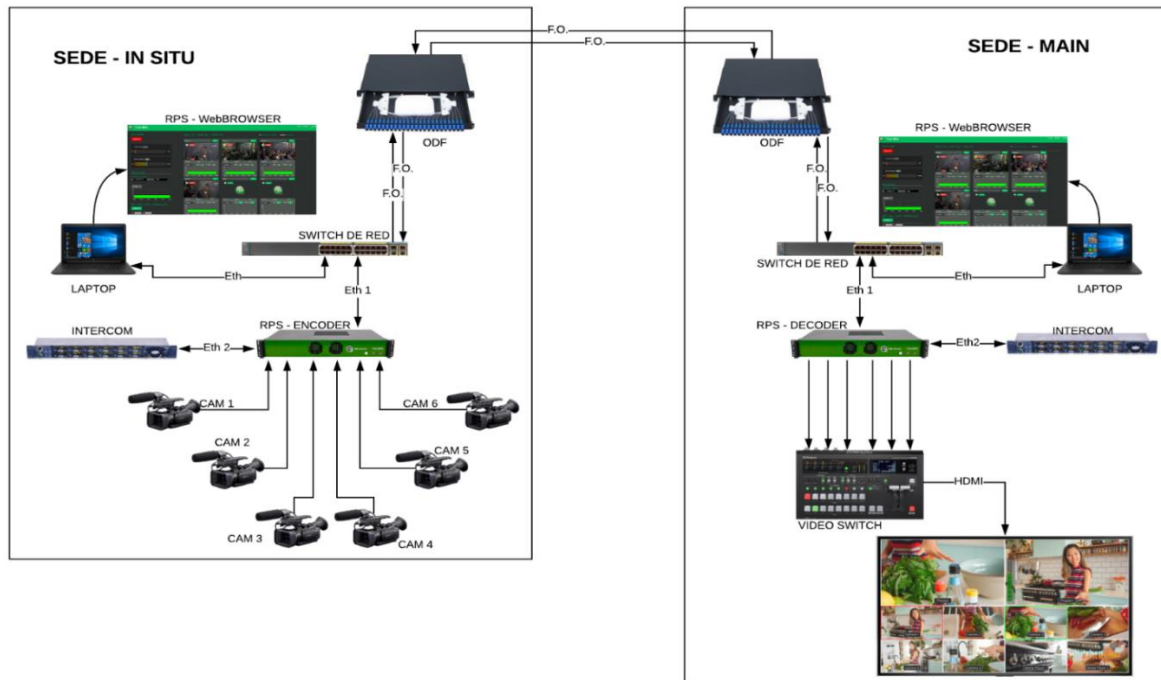


Figura 13: Diagrama pictográfico del proyecto de investigación - Final.

Fuente: elaboración propia.

Ahora, ya teniendo conocimiento de los equipos a usar para el proyecto de investigación, procederemos a detallar en cómo se podría tener la sede remota (In Situ), viendo el punto 4.2.

#### 4.2 Ubicación estimada entre dentro de control y centro remoto.

En la ubicación del proyecto, nos basaremos como ejemplo la distribución de F.O. de la empresa MEDIA NETWORKS LATIN AMERICAN SA; puesto que, la entidad en mención hoy en día posee sus propias rutas de F.O. en el cual realizan el envío de producto audiovisual desde los centros deportivos hacia su cabecera de datos. Se mostrará dos ubicaciones que contemplan las rutas de los estadios: Nacional de Lima (Figura 14) y Alejandro Villanueva (Figura 15). Cabe resaltar que las estimaciones de las rutas de Fibra Oscura son referenciales.

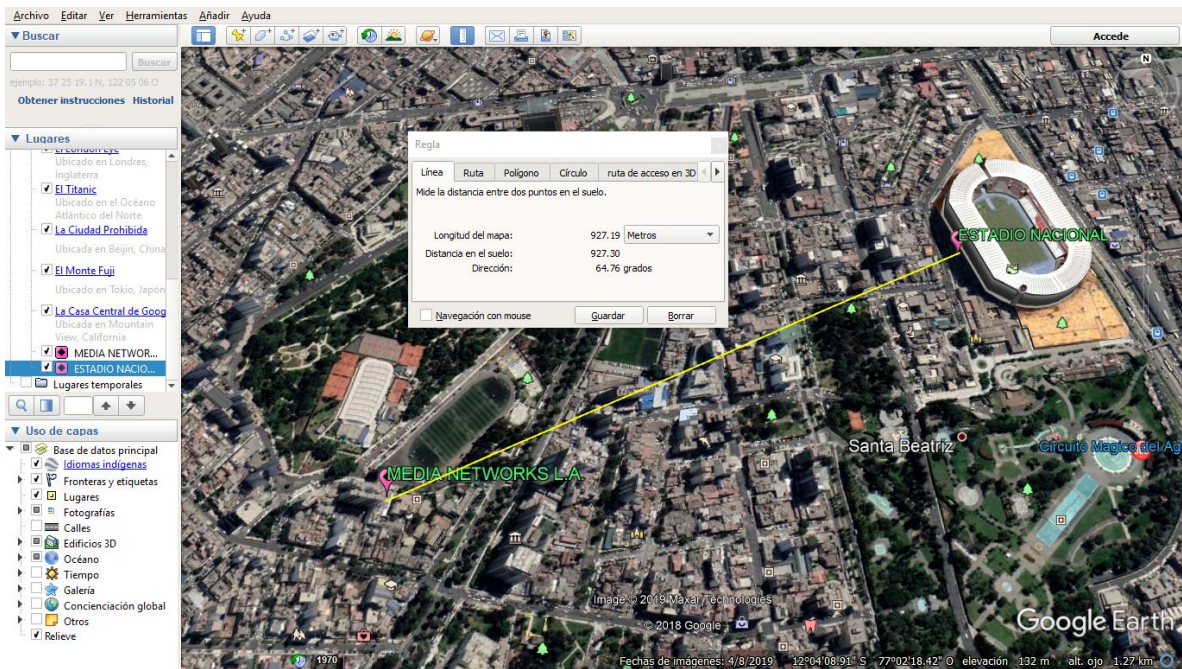


Figura 14: Captura de ruta al Estadio Nacional.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en Google Earth.

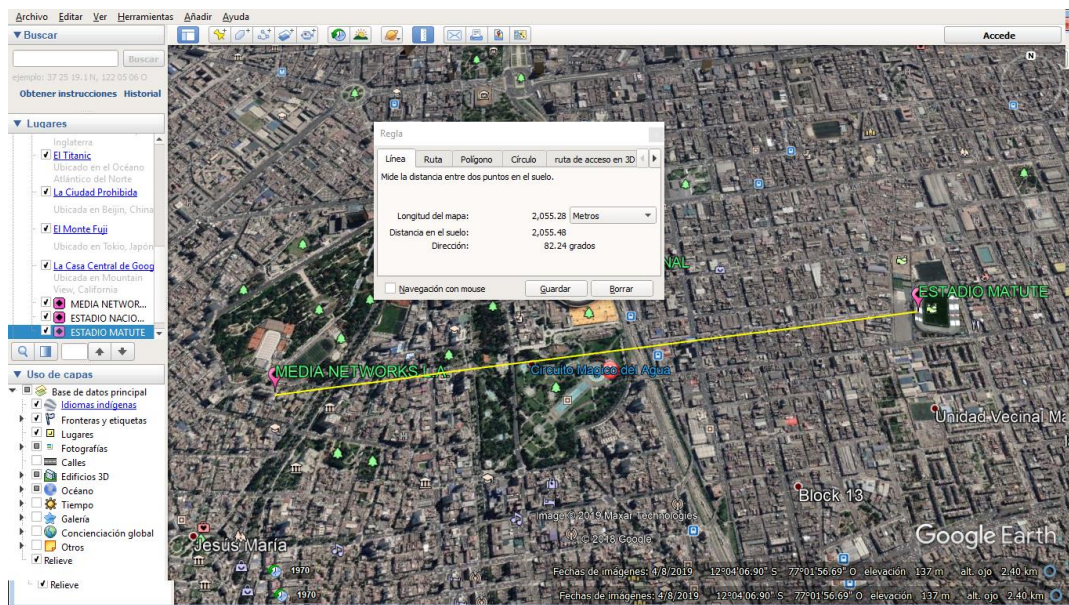


Figura 15: Captura de ruta al estadio Alejandro Villanueva.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en Google Earth.



Como se muestra en ambas figuras, para este proyecto de investigación se requiere tener rutas preestablecidas de FO para poder lograr la comunicación de ambas sedes, recordando que este tipo de ruta se da por fibra oscura. Pero como todo ello viene a ser una conexión punto a punto, en este proyecto de investigación sólo nos basta que los equipos: Encoder y Decoder (ver figura 16), puedan comunicarse con fines de realizar pruebas de transporte de material audiovisual, teniendo la validación de la comunicación se podrá proceder con el proceso de configuración.

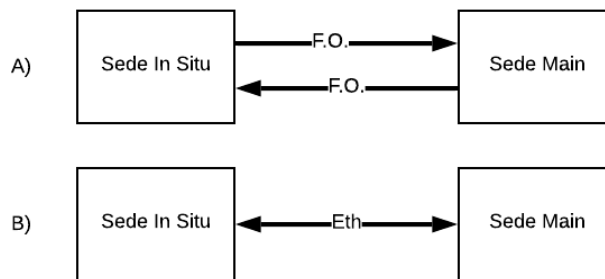


Figura 16: Comparación de conexiones punto a punto.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3 Pasos de configuración de equipos.

En el proceso de configuración del sistema, deberemos tener en cuenta que todo el proyecto tiene que estar debidamente conectado a la red de circuito cerrado, validando con una Laptop la comunicación de los equipos en mención para así tener la certeza al 100% que se podrá proceder con la configuración de los equipos de encodificación y no presentar problemas de conexión a futuro. Cabe resaltar que, tanto el Encoder como el Decoder deberán estar en una misma red para que el sistema RPS pueda trabajar sin contratiempos.

Ahora se explicará a detalle, el proceso de configuración del sistema RPS (Encoder y Decoder).

Direcciones Ip para los dispositivos:

- Encoder: 192.168.1.11
- Decoder: 192.168.1.10

#### 4.3.1 Configuración Encoder

Antes de realizar la configuración del Encoder, primero debemos validar las señales entrantes de video al Encoder, en este caso serán 6 señales SDI en resolución 1080i; luego, verificar que el puerto Eth1 esté conectado directamente al Switch de Red para así entablar comunicación con el decoder ubicado en la sede Main o de control y a su vez tener ya conectado en el puerto Eth2 el dispositivo de comunicación Interna. Por consiguiente, se deberá colocar una pantalla conectada al RPS Encoder con HDMI para así tener la imagen de la Figura 17 y 18, que es dónde se iniciará nuestra configuración de IP y que, a su vez, podremos realizar lo siguiente:

- Configuración remota de VLAN Tunnel
- Sincronización con servidor NTP
- Comunicación por VoIP
- Formato de video de salida (sólo para video feedback)

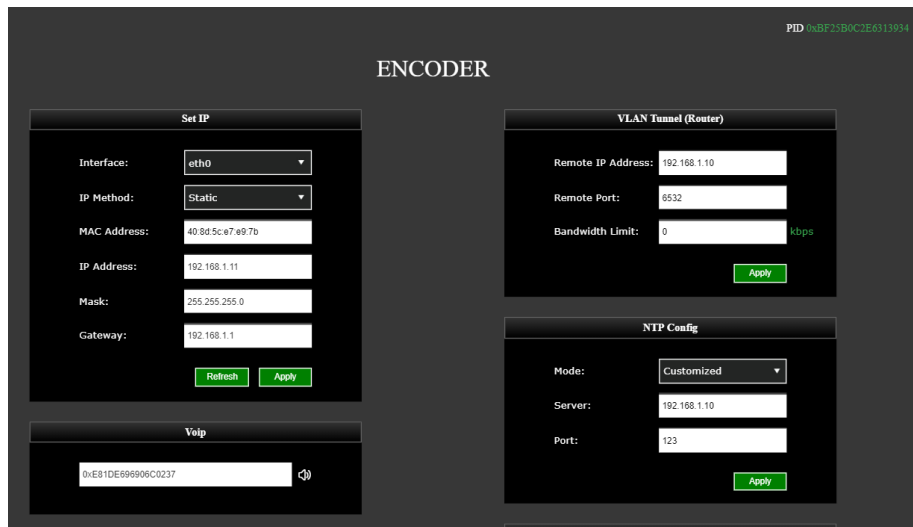


Figura 17: Interfaz HDMI del Encoder [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en Encoder del RPS.

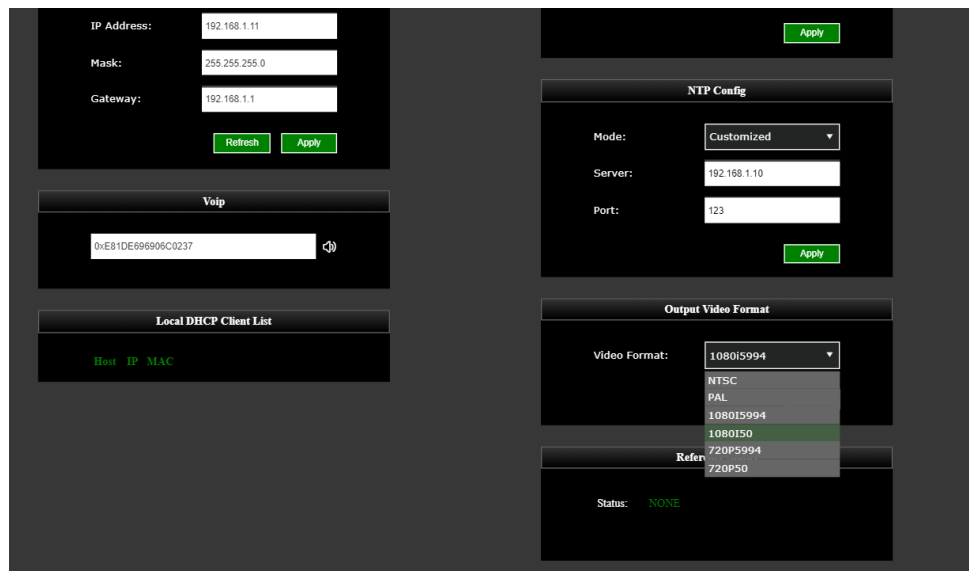


Figura 18: Interfaz HDMI del Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en Encoder del RPS.

Algo que siempre se debe tener en cuenta, es la identificación del dispositivo que en este caso es el Encoder, sólo observamos en la parte superior derecha un código PID,

esto nos sirve en el caso se requiera soporte de fábrica, quienes consultaran siempre por este código mostrado en la Figura 19.



Figura 19: Interfaz HDMI del Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en Encoder del RPS.

Ahora, teniendo todo lo anterior realizado, obtendrán el Web-Browser (se activa mediante el siguiente enlace: <http://192.168.1.11/rps/index.html>); recordar que su ordenador deberá tener agregado la Red 192.168.1.0 para su conexión exitosa. Observemos la ubicación del ordenador en el diagrama mostrado en la figura 20, donde nos detalla en dónde podrá estar ubicado el ordenador y/o ordenadores.

