



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

Diseño técnico comparativo para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en la ciudad de Riobamba con análisis de inversión y retorno económico.

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en  
Telecomunicaciones**

**Autor:**

Iturralde Barahona Anthony Jesús

**Tutor:**

PhD. Ciro Diego Radicelli García

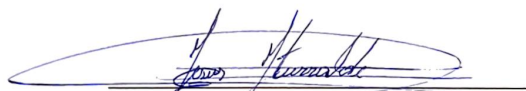
**Riobamba, Ecuador. 2026**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Anthony Jesús Iturralde Barahona, con cédula de ciudadanía 180538976-2, autor del trabajo de investigación titulado: Diseño técnico comparativo para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en la ciudad de Riobamba con análisis de inversión y retorno económico, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 13 de febrero de 2026.



Anthony Jesús Iturralde Barahona  
C.I: 180538976-2

## DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, PhD. **Ciro Diego Radicelli García** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **Diseño técnico comparativo para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en la ciudad de Riobamba con análisis de inversión y retorno económico**, bajo la autoría de Anthony Jesús Iturralde Barahona; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 16 días del mes de abril de 2026.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature reads "CIRÓ RADICELLI".

---

PhD. **Ciro Diego Radicelli García**

C.I: 1713535225

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

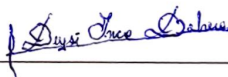
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Diseño técnico comparativo para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en la ciudad de Riobamba con análisis de inversión y retorno económico**”, presentado por Iturralde Barahona Anthony Jesús, con cédula de identidad número 1805389762, bajo la tutoría de PhD. Ciro Diego Radicelli García certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 27 de abril de 2026

**Ing. Alejandra Pozo**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



**Ing. Deysi Inca**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



**Ing. Giovanni Cuzco**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**





# CERTIFICACIÓN

Que, **ITURRALDE BARAHONA ANTHONY JESÚS** con CC: **180538976-2**, estudiante de la Carrera de **TELECOMUNICACIONES**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“DISEÑO TÉCNICO COMPARATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLATAFORMAS TDT, IPTV Y OTT EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA CON ANÁLISIS DE INVERSIÓN Y RETORNO ECONÓMICO”**, cumple con el **7%** de similitud y **2%** de Inteligencia Artificial, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de abril de 2026.



Firmado electrónicamente por:  
**CIRO DIEGO  
RADICELLI GARCIA**  
Validar únicamente con FirmaEC

---

PhD. Ciro Diego Radicelli García  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a Dios y todas las personas que creyeron en mí y me apoyaron para lograr cumplir esta meta tan deseada.*

*Anthony Iturralde.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Desde mis sentimientos más profundos agradezco a mi familia que siempre estuvo animándome para seguir a delante, a mis profesores por formarme y transferirme sus conocimientos y finalmente a mis amigos que me acompañaron en todo momento de mi vida universitaria.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DECLARATORIA DE AUTORÍA</b>	
<b>DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR</b>	
<b>CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL</b>	
<b>CERTIFICADO ANTIPLAGIO</b>	
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	

### **CAPITULO I**

1. INTRODUCCION. ....	16
1.1 Planteamiento del problema .....	18
1.2 Justificación .....	19
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos .....	20

### **CAPITULO II**

2. MARCO TEÓRICO .....	21
2.1 Introducción a las tecnologías audiovisuales digitales .....	21
2.1.1 Televisión Digital Terrestre (TDT) .....	21
2.1.2 Televisión por Protocolo de Internet (IPTV).....	21
2.1.3 Plataforma Over-the-Top (OTT) .....	21
2.2 Conceptos técnicos relacionados .....	21
2.2.1 Infraestructura y requerimientos técnicos.....	22
2.2.2 Costos de implementación en tecnologías audiovisuales .....	22
2.3 Retorno de Inversión (ROI) en proyectos tecnológicos .....	23
2.4 Comparación de modelos de distribución audiovisual .....	23
2.4.1 TDT vs IPTV .....	23
2.4.2 IPTV vs OTT .....	24
2.4.3 Enfoque combinado y tendencias actuales .....	24
2.5 Bases legales y normativas en Ecuador .....	25
2.5.1 Lineamientos sobre TDT (MINTEL, ARCOTEL).....	25

2.5.2	Regulación de servicios OTT e IPTV en el país .....	25
2.6	Impacto Socioeconómico y Tecnológico .....	26
2.6.1	Transformación del Ecosistema Audiovisual .....	26
2.6.2	Inclusión Digital y Accesibilidad .....	26
2.7	Estado del arte. ....	26

### **CAPITULO III**

3.	METODOLOGIA .....	29
3.1	Tipo de Investigación .....	29
3.2	Diseño de Investigación.....	29
3.3	Fases de ejecución. ....	30
3.4	Técnicas de recolección de Datos.....	31
3.5	Población de estudio y Casos de análisis.....	32
3.5.1	Población .....	32
3.5.2	Casos de análisis.....	32
3.6	Operacionalización de las variables .....	33
3.7	Métodos de análisis, y procesamiento de datos.....	35
3.8	Análisis técnico funcional de las plataformas TDT, IPTV Y OTT. ....	36
3.8.1	Análisis técnico funcional de la plataforma TDT.....	36
3.8.2	Análisis técnico funcional de la plataforma IPTV.....	43
3.8.3	Análisis técnico funcional de la plataforma OTT.....	48
3.8.4	Estimación de costos inversión.....	52
3.8.5	Ingresos anuales para TDT según su modelo de negocio.....	54
3.8.6	Ingresos anuales para IPTV y OTT según su modelo de negocio.....	56
3.8.7	Evaluación de rentabilidad .....	57
3.9	Escala de puntuación y normalización para evaluación multicriterio .....	58

### **CAPITULO IV**

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1	Resultados del sistema TDT .....	59
4.1.1	Descripción del escenario de implementación .....	59
4.1.2	Resultados de CAPEX.....	59
4.1.3	Resultados de OPEX .....	60
4.1.4	Inversión Total del primer año .....	60
4.1.5	Modelos de ingresos del sistema TDT .....	61

4.1.6	Indicadores económicos por escenario .....	61
4.1.7	Punto de equilibrio para TDT .....	62
4.1.8	Análisis económico de TDT .....	62
4.2	Resultados del sistema IPTV .....	62
4.2.1	Descripción del escenario de implementación .....	62
4.2.2	Resultados de CAPEX.....	63
4.2.3	Resultados de OPEX .....	63
4.2.4	Inversión Total del primer año .....	64
4.2.5	Modelos de ingresos del sistema IPTV .....	64
4.2.6	Indicadores económicos por escenario .....	65
4.2.7	Punto de equilibrio para IPTV .....	65
4.2.8	Análisis económico de IPVT .....	65
4.3	Resultados del sistema OTT .....	66
4.3.1	Descripción del escenario de implementación .....	66
4.3.2	Resultados de CAPEX.....	66
4.3.3	Resultados de OPEX .....	66
4.3.4	Inversión Total del primer año .....	67
4.3.5	Modelos de ingresos del sistema OTT .....	67
4.3.6	Indicadores económicos por escenario .....	68
4.3.7	Punto de equilibrio para OTT .....	68
4.3.8	Análisis económico de OTT .....	68
4.4	Comparación técnica de TDT, IPTV y OTT .....	69
4.5	Comparación económica entre TDT, IPTV y OTT .....	70
4.6	Análisis multicriterio .....	76
4.6.1	Definición de criterios y justificación .....	76
4.6.2	Asignación de pesos .....	77
4.6.3	Evaluación de los criterios económicos.....	79
4.6.4	Evaluación de los criterios Técnicos .....	80
4.6.5	Matriz multicriterio y Puntuación.....	82
4.7	Discusión .....	83
<b>CAPITULO V</b>		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1	Conclusiones.....	86
5.2	Recomendaciones .....	87

5.2.1	Recomendaciones técnicas .....	87
5.2.2	Recomendaciones regulatorias .....	87
5.2.3	Recomendaciones económicas .....	88
5.2.4	Recomendaciones para futuras investigaciones .....	88
BIBLIOGRAFÍA .....		90
ANEXOS .....		94

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Casos de análisis.....	33
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 3: Costos de inversión para TDT.....	60
Tabla 4: Costos operativos para TDT.....	60
Tabla 5: Costos de implementación y operativos para TDT.....	61
Tabla 6: Modelo de negocio planteado para TDT.....	61
Tabla 7: Resultados por escenario para TDT.....	61
Tabla 8: Costos de inversión para IPTV.....	63
Tabla 9: Costos operativos para IPTV.....	63
Tabla 10: Costos de implementación y operativos para IPTV.....	64
Tabla 11: Modelo de negocio planteado para IPTV.....	64
Tabla 12: Resultados por escenario para IPTV.....	65
Tabla 13: Costos de inversión para OTT.....	66
Tabla 14: Costos de operación para OTT.....	67
Tabla 15: Costos de implementación y operativos para OTT.....	67
Tabla 16: Modelo de negocio planteado para OTT.....	67
Tabla 17: Resultados por escenario para OTT.....	68
Tabla 18: Comparación técnica entre TDT, IPTV y OTT.....	69
Tabla 19: Resumen de comparación económica.....	74
Tabla 20: Flujo Neto Anual (FNA) por escenarios (USD).....	75
Tabla 21: Criterios de evaluación.....	77
Tabla 22: Pesos por criterio.....	77
Tabla 23: Datos económicos base (escenario 50%).....	80
Tabla 24: Normalización de criterios económicos (0-10).....	80
Tabla 25: Evaluación de criterios técnicos (0-10).....	81
Tabla 26: Matriz multicriterio.....	82
Tabla 27. Puntaje final.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura de TDT.....	37
Figura 2. Infraestructura de IPTV.....	43
Figura 3. Infraestructura de OTT.....	48
Figura 4. Comparación del costo de inversión de las tecnologías.....	70
Figura 5. Comparación de costos operativos de las tecnologías .....	71
Figura 6. Comparación de inversión total del primer año de las tres tecnologías. ....	71
Figura 7. Comparación del punto de equilibrio de las tres tecnologías.....	72
Figura 8. comparación del roi de cada sistema con 30% de ocupación .....	73
Figura 9. comparación del roi de cada sistema con 50% de ocupación .....	73
Figura 10. comparación del roi de cada sistema con 70% de ocupación .....	74

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un análisis comparativo para los sistemas de Televisión Digital Terrestre (TDT), Televisión por Protocolo de Internet y Servicios Over The Top (OTT) siendo estas alternativas tecnológicas para la distribución de contenido audiovisual en Riobamba. Este trabajo se basa en el análisis técnico y económico de cada sistema mediante la estimación de costos de inversión (CAPEX) y costos de operación (OPEX) a demás se analizó teniendo tres escenarios distintos de ingresos siendo estos el 30% 50% y 70% de ingresos total de cada sistema, estos valores fueron esenciales para encontrar cual es flujo neto anual (FNA), periodo de recuperación (Payback) y Retorno de inversión (ROI). A demás se implementó una evaluación técnico-operativa en el que se evaluaron criterios como cobertura, estabilidad de servicio complejidad de operación dependencia de Internet del usuario final y necesidades de seguridad y control de acceso.