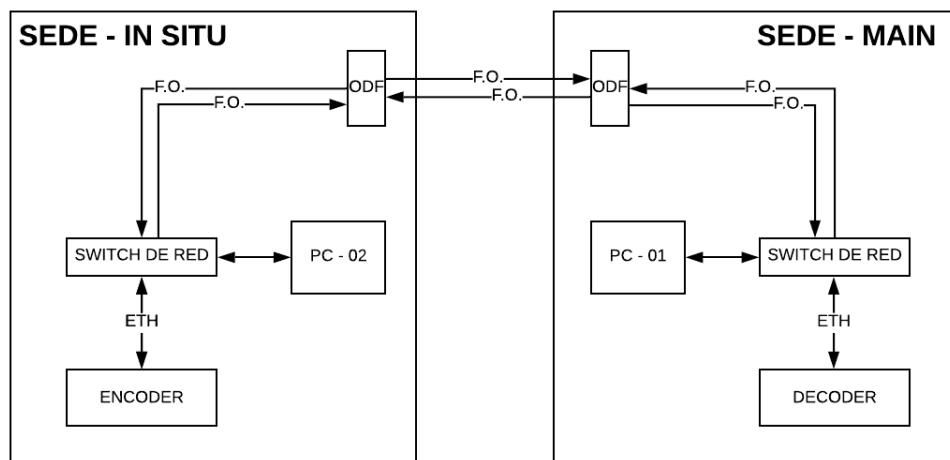


Figura 20: Diagrama de bloques de la distribución de ordenadores PC 1 y 2.

Fuente: elaboración propia.

Se precisa, que en ambas sedes se podrá tener control del Web-Browser del Encoder, donde tenemos la siguiente distribución de accesos:

- Sede Main: Acceso a Encoder y Decoder.
- Sede In Situ: Encoder.

Dentro del Web-Browser del Encoder, se visualizará la dirección IP del decoder y el estilo de formato de video ingresado al Encoder como se muestra en la Figura 21. En él también se podrá apreciar lo siguiente:

- Ancho de Banda
- Delay
- IP Decoder
- Retorno de Video

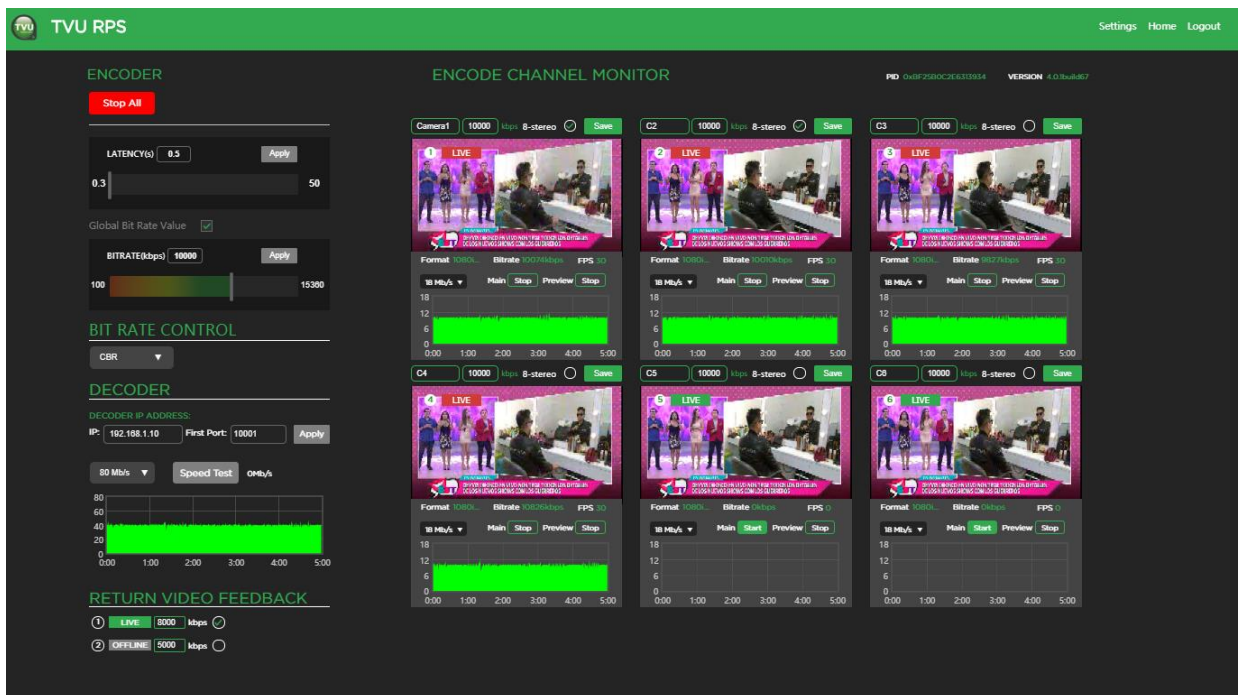


Figura 21: Web – Browser del Encoder RPS [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

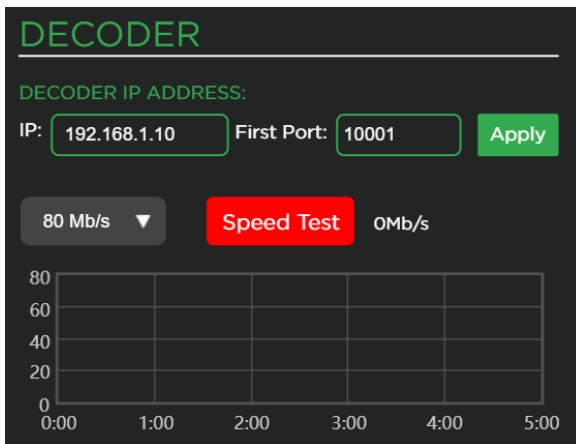


Figura 22: Web – Browser del Encoder RPS [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Para configurar la IP del decoder en el Encoder, visualizaremos (como se muestra en la Figura 22) en el Web-Browser del Encoder la etapa que nos menciona “DECODER”, allí podremos ingresar el número IP de destino (este caso del decoder) más su puerto de conexión, si no configuramos esa etapa, la sede Main no podrá recepcionar las 6 u 4 entradas de videos; asu vez, se podrá analizar la velocidad de transmisión del Encoder al decoder por el time line mostrado específicamente y únicamente para el decoder.

#### 4.3.2 Configuración Decoder

En el proceso de configuración del dispositivo y teniendo la información de la red en que pertenece el Encoder (192.168.1.0), se realiza la configuración del equipo de recepción enrutando su número IP 192.168.1.10, que a su vez es quien nos beneficia en la comunicación ideal con el dispositivo Encoder. En la Figura 23, se observa el número IP y lo uno de los más importantes, es la calidad de video a recepcionar (1080i/59.94); agregando la posible sincronización con servidores NTP.

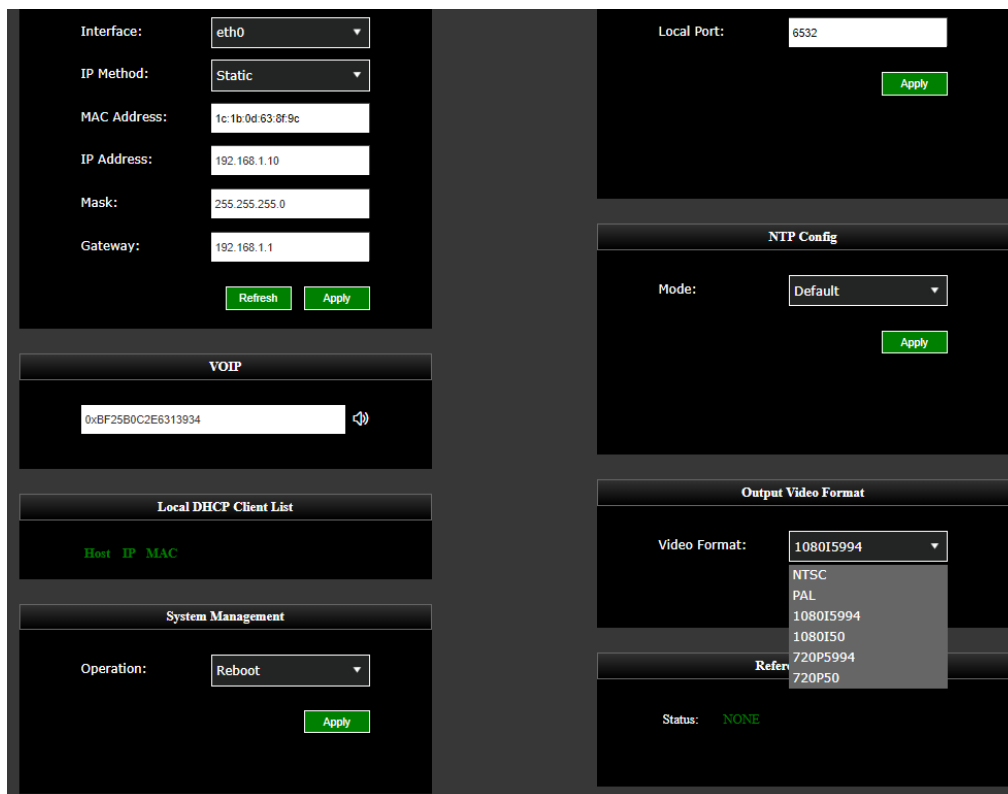


Figura 23: Web – Browser del Decoder RPS.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en Decoder del RPS.

#### 4.3.3 Enrutamiento de red en RPS

El enrutamiento realizado propiamente por el dispositivo RPS, tiene como fin mantener en red dispositivos que se encuentren en las siguientes redes de comunicación: 192.168.0.0 y 192.168.45.0. Esto es debido a que el puerto Ethernet 2 de ambos dispositivos (Encoder y decoder) realizan el enrutamiento dinámico OSPF, el cual nos permite tener el acceso a comunicación con redes diferentes (en este caso con las 2 redes propias del sistema RPS mencionados anteriormente); este enrutamiento, nos sirve para obtener la comunicación interna (Intercom) entre ambas sedes de trabajo. Para entrar más a detalle en ello, se muestra las figuras 24, 25, 26 y 27; las cuales nos validan las direcciones IP por defecto que nos ofrece ese puerto Ethernet 2 del RPS (Encoder y Decoder).

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.17134.950]
(c) 2018 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\brome>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador de Ethernet Ethernet:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de Ethernet Ethernet 2:

    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de Ethernet Ethernet 3:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::dc75:8cf7:e516:ad71%48
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.0.157
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . : 192.168.0.50
```

Figura 24: Información del enrutamiento dinámico del puerto Ethernet 2 del Encoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en CMD de ordenador laptop.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\Users\brome>ping 192.168.45.133

Haciendo ping a 192.168.45.133 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.45.133: bytes=32 tiempo=13ms TTL=127
Respuesta desde 192.168.45.133: bytes=32 tiempo=15ms TTL=127
Respuesta desde 192.168.45.133: bytes=32 tiempo=11ms TTL=127
Respuesta desde 192.168.45.133: bytes=32 tiempo=12ms TTL=127

Estadísticas de ping para 192.168.45.133:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 11ms, Máximo = 15ms, Media = 12ms
```

Figura 25: Prueba de comunicación del puerto Ethernet 2 del Decoder al puerto Ethernet 2 del Encoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en CMD de ordenador laptop.



```
C:\ Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.17134.885]
(c) 2018 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Soporte>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador de Ethernet Ethernet:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::f9e2:ae3f:51e2:2e63%9
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.45.133
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.45.50
```

Figura 26: Información del enrutamiento dinámico del puerto Ethernet 2 del Decoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en CMD de ordenador laptop.

```
C:\ Símbolo del sistema

C:\Users\Soporte>ping 192.168.0.157

Haciendo ping a 192.168.0.157 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.157: bytes=32 tiempo=12ms TTL=127
Respuesta desde 192.168.0.157: bytes=32 tiempo=13ms TTL=127
Respuesta desde 192.168.0.157: bytes=32 tiempo=14ms TTL=127
Respuesta desde 192.168.0.157: bytes=32 tiempo=15ms TTL=127

Estadísticas de ping para 192.168.0.157:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 12ms, Máximo = 15ms, Media = 13ms
```

Figura 27: Prueba de comunicación del puerto Ethernet 2 del Encoder al puerto Ethernet 2 del decoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en CMD de ordenador laptop.

#### 4.3.4 Funcionamiento del Encoder RPS

Luego de tener plasmado las rutas de conexión a red, se iniciará verificando el funcionamiento del Encoder RPS, asignando el tipo de resolución de video que deberá ser ingresada y procesada.

Debido a ello, procederemos a realizar la lista de comprobación de los videos a ingresar al sistema. Estas fuentes de videos (cámaras de video) deberán tener la característica de ser HD en crominancia 4:2:0 y teniendo las cámaras y/o fuentes de videos configurados, se procederá a evaluar las 6 señales entrantes al Encoder mediante el web-browser (propio del sistema RPS). Para poder realizar esta prueba, se tuvo que realizar el siguiente flujo de trabajo (laboratorio del sistema en total); como se muestra en la Figura 28, se hizo uso de un distribuidor de video y una fuente de video en HD (4:2:0) con fines de lograr con éxito la simulación del proyecto de investigación.

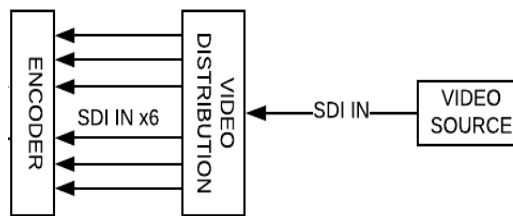


Figura 28: Diagrama de bloques de la distribución de videos entrantes al Encoder RPS con ayuda de un distribuidor de video.

Fuente: elaboración propia.

Ahora, observando las 6 señales de video (Figura 29) en el Web-Browser del Encoder, podremos evaluar la calidad del video, cantidad de audios, más el nivel de transmisión (detallado en kbps).

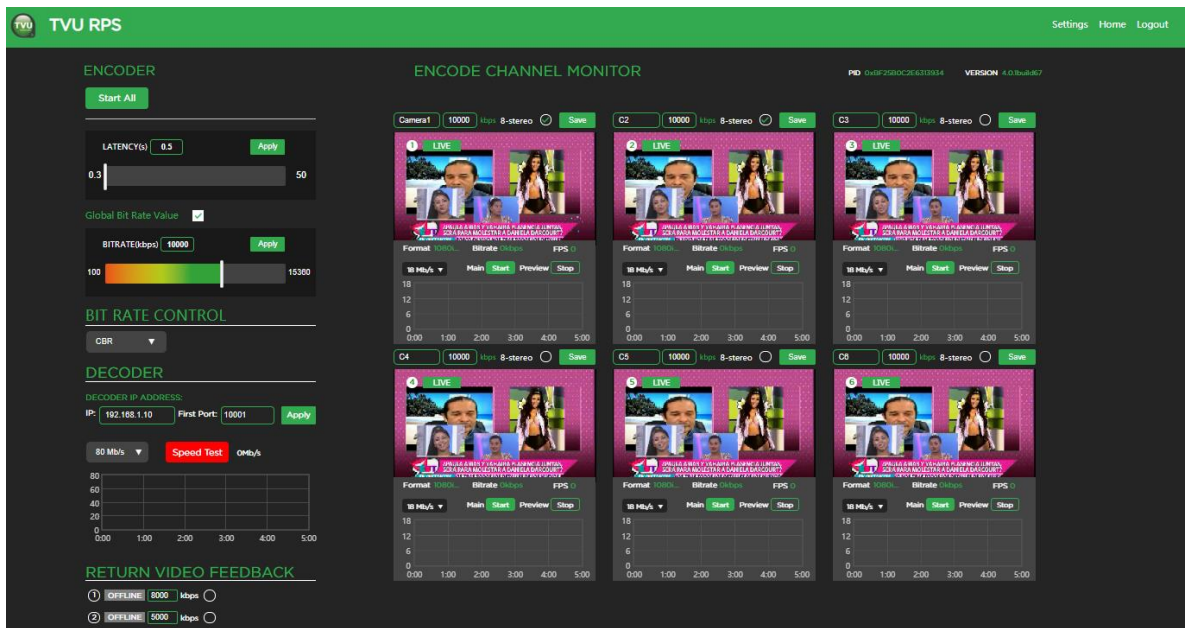


Figura 29: Web-Browser del Encoder RPS [3].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Para ser más detalloso en la evaluación de las entradas, se examinará la entrada número uno que se muestra en la Figura 30. Se podrá apreciar que el video de entrada se encuentra en formato 1080i (HD) y teniendo el conocimiento que no se muestra algún error en este sistema porque procesa videos con crominancia de 4:2:0.