Mediante el análisis multicriterio se determinó que el servicio con menor presión operativa anual, mayor estabilidad del servicio y menor dependencia de Internet en el usuario final es el sistema de TDT ya que este sistema presenta un OPEX menor con respecto a los otros dos sistemas (IPTV y OTT) a su vez este sistema alcanza su punto de equilibrio con un umbral más bajo con respecto a su modelo de negocio siendo este el 17.32% de ocupación publicitaria, su arquitectura de difusión permite atender a un gran número de usuarios con costo marginal reducido, manteniendo indicadores económicos competitivos en el escenario intermedio (ROI 135% y payback 9,34 meses), lo que lo posiciona como la alternativa más viable y sostenible para el contexto de estudio bajo los supuestos planteados.

**Palabras claves:** CAPEX, IPTV, OPEX, OTT, PAYBACK, ROI, TDT.

## ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of Digital Terrestrial Television (DTT), Internet Protocol Television (IPTV), and Over-The-Top (OTT) services as technological alternatives for the distribution of audiovisual content in Riobamba. This work is based on a technical and economic analysis of each system, estimating capital expenditures (CAPEX) and operating expenditures (OPEX). Furthermore, three different revenue scenarios were analyzed, representing 30%, 50%, and 70% of the total revenue for each system. These values were essential for determining the annual net cash flow (ANCF), the payback period, and the return on investment (ROI). Additionally, a technical-operational evaluation was conducted, assessing criteria such as coverage, service stability, the complexity of the end user's internet connection, and security and access-control needs. Through multi-criteria analysis, it was determined that the service with the lowest annual operating pressure, greatest service stability, and least internet dependence for the end user is the DTT system. This is because it offers lower OPEX than the other two systems (IPTV and OTT). Furthermore, this system reaches its break-even point at a lower threshold relative to its business model, namely 17.32% advertising occupancy. Its broadcast architecture enables it to serve a large number of users at reduced marginal cost, maintaining competitive economic indicators in the intermediate scenario (ROI 135% and payback period 9.34 months). This positions it as the most viable and sustainable alternative for the study context under the proposed assumptions.

**Keywords:** CAPEX, IPTV, OPEX, OTT, PAYBACK, ROI, TD



Reviewed by:  
Mgs. Hugo Romero  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0603156258

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCION.

La transformación tecnológica ha cambiado de forma marcada el ecosistema audiovisual en el Ecuador y, con ello, ha puesto sobre la mesa la necesidad de revisar los modelos tradicionales de distribución de contenidos. Esto se nota con claridad en ciudades como Riobamba, donde todavía persisten brechas digitales y, al mismo tiempo, existe una demanda creciente por ampliar y democratizar el acceso a la información. En este escenario, resulta pertinente preguntarse qué alternativa es más conveniente, la Televisión Digital Terrestre (TDT), la Televisión por Protocolo de Internet (IPTV) o las plataformas Over-the-Top (OTT), si se considera tanto el desempeño técnico como la viabilidad económica. Sin embargo, hoy en día no se dispone de estudios locales que orienten esta elección de manera sólida, lo cual limita la toma de decisiones de operadores, entidades reguladoras y ciudadanía en general.

Las plataformas TDT, IPTV Y OTT tienen tres enfoques diferentes para la distribución audiovisual ya que la TDT se basa en un modelo de radiodifusión gratuito con una alta inversión inicial [1]. Por otro lado IPTV se distribuye sobre redes privadas y gestionadas requiriendo infraestructura y a diferencia de IPTV, OTT se distribuye sobre una red pública sin requerir infraestructura física local [2]. Estas tecnologías tienen distintos requerimientos técnicos, costos y un diferente modelo de negocio diferente. La viabilidad de estas tecnologías depende de factores como la infraestructura que cada una de las plataformas necesita, el nivel de conectividad, el comportamiento de los usuarios y el retorno económico esperado [3].

El objetivo general de esta investigación es diseñar una propuesta técnica comparativa para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en el ecosistema audiovisual de la ciudad de Riobamba, mediante el análisis de costos de inversión (CAPEX) y potencial de retorno económico (ROI) y para conseguir esto se ha establecido como objetivos específicos: describir técnica y funcionalmente las plataformas TDT, IPTV y OTT, considerando sus requerimientos de infraestructura, operación y mantenimiento además de estimar los costos de inversión asociados a la implementación de cada plataforma en la ciudad de Riobamba y final mente se va a evaluar el potencial de recuperación económica de cada plataforma, en función de modelos de negocio aplicables al entorno audiovisual local.

A nivel local, esta investigación se justifica por su importancia social, tecnológica y económica centrada en Riobamba ya que a pesar de los avances nacionales en la implementación de la TDT en la provincia de Chimborazo especialmente en Riobamba no se encuentra funcionando un sistema de TDT lo cual impide aprovechar los beneficios de una televisión digital abierta con mayor calidad y cobertura [4]. Según un estudio sobre la brecha digital en Riobamba, solo el 35 % de los estudiantes tenía conexión a Internet adecuada para clases virtuales, y más del 60 % dependía de dispositivos móviles con acceso limitado y esto evidencia la falta de infraestructura tecnológica suficiente en la ciudad para soportar plataformas digitales audiovisuales como IPTV u OTT [5]. Hay que tener en cuenta

que los medios locales enfrentan barreras financieras y técnicas para adaptarse a las exigencias digitales, mientras que las grandes plataformas internacionales de streaming dominan el mercado. Teniendo esto en cuenta que es esencial contar con un estudio que analice de forma comparativa la viabilidad técnica y económica de TDT, IPTV y OTT considerando factores como la conectividad real de la ciudad, la capacidad de inversión de los medios locales y los hábitos de consumo audiovisual de su población.

Este trabajo contribuirá con evidencia técnica, cuantitativa y cualitativa que dará paso a que inversionistas analicen que plataforma audiovisual (TDT, IPTV u OTT) resulta más factible y rentable para su implementación en Riobamba. Entonces la información de este trabajo servirá como insumo para el diseño de políticas públicas, estrategias de inversión, planes de negocio para medios digitales locales y propuestas de mejora en conectividad.

## 1.1 Planteamiento del problema

En el contexto ecuatoriano, en el ecosistema audiovisual se encuentra en un proceso de transformación acelerada debido a la convergencia tecnológica y al cambio en los hábitos de consumo de medios. La implementación de TDT, impulsada por el Plan Maestro de Transición propuesto por el Ministerio de Telecomunicaciones, ha generado avances importantes en la modernización de la señal abierta en el país, con una cobertura progresiva que incluye a la ciudad de Riobamba en su última fase de implementación [1], [6]. Entonces, el crecimiento del acceso a Internet y el aumento del uso de dispositivos conectados han favorecido la expansión de plataformas IPTV y OTT, las cuales ofrecen contenidos bajo demanda o en tiempo real mediante redes de datos, desplazando gradualmente a los modelos tradicionales de televisión [7].

Este escenario plantea un dilema estratégico para ciudades como Riobamba, donde coexisten múltiples desafíos como brechas de conectividad, zonas rurales con limitado acceso a Internet fijo, presencia de servicios informales de IPTV, y un sector audiovisual local en proceso de adaptación [6]. La TDT representa una opción de cobertura gratuita y masiva, su implementación requiere una inversión considerable en infraestructura y su sostenibilidad depende de esquemas de financiamiento público y modelos publicitarios. Entonces, las plataformas IPTV y OTT podrían aprovechar la conectividad existente y modelos de negocio más flexibles, pero su alcance estaría condicionado por la penetración de Internet de calidad y la capacidad de pago de los usuarios.

En este trabajo el problema principal radica en que no existe hasta el momento un estudio comparativo específico para la ciudad que permita identificar cuál de estas plataformas (TDT, IPTV u OTT) representa realmente la mejor alternativa desde el punto de vista técnico y económico, por lo tanto se desconoce con precisión cuál es el costo real de implementación de cada sistema en el contexto local, además no está claro cuál plataforma ofrece el mayor potencial de retorno de inversión considerando las condiciones particulares del mercado riobambeño, el comportamiento actual de los usuarios y los modelos de negocio que efectivamente pueden aplicarse en la zona.

La falta de información representa una limitación significativa para la planificación estratégica de medios, la toma de decisiones por parte de autoridades de la ciudad, y el diseño de políticas públicas orientadas a democratizar el acceso a contenidos audiovisuales. Entonces, se hace necesario desarrollar una propuesta de diseño técnico comparativo que, además de describir los requerimientos operativos de cada plataforma, se estime los costos de implementación y proyecte el retorno económico potencial, con el fin de orientar futuras inversiones en el ecosistema audiovisual de Riobamba. Esta investigación se justifica no solo por su aporte técnico, sino también por su impacto potencial en el desarrollo de medios sostenibles y accesibles en una ciudad con características geográficas, sociales y tecnológicas particulares [8], [9].

## 1.2 Justificación

La presente investigación se justifica por su relevancia social, tecnológica y económica en el contexto de transformación del ecosistema audiovisual ecuatoriano, particularmente en la ciudad de Riobamba. En los últimos años, Ecuador ha avanzado en el proceso de transición hacia la TDT, sin embargo, dicha migración ha sido lenta, desigual y con escasa adopción por parte de operadores y usuarios, especialmente en regiones intermedias o rurales. Ecuador atraviesa un prolongado proceso de implementación, en parte debido a la falta de socialización de sus beneficios y a los altos costos que representa para los medios locales, lo que ha provocado que muchos canales no logren adecuarse tecnológicamente [6]. Esta situación es preocupante, ya que la modernización de los servicios de televisión abierta podría significar un acceso más equitativo a la información y una mejora sustancial en la calidad de contenidos audiovisuales gratuitos.

Frente a este panorama, han surgido otras formas de distribución de contenido como la IPTV y las plataformas OTT, que aprovechan el crecimiento de la conectividad digital para ofrecer servicios audiovisuales bajo demanda o en tiempo real. Sin embargo, en Ecuador estos servicios aún se enfrentan a retos significativos: por un lado, la falta de una normativa específica para regular IPTV y OTT genera un vacío jurídico que impide un desarrollo ordenado de estas plataformas, por otro lado, las condiciones de infraestructura en muchas zonas del país, como en Riobamba, no garantizan un acceso masivo y estable a Internet de alta velocidad, lo que limita el alcance real de estas tecnologías [7]. A esto se suma que muchas operadoras pequeñas y medios locales no cuentan con las capacidades técnicas ni financieras para competir con plataformas multinacionales de transmisión de contenido (streaming), lo que las deja en una posición vulnerable.

Desde la perspectiva económica, la implementación de cualquiera de estas tres plataformas (TDT, IPTV y OTT) conlleva distintos niveles de inversión y complejidad operativa. Mientras que la TDT requiere infraestructura costosa como torres transmisoras, convertidores y mantenimiento especializado, la IPTV exige redes de datos robustas y equipos compatibles, y la OTT necesita inversión en desarrollo de plataformas, servidores y adquisición de contenido.

Por todo lo anterior, esta investigación busca llenar un vacío académico y práctico: actualmente no existen estudios en Ecuador que comparen técnica y económicamente las plataformas TDT, IPTV y OTT en un entorno geográfico específico como la ciudad de Riobamba, considerando sus condiciones reales de conectividad, densidad poblacional, capacidad adquisitiva y cultura de consumo audiovisual. Este estudio, por tanto, aportará evidencia empírica y criterios objetivos para determinar cuál de estas plataformas resulta más adecuada y rentable para implementarse en la ciudad, permitiendo una toma de decisiones informada. Además, contribuirá al fortalecimiento de la soberanía digital y al desarrollo del ecosistema audiovisual ecuatoriano, al ofrecer una hoja de ruta basada en datos reales y adaptada al contexto territorial, económico y tecnológico local.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar una propuesta técnica comparativa para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en el ecosistema audiovisual de la ciudad de Riobamba, mediante el análisis de costos de inversión y potencial de retorno económico.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Describir técnica y funcionalmente las plataformas TDT, IPTV y OTT, considerando sus requerimientos de infraestructura, operación y mantenimiento.
- Estimar los costos de inversión asociados a la implementación de cada plataforma en la ciudad de Riobamba.
- Evaluar el potencial de recuperación económica de cada plataforma, en función de modelos de negocio aplicables al entorno audiovisual local.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Introducción a las tecnologías audiovisuales digitales

##### 2.1.1 Televisión Digital Terrestre (TDT)

La TDT es la evolución de la televisión análoga hacia un formato digital de difusión terrestre. Es “una nueva tecnología de transmisión de señales televisivas de libre recepción” que aprovecha más eficientemente el espectro radioeléctrico [8]. Gracias a la multiplexación digital, permite ofrecer mayor cantidad de canales y mejor calidad de imagen y sonido (HD), así como servicios interactivos (ej. datos asociados, subtítulos, guías electrónicas - EPG). En Ecuador se adoptó en 2010 la norma internacional ISDB-Tb, este estándar, originado en Japón, es utilizado en varios países de América Latina para la transmisión de televisión digital. Permite una señal de alta calidad, tanto en video como en audio, y es compatible con servicios interactivos y móviles, además de ofrecer una mayor eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico. Como sistema de difusión (broadcast), la TDT opera unidireccionalmente: una torre transmite la señal a los televisores de los usuarios.

##### 2.1.2 Televisión por Protocolo de Internet (IPTV)

IPTV es un servicio de televisión a suscripción que utiliza redes de comunicaciones basadas en IP (Internet Protocol) en vez de radiodifusión tradicional. En este esquema, el contenido audiovisual se transmite a través de redes privadas de los operadores (sobre fibra óptica, xDSL o cable HFC) hacia un decodificador (Set-Top Box) en el hogar. Desde el punto de vista técnico, IPTV combina voz, datos e imagen sobre la misma infraestructura de red [9], ofreciendo así paquetes convergentes de Triple Play (Internet, telefonía, TV). A diferencia de la TDT, el proveedor no emite canales continuamente, sino que el usuario “solicita” el canal o contenido y la red lo envía bajo demanda [9]. Esto reduce el desperdicio de ancho de banda; sin embargo, requiere una gran capacidad de red. Para garantizar calidad de servicios (QoS), las redes FTTH con tecnología GPON son ideales: pueden entregar anchos de banda de gigabit por segundo para múltiples usuarios simultáneos [9].

##### 2.1.3 Plataforma Over-the-Top (OTT)

OTT se refiere a servicios que entregan contenido audiovisual directamente sobre Internet abierto, sin pasar por las redes tradicionales de TV paga ni satélite. Según la definición oficial ecuatoriana, una plataforma OTT es “un servicio de contenido ofrecido directamente a espectadores a través de internet” [10]. Empresas como Netflix, Amazon Prime o Claro Video distribuyen video por demanda (VOD) usando la red pública. Las plataformas OTT suelen usar redes de entrega de contenido (CDNs) globales para entregar contenidos desde servidores en la nube (cloud) [10].

#### 2.2 Conceptos técnicos relacionados

## **2.2.1 Infraestructura y requerimientos técnicos**

### **2.2.1.1 TDT**

Usa una red broadcast terrestre que consta de transmisores ubicados en torres con antenas direccionales. Se requieren codificadores y multiplexores digitales (centrales TDT) que combinan múltiples canales en cada frecuencia (ej. 6 MHz con ISDB-Tb). Un mismo emisor alcanza cientos de km<sup>2</sup>. La antena y decodificador en el hogar son relativamente simples [8].

### **2.2.1.2 IPTV**

Usa la demanda de red de acceso masiva y estable. Implica nodos centrales en los que se encuentran nodos de cabecera (headends) con servidores de video, middleware de gestión que es el software encargado de permitir el paso de información entre el nodo de cabecera y el decodificador, gestión de derechos digitales (DRM), estos deben estar conectados a redes de distribución (GPON, HFC o xDSL/ VDSL) hasta cada usuario. Por ello se prefiere fibra óptica (GPON): soporta >1 Gbps por nodo compartido [9]. Cada hogar necesita un decodificador ethernet conectado al router, y QoS para evitar la variación de tiempo de llegada de los paquetes (jitter).

### **2.2.1.3 OTT**

OTT necesita una infraestructura global de CDNs y proveedores en la nube. Los contenidos se almacenan en servidores en centros de datos distribuidos. El usuario solo debe tener un dispositivo con aplicación OTT (TV, móvil, set-top box) y conexión de banda ancha al Internet público. No es necesario infraestructura dedicada al operador en el país porque el modelo OTT utiliza una infraestructura de internet pública que está conectada a través de CDNs, esta infraestructura es conocida como backbone. De esta forma, el contenido puede distribuirse desde centros de datos distribuidos sin necesidad de un despliegue físico específico en cada región. En Ecuador se destaca que para junio 2022 había cerca de 2,58 millones de cuentas de Internet fijo (54.6% de hogares) [13], valores que viene en rápido crecimiento; esto facilita el auge de OTT/IPTV. Asimismo, las redes móviles 4G y 5G cubren gran parte del territorio, ampliando potencial de cobertura OTT.

## **2.2.2 Costos de implementación en tecnologías audiovisuales**

En general, la TDT implica altos costos de implementación y estos varían de acuerdo a su área geográfica, puesto que se necesita gestionar la compra de terrenos y torres además de transmisores, antenas y decodificadores certificados que soporten el estándar ISDB-Tb [11]. Estos gastos son justificables por el amplio servicio gratuito a la población, pero no es tan rentable si la población es baja. En contraste, los sistemas IPTV/OTT pueden escalar más gradualmente. Estudios de casos en Ecuador muestran que desplegar una plataforma IPTV con VOD sobre servidores virtuales (VPS) resulta “muy económico” [2]. Al usar software libre y servicios en la nube, el costo de entrada puede reducirse considerablemente, con servicios de hosting que comienzan desde decenas de dólares al mes. El hosting se refiere al servicio que permite almacenar y poner a disposición de los usuarios un sitio web, una

aplicación o una base de datos en un servidor. En este caso, la infraestructura mínima requerida es eficiente, ya que un solo servidor puede soportar miles de usuarios, aprovechando la escalabilidad de la nube para optimizar recursos. Sin embargo, hay costos operativos continuos (licencias de contenido, ancho de banda de salida, soporte técnico). En el estudio citado se concluye que los costos de implementación del sistema propuesto son bajos y el proyecto genera rentabilidad futura [2]. Para OTT, la inversión principal suele estar en contenido/licencias y en estrategia de penetración de mercado (marketing), más que en infraestructura técnica.

### 2.3 Retorno de Inversión (ROI) en proyectos tecnológicos

El ROI es un indicador financiero que mide cuánto beneficio (retorno económico) genera una inversión en relación con su costo [3]. Matemáticamente se calcula como:

$$ROI = \frac{\text{Ingresos generados} - \text{Costo operativos}}{\text{Costo de inversión}} * 100 \quad (1)$$

En proyectos audiovisuales (por ejemplo, despliegue de una red IPTV), se analiza el ROI estimando los ingresos por suscripciones o publicidad frente a los gastos de infraestructura y operación. Un ROI positivo nos indica rentabilidad. Para proyectos en telecomunicaciones, el ROI suele considerarse a mediano/largo plazo debido al gran gasto de capital que las empresas realizan para adquirir, mejorar o mantener los activos, lo que se conoce como CAPEX inicial. Este CAPEX incluye los gastos necesarios para adquirir los equipos, infraestructura y tecnología que sostendrán el servicio, como la compra de servidores, la instalación de redes de fibra óptica o la construcción de centros de datos. Por otro lado, los costos asociados al OPEX corresponden a los gastos operativos recurrentes para el mantenimiento y funcionamiento de la red, como los salarios del personal, la energía eléctrica, el soporte técnico y otros gastos continuos. En este contexto, el ROI se ve influido tanto por la gran inversión inicial (CAPEX) como por los costos operativos (OPEX) que las empresas deben cubrir a lo largo del tiempo [3]. En Ecuador las políticas recientes enfatizan que proyectos de TDT/IPTV deben mostrar tasas de retorno favorables para ser sostenibles [12], [2].

### 2.4 Comparación de modelos de distribución audiovisual

#### 2.4.1 TDT vs IPTV

Ambos servicios dan televisión de pago/gratis de forma digital, pero con enfoques distintos. La TDT es broadcast unidireccional: un emisor cubre un área extensa entregando señales idénticas a todos los usuarios. Es ideal para canales lineales masivos (noticieros, novelas) y emergencias (alertas). La IPTV es punto-a-multipunto en redes administradas: el usuario tiene acceso a canales en vivo y on-demand a través de su red privada. Si se habla en términos de cobertura, la TDT alcanza zonas rurales sin red de datos, mientras que IPTV necesita una red activa en cada localización. En calidad de servicio, la TDT depende de señal recibida (puede degradar en mal tiempo) pero ofrece transmisión continua, mientras IPTV garantiza

QoS siempre que la red tenga suficiente capacidad (p. ej. fibra). La variedad de contenido es mayor en IPTV/OTT (video on demand, interactividad) que en TDT tradicional. En costos operativos, la TDT tiene menor costo marginal por usuario (una vez establecida la red, difunde gratis), pero requiere alta inversión inicial en infraestructura; la IPTV tiene costos variables (ancho de banda, servidores) pero puede implementarse progresivamente [2].