Figura 30: Web-Browser del Encoder RPS [4].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

No obstante, se aprecia que se puede habilitar la entrada y procesamiento de 8 canales de audio (por defecto se configura con 2 canales). Cabe mencionar que, una fuente de video SDI puede soportar sólo hasta 8 canales de audio. También, podremos evaluar el flujo de bitrate a configurar (en esta simulación se hizo uso de 10Mbps), que será reflejado en el timeline por minuto que posee cada entrada de video, cabe mencionar que el video mostrado en cada entrada es referencial.

Por su parte, en el Encoder se podrá realizar las operaciones de: configuración de latencia, velocidad de transmisión (ancho de banda) y bitrate control. Para ello, en la Figura 31, tenemos lo siguiente:

a) Configuración de latencia

Para la configuración de latencia (en segundos), primero se deberá tener el conocimiento de la latencia habitualmente usada en los canales de tv y productoras, con ello se estará realizando una simulación cuasi real. En ello, se configura la transmisión de video en 0.5 seg de latencia (número validado en las entidades de tv y producción), pero en este sistema RPS se podrá elegir hasta 50 seg como máximo de latencia (por defecto).

b) Velocidad de transmisión (Bitrate)

En la configuración de bitrate (velocidad de transmisión), se debe tener en cuenta que este sistema realiza la compresión en H.264; es decir, teóricamente en la transmisión de video en la compresión en mención, debe tener como mínimo 2.5Mbps para videos en alta calidad (HD) y en esta simulación del proyecto de investigación se asegurará la transmisión en alta calidad con 10Mbps, con ello estamos protegidos ante cualquier desnivel de bitrate en el transcurso de la transmisión.

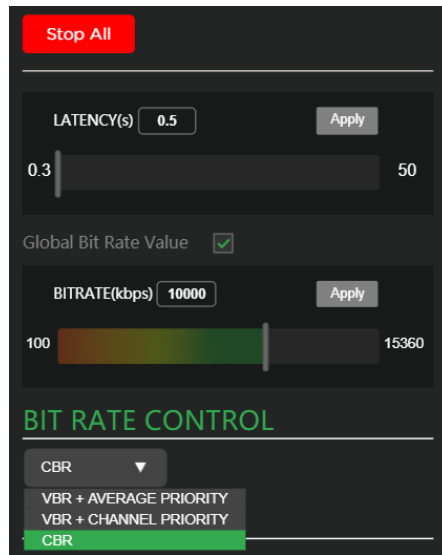


Figura 31: Web-Browser del Encoder RPS [5].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

c) Bitrate Control

En este ítem, se podrá elegir el tipo de codificación entre: CBR y VBR, las cuales por teoría y teniendo el conocimiento la forma de trabajo en un canal de tv, se hará uso de VBR para mantener la transmisión corriendo, así el bitrate disminuya se mantendrá fluido el contenido audiovisual; en cambio, si se elige la codificación CBR, la transmisión empezará a sufrir entre cortes porque el codificador esperará hasta obtener nuevamente el valor predefinido para continuar con su material de video. Para fines de esta simulación del proyecto de investigación, haremos uso del VBR (Average Priority) para mantener la fluidez de la transmisión.

Luego, paralelamente a la transmisión que se realiza, se muestra la solución “feedback de video” por dos canales de entradas (SDI) propias en el decoder, las cuales nos permiten tener un monitoreo constante de la transmisión con una de ellas señal limpia y otra manchada (claro que estas opciones son

manejadas por personal de producción, esto es sólo una simulación). Para entrar más a detalle, en el viaje de estas dos señales de feedback de video observemos la Figura 32, que explica el viaje que realizan ambas señales de video.

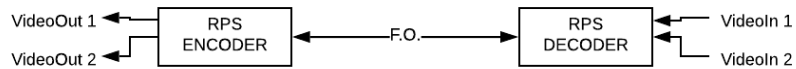


Figura 32: Diagrama de bloques de video de retorno en forma general.

Fuente: elaboración propia.

En este caso se observa (Figura 32) una vista general de las señales de video entrantes por el decoder y son recepcionadas por el Encoder y para obtener ese enrutamiento de feedback. Se mostrará dos opciones de enrutamiento desde el decoder al encoder.

a) Forma A

Aquí observaremos como se podrá enrutar un solo video por la opción de video de retorno del decoder al encoder (Figura 33) con fines sólo de monitoreo y la distribución simple de los 5 videos de entradas de este.

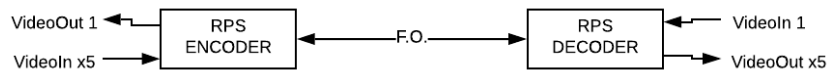


Figura 33: Diagrama de bloques de video de retorno forma A.

Fuente: elaboración propia.

b) Forma B

Se observa, como se podrá enrutar dos videos por la opción de video de retorno del decoder al encoder (Figura 34) con fines sólo de monitoreo y la distribución simple de los 4 videos de entradas de este.

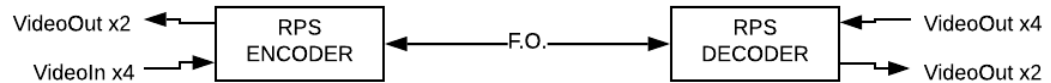


Figura 34: Diagrama de bloques de video de retorno forma B.

Fuente: elaboración propia.

Estas deberán ser activadas en el web Browser del Encoder en la opción “Return Video Feedback” mostrada en la Figura 35, en donde podremos también, elegir la velocidad de transmisión de estos videos.

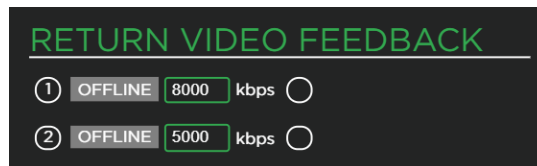


Figura 35: Web-Browser del Encoder RPS [6].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

#### 4.3.5 Operación del sistema global

En la operación del sistema total del proyecto de investigación se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 6 señales de video en HD.
- Tener claro que números IP's deberán ser ingresados en el Encoder y Decoder, que deberán estar en una misma red de circuito cerrado.

- Tener el ordenador para realizar las configuraciones por Red (web-browser).

Luego de ello, se procederá a observar cómo los equipos Encoder y Decoder trabajan en conjunto para la transferencia del producto audiovisual. En el tendremos 6 señales SDI en HD, que ayudaran al enrutamiento de video entre ellos; asu vez, se apreciará como se realiza la operación del video de retorno (feedback).

En el dispositivo Encoder, se ingresará 6 señales SDI que serán visualizadas en el web-browser como se muestra en la Figura 36 y aquí es donde se realizará la validación de la calidad del video y monitoreo del audio, esto último para verificar que el video ingresado esté con audio embebido para su próximo proceso de transferencia de producto audiovisual.

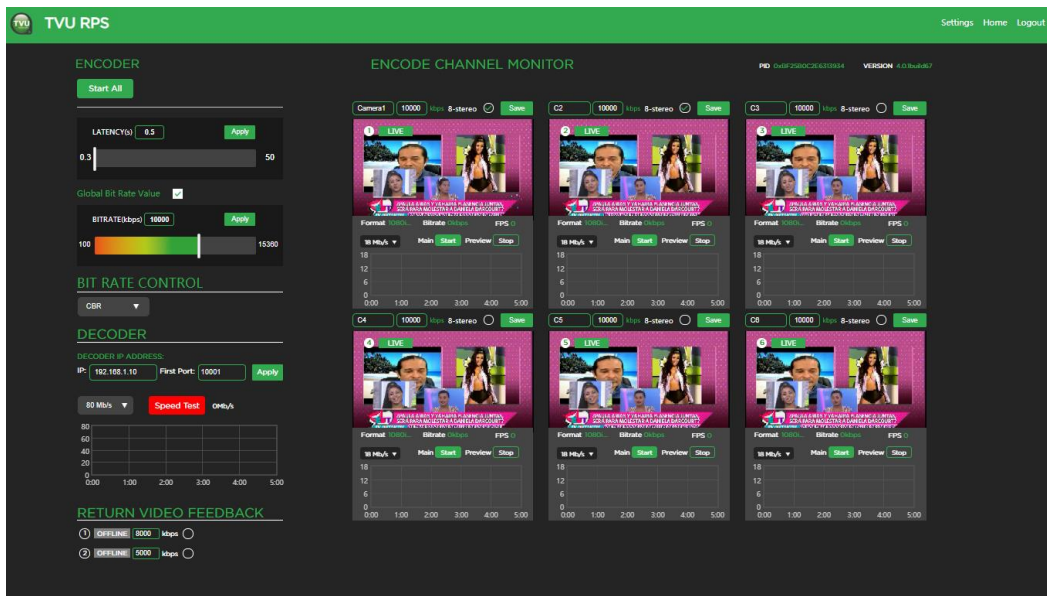


Figura 36: Ingreso de 6 señales de video en el Encoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Después de validar las 6 señales de video y audio embebido, se procede a asignar un número de bitrate a cada una de ellas. Esto es una gran ventaja, debido a que se podrá priorizar una se las 6 señales en alto bitrate (claro está que es una opción



para el productor del evento, podrá realizar ese cambio o no), garantizando una calidad de video óptima y deseada en una producción audiovisual; para esta operación, se asignará 10Mbps a cada entrada de video.

Luego de validar las señales de audio, se deberá tener en cuenta la activación de dos audios (por defecto) u ocho audios en cada canal de entrada del Encoder. Para ello, analizaremos cada una de las dos opciones.

a) Dos Audios:

Esta opción es habilitada cuando el video y audio embebido ingresado por uno de los canales del Encoder se detecta automáticamente; es decir, por defecto sin tener la necesidad de activar los 8 canales de audio, se tendrá 2 canales de audio (audio1 y audio2). Esta cantidad de audios normalmente son usados para una producción de sólo voz de talento y audio de fondo.

b) Ocho Audios:

Para habilitar esta opción, sólo se deberá activar en el Encoder el ícono “8 estéreos”; con ello, ya se tendrá los ocho canales de audio (Audio1, Audio2, Audio3, Audio4, Audio5, Audio6, Audio7 y Audio8) en una de las entradas de video del Encoder. Estos audios son normalmente usados en los eventos deportivos, que comprenden audio de locutores más ambientales del lugar del evento.

Luego de haber realizado la validación de formato de video y audio embebido, se procede a realizar la simulación que comprende la operación total del sistema en global para una futura implementación.

Se tiene en la Figura 37, la información de los 6 videos ingresados al Encoder en formato de alta calidad, todos con audios embebidos a excepción de las entradas 1 y 2 que se caracterizan por tener audios de 8 canales. Asu vez, se configura los puntos de: Latencia y bitrate total del Encoder, claro que cada entrada de video tiene configurado su velocidad de transmisión. Se tiene el sistema configurado de la siguiente manera:

- Latencia: 0.5 seg.
- Bitrate: 10 Mbps.

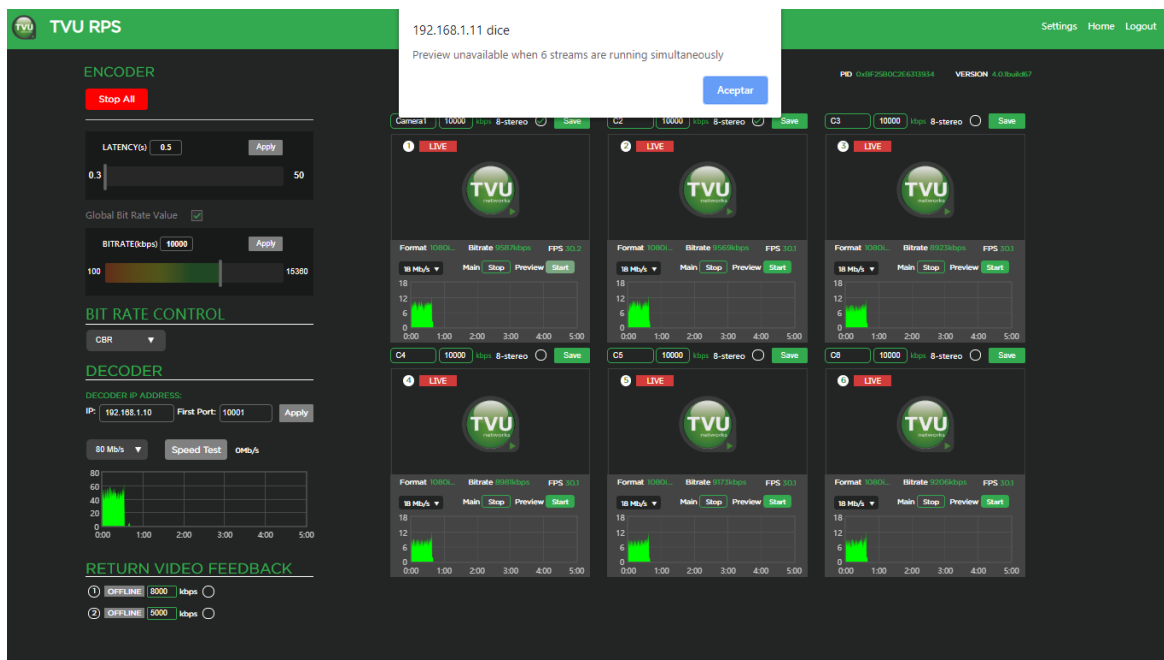


Figura 37: Transmisión en vivo del Encoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Como se observa, se tiene al Encoder transmitiendo en vivo al decoder, pero en el web-browser del Encoder no se muestra las previsualizaciones de los videos, esto se da en cada inicio de transmisión (mientras los 6 videos están en vivo. Para realizar la transmisión, sólo se deberá accionar Start en cada uno de los videos en

Main hasta que aparezca la opción de stop (en la Figura 38) que indica parar transmisión de dicho canal de video; donde también visualizaremos el estado del video y flujo de transmisión por cada canal.



Figura 38: Estado de la entrada 6 del Encoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

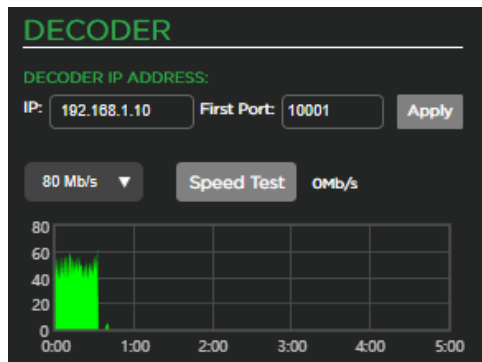


Figura 39: Estado de recepción en el decoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

En el instante que se tiene la transmisión en vivo por los 6 canales, no se podrá visualizar el preview en los canales del encoder; puesto que, ello necesitará de ancho de banda del sistema pero si se desea activar el preview de uno de los canales, el encoder notificará que esa opción no está habilitada como se muestra

en la Figura 39 y que se necesitará deshabilitar uno de los canales en vivo para poder visualizar el preview (Figura 40).

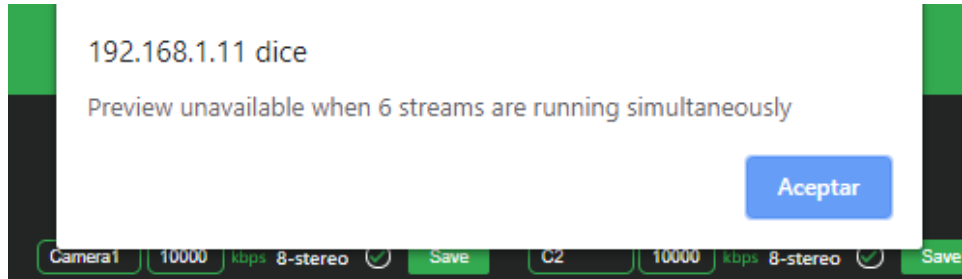


Figura 40: Notificación del Encoder [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

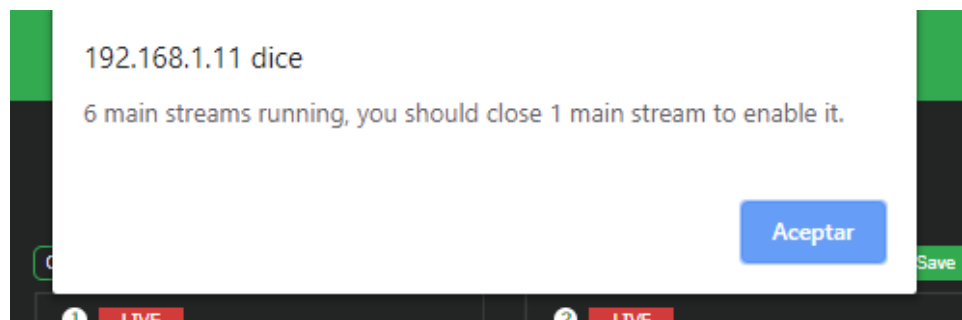


Figura 41: Notificación del Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Como prueba de esta información, se mostrará en la Figura 41, en donde se observará la activación del preview del canal de video 1 cuando al mismo tiempo se deja de transmitir el canal de video 6; Es decir, como se mencionó anteriormente, se deberá parar la transmisión de uno de los canales para habilitar la opción de preview.

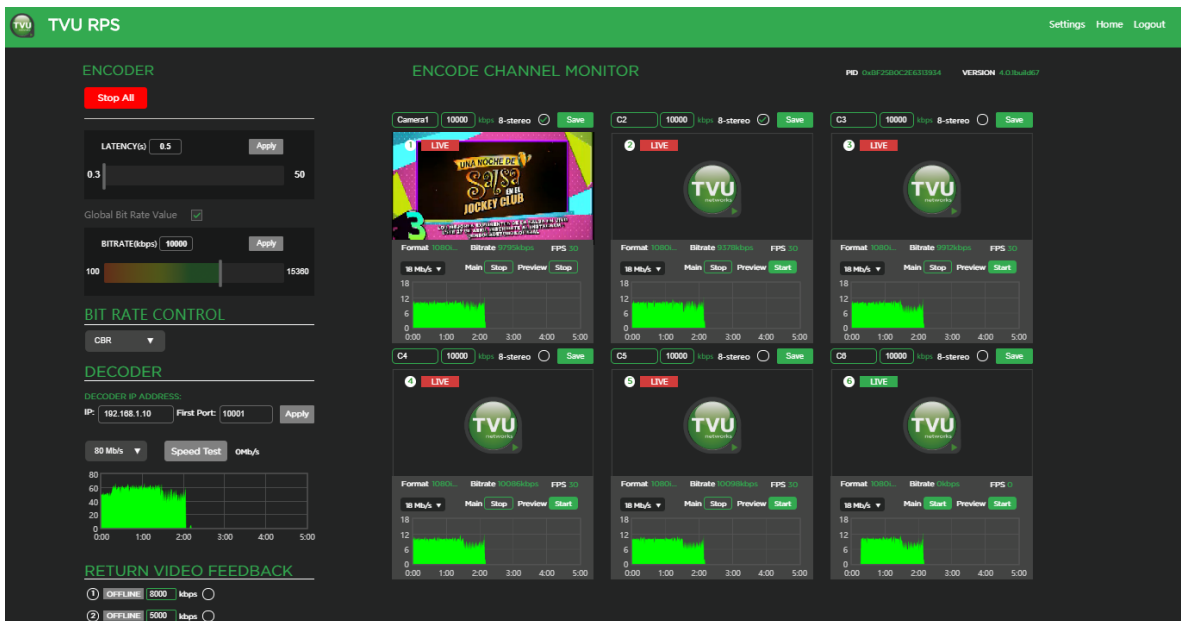


Figura 42: Activación de preview en canal 1 del Encoder.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Entonces, si se desea activar un preview más en el encoder, este mostrará nuevamente la notificación de las 5 transmisiones en vivo más cantidad de canales en modo preview, así como se muestra en la Figura 42. Mientras que, si se desea activar un preview más, se deberá parar la transmisión en uno de los canales mostrado en la Figura 43 en conjunto con su advertencia en la Figura 44..

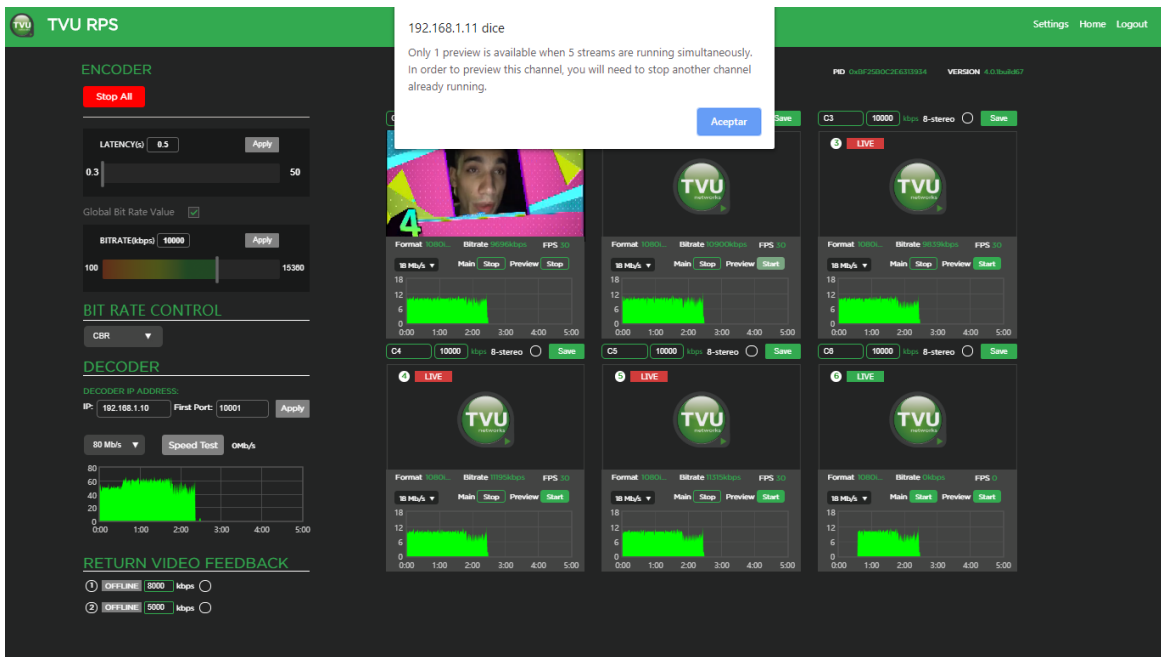


Figura 43: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

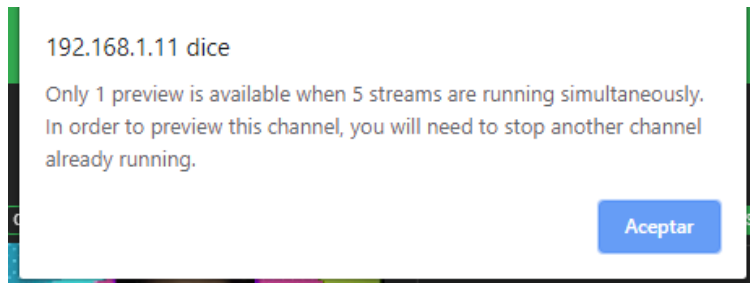


Figura 44: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

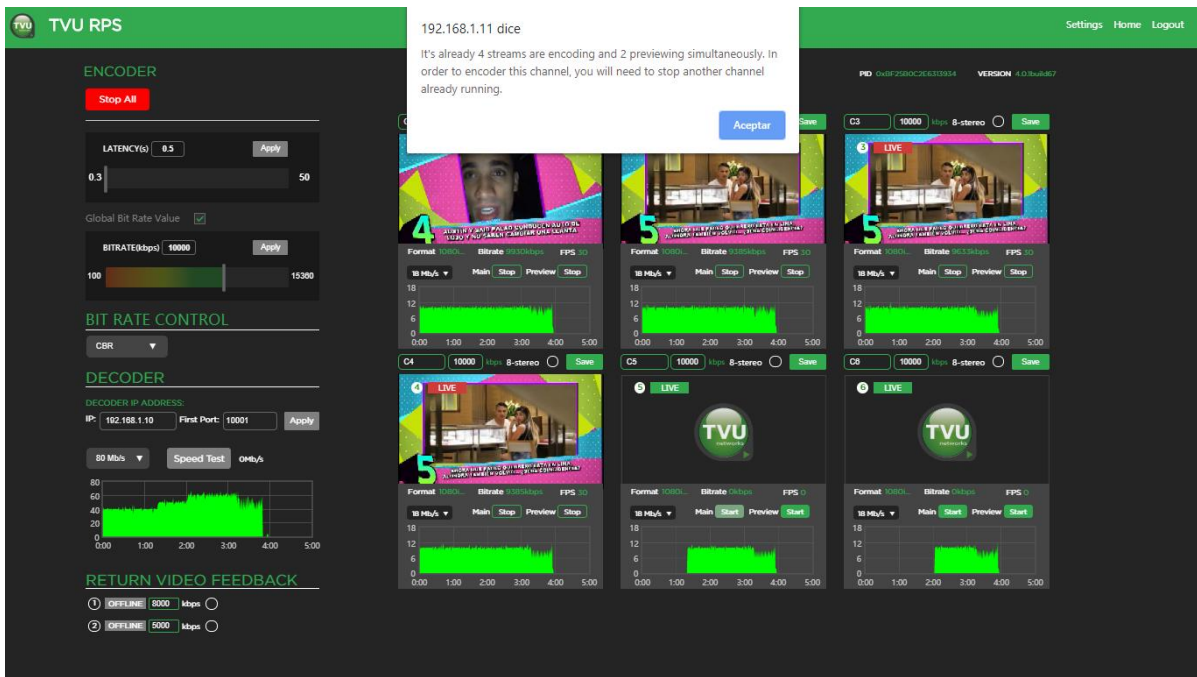


Figura 45: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

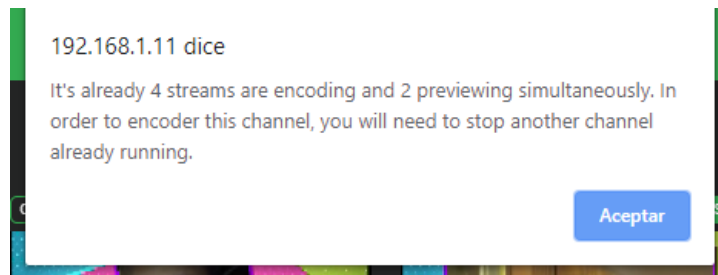


Figura 46: Notificación de Activación de preview en canal 2 del Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Continuamente, en esta prueba y/o simulación del proyecto de investigación se procesará la opción de retorno de video (Return Video FeedBack), que como se mencionó anteriormente, este tipo de enrutamiento de video sólo servirá de monitoreo en la sede In Situ que como máximo podrán ser dos videos con audios embebidos.

Para su mayor entendimiento, en esta simulación se mostrará las acciones a tomar cuando se requiera hacer uso de este tipo de enrutamiento. Primero iniciamos con la habilitación del canal 1 del retorno de video como se muestra en la Figura 45 y su mensaje de advertencia en la Figura 46, de tener la necesidad de activarlo y si mantengo en transmisión 6 señales de videos, una de estas deberá de parar para dar prioridad de transporte al retorno.

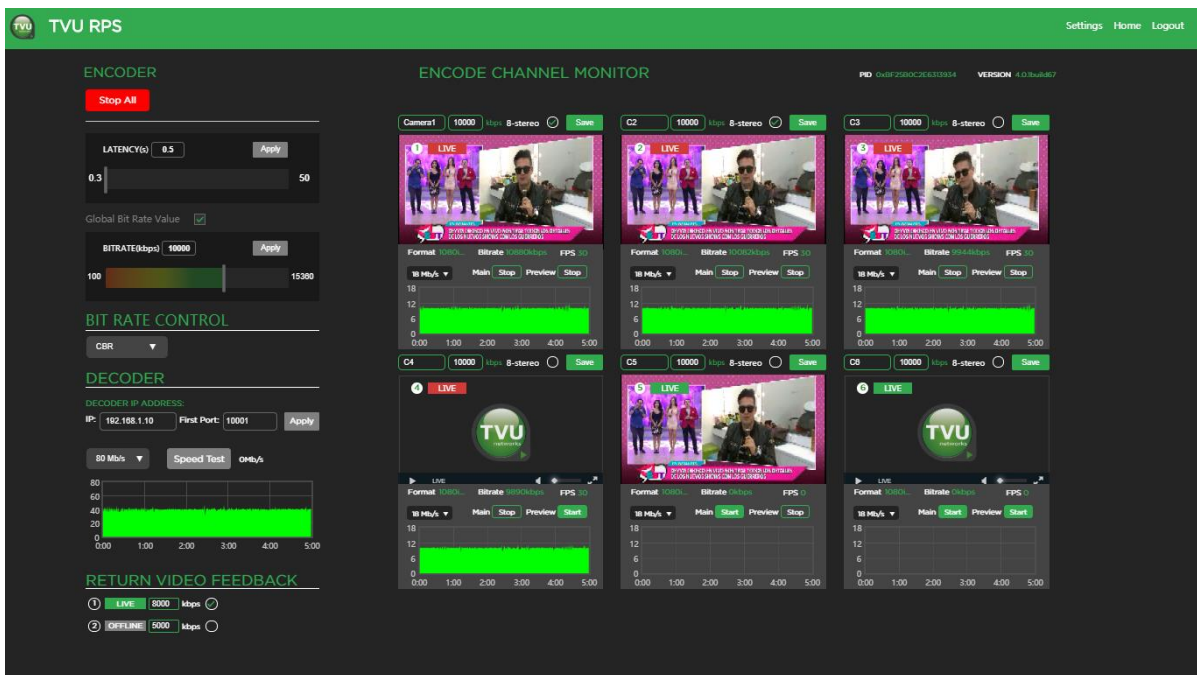


Figura 47: Habilidad de video retorno 1 en el Encoder [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

En la Figura 47, se mostrará la acción que se optó para la habilitación del video de retorno 1, que muestra el estado de video de retorno (Live) y el número de bitrate; todo esto se activa sólo dando el check de confirmación.