#### **2.4.2 IPTV vs OTT**

Aunque ambos usan protocolos IP, la IPTV funciona en redes cerradas gestionadas por un proveedor (ej. CNT, Claro, Movistar) y usualmente incluye licencias de contenido de TV paga. A cambio, ofrece estabilidad y soporte técnico. El OTT circula por Internet abierto; cualquier usuario con conexión puede acceder (Netflix, YouTube, Disney+). Desde el punto de vista de costos, el IPTV requiere inversiones en red de acceso y puede exigir cuotas de suscripción moderadas, mientras el OTT concentra la inversión en creación de contenido y pagos por suscripción o publicidad; su distribución es más económica (no hay infraestructura física local que financiar). En los últimos años en Ecuador se ha observado que muchos usuarios migran de la IPTV tradicional hacia servicios OTT (perdiendo suscripciones a TV paga) debido al contenido accesible y bajo costo de las plataformas en línea [13]. Sin embargo, los OTT pueden requerir redes dedicadas (p. ej. mayor velocidad de Internet) para ofrecer alta resolución, lo que podría limitar su adopción en hogares con Internet lento.

#### **2.4.3 Enfoque combinado y tendencias actuales**

La tendencia global en televisión va hacia la convergencia total de tecnologías y los operadores tradicionales ya están integrando servicios híbridos OTT e IPTV, por ejemplo, aplicaciones OTT que se ven directo desde el decodificador IPTV, entonces hacen eso para retener clientes y no perderlos con las plataformas puras digitales. En Ecuador pasa algo parecido porque se está consolidando la transformación hacia paquetes triples que juntan internet, teléfono fijo y televisión, así que combinan IPTV con acceso a las plataformas OTT internacionales grandes y el usuario recibe todo en una sola suscripción cómoda sin tanto lío.

Además, el mercado se mueve rápido hacia contenidos multiformato, o sea TV normal, streaming y celular, y al mismo tiempo hay más producción local para tratar de mantener y recuperar audiencias nacionales porque si no la competencia global se las lleva. Los reguladores y el gobierno ecuatoriano están adaptando las normas para no quedarse atrás en esta evolución tecnológica, por ejemplo, permiten que los canales TDT encripten señales premium y las pasen legalmente por IPTV u OTT, o también facilitan que los canales públicos se pasen a plataformas OTT propias del gobierno.

Cada tecnología va por su lado evolucionando, las OTT crecen haciendo contenido propio adaptado al contexto local como documentales o series, mientras la TDT mete innovaciones del estándar ISDB tipo alertas por SMS o servicios educativos, y la IPTV mejora las interfaces y la calidad con cosas como 4K o realidad virtual. Al final el usuario ecuatoriano

puede mezclar las tres opciones según lo que necesite y lo que pueda pagar, o sea programación abierta por TDT, canales premium por IPTV y todo el catálogo de OTT por internet sin atarse a una sola cosa.

## **2.5 Bases legales y normativas en Ecuador**

### **2.5.1 Lineamientos sobre TDT (MINTEL, ARCOTEL)**

En Ecuador la transición a TDT ha sido guiada por un Plan Maestro oficial (2018-2021) y normas técnicas específicas. El CITDT (Comité Interinstitucional de TDT) dictó resoluciones para el apagón analógico progresivo, estableciendo metas por regiones. Además, ARCOTEL emitió la Resolución ARCOTEL-2015-0301 (norma técnica nacional TDT) y un reglamento de decodificadores digitales [11]. Estas normas fijan requisitos mínimos (ISDB-Tb, multicapa, Ginga) y estándares de compatibilidad (decreto 083, televisores con sintonizador digital [11]). Se definieron fases piloto (Quito/Guayaquil 2020) y fases siguientes (resto del país hasta 2023), aunque la cobertura real aún es parcial. Los lineamientos gubernamentales destacan los beneficios de la TDT (calidad HD, emergencias, más canales) y buscan fomentar la compra de STB/TDT mediante publicidad y subsidios en zonas vulnerables. El Plan Maestro indica como estrategia central “fortalecer el entorno regulatorio” para impulsar el despliegue y uso de la TDT. En síntesis, la política pública ecuatoriana reconoce a la TDT como medio estratégico de acceso a la información, alineándose con mandatos constitucionales (telecomunicaciones como servicio público) y los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo sobre conectividad y derechos informativos [1].

### **2.5.2 Regulación de servicios OTT e IPTV en el país**

En la práctica actual no existe una regulación específica para OTT; estas plataformas se consideran contenidos libres en Internet. Por ejemplo, la normativa audiovisual usa definiciones de OTT genéricas, pero no impone licencias regulatorias ni cuotas adicionales a los proveedores OTT [10]. En cambio, los servicios de TV de paga tradicional (incluyendo IPTV) sí están sujetos a normativas sectoriales (licencia de enlace, obligaciones de contenido nacional, pago de tributos como ICE al consumo de telecomunicaciones). El Ministerio de Telecomunicaciones reconoce que la carga impositiva actual desincentiva en parte a la TV digital legítima: por ello ha recomendado exonerar o revisar el impuesto ICE sobre receptores digitales para hacer a la TDT y al IPTV más competitivos frente a los OTT [12]. Asimismo, ARCOTEL y otros organismos han planteado la necesidad de fortalecer el control de la piratería en IPTV (bloqueo de enlaces ilegales) [12], pues la proliferación de servicios informales IPTV ilegales ha reducido fuertemente las suscripciones de TV paga legal [12]. En resumen, si bien no existe un marco normativo propio para OTT (se rigen por leyes generales de competencia y propiedad intelectual), el regulador está adaptando las reglas (tarifas, derechos de autor, convergencia tecnológica) para nivelar la cancha: por ejemplo, habilitando bloqueos de contenido pirata y procurando cargas equitativas entre servicios IPTV/OTT [10], [12].

## **2.6 Impacto Socioeconómico y Tecnológico**

### **2.6.1 Transformación del Ecosistema Audiovisual**

La oferta de servicios de OTT y la convergencia de tecnologías han modificado los hábitos de consumo. Los estudios generales, aunque no se cita aquí un estudio específico de Ecuador, indican que las audiencias se están mudando parcialmente hacia los contenidos a la carta y multiplataforma. Este fenómeno hace que las emisoras tradicionales (TDT/IPTV) se vean obligadas a innovar ofreciendo contenidos interactivos y servicios híbridos. En Ecuador, iniciativas académicas recientes están delineando el ecosistema audiovisual del país frente a esta transformación. Estas resaltan la importancia de las universidades y de las políticas locales para impulsar la producción nacional y ajustarse a las plataformas digitales [14].

### **2.6.2 Inclusión Digital y Accesibilidad**

Un estudio realizado en las zonas rurales y urbanas de Ecuador muestra que solo el 48.1% de hogares rurales tiene Internet frente al 73.6% urbano, constatando desigualdades significativas. Afirma que “la inclusión digital es fundamental para reducir las brechas socioeconómicas en Ecuador” [15]. En este contexto, la expansión de TDT, IPTV o OTT debe ir acompañada de políticas de alfabetización digital y despliegue de conectividad (fija y móvil) para que todos los ciudadanos accedan equitativamente a contenidos audiovisuales en Ecuador.

## **2.7 Estado del arte.**

La TDT requiere infraestructura de radiodifusión tradicional: transmisores de alta potencia en torres ubicadas estratégicamente, antenas UHF, enlaces de fibra o microondas para unir la cabecera con los transmisores, y en los hogares antenas digitales o STB certificados. Por ejemplo, en Ecuador se aprobó el reglamento RTE INEN 161-2017 para decodificadores ISDB-T, definiendo las características mínimas de estos receptores [1]. Adicionalmente, el plan maestro nacional exige cobertura creciente: se planteó incrementar la cobertura de TV abierta digital, y proveer facilidades para que la población de escasos recursos adquiera receptores compatibles [1]. En Riobamba, estudios de planificación de frecuencias TDT han mostrado que se pueden optimizar las redes con diseños de frecuencia única, aprovechando mejor el espectro [16].

En contraste, el IPTV se apoya en redes convergentes de telecomunicaciones. En la cabecera IPTV se instalan codificadores, servidores de streaming (VOD) y sistemas de gestión de red; luego el contenido viaja sobre la red troncal (frecuentemente red IP/MPLS). Una vez que los datos han recorrido esta red troncal, llegan a la conexión de última milla, que es la parte final de la red que conecta a los usuarios finales, como en sus hogares o negocios. Para llevar estos datos hasta los usuarios, se utilizan tecnologías de acceso de alta velocidad, como las tecnologías FTTx (por ejemplo, GPON), que permiten que la fibra óptica llegue más cerca de los usuarios y brinden conexiones de internet rápidas y estables, como señalan los autores [17], los operadores de Internet deben invertir en sus redes FTTx para ofrecer capacidad

suficiente a la creciente demanda de servicios OTT e IPTV [17]. El diseño final incluye divisores ópticos, medidores de atenuación y STB con decodificador de IPTV, según parámetros CAPEX/OPEX definidos para el proyecto específico. Por su parte, las plataformas OTT no requieren red de acceso dedicado: se basan en cualquier red IP pública (fija o móvil) capaz de transportar tráfico de video. Se montan sobre infraestructura de nube pública o privada y CDNs globales para servir video bajo demanda o en vivo, admitiendo gran escalabilidad hacia el usuario final.

Los modelos de negocio varían: la TDT abierta en Ecuador se concibe principalmente como servicio público (gratuito para el televidente) financiado por publicidad estatal o privada y/o presupuesto gubernamental. Las cadenas nacionales deben invertir relativamente poco por audiencia (solo infraestructura de transmisión), confiando en rentabilidad a largo plazo y beneficios sociales. En cambio, IPTV opera bajo suscripción o pago por evento. Un operador de cable/IPTV fija un ARPU (ingreso promedio por usuario) en función de paquetes de canales, aplicaciones VOD y servicios adicionales (VoIP, Internet). Para estimar el retorno, los estudios de factibilidad proyectan penetraciones de mercado y precios; por ejemplo, según los autores [9] calculan flujo de caja de IPTV en Azogues mediante presupuestos de CAPEX/OPEX y estimaciones de usuarios. Las plataformas OTT (como Netflix, Amazon o plataformas locales) ofrecen tanto suscripciones (SVOD) como servicios gratuitos con publicidad (AVOD). El retorno económico de OTT se basa en escala global y bajos costos fijos, pero en América Latina está condicionado por la penetración de Internet. En general, la literatura indica que OTT y IPTV concentran modelos de negocio flexibles, mientras que la TDT tradicional sigue un modelo difusión clásico (broadcaster).

En Ecuador, el marco legal ha impulsado la transición a TDT: se adoptó oficialmente ISDB-TB Internacional como estándar en 2010, y luego se emitieron normas técnicas para facilitar el apagón analógico. Por ejemplo, la ARCOTEL aprobó la “Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de TV Digital Terrestre” en 2015 [1], definiendo obligaciones para los concesionarios. El Comité Interinstitucional para la TDT (CITDT) estableció en 2017 que el apagón analógico se ejecutaría solo si al menos el 90 % de los hogares contaba con decodificador ISDB-T [1]. Asimismo, el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN 161 (2017) estandarizó las características de los decodificadores TDT [1]. A nivel institucional, el Ministerio de Telecomunicaciones aprobó en 2017 la Política Pública de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, que incluye un “Plan Maestro de Transición a la TDT” [1]. Esta política prevé campañas informativas, subvención de receptores en zonas vulnerables y mejoras en cobertura digital [1].