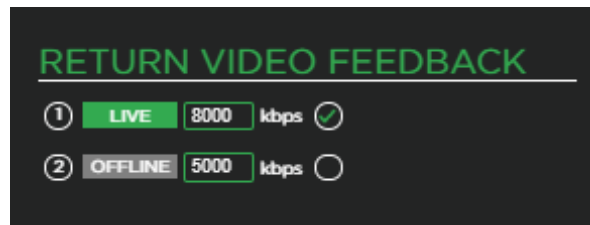


Figura 48: Habilitación de video retorno 1 en el Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Para la segunda activación y/o activación del video de retorno 2, se realizará el mismo proceso que el del anterior, deshabilitamos un video en vivo en el Encoder y tendremos como proceso lo mostrado en la figura 48.

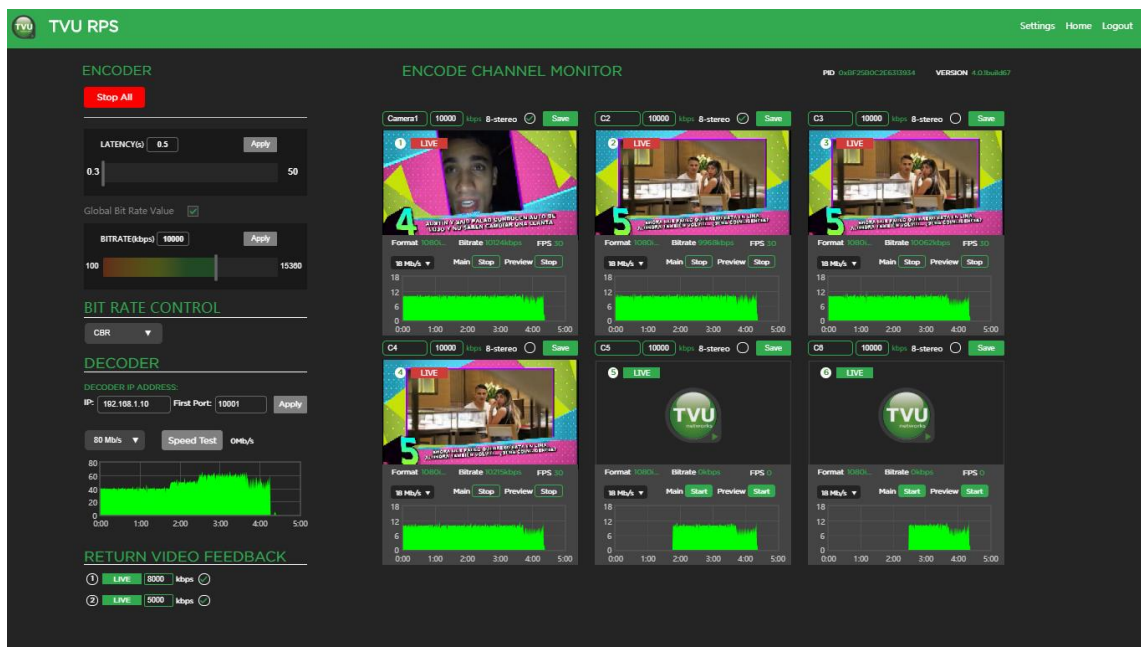


Figura 49: Habilitación de video retorno 2 en el Encoder [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

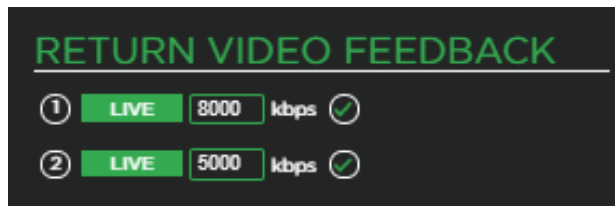


Figura 50: Habilitación de video retorno 2 en el Encoder [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

El proceso de trabajo y activación para el video de retorno 2 vendrá a ser el mismo que el del video de retorno 1 (Ver Figuras 49, 50 y 51).

Ahora teniendo todo el enrutamiento y característica de cada uno de los videos ingresados al Encoder definidos y validados para su próximo proceso, se tiene al Encoder y decoder debidamente configurados y listos iniciar el proceso de ser ingestados y/o editados.

Por último, en el web-browser del Encoder, específicamente en el estado de flujo de bitrate de recepción en el decoder, se puede seleccionar o variar la visualización que uno desee ver en el timeline por minuto del flujo de bitrate. Por ejemplo, se podrá variar el estado entre visualización de 100Mbps, 80Mbps y 60Mbps como se muestran en las Figuras 52 y 53.

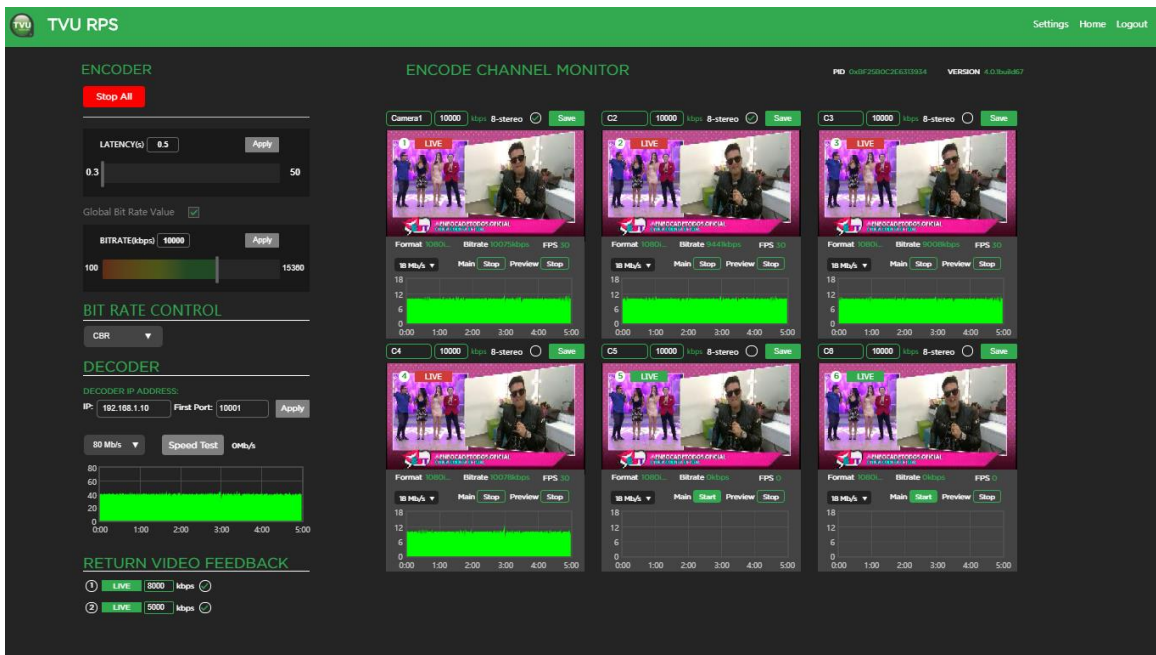


Figura 51: Web – Browser del Encoder [7].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

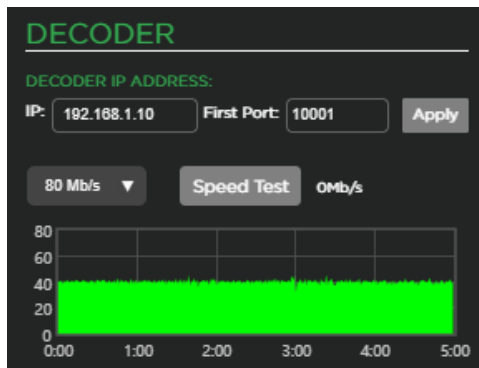


Figura 52: Estado de monitoreo del flujo de bitrate en el decoder configurado en visualización de 80Mbps.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

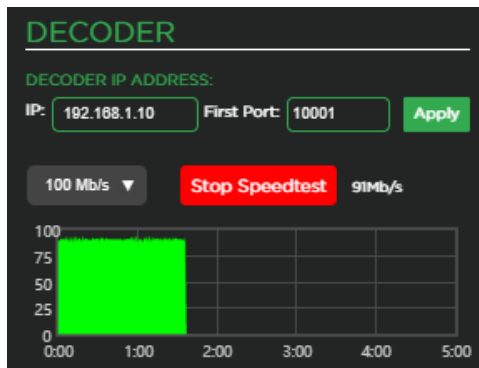


Figura 53: Estado de monitoreo del flujo de bitrate en el decoder configurado en visualización de 100Mbps.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser del Encoder del RPS.

Cabe mencionar, que estos últimos cambios en el monitoreo de flujo de bitrate no afecta en nada a la transmisión en vivo,

#### 4.3.6 Operación y evaluación de equipos de validación de producto

Culminado el enrutamiento de video y audio embebido, más la configuración del flujo de data a ser transmitir (bitrate a ser utilizado para la encodificación de data), se validó la calidad de video que se está recibiendo en el decoder con pruebas de laboratorio agregados a este sistema. Para obtener esa información, se realizó la distribución de la data hacia otros dispositivos con fines de evaluación y validación de calidad de video y audio embebido, dónde se visualizó el tipo de video y audio que se está recepcionando con un analizador a nivel de transport stream (claro que la metadata transportada por el sistema RPS no es Transport Stream), el cual fue posible examinarlo con la ayuda de un escalador de señal de video. En respuesta a ello, se realizó la siguiente distribución de equipos como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 54.

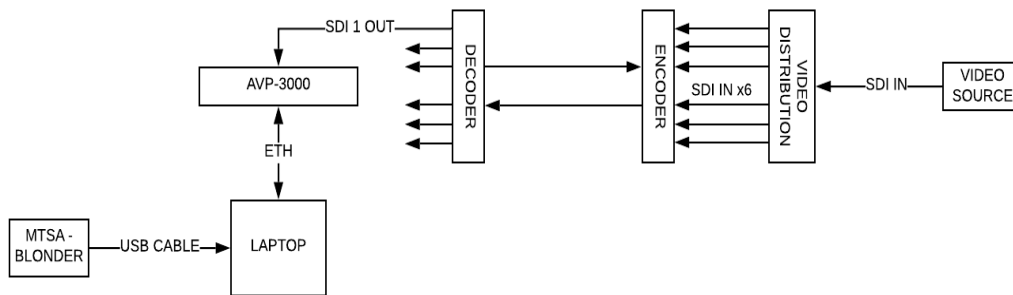


Figura 54: Diagrama de bloques de la simulación y evaluación del proyecto de investigación.

Fuente: elaboración propia.

En las pruebas de validación de calidad del material audiovisual realizadas, se optó por hacer uso de dispositivos que no están plasmados y/o marcados para que estén presentes en el proyecto de investigación, sólo nos benefició su apoyo para las pruebas y evaluación de ellas, donde se hizo uso de lo siguiente:

- 1 video source: fuente de video en 1080i 4:2:0
- 1 distribuidor de video
- 1 AVP3000: para ingresar un video de las salidas del decoder y examinar el video por IP con la ayuda de la herramienta MTSA (analizador de TS), claro que sólo es usado como escalador de video.

Teniendo claro la etapa de evaluación y validación, sólo nos centramos en el siguiente diagrama mostrado en la Figura 55.

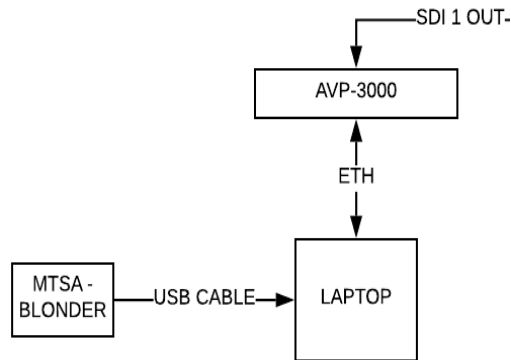


Figura 55: Etapa de evaluación y validación de material audiovisual.

Fuente: elaboración propia.

Primero, se inició con la configuración del equipo AVP3000, en dónde se creó un flujo de Transport Stream de salida por IP (ver Figura 56) para luego agregar el servicio (ver Figura 57), donde ingresó el video y audio embebido que fue suministrado por el decoder RPS.

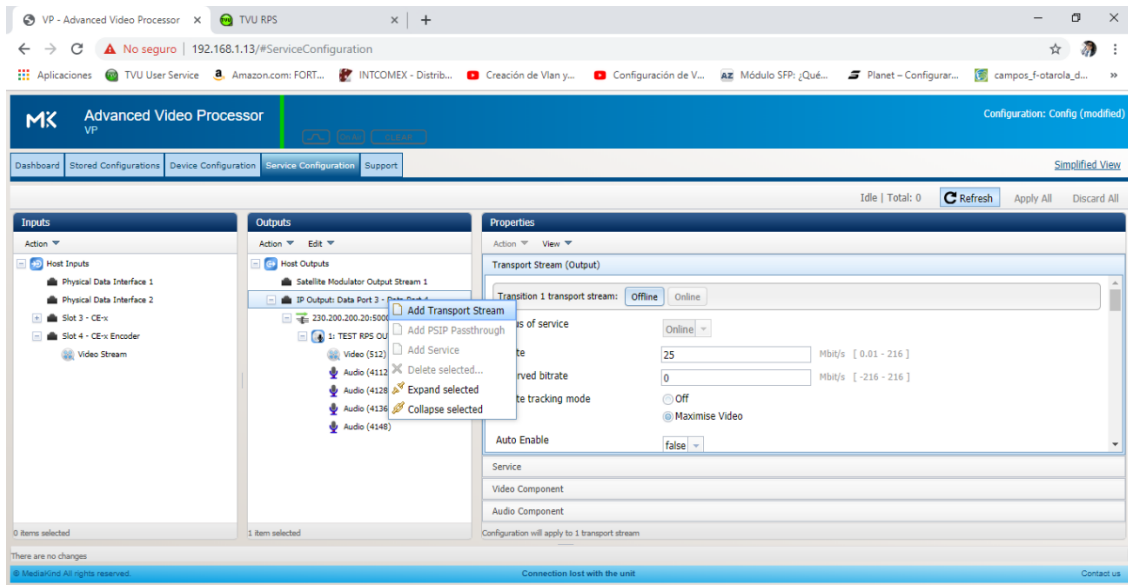


Figura 56: Agregando Transport Stream en IPOUT de AVP3000.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

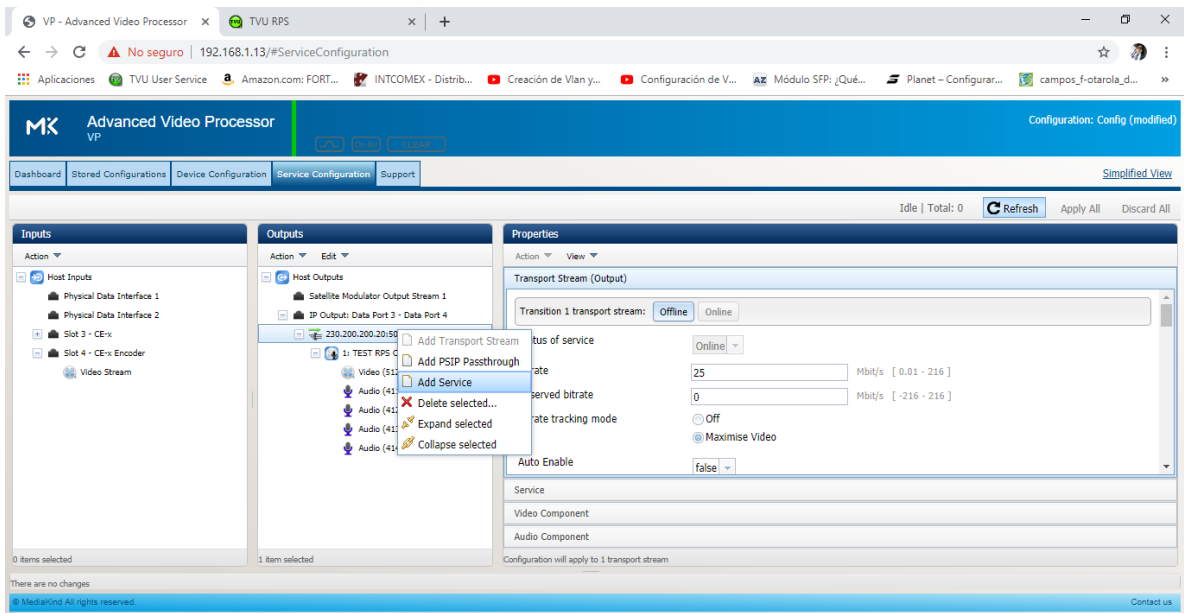


Figura 57: Agregando Servicio al Transport Stream en IPOUT de AVP3000.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

En la configuración de IP OUT del Transport Stream creado a nivel multicast, se consideró lo siguiente: Número IP multicast cumplió con los estándares de redes (pero como sólo fue una validación de metadata en circuito cerrado no influyó mucho en el proceso de evaluación) con un número de puerto específico el cual puede ser elegido por el operado. Teniendo el conocimiento de los pasos a seguir, se ingresó lo siguiente:

- Multicast/Unicast IP: 230.200.200.20
- Número de Puerto: 5000

Luego en la figura 58 y 59, se realizó el proceso para esta configuración.

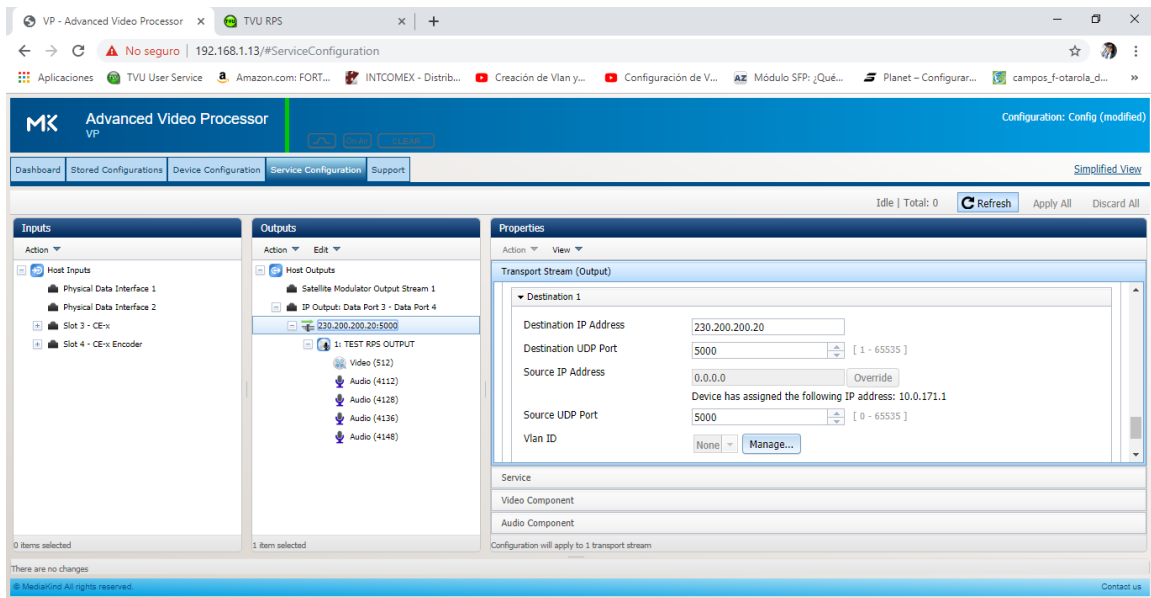


Figura 58: Configuración de IP y puerto en el Transport Stream [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.



Figura 59: Configuración de IP y puerto en el Transport Stream [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

Luego de tener los datos de las Figuras 58 y 59, se procedió a agregar al servicio de video creado un video main y 4 audios (que en total serían 8 porque 1 audio en avp es L y R) que se muestra en la Figura 60, recordando que cada audio tuvo que ser independiente con identificación de programa diferentes.



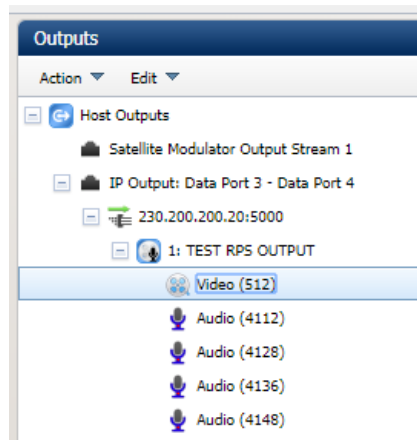


Figura 60: Agregando Video y Audios al servicio de IPOUT de AVP3000.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

Luego, se tuvo los siguientes puntos de configuración:

a) Video

En la configuración de video que se ingresó al AVP3000, se realizó la elección de la fuente de video SDI en la opción video Main. Paralelamente, en la detección de video de entrada se seleccionó la opción “Auto Detect and Configure Video Profile Only”, esto nos facilitó las acciones a realizar en la entrada de video; puesto que, en las opciones de configuración de: Detected Video Standard y Video Input Format, fueron configurados automáticamente en el servicio, la cual observaremos en las Figuras 61 y 62.

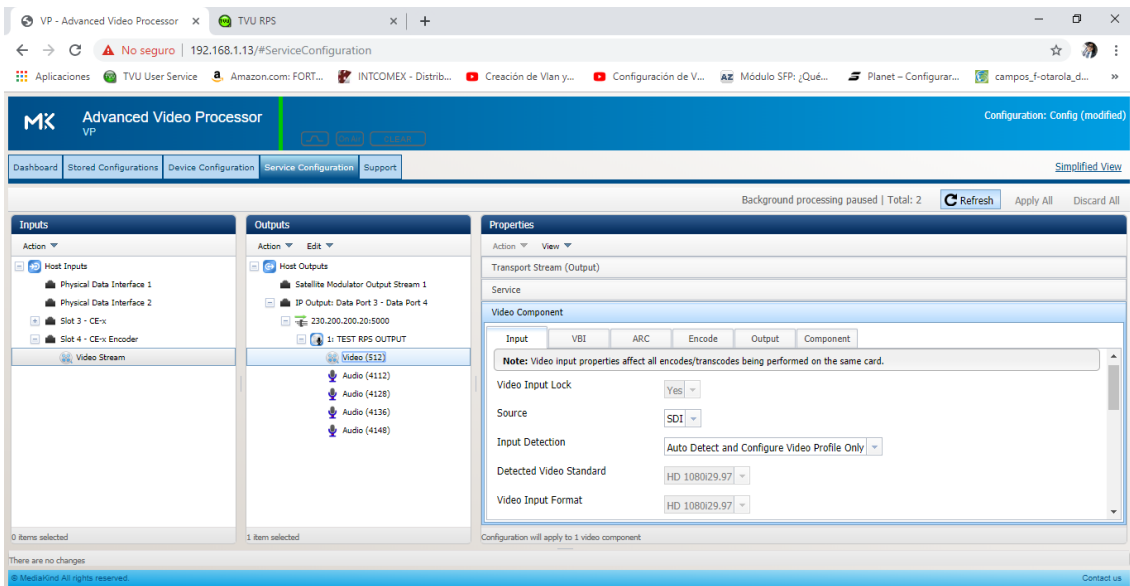


Figura 61: Configuración de la entrada de video al AVP3000 [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

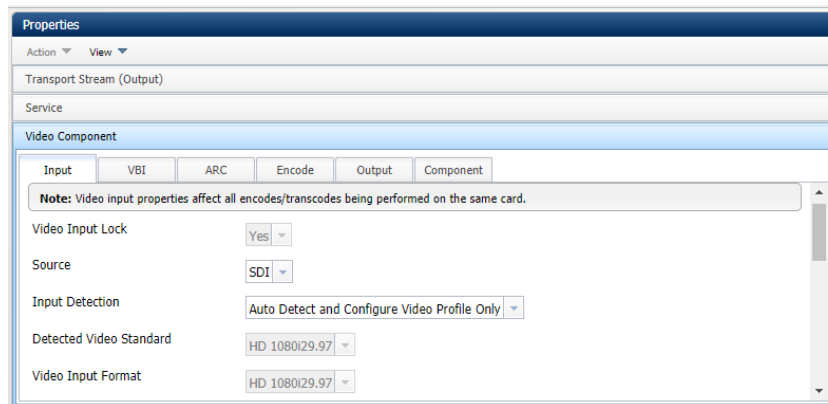


Figura 62: Configuración de la entrada de video al AVP3000 [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

Como se observa en las Figuras 61 y 62, no se apreció parámetros de video en estado de error en el AVP3000, el tipo de video y formato se encontraron dentro de lo realizado por el sistema RPS. Asu vez, se procedió a realizar parámetros de encodificación del video con fines de comprobar que el video proveniente del

decoder RPS cumpla con las especificaciones técnicas mencionadas al inicio del proyecto de investigación.

Se muestran las Figuras 63 y 64, dónde se detalla el tipo de configuración que se realizó en el AVP3000, dónde se observa lo siguiente:

- Profile for SD Input: sólo es configurado por casos de emergencia.
- Profile for HD Input: configurado para el video principal.
- Profile for 3G Input: esta opción no es usada.
- Resolution: como el formato es HD, este necesita estar en 1920x1080.
- Buffer Mode: siempre deberá estar en la opción CBR (fines de pruebas).

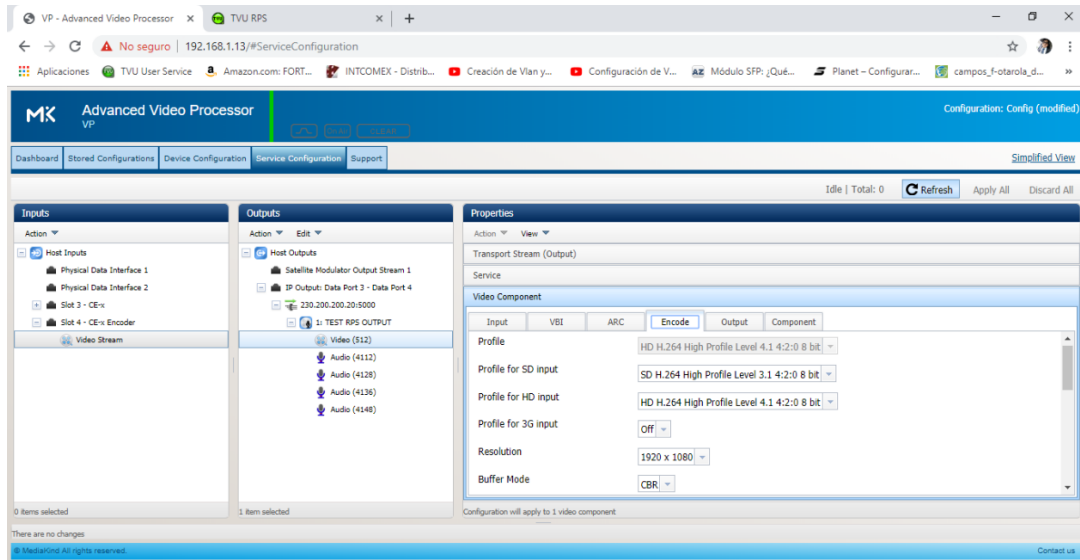


Figura 63: Configuración de encodificación de video al AVP3000 [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

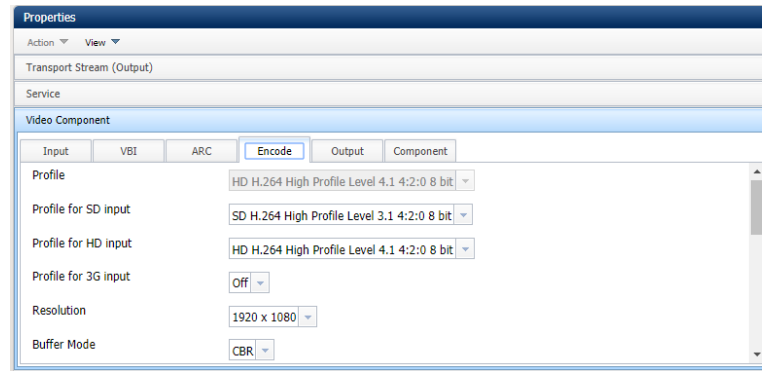


Figura 64: Configuración de codificación de video al AVP3000 [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

## b) Audio

En esta última etapa de configuración de audios, se observó la codificación en el que se procesa el audio, claro que el sistema RPS sólo realiza el transporte del material audiovisual que luego ya es procesado en los centros de producción, pero para estar más seguros en esta etapa, se configuró los audios de acuerdo con lo mostrado en las Figuras 65 y 66.

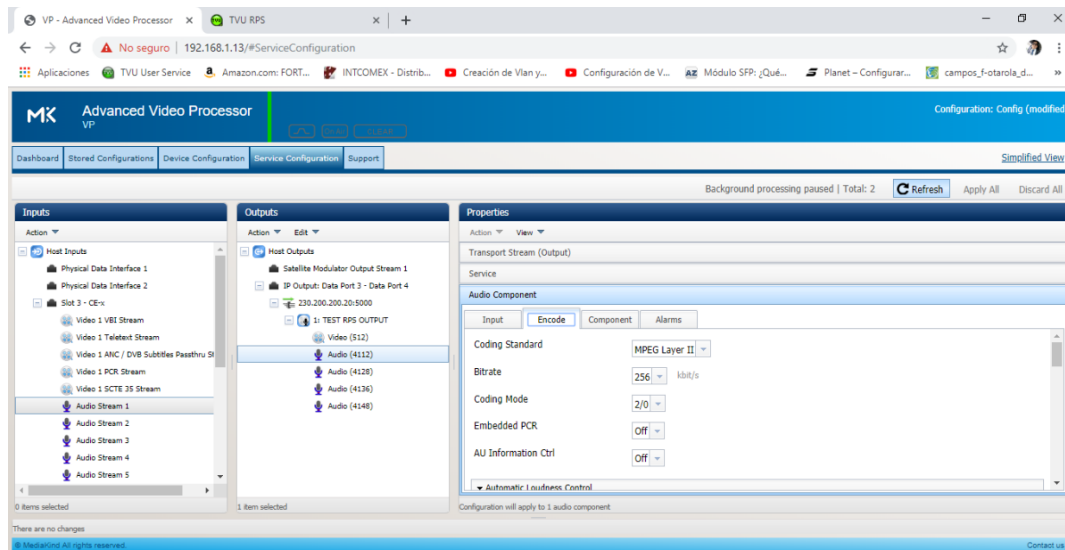


Figura 65: Configuración de codificación de audio al AVP3000 [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

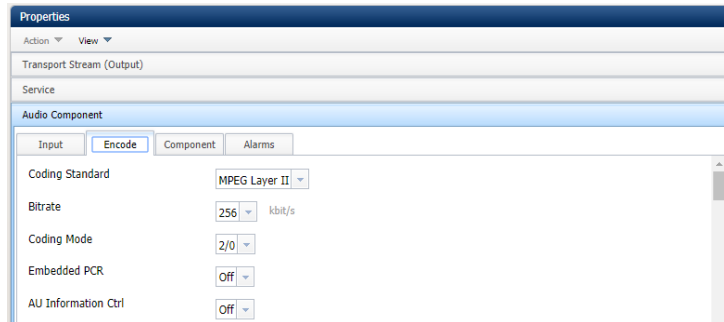


Figura 66: Configuración de codificación de audio al AVP3000 [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en web-browser de AVP3000.