En el tema de la digitalización Ecuador sacó la Agenda de Transformación Digital 2022-2025 que busca mejorar la infraestructura de las TIC y llevar más internet a todo el país entonces eso ayuda bastante porque aunque no habla directo de TDT ni de OTT sí promueve poner más redes de banda ancha que son las que hacen falta para que funcionen bien los servicios de IPTV y OTT además impulsa que todos tengan acceso a contenidos digitales sin problema [18]. A nivel mundial ya están hablando mucho de cómo regular los servicios OTT por ejemplo en Chile dicen que las OTT hacen cosas de servicio público audiovisual como

dar derecho a tener expresiones culturales y plurales entonces podrían necesitar reglas especiales, en Ecuador todavía no metieron del todo a las OTT dentro de las leyes de televisión y audiovisual pero como la gente las está usando cada vez más ya toca empezar a mirar qué pasa con los canales y modelos tradicionales por ese crecimiento [19].

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva y comparativa con un enfoque documental-comparativo con análisis técnico-económico, esto con el fin de buscar una solución práctica al momento de identificar cuál de las tecnologías de distribución audiovisual resulta ser la más viable para implementar en la ciudad de Riobamba considerando las condiciones infraestructura y demanda de servicios audiovisuales.

Esta investigación es de tipo descriptiva ya que se centra en explicar cuáles son las características técnicas, operativas y financieras de cada sistema, teniendo en cuenta elementos como la arquitectura de red, los requerimientos de transmisión, los costos de inversión y mantenimiento, así como su comportamiento frente a la capacidad de cobertura y calidad del servicio que se pueden ofrecer. También es comparativa debido a que se evaluarán parámetros para determinar cuál representa la mejor alternativa técnica y económica dentro del contexto local.

El enfoque de esta investigación es documental-comparativo con análisis técnico-económico porque se basa en recolectar, analizar e interpretar información que sale de fuentes técnicas normativas y estudios previos, además incluye la estimación de indicadores financieros como el retorno de inversión (ROI) y el periodo de recuperación (payback), en ese sentido el estudio no es inferencial entonces no usa encuestas ni técnicas estadísticas complicadas sino que hace un análisis comparativo con criterios objetivos que se pueden medir y comparar de forma directa sin tener que suponer datos.

#### 3.2 Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación es no experimental, documental y comparativo, orientado al análisis técnico-económico de las plataformas TDT, IPTV y OTT para su posible implementación en la ciudad de Riobamba.

- Se considera no experimental ya que no se manipulan variables debido a que solo se observará como estas se comportan en cada uno de los escenarios, el estudio se desarrolla a partir de información existente obtenida de fuentes técnicas, normativas y financieras.
- El diseño de esta investigación es de tipo documental porque se basa en revisar organizar e interpretar toda la información que ya existe entonces incluye cosas como especificaciones técnicas, modelos de costos, estándares de transmisión y estudios previos que hablan de las tecnologías que se están analizando así que no se inventa nada nuevo, sino que se toma lo que hay se pone en orden y se usa para sacar conclusiones claras sobre lo que se busca implementar.
- El diseño de esta investigación también es comparativo ya que se compararán cada uno de los resultados de cada plataforma con la finalidad de observar y analizar cuál de ellas tiene un mejor retorno de inversión. Como complemento al análisis

comparativo se implementó el análisis multicriterio como herramienta de evaluación ya que esta herramienta permite integrar distintos indicadores técnicos-económicos como costos de inversión, costos operativos, retorno de inversión y calidad del servicio, facilitando una comparación estructurada y objetiva entre las alternativas.

De esta forma lo que se busca es analizar cuál de las tres plataformas de distribución audiovisual es una alternativa más equilibrada con respecto a la eficiencia técnica y viabilidad económica. Este enfoque metodológico se ajusta directamente al objetivo del estudio, que consiste en diseñar una propuesta técnica comparativa basada en el análisis de costos y potencial de recuperación económica aplicable al ecosistema audiovisual de Riobamba.

### **3.3 Fases de ejecución.**

El desarrollo de la investigación se estructuró en varias fases secuenciales que permitieron cumplir los objetivos planteados y garantizar un análisis técnico y económico coherente. Cada fase se enfocó en un conjunto específico de actividades orientadas a la obtención, procesamiento y evaluación de la información.

#### **➤ Fase I: Revisión teórica y documental.**

En esta etapa se recopiló y analizó información técnica, normativa y económica relacionada con las plataformas de distribución audiovisual digital TDT, IPTV y OTT. Se revisaron fuentes oficiales, documentos normativos, publicaciones académicas y reportes institucionales emitidos por organismos como el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Esta fase permitió establecer el marco conceptual y contextual de la investigación, además de identificar las variables técnicas y económicas relevantes para el análisis comparativo.

#### **➤ Fase II: Análisis técnico de las plataformas**

Durante esta fase se describieron de manera detallada las características técnicas y funcionales de las tres plataformas, considerando aspectos como la arquitectura de red, requerimientos de infraestructura, protocolos de transmisión, operación y mantenimiento. Este análisis permitió definir los parámetros de evaluación técnica que sirvieron como base para la comparación posterior.

#### **➤ Fase III: Análisis económico-financiero**

En esta etapa se recopilaron y procesaron datos financieros relacionados con los costos de inversión inicial (CAPEX), los costos operativos (OPEX) y los indicadores de retorno de inversión (ROI) asociados a cada plataforma. A través del uso de hojas de cálculo y modelos

de evaluación financiera, se estimó la viabilidad económica de cada sistema dentro del contexto de Riobamba.

➤ **Fase IV: Comparación y evaluación integral**

Con los resultados técnicos y económicos obtenidos, se realizó una comparación estructurada entre las plataformas TDT, IPTV y OTT bajo criterios comunes de evaluación. Esta fase permitió determinar fortalezas, debilidades y ventajas competitivas de cada tecnología, identificando cuál representa la alternativa más equilibrada entre eficiencia técnica y rentabilidad económica.

➤ **Fase V: Elaboración de la propuesta técnica comparativa**

Finalmente, se desarrolló una propuesta técnica comparativa que resume los resultados del análisis, integrando tanto los parámetros técnicos como los indicadores económicos. Esta propuesta plantea recomendaciones para la posible implementación de la plataforma más viable en la ciudad de Riobamba, considerando factores de sostenibilidad, infraestructura disponible y contexto regulatorio vigente.

### **3.4 Técnicas de recolección de Datos**

La recolección de datos fue elemental ya que permitió obtener información técnica, económica y normativa sobre las plataformas TDT, IPTV y OTT para establecer un análisis comparativo para saber que plataforma es más viable técnica y económicamente para implementar en la ciudad de Riobamba. Para poder hacer este análisis lo que se hizo fue conseguir información en fuentes documentales, técnicas y académicas que aportaron datos precisos y verificables, no se emplearon técnicas de levantamiento de información primaria como encuestas, debido a que el estudio tiene un enfoque documental-comparativo con análisis técnico-económico. A continuación, se describen las técnicas de recolección de datos que se usaron en este estudio:

- **Análisis documental:** Se realizó una revisión de documentos técnicos y normativos provenientes de organismos nacionales e internacionales, como el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Esta técnica permitió recopilar información sobre estándares, arquitecturas de transmisión, requerimientos de infraestructura, costos referenciales y regulaciones aplicables para cada una de las plataformas TDT, IPTV y OTT esto con el fin de identificar similitudes, diferencias y condiciones de aplicación técnica en el contexto local, contribuyendo a establecer parámetros de comparación entre los tres sistemas.
- **Análisis comparativo:** Se usó el análisis comparativo como técnica de procesamiento y organización de la información recolectada ya que con esta técnica

se evaluaron los aspectos técnicos, operativos y financieros de las plataformas TDT, IPTV y OTT bajo criterios comunes como inversión inicial, costos de operación, infraestructura requerida y retorno de inversión (ROI). Este enfoque permitió establecer un contraste objetivo entre los tres sistemas y determinar cuál de ellos representa la alternativa más eficiente y rentable para el ecosistema audiovisual de Riobamba.

- **Modelado financiero:** Con el fin de evaluar la viabilidad económica de cada plataforma, se aplicó el modelado financiero mediante el uso de hojas de cálculo y herramientas de análisis cuantitativo ya que de esta forma se puede estimar los costos de implementación, operación y recuperación económica, generando resultados numéricos que complementaron el análisis técnico y facilitaron la interpretación comparativa de la rentabilidad de las tres tecnologías.
- **Análisis multicriterio:** Como herramienta de evaluación se usó el análisis multicriterio para integrar los distintos indicadores técnicos y económicos de las plataformas TDT, IPTV y OTT. Esta técnica permitió asignar valores a los criterios que se usaron como los costos de inversión, los costos operativos, el retorno de inversión, el periodo de recuperación, además la calidad del servicio, entonces con eso se facilitó una comparación bien estructurada y objetiva entre todas las alternativas que se estaban mirando y ayudó bastante a escoger la opción que resultó más viable según el contexto del estudio que se estaba haciendo en ese momento.

### 3.5 Población de estudio y Casos de análisis

#### 3.5.1 Población

La población de esta investigación está conformada por las tecnologías de distribución audiovisual digital que pueden implementarse en la ciudad de Riobamba específicamente la Televisión Digital Terrestre (TDT), la Televisión por Protocolo de Internet (IPTV) y las plataformas Over-The-Top (OTT) teniendo en cuenta que cada sistema tiene diferentes modelos de transmisión y acceso a contenidos audiovisuales, cada una con características propias en cuanto a infraestructura, operación, mantenimiento, inversión y retorno económico.

Teniendo esto en cuenta cada tecnología se tomó como una unidad de análisis independiente, entonces sobre cada una de ellas se hizo la evaluación técnica y económica que permitió comparar que tan viable era implementarla en el contexto local de Riobamba, Por lo tanto, la población se define en función de los sistemas tecnológicos objeto de estudio, en coherencia con el enfoque documental-comparativo con análisis técnico-económico.

#### 3.5.2 Casos de análisis

Como se observa en la Tabla 1 los casos de análisis están conformados por tres plataformas tecnológicas que son la Televisión Digital Terrestre TDT la Televisión por Protocolo de Internet IPTV y las plataformas Over-The-Top OTT estas tecnologías fueron seleccionadas

debido a su relevancia actual en la distribución de contenidos audiovisuales y también por su aplicabilidad en entornos urbanos como la ciudad de Riobamba.