#### 4.3.7 Análisis del producto audiovisual

En esta última etapa de operación, se realizó la validación del producto audiovisual procesado, con la única finalidad de obtener el 100% del óptimo procesamiento de data del sistema RPS en global. Para esta evaluación, nos apoyamos con la herramienta de análisis a nivel Transport Stream llamada “MTSA PRO – Bonder Tongue”, aquí se observó a detalle cada aspecto que presenta el video procesado por el RPS, claro que el audio también fue posible visualizarlo. Así como se muestra en la Figura 67, es el inicio y enganche a la señal por IP que nos brinda el AVP3000, para ingresar a esta interfaz, primero se instaló el software propio del MTSA y luego se ingresaron los siguientes datos:

- Tipo de entrada a analizar.
- IP de transmisión del Transport Stream, más su puerto.

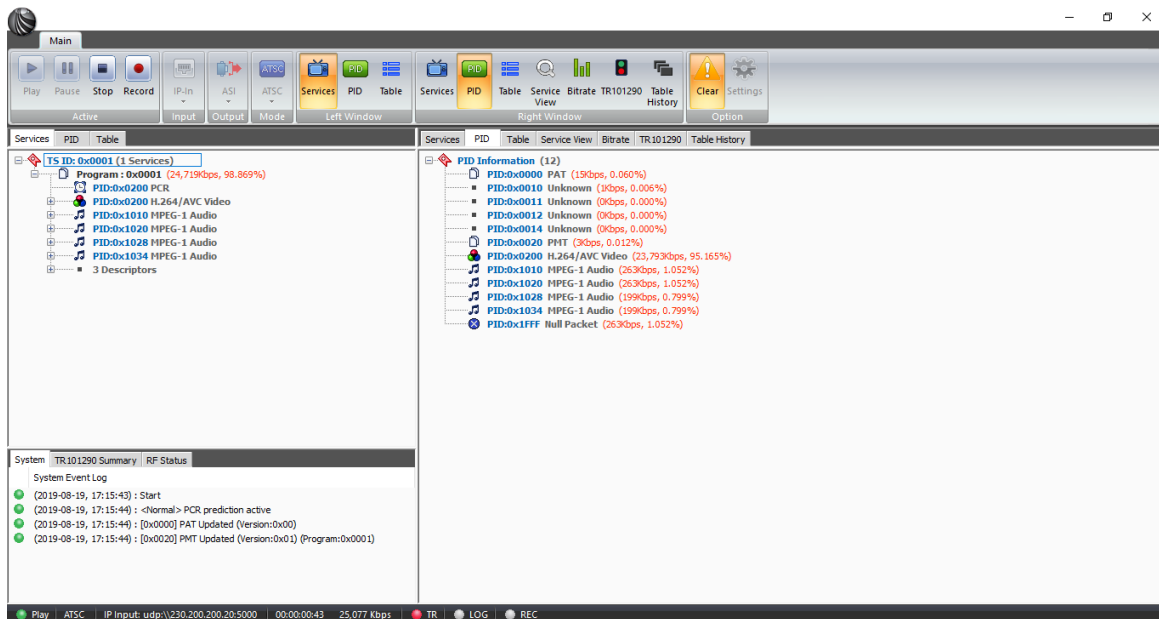


Figura 67: Ingreso de video procesado por el sistema RPS en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Observamos primero los servicios que detecta el software, allí nos mostró la información de toda la data enviada por IP, claro que en el AVP3000 se tuvo que crear un PID para el video y audios, que no influyen en nada a la encodificación. Visualizamos la Figura 68 y se podrá confirmar que nuestro proceso de video se encuentra totalmente correcto.

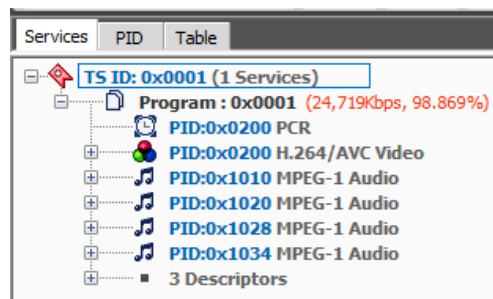


Figura 68: Servicios detectados en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Como se observa, tenemos al video detectado como: H.264/AVC Video, el cual nos indicó que nuestro transporte de video es el ideal, pero se mantuvo analizando que información extra nos ofreció el software. Observemos la Figura 69 y 70, tendremos más detallado toda la información que comprende únicamente al video, donde encontraremos los siguientes datos:

- Tamaño Horizontal y Vertical: 1920x1080 es lo tradicional y propuesto en este proyecto de investigación, por este lado estamos correctos.
- Crominancia: 4:2:0, es lo que estamos presentando en este proyecto de investigación que es, hoy por hoy, la crominancia más usada en canales de tv y/o productoras.
- Frame rate: 29.97, es aceptable para realizar su proceso de detalles al video, claro que se propuso 59.97 pero esta opción es manejable en las entidades dedicadas a realizar un producto audiovisual.

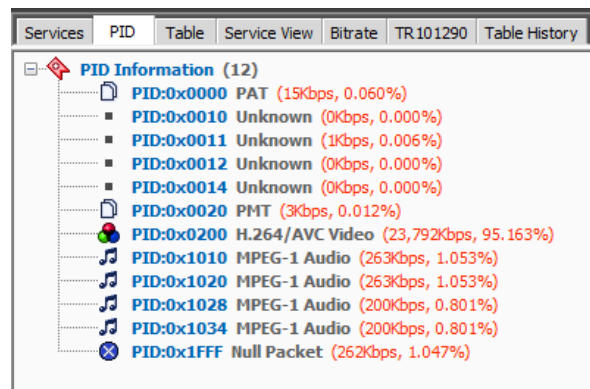


Figura 69: Resumen de las tablas PID en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

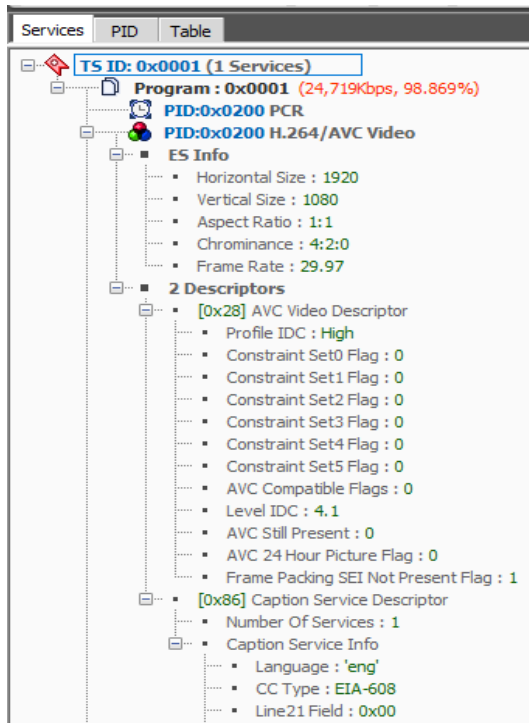


Figura 70: Información del video en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

También, en la Figura 65 se observa la cantidad de audios detectados, claro que sólo se observó uno de ellos; puesto que, todos los audios tienen la misma configuración con la gran diferencia de tener un propio PID. Para confirmar la información del audio, se observó nuevamente en el software los siguientes aspectos, examinados en la Figura 71:

- Version: MPEG-1, es el formato de compresión de audio al que se le asigno a este proceso.
- Layer: II, es el estándar de capa 2 que viene en conjunto con el formato MPEG-1.
- Mode: Stereo, nos indica que en este audio existen dos: R y L.



- Bitrate: 256kbps, es el flujo de transporte asignado a cada audio que también podría ser 128Kbps, esto dependerá al uso debido en producción que es manejable.
- Sample Rate: 48KHz, frecuencia adecuada para el transporte del audio.

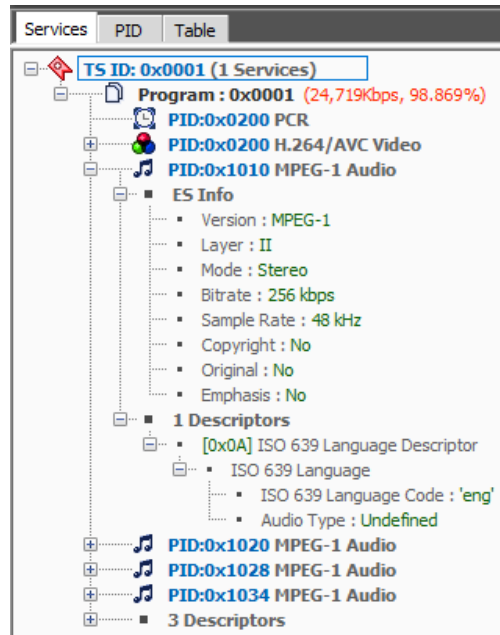


Figura 71: Información del audio en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Para poder obtener toda esta información y como se sabe se optó por crear un Transport Stream, el software nos mostró las tablas de servicios y PID que presenta este tipo de video y audio embebido mostrado en la Figura 72, esto nos sirvió para la identificación del material audiovisual normalmente usado en los canales de tv.

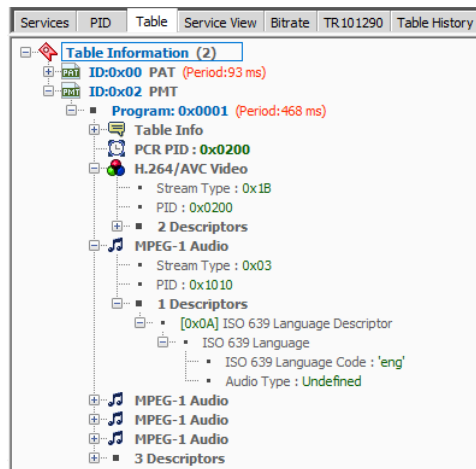


Figura 72: Tablas de información PID en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Para concluir, esta herramienta de análisis de Transport Stream nos ofreció un monitoreo de servicios y PID's; puesto que, de presentarse alguna falla en el video o audio, esta podrá ser mostrada en el software. Asu vez, se tiene un monitoreo de uso de bitrate por video y audios.

Observemos las Figuras 73 y 74, que nos brinda la información del bitrate usado por cada PID.

Service Bitrate	PID Bitrate	type	ratio(%)	btr(kbps)	btr_min(kbps)	btr_max(kbps)	btr_avg(kbps)	CC err ^
Program	Program : 0x0001		98.869	24,719	24,714	24,721	24,719	
0x0200	H.264/AVC Video / PCR		95.151	23,789	23,786	23,795	23,791	
0x1010	MPEG-1 Audio		1.52	263	261	264	263	
0x1020	MPEG-1 Audio		1.52	263	261	264	263	
0x1028	MPEG-1 Audio		0.806	201	199	201	200	
0x1034	MPEG-1 Audio		0.806	201	199	201	200	
Tables			0.78	19	17	21	19	
0x0000	PAT		0.66	16	14	16	15	
0x0020	PMT		0.12	3	2	4	3	
Etc			1.52	263	259	267	263	
0x0010	Unknown		0.6	1	0	1	0	
0x0011	Unknown		0.6	1	0	1	0	
0x0012	Unknown		0.0	0	0	1	0	

Figura 73: Bitrate de los servicios en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Services	PID	Table	Service View	Bitrate	TR 101290	Table History			
Service Bitrate	PID	Bitrate	type	ratio(%)	btr(kbps)	btr_min(kbps)	btr_max(kbps)	btr_avg(kbps)	CC error
	0x0000		PAT	0.60	15	14	16	15	0
	0x0010		Unknown	0.0	0	0	1	0	0
	0x0011		Unknown	0.6	1	0	1	0	0
	0x0012		Unknown	0.6	1	0	1	0	0
	0x0014		Unknown	0.0	0	0	1	0	0
	0x0020		PMT	0.12	3	2	4	3	0
	0x0200		H.264/AVC Video / PCR	95.155	23,790	23,786	23,795	23,791	0
	0x1010		MPEG-1 Audio	1.51	262	261	264	263	0
	0x1020		MPEG-1 Audio	1.51	262	261	264	263	0
	0x1028		MPEG-1 Audio	0.805	201	199	201	200	0
	0x1034		MPEG-1 Audio	0.805	201	199	201	200	0
	0x1FFF		Null Packet	1.45	261	256	265	260	0
Total				100.0	25,001	25,001	25,001	25,001	0

Figura 74: Calculo del bitrate total de los servicios en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Esta penúltima etapa, muy aparte de brindarnos la información del bitrate, realiza el calculo del bitrate total utilizado en este Transport Stream. Paralelamente, este software nos mostró tambien un análisis por gráficas, que detallan el bitrate del programa y/o servicio en las Figuras 75 y 76.

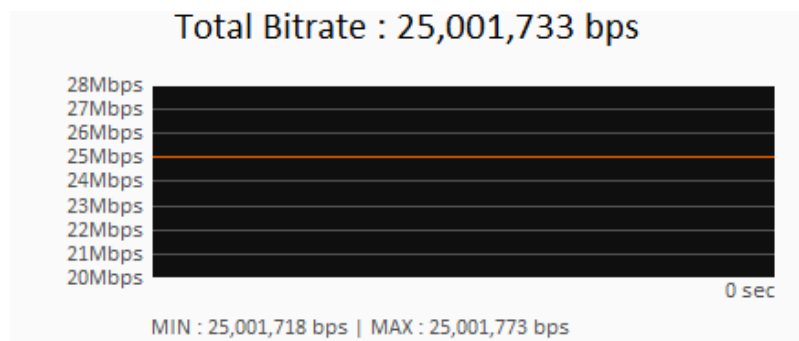


Figura 75: Gráfica del Bitrate total en el MTSA PRO – Bonder Tongue [1].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

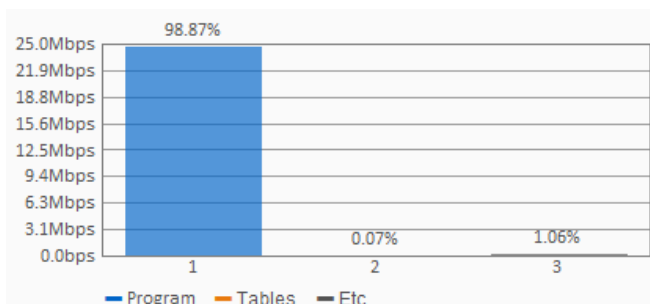


Figura 76: Gráfica del Bitrate total en el MTSA PRO – Bonder Tongue [2].