La elección de estos casos responde a un criterio intencional y no probabilístico dado que cada plataforma representa un modelo distinto de transmisión infraestructura operación y monetización en este sentido cada caso constituye una unidad de análisis independiente sobre la cual se realiza la evaluación técnica y económica correspondiente.

Desde el punto de vista metodológico el análisis se fundamenta en la revisión de fuentes documentales tales como normativa técnica estudios previos artículos científicos y datos de mercado los cuales permiten estimar indicadores clave como CAPEX, OPEX , ROI, payback y punto de equilibrio de igual manera se analizan criterios técnicos como cobertura calidad del servicio escalabilidad complejidad operativa dependencia de internet y seguridad.

Como se observa en la Tabla 1 cada caso de análisis es evaluado bajo los mismos criterios lo que garantiza la comparabilidad de los resultados esta estructura permite aplicar posteriormente un modelo de análisis multicriterio mediante el cual se integran los indicadores técnicos y económicos para determinar la alternativa más viable en el contexto local.

Tabla 1: Casos de análisis

<b>Caso de análisis</b>	<b>Tipo de tecnología</b>	<b>de</b>	<b>Características principales</b>	<b>Rol en la investigación</b>
<b>TDT</b>	Radiodifusión terrestre		Transmisión abierta, alta cobertura, baja dependencia de internet	Referente de acceso masivo y menor costo operativo
<b>IPTV</b>	Red gestionada	IP	Transmisión por redes privadas, alta calidad y control del servicio	Modelo con mayor rentabilidad y control
<b>OTT</b>	Internet abierto		Distribución vía internet, alta flexibilidad y escalabilidad	Modelo digital basado en demanda y consumo individual

### 3.6 Operacionalización de las variables

La presente investigación tiene un enfoque documental-comparativo con análisis técnico-económico por lo que las variables se estructuraron en función de los criterios técnicos y económicos que permiten evaluar la viabilidad de implementación de las plataformas TDT IPTV y OTT en la ciudad de Riobamba, entonces como se observa en la Tabla 2 se establecen dimensiones e indicadores medibles que facilitan un análisis más objetivo de cada sistema.

Tabla 2: Operacionalización de variables

<b>Tipo de variable</b>	<b>Variab le</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición del indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Técnica / Fuente</b>
<b>Independiente</b>	Plataformas de distribución audiovisual	Tipo de tecnología	Sistema de transmisión	Clasificación de la plataforma (TDT, IPTV, OTT)	Categoría	Análisis documental
<b>Dependiente</b>	Viabilidad económica	Inversión inicial	CAPEX	Costo total de implementación del sistema	USD	Estudios técnicos, proveedores
<b>Dependiente</b>	Viabilidad económica	Costos operativos	OPEX anual	Costos anuales de operación y mantenimiento	USD/año	Modelos económicos, mercado
<b>Dependiente</b>	Viabilidad económica	Rentabilidad	ROI	Relación entre beneficio neto anual y la inversión inicial	%	Cálculo financiero
<b>Dependiente</b>	Viabilidad económica	Recuperación de inversión	Payback	Tiempo necesario para recuperar la inversión	Meses / años	Cálculo financiero
<b>Dependiente</b>	Viabilidad económica	Punto de equilibrio	Punto de equilibrio	Nivel mínimo de ingresos para cubrir costos	%	Modelación económica
<b>Dependiente</b>	Viabilidad técnica	Cobertura	Alcance del servicio	Capacidad de cobertura geográfica del sistema	Escala (1–10)	Normativa, estudios técnicos
<b>Dependiente</b>	Viabilidad técnica	Calidad del servicio	Estabilidad de	Nivel de continuidad	Escala (1–10)	Evaluación técnica

			transmisión	y calidad de señal		
<b>Dependiente</b>	Viabilidad técnica	Escalabilidad	Capacidad de crecimiento	Facilidad para expandir el sistema	Escala (1–10)	Análisis comparativo
<b>Dependiente</b>	Viabilidad técnica	Complejidad operativa	Gestión del sistema	Nivel de dificultad en operación y mantenimiento	Escala (1–10)	Análisis técnico
<b>Dependiente</b>	Viabilidad técnica	Dependencia tecnológica	Uso de internet	Grado de dependencia de conectividad	Escala (1–10)	Evaluación técnica
<b>Dependiente</b>	Viabilidad técnica	Seguridad	Protección de contenido	Nivel de protección contra accesos no autorizados (DRM)	Escala (1–10)	Análisis técnico

Como se observa en la Tabla 1 la variable dependiente se descompone en dos dimensiones principales que son la económica y la técnica cada una compuesta por indicadores tanto cuantitativos como cualitativos entonces los indicadores económicos como CAPEX OPEX ROI Payback y punto de equilibrio permiten evaluar la sostenibilidad financiera de cada plataforma mientras que los indicadores técnicos como cobertura calidad del servicio escalabilidad complejidad operativa dependencia de internet y seguridad permiten analizar el desempeño funcional de los sistemas.

Esta operacionalización permite integrar los resultados en un modelo de análisis multicriterio lo que facilita la comparación objetiva entre las plataformas TDT IPTV y OTT en función de su viabilidad de implementación en el contexto local.

### 3.7 Métodos de análisis, y procesamiento de datos

Para analizar la información obtenida en esta investigación se utilizaron métodos que se ajustan directamente a los objetivos planteados. En primer lugar, se hizo un análisis descriptivo que permitió entender cómo funcionan técnicamente las plataformas TDT, IPTV y OTT. Esto consistió básicamente en revisar sus características, la infraestructura que necesitan, la forma en que operan y los elementos técnicos que las diferencian.

Después se realizó un análisis económico para calcular cuánto costaría implementar cada una de estas plataformas de contenido audiovisual en la ciudad de Riobamba teniendo en cuenta cosas como costos de inversión inicial (como equipos, infraestructura y recursos técnicos) y los gastos operativos. Para esto se usaron hojas de cálculo que permitieron ordenar los valores y obtener estimaciones más precisas. Este paso ayudó a tener una visión concreta de la inversión que requiere cada tecnología.

Una vez que ya se definieron los costos se aplicó un análisis financiero para así conocer si cada plataforma puede recuperar la inversión realizada y en cuánto tiempo lo haría ya que estos datos sirvieron para evaluar la rentabilidad y sostenibilidad de cada sistema dentro del mercado audiovisual local.

Finalmente, toda esta información tanto técnica como económica además se comparó de forma conjunta para identificar qué plataforma ofrece un mejor equilibrio entre funcionamiento, costos y beneficios. El análisis combinado permitió llegar a conclusiones claras sobre qué sistema resulta más conveniente para la ciudad, lo que a su vez sirve de base para la propuesta técnica comparativa desarrollada en la investigación.

### **3.8 Análisis técnico funcional de las plataformas TDT, IPTV Y OTT.**

A continuación, se presenta el análisis técnico funcional de las tecnologías TDT, IPTV y OTT, para así poder identificar cuál es la arquitectura, requerimientos de infraestructura, requerimientos de operación y de mantenimiento de cada una de estas tecnologías, el cual servirá de base para realizar el análisis de retorno de inversión.

#### **3.8.1 Análisis técnico funcional de la plataforma TDT.**

La TDT que en Ecuador se basa en el estándar ISDB-TB, un estándar de origen japonés con adaptación brasileña que permite realizar una transmisión más robusta y eficiente sobre el espectro, además permite la transmisión simultánea de varios servicios audiovisuales como transmisión en alta definición (HD), múltiples programas simultáneos (multiprogramación) y servicios interactivos mediante Ginga, todo ello sobre una misma portadora en UHF, lo que favorece la calidad, la variedad de contenidos y la gestión eficiente del ancho de banda para operadores y usuarios con mayor resiliencia frente a interferencias y capacidad de servicio ampliada constante.

##### **➤ Infraestructura**

La norma ISDB-TB fue desarrollada a partir del estándar ISDB-T japonés y adoptada en Brasil, Ecuador y varios países de Latinoamérica [20]. Su infraestructura técnica abarca todos los componentes físicos necesarios desde la producción del contenido televisivo hasta su recepción en el hogar, excluyendo la arquitectura lógica. A continuación, se describen en que consiste la producción de contenidos, compresión y multiplexación, transmisión por la

red terrestre, y recepción final por parte de los televidentes, esto se puede explicar gráficamente y resumido en la Figura 1.

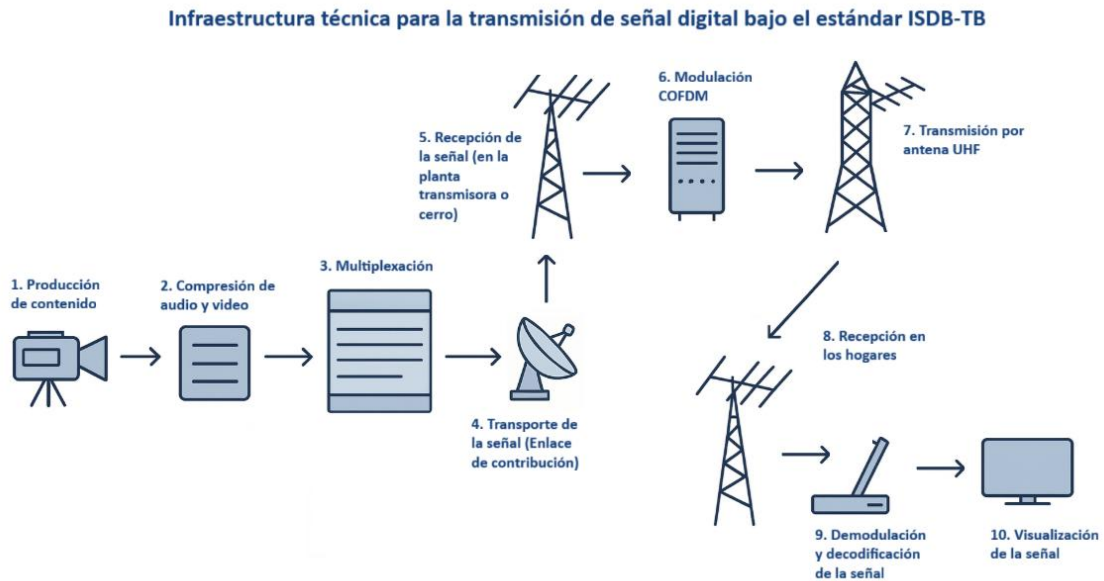


Figura 1. Infraestructura de TDT

### ➤ Producción de contenido televisivo

El proceso de la distribución de una transmisión digital empieza por los estudios de televisión, en este lugar es donde se crea el contenido audiovisual en un formato digital de alta calidad, las cámaras capturan video y audio que luego se editan y procesan en el estudio principal (control máster), donde se genera la programación final [21], [22]. En esta etapa también pueden integrarse contenidos interactivos o datos asociados (por ejemplo, EPG (guías de programación electrónica), subtítulos, señales de alerta de emergencia, etc.), aprovechando las capacidades de datos que ofrece la TDT. Es fundamental que el contenido de video y audio esté en formato digital de alta calidad para aprovechar las ventajas de la TDT (por ejemplo, alta definición, sonido multicanal), ya que la transmisión digital entregará la señal íntegra o no la entregará (es decir, se elimina el ruido visible típico de la TV analógica) [23].