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

Finalmente, como se mencionó, este software nos enseñó también si existe algún error en el servicio, con ello se podrá realizar cambios en las configuraciones del sistema para solucionar errores. En la Figura 77, se muestra que no existe ningún error en el servicio por el led indicador color verde que nos ofrece, con ello, se procedió a validar el producto audiovisual.

Parameter	# Error	Last Error Time/Pos	Event Detail
<b>TR101290 Priority 1</b>			
1.1 TS Sync Loss	0		
1.2 Sync Byte Error	0		
1.3 PAT Error	0		
1.4 Continuity Count Error	0		
1.5 PMT Error	0		
1.6 PID Error			
<b>TR101290 Priority 2</b>			
2.1 Transport Error	0		
2.2 CRC Error	0		
2.3 PCR Repetition Error	0		
2.4 PCR Accuracy Error	0		
2.5 PTS Error	0		
2.6 CAT Error			
<b>TR101290 Priority 3</b>			
3.1 NIT Error			
3.2 SI Repetition Error			
3.3 Buffer Error			

Figura 77: Monitoreo de alarmas en el MTSA PRO – Bonder Tongue.

Fuente: Captura realizada el día 19/08/2019 en software MTSA.

## CAPÍTULO V: COSTOS

En este capítulo final del proyecto de investigación, se realizará el análisis económico que nos demandará una futura implementación del proyecto. Debido a ello, se tiene los siguientes puntos de observación y evaluación económica:

### 5.1 Análisis Capex

En este análisis, se observará la tabla 06 dónde se tiene el cuadro de costo de capital (Capital Expenditure – CAPEX), en donde se muestra los egresos que requiere una futura implementación del proyecto; es decir, costos de los dispositivos mostrados anteriormente.

Tabla 06: Costo total de los dispositivos que comprenden al proyecto de investigación.

Nº	EQUIPOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	UNIDAD MEDIDA	CANTID.	P. UNIT. \$/.	P. TOTAL \$/.
1	ENCODER RPS - TVU NETWORKS	UNIDAD	1	\$ 12,800.00	\$ 12,800.00
2	DECODER RPS - TVU NETWORKS	UNIDAD	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
3	SWITCH DE RED HP PROCURVE 2530 - 24G-POE	UNIDAD	2	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00
4	HP 455886-B21 10 Gb SFP + LR COMPATIBLES SMF	UNIDAD	4	\$ 150.00	\$ 600.00
5	INTERCOM CLEAR-COM Eclipse PiCo	UNIDAD	2	\$ 12,000.00	\$ 24,000.00
6	LAPTOP DELL CORE-i5 / HD 1T / RAM 16G / WIN10	UNIDAD	2	\$ 1,400.00	\$ 2,800.00
7	CAJA DE CABLE DE VIDEO PERCON VK-07 (305 mts)	UNIDAD	1	\$ 150.00	\$ 150.00
8	CONECTORES DE VIDEO PERCON VK-70	UNIDAD	60	\$ 150.00	\$ 9,000.00
9	CAJA DE CABLE DE RED PANDUIT CAT. 6 (305 mts)	UNIDAD	1	\$ 650.00	\$ 650.00
10	CONECTORES DE RED RJ-45 CAT. 6	UNIDAD	100	\$ 4.50	\$ 450.00
11	PATCH CORD DE F.O. SM LC/LC	UNIDAD	6	\$ 120.00	\$ 720.00
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>\$ 63,570.00</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>\$ 11,442.60</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 75,012.60</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Análisis Opex

Este análisis, se muestra las tablas 07 y 08, dónde se mencionan los cuadros de los gastos operativos (Operational Expenditure - OPEX), en donde se muestra los gastos de configuración del sistema que viene comprendido en la implementación, operación y mantenimiento del proyecto de investigación; asu vez, se menciona los gastos técnicos. Todo ello, es costo por cada sede de implementación.

Tabla 07: Costos operativos para la implementación y operación del proyecto de investigación

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	U. MEDIDA	CANTIDAD	P. UNITARIO \$/.	P. TOTAL \$/.
1	TECNICOS DE CABLEADO	-----	4	\$ 350.00	\$ 1,400.00
2	TECNICOS DE INSTALACIÓN	-----	4	\$ 350.00	\$ 1,400.00
3	SUPERVISIÓN	-----	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
4	SERVICIO DE CONFIGURACIÓN	-----	2	\$ 600.00	\$ 1,200.00
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>\$ 5,500.00</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>\$ 990.00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 6,490.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 08: Costos de mantenimiento del proyecto de Investigación

N°	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	U. MEDIDA	CANTIDAD	P. UNITARIO \$/.	P. TOTAL \$/.
1	MANTENIMIENTO DE RPS (ANNUAL)	UNIDAD	2	\$ 1,250.00	\$ 2,500.00
2	MANTENIMIENTO DE LAPTOPS (ANUAL)	UNIDAD	2	\$ 300.00	\$ 600.00
3	MANTENIMIENTO DE INTERCOM (ANNUAL)	UNIDAD	2	\$ 850.00	\$ 1,700.00
4	MANTENIMIENTO DE SWITCH (ANNUAL)	UNIDAD	2	\$ 150.00	\$ 300.00
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>\$ 5,100.00</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>\$ 918.00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 6,018.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

De acuerdo, a la información brindada por el análisis, evaluación y/o validación de las configuraciones realizadas al material audio visual, nos permite llegar o anteponer la siguiente conclusión:

- 1) Se concluye que para diseñar un sistema de compresión de video y audio embebido en H.264 realizando el buen uso del ancho de banda por IP, se debe realizar un estudio de las tecnologías de comunicación de video para ver exactamente si cumplen con los requerimientos necesarios para el transporte de contenidos audiovisuales.
- 2) Posteriormente, para realizar la acción del Gestionar el ancho de banda se debe tener un número de bitrate estudiado al 100% que me garantice una buena calidad de imagen para luego realizar su configuración en los dispositivos de comunicación.
- 3) Finalmente, se concluye que para poder Realizar el transporte de un producto audiovisual comprimido en H.264 a través del direccionamiento IP, se debe tener conocimientos previos de redes IP para poder configurar en una misma Red los dispositivos de comunicación (Encoder y Decoder).
- 4) Los resultados obtenidos que se aprecian en el subcapítulo de análisis del producto audiovisual han mostrado el efecto positivo y versátil que tiene este proyecto de investigación, dónde se observa la calidad de video recepcionada.

## RECOMENDACIONES

A continuación, se nombrará las recomendaciones que se sugiere al cliente en la instalación y operación del proyecto de investigación:

- 1) Establecer los puntos de red a configurar en los equipos Encoder y Decoder.
- 2) Validar el formato (calidad) de la señal de video a ingresar, más el audio embebido.
- 3) Configurar el Encoder antes de realizar la transmisión en vivo porque si hacer algún cambio en plena transmisión, esta comenzará a sobre pararse para establecer la nueva configuración.
- 4) Validar en el Web-Browser del Encoder las señales de video y audio embebido.
- 5) Tener el conocimiento de activación de los videos de retorno, para evitar un problema de transporte en el Encoder y decoder.
- 6) Comprobar en el decoder, que las señales recepcionadas están en formato de alta calidad sin errores, esto se deberá realizar con analizadores de video en SDI o realizar un pequeño laboratorio con un capturador de Transport Stream.
- 7) Para una buena evaluación del producto audiovisual, se recomienda hacer uso de instrumentos de medición (Tektronik u otros) de calidad de video quien ayudará a ver detalladamente las gráficas de colores y diagrama del ojo (conocido en Tv).
- 8) Realizar un estudio muy detallado del estándar H.265 en las normas internacionales de ITU, que es lo último de los estándares de compresión de video y audio embebido. Ver exactamente el paper de Gary J. Sullivan, Jens-Rainer Ohm, Woo-Jin Han, and Thomas Wiegand titulada “Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bing, B. (2010). 3D and HD Broadband Video Networking. Carolina del Norte - USA. Artech House.
- Bustillos Salgado M. T. (2014). Gestión del ancho de banda en redes de área local utilizando software libre. La Paz - Bolivia. (Tesis de Pregrado), Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de url: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8787/T.2903.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro Lechtaler, A. R. y Fusario, R. J. (2006). Teleinformática Para Ingenieros en Sistemas de Información. Barcelona-España. Reverte.
- Cruz, J.M. (2013). Sistemas Embebidos & Sistemas de Tiempo Real. Buenos Aires – Argentina. Recuperado de url: [http://www.sase.com.ar/2013/files/2013/09/SASE2013-Tiempo\\_Real.pdf](http://www.sase.com.ar/2013/files/2013/09/SASE2013-Tiempo_Real.pdf)
- Cuipal Perea, W. (2011). Diseño de sistemas de video y audio digital para un canal de televisión. Lima - Perú. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de url: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9644/1/cuipal\\_pw.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9644/1/cuipal_pw.pdf)
- Fairhurst, G. (2009). Electronics research group. Aberdeen - Escocia. Recuperado de url: <https://erg.abdn.ac.uk/course/intro-pages/uni-b-mcast.html>
- Fischer, W. (2008). Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide. Springer Science & Business Media.
- Furht, B. (1998). Handbook of Multimedia Computing. New York - USA. CRC Press.
- Guerrero Urbano, A.D. (2010). Diseño de un centro de producción de alta definición. Lima - Perú. (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú Recuperado de url: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/562/GUERRERO\\_URBANO\\_ALFREDO\\_CENTRO\\_PRODUCCION\\_ALTA\\_DEFINICION.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/562/GUERRERO_URBANO_ALFREDO_CENTRO_PRODUCCION_ALTA_DEFINICION.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ISO/IEC 13818-1 (2000). Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems. Suiza. Recuperado de url: <https://ecee.colorado.edu/~ecen5653/ecen5653/papers/iso13818-1.pdf>
- ITU-R (2016). Handbook on Digital Terrestrial Television Broadcasting Networks and Systems Implementation. Recuperado de url: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/oth/0a/07/R0A0700003B0001PDFE.PDF](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0a/07/R0A0700003B0001PDFE.PDF)

- Juurlink, B.; Alvarez-Mesa, M. y otros (2012). Scalable Parallel Programming Applied to H.264/AVC Decoding. New York – USA. Springer Science & Business Media.
- Lamy-Bergot, C. y Gadat, B. (2011). “Application control for H.264 / AVC transmission resistant to rapid adaptation errors over IP wireless networks”. IEEE Xplore. Recuperado de url: [https://www.researchgate.net/publication/224760366\\_Modelling\\_H264AVC\\_sensitivity\\_for\\_error\\_protection\\_in\\_wireless\\_transmissions](https://www.researchgate.net/publication/224760366_Modelling_H264AVC_sensitivity_for_error_protection_in_wireless_transmissions)
- Li, Z.; Drew, M. y otros (2014). Fundamentals of Multimedia. New York – USA. Springer Science & Business Media.
- Liberatori, M. (2018). Redes de datos y Protocolos. Mar del Plata - Argentina. Eudem.
- Makofske, D. y Almeroth, K. (2002). Multicast Sockets: Practical Guide for Programmers. California - USA. Elsevier.
- Mathur, K. S. (2018). Fundamentals of Fiber Optics Communications. Guargaon - India. Zorba Books.
- Millán Esteller, J. M. (2012). Instalaciones de megafonía y sonorización. Madrid-España. Editorial Paraninfo.
- Moro Vallina, M. y Rodés Bach, A. (2014). Marketing digital: Comercio y marketing. Madrid-España. Ediciones Paraninfo.
- Olson, G. (2014). Planning and Designing the IP Broadcast Facility: A New Puzzle to Solve. Burlington - USA. CRC Press.
- Simpson, W. (2013). Video sobre IP: IPTV, Internet Video, H.264, P2P, Web TV y transmisión por secuencias: una guía completa para entender la tecnología. Burlington - USA. Taylor & Francis.
- Shi, Y. y Sun, H. (1999). Image and Video Compression for Multimedia Engineering: Fundamentals, Algorithms, and Standards Image Processing Series. New York - United States. CRC Press
- Tektronix (2012). A Guide to MPEG Fundamentals and Protocol Analysis. USA. Recuperado de url: <https://www.tek.com/document/primer/guide-mpeg-fundamentals-and-protocol-analysis>
- Teran Subia, R. X. (2016). Diseño de una red lan iptv para un canal de televisión. Quito - Ecuador. (Tesis de Postgrado), Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de url:

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13187/Caso%20de%20Estudio%20Unidad%20de%20Titulaci%c3%b3n%20\\_Ramiro%20Xavier%20Teran%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13187/Caso%20de%20Estudio%20Unidad%20de%20Titulaci%c3%b3n%20_Ramiro%20Xavier%20Teran%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Torres Faría, D. (2009). Protocolos de Internet (ARP, RARP, TCP/IP). Valle de Sartenejas - Venezuela. Universidad Simón Bolívar. Recuperado de url: <https://ldc.usb.ve/~daniela/tcp-ip.pdf>

Venegas Picón, L. A. (2012). Generación de una trama broadcast transport stream (bts) usando el software libre Opencaster. Lima – Perú. (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de url: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1393/VENEGAS\\_PICON\\_LUIS\\_BTS\\_OPENCASTER.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1393/VENEGAS_PICON_LUIS_BTS_OPENCASTER.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Watkinson, J. (2012). Introduction to Digital Video. Oxford – Inglaterra. Focal Press.

Wenger, S. (2003). H.264/AVC Over IP. Recuperado de url: <https://pdfs.semanticscholar.org/5c1e/5e87a7cb833b046222bf631f9063c9926680.pdf>

Weynand, D. y Piccin, V. (2015). How Video Works: From Broadcast to the Cloud. New York – Estados Unidos. Focal Press.

Wiegand, T.; Sullivan, Gary y otros (2008). Editing state of text relating to ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 Amendments 1 and 2. Recuperado de url: [http://ip.hhi.de/imagecom\\_G1/assets/pdfs/h264\\_iso-iec\\_14496-10.pdf](http://ip.hhi.de/imagecom_G1/assets/pdfs/h264_iso-iec_14496-10.pdf)

# ANEXOS

## TVU RPS Specifications \*

Models	VS3500 - TVU MediaMind Server
Form Factor	1RU Rack-Mount Chassis
OS	Linux
Encoder	Up to 6 channels of H.264, 4:2:0 CBR encoding, 100k-10Mb/s
Video Resolutions	SD/HD - SDI (1080-50i/59.94i, 720-50p/59.94p, NTSC/PAL)
Video Inputs Genlock Input (Decoder)	Ports 1-6 utilized for primary transmission and Ports 7-8 used for return video (Note: If return video is used, it reduces the number of primary channels that can be used) Ref: 1.0/2.3 DIN, BB or Tri level (BNC adapter included)
Network Interface	1 independent 10/100/1000 BASE-T RJ45 Ethernet interfaces, 2 x USB 2.0, 2USB 3.0
Display	HDMI and VGA
USB Ports	2x USB 3.0; 2x USB 2.0
Ethernet	4x 1GigE (WAN and VLAN tunnel)
Power Source	100-240V ~/3.5A 47Hz-63Hz
Dimensions	16.92in (430mm)L x 10.39in (264mm)W x 1.77in (45mm)H
Weight	9.56lbs (4.34 kg)
Operating Temperatures	32F - 89.6F; 0C - 32C
Power Supply	Single

\*Specifications are subject to change.

2/1/19



TVU networks®

www.tvunetworks.com  
857 Maude Avenue, Mountain View, CA, 94043  
+1.650.969.6732