### ➤ Compresión y codificación de audio y video

Cuando el contenido está listo, este debe pasar por la compresión digital para que así se reduzca su tasa de bits antes de que sea transmitido sin perder la calidad, el estándar ISDB-Tb hace uso del códec MPEG-4 AVC (H.264) para tener una señal de video de alta calidad, este códec permite transmitir video HD con menor ancho de banda en comparación con el antiguo MPEG-2 [24]. Ahora si se habla de audio el estándar ISDB-Tb utiliza el formato MPEG-4 AAC como formato de compresión principal ya que este soporta audio multicanal con alta calidad [25]. Estos códecs reducen drásticamente el volumen de datos de video y audio a transmitir, haciendo posible que un canal de 6 MHz transporte uno o varios programas de TV de calidad. Por ejemplo, un mismo canal radioeléctrico digital puede llevar

múltiples programas (señales de video/audio) gracias a esta compresión, optimizando el uso del espectro [26]. Todos los contenidos comprimidos se empaquetan en tramas de transporte MPEG-2 llamadas Transport Stream (TS), que incluyen además datos auxiliares (subtítulos, guía de programación-EPG, alertas, servicios interactivos Ginga, etc.).

#### ➤ **Multiplexación de la señal**

En cuanto a lo que es la cabecera digital de una estación de TDT, el multiplexor digital se encarga de combinar las distintas secuencias de transporte de los programas de tv y de datos en un solo flujo de transporte, este proceso de multiplexación asegura que servicios como canales en HD, canales en SD, servicio móvil, audio y video compartan eficientemente un mismo canal de 6 MHz, hay que tener en cuenta que el estándar ISDB-Tb permite que se realice una multiplexación jerárquica hasta de 3 capas independientes [27]. El canal de 6 MHz se divide en 13 segmentos OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) iguales en el espectro (aprox. 428 kHz cada uno); típicamente, 12 segmentos se asignan a la capa principal de video HD/SD y 1 segmento a la capa móvil (One-Seg) [27]. Esto quiere decir que dentro de un mismo canal la infraestructura puede llevar al mismo tiempo por ejemplo una señal HDTV bien buena y fuerte y además una señal para móviles que es de baja resolución en esa parte extra del espectro entonces el multiplexor se ocupa de armar las tablas PSI/SI que son la información de servicio y también pone los identificadores de programa PID sin que se choquen ni se repitan así que al final sale un solo flujo de transporte que se llama MPTS o sea Multi Program Transport Stream y ya está listo para mandarlo a los transmisores sin problema.

#### ➤ **Transporte de la señal hacia los transmisores**

La señal multiplexada debe llegar desde el estudio principal hasta los sitios de transmisión. Para ello se utilizan enlaces de transporte (también llamados enlaces auxiliares o STL, Studio-to-Transmitter Links) [22]. Estos enlaces pueden ser fibras ópticas, enlaces microondas terrestres, enlaces satelitales o redes IP dedicadas, dependiendo de la distancia y la geografía. Por ejemplo, una cadena nacional puede enviar su señal desde la cabecera en Quito hacia transmisores regionales vía satélite, mientras que una estación local podría usar radioenlaces microondas para conectar su estudio con la torre de transmisión cercana. La ARCOTEL define enlaces auxiliares como los medios físicos o radioeléctricos que conectan el estudio principal con el transmisor principal y con eventuales estaciones repetidoras, incluyendo control remoto y enlaces satelitales ascendentes/descendentes [22]. Estos enlaces requieren alta confiabilidad y baja latencia, y suelen contar con equipos redundantes para garantizar continuidad (por ejemplo, dos enlaces en paralelo o rutas alternas).

#### ➤ **Modulación COFDM en ISDB-Tb**

Al llegar al sitio transmisor, la señal digital entra al modulador ISDB-Tb, que la convierte de datos binarios a señal RF modulada. ISDB-Tb utiliza COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing), un esquema de modulación multicarrier robusto frente a interferencias y multipropagación. El modulador genera miles de subportadoras ortogonales

dentro del canal de 6 MHz, distribuyendo la información en el dominio de frecuencia. Existen tres modos de COFDM posibles: 2K, 4K y 8K, los cuales se refieren al número de puntos FFT (Transformada Rápida de Fourier) [27]. En la práctica, el modo 8K suele ser el preferido para coberturas amplias, ya que permite símbolos OFDM más largos y guardas mayores, facilitando redes de frecuencia única en áreas extensas [27].

Estudios realizados en Ecuador recomiendan no usar 2K (orientado a movilidad) dado que la recepción predominante es fija/portátil, y optar por 4K u 8K; con 8K y un intervalo de guarda  $1/4$  ( $252 \mu\text{s}$ ) se pueden espaciar transmisores hasta  $\sim 75$  km sin interferencia en una SFN [28]. El modulador también aplica esquemas de modulación digital en cuadratura (QAM/QPSK) a las portadoras: ISDB-Tb soporta QPSK, 16-QAM y 64-QAM según la robustez requerida de cada capa. Por ejemplo, la capa destinada a móviles (1-Seg) puede usar QPSK (más robusta) mientras la capa HD usa 64-QAM (mayor tasa) [27]. Adicionalmente el ISDB-Tb usa codificación de canal que es convolucional y Reed-Solomon después hace entrelazado y segmenta todo en capas jerárquicas antes de llegar a la IFFT entonces con eso se puede mandar servicios de distintas calidades en diferentes pedazos del espectro y todos esos parámetros como la constelación la tasa de FEC el modo de FFT el intervalo de guarda y demás se ponen en el modulador pero tienen que cumplir sí o sí con la norma brasileña ABNT NBR 15601 y 15608 que es la que adoptaron acá [27].

#### ➤ **Transmisor principal**

La señal modulada OFDM en frecuencia intermedia se convierte a la frecuencia de transmisión asignada (en banda UHF) y luego se amplifica a alta potencia para cubrir el área de servicio. El transmisor de TDT típicamente consiste en amplificadores de potencia de radio frecuencia (RF) de estado sólido combinados en amplificadores modulares, capaces de entregar desde decenas de watts hasta varios kilovatios de potencia de salida. Por ejemplo, estaciones principales en ciudades importantes pueden tener transmisores de entre 1 kW y 5 kW de potencia después del filtro, que junto con el sistema radiante logran potencias efectivas radiadas (ERP) del orden de decenas de kW. En sitios más pequeños o repetidoras de relleno, se usan transmisores de menor potencia (p. ej. 50 W, 100 W, etc.). Para garantizar operación continua, la infraestructura incluye sistemas de redundancia: configuraciones 1+1 (un transmisor activo y otro de reserva inmediata) o N+1 (un transmisor de respaldo para varios transmisores principales) que conmutan automáticamente ante fallas [29]. Esto asegura que si un amplificador o transmisor falla, otro tome su lugar sin interrumpir la señal. Los amplificadores los alimentan con fuentes de poder bien robustas que casi siempre son trifásicas porque manejan mucha potencia y además tienen opciones de suministro redundante para que no se caiga todo si falla una entonces el transmisor trae sistemas de monitoreo continuo que es telemetría de cosas como potencia temperatura alarmas y eso reporta todo a un centro de control por SNMP que es el Protocolo Simple de Administración de Red o por otras interfaces así que se puede ver y arreglar las fallas desde lejos sin tener que ir al sitio cada rato.

### ➤ **Filtro pasobanda y máscara de emisión**

Antes de conectar la salida del transmisor directo a la antena la señal tiene que pasar por un filtro pasobanda que también le dicen filtro de máscara entonces este pedazo es súper importante porque asegura que el espectro que se emite quede justo dentro de lo que dice la norma en la máscara de emisión así no va a molestar ni interferir con los canales que están al lado o cerca. La autoridad técnica exige incorporar un filtro de máscara crítica que cumpla con los límites de emisiones fuera de banda establecidos en la norma brasileña (ABNT NBR 15601) adoptada en Ecuador [22]. En otras palabras, el filtro garantiza que las frecuencias fuera del canal asignado ( $\pm 3$  MHz del centro para un canal de 6 MHz) se atenúen lo suficiente para no afectar a otros canales de TV vecinos, sean digitales o analógicos. Tras el filtro, se define la potencia de transmisión (PT) real entregada al sistema radiante [22]. Es importante que el filtro pasobanda y los componentes de RF (conectores, líneas, duplexores si comparten antena) estén bien calibrados y con el debido mantenimiento, ya que cualquier desajuste podría alterar el espectro transmitido.

### ➤ **Sistema radiante: antenas y torres de transmisión**

La antena de transmisión es el elemento que irradia la señal TDT al aire. Por lo general, se utilizan arreglos de antenas dipolo o paneles en configuraciones direccionales u omnidireccionales según la cobertura deseada. Estas antenas suelen montarse en torres de transmisión altas o en lugares elevados (cerros) para lograr un alcance máximo. En Ecuador, por ejemplo, se aprovechan sitios altos como el Cerro Jaboncillo en Manta (aprox. 600 metros sobre el nivel del mar) para colocar antenas TDT y cubrir amplias zonas costeras [30]. Para la ciudad de Riobamba las antenas destinadas para el uso de TDT se pueden instalar en sitios elevados como el cerro Cacha ya que es un punto estratégico debido a su geografía. Se recomienda que las torres superen obstáculos locales y ubiquen las antenas por encima de edificios y relieve, minimizando zonas de sombra. Las antenas TDT operan en banda UHF (470–698 MHz), correspondiente a los canales físicos 14 al 51 asignados para TV digital terrestre en el país [31]. (Nota: el canal 37, 608–614 MHz, está reservado para radioastronomía y no se usa para TV).

Un aspecto técnico que hay que tener en cuenta es la polarización de la onda que se emite porque puede ser horizontal o vertical e incluso circular dependiendo de lo que diga el plan de frecuencias [31]. Entonces en la TDT casi siempre usan polarización horizontal en las estaciones principales así que las antenas que ponen en las casas tienen que estar alineadas igual para que agarre bien la señal la polarización horizontal suele ser la que más les gusta porque cubre mejor las zonas abiertas pero en algunos repetidores locales podrían poner vertical para que no haya tanta interferencia con las redes principales sea cual sea la que usen lo importante es que la polarización no cambie entre lo que transmite y lo que recibe porque si no se pierde mucha señal [31]. Las antenas transmisoras tienen ganancias altas que normalmente andan entre 10 y 15 dBd y el diagrama de radiación lo diseñan para que cubra justo el área que quieren ya sea omnidireccional o sectorizado la altura efectiva de la antena y la potencia que se irradia se calculan para que al menos llegue a 51 dB $\mu$ V/m en el borde del área de cobertura con 90% de disponibilidad según lo que dice la normativa ecuatoriana

[28]. Adicionalmente las torres y las antenas tienen que aguantar el clima bravo que hay entonces el mantenimiento como pintura galvanizada tensado de vientos pararrayos y la seguridad eléctrica con puesta a tierra son cosas clave para que todo funcione bien.

#### ➤ **Cobertura de red: MFN vs. SFN, extensores de cobertura y gap-fillers**

La planificación de la red de transmisores define cómo se cubre geográficamente el territorio. Tradicionalmente se usaron redes de frecuencias múltiples (MFN), donde cada estación transmisora opera en un canal distinto para evitar interferirse. Sin embargo, ISDB-Tb permite implementar redes de frecuencia única (SFN): múltiples transmisores emitiendo la misma frecuencia y contenido sincronizadamente [22]. Las SFN optimizan el espectro, permitiendo reutilizar un solo canal en varias ciudades o repetidoras, siempre que las señales se sincronicen en tiempo (mediante GPS y precisos temporizadores) y se configuren intervalos de guarda adecuados para evitar solapamientos destructivos. En Ecuador hasta 2019 no se había explotado esta ventaja SFN y prevalecían asignaciones MFN tradicionales, pero estudios técnicos proponen migrar a SFN regionales para un uso más eficiente del espectro [28]. Por ejemplo, se sugiere que se puedan implementar 3 grandes SFN (costa, sierra, oriente) para canales públicos, en lugar de cada ciudad con su propia frecuencia, reduciendo la cantidad de canales necesarios. Una SFN exitosa requiere cuidado en la ingeniería: todos los transmisores de la red deben emitir bits idénticos, sincronizados en frecuencia y fase; el modo 8K con guarda 1/8 o 1/4 es prácticamente obligatorio para dar suficiente margen de desfase [28].

Debido a que la geografía es bien complicada con valles y montañas altas incluso poniendo torres bien altas igual quedan zonas donde no llega la señal y se forman sombras dentro del área que en teoría debería cubrir entonces para poder llegar a esos lugares usan estaciones repetidoras o gap-fillers una estación repetidora normal recibe toda la señal completa que viene de la estación principal ya sea por un receptor TDT o por un enlace dedicado y después la vuelve a transmitir al mismo tiempo pero en otro canal diferente mientras que el gap-filler que también le dicen estación auxiliar casi siempre trabaja en la misma frecuencia que la estación principal porque está dentro de una SFN y está hecho especialmente para tapar huecos de cobertura chiquitos y muy localizados. El gap-filler capta la señal de la estación principal (por aire o fibra), la filtra y amplifica a baja potencia en el área de sombra, todo con mínima latencia [22]. ARCOTEL define que estos dispositivos deben evitar causar interferencias perjudiciales y requieren autorización previa del regulador. La ventaja de los gap-fillers es su bajo costo y bajo consumo eléctrico, lo que permite instalar varios en comunidades remotas o entre montañas. En la práctica, se instalan en sitios elevados menores (cerros intermedios, torres de celular, azoteas) orientados a la zona sombra. Un caso local: la ciudad de Riobamba (rodeada de colinas) podría beneficiarse de gap-fillers orientados a barrios tras cerros, alimentados desde la señal principal de TVS Canal 13 digital, para asegurar recepción en todo el valle. Además, es común que canales nacionales tengan reemisoras en provincias (p.ej. Ecuador TV tiene 96 transmisores repetidores en todo el país que funcionan en red con la matriz para brindar cobertura nacional. Cada repetidora incluye un conjunto similar de equipos en menor escala: receptor o demodulador de la señal origen,

procesador, modulador, amplificador y antena local. La gestión de frecuencias y potencia de estas redes es compleja: deben evitar interferir con otras estaciones cercanas (por eso el uso de SFN coordinadas o frecuencias diferentes en MFN). La planificación considera topografía, alcance de cada transmisor y distancia de reutilización de frecuencias para prevenir solapamientos [32].

### ➤ **Recepción y decodificación en los hogares**

Finalmente, la etapa crucial es la recepción doméstica, donde el usuario ve la televisión digital. En los hogares, se requiere una antena receptora de ultra alta frecuencia (UHF) adecuada, instalada preferentemente en los techos o paredes altas y orientada hacia la estación transmisora principal o repetidora local. La antena debe tener la misma polarización que la de transmisión (horizontal o vertical) para maximizar la captación de la señal [33].

La señal que se capta va viajando por el cable coaxial hasta llegar al receptor TDT que está en el televisor entonces los televisores modernos ya casi todos traen el sintonizador ISDB-Tb metido adentro pero en los equipos más viejos se necesita poner una cajita decodificadora que le dicen set-top box ISDB-Tb y la conectan al televisor por HDMI o por RCA así que el receptor hace la demodulación COFDM y la decodificación de video y audio o sea toma la señal RF la convierte en datos haciendo la FFT inversa y usando algoritmos de demodulación QAM o QPSK después corrige los errores con FEC reensambla el TS y saca cada programa por separado luego decodifica el video que viene en H.264 para que se vea la imagen y el audio AAC para que suene bien y lo manda directo a la pantalla y a los parlantes del televisor si la intensidad del campo llega suficiente que sea mínimo 51 dB $\mu$ V/m con algo de margen y la calidad de modulación está buena con MER alto y BER bajo el usuario va a ver imagen HD bien nítida y audio claro igual o hasta mejor que lo que da la televisión por cable [33]. En cambio, si la señal es muy débil o con errores, la imagen podría pixelarse o congelarse (a diferencia de la estática analógica). La TDT también permite servicios adicionales que el receptor maneja: subtítulos digitales, audio secundario, guía electrónica de programación, e incluso aplicaciones interactivas (middleware Ginga) cuando son emitidas. La correcta recepción depende entonces tanto de la infraestructura de transmisión (etapas 1–9) operando adecuadamente, como de una instalación de antena doméstica óptima y un receptor conforme a la norma. Los organismos técnicos frecuentemente hacen campañas para orientar al público sobre cómo instalar sus antenas y decodificadores TDT para aprovechar la nueva plataforma.

### ➤ **Operación y mantenimiento**

Cabe mencionar que la operación y mantenimiento de la infraestructura TDT implica personal técnico especializado que supervisa continuamente el sistema. Se realizan mediciones periódicas de potencia, espectro y calidad (por ejemplo, MER – Modulation Error Ratio y nivel de señal en diversos puntos) para asegurar cumplimiento de estándares [22]. Los sistemas de energía (UPS, plantas eléctricas de emergencia) se prueban regularmente para garantizar que, ante cortes de red comercial, la transmisión continúe ininterrumpida. Asimismo, se aplica mantenimiento preventivo a los aires acondicionados

de los cuartos transmisores, a los conectores y líneas de transmisión, y a las antenas (alineación, corrosión). La evolución tecnológica podría llevar a migraciones futuras (por ejemplo, a ISDB-Tb con compresión HEVC o a estándares de TV digital de siguiente generación), por lo que la infraestructura actual suele diseñarse con margen de actualización. Por ahora, la plataforma ISDB-Tb en Ecuador proporciona un servicio de televisión abierta robusto, con alta calidad de audio y video, múltiples programas por canal y capacidad de interactividad, siempre que la infraestructura descrita opere de manera óptima y se extienda para cubrir a toda la población, incluyendo zonas de difícil orografía mediante repetidoras y gap-fillers. La descripción técnica y funcional anterior, basada en estándares internacionales y estudios locales, busca ilustrar integralmente cómo la TDT ISDB-TB depende de una infraestructura bien planificada, implementada y mantenida para cumplir su objetivo de brindar televisión digital abierta de calidad a los hogares.

### 3.8.2 Análisis técnico funcional de la plataforma IPTV.

IPTV es un servicio de distribución de contenido audiovisual (televisión en vivo, video bajo demanda, audio, etc.) a través de redes de datos IP gestionadas, garantizando calidad de servicio, seguridad, interactividad y alta confiabilidad [34]. En la práctica, esto significa que para el usuario final la IPTV funciona de forma muy similar a la televisión por suscripción tradicional, entregando señales de TV de alta calidad y contenidos VoD mediante una red de banda ancha privada con experiencia uniforme y controlada. A diferencia de servicios OTT abiertos por Internet, la IPTV opera sobre la infraestructura administrada del operador, lo que permite asegurar el ancho de banda y la calidad necesarias para video en tiempo real. La infraestructura técnica para la transmisión de contenido grabado para IPTV, como se ve en la Figura 2 indica que para llegar a los hogares necesita pasar por un proceso similar al de la TDT con la principal diferencia que IPTV se puede ayudar de la infraestructura ya existente como una red de banda ancha. En cada etapa intervienen equipos específicos (físicos y lógicos) cuya función es procesar, almacenar, transportar o gestionar el contenido audiovisual. A continuación, se detallan estas etapas, describiendo su propósito y los componentes principales involucrados.



Figura 2. Infraestructura de IPTV

### ➤ **Infraestructura**

La infraestructura usada en IPTV se basa en datos IP de alta capacidad que permiten la transmisión de contenido a través de redes cableadas o inalámbricas, además está compuesta principalmente por servidores de cabecera por donde se realiza la codificación y gestión de los contenidos, hay que tener en cuenta que esta infraestructura necesita de un gran ancho de banda, baja latencia y alta disponibilidad para garantizar una calidad de servicio adecuada en la distribución de contenido audiovisual.

### ➤ **Captura y codificación de señales**

En esta etapa inicial se adquieren las fuentes de video que provienen de emisoras de TV satelitales, antenas terrestres u otras fuentes locales (cámaras, estudios, archivos). Las señales analógicas o digitales recibidas se demodulan y convierten a flujos IP mediante equipos dedicados. Por ejemplo, se utilizan antenas satelitales (banda C) conectadas a receptores integrados (IRD) o sintonizadores DVB que extraen el contenido y lo decodifican a formato digital [34]. Estos decodificadores integran un demodulador y un conversor de señal que envían la señal digital a sistemas de procesamiento posteriores (cómputo de codificadores o al headend).

Una vez que ya tienen la señal digitalizada le meten codificación y compresión de video usando códecs que son los estándares como por ejemplo H.264/AVC o H.265/HEVC entonces eso lo hacen con codificadores de video que pueden ser de hardware o de software y lo que logran es bajar bastante el ancho de banda que se necesita para transmitir por ejemplo los decodificadores que usan las personas en su casa tienen que ser compatibles con H.264 o H.265 si no, no van a poder recibir el contenido que viene codificado en esos formatos [34]. En la práctica en el headend ponen codificadores de video y también de audio junto con los multiplexores para que empaqueten todas las señales en flujos de transporte MPEG-IP y ya queden listos para mandarlos por la red sin problema.

- Equipos físicos: Antenas satelitales o terrestres, receptores integrados (IRD), sintonizadores DVB/S2/C/T, moduladores, codificadores de video (hardware H.264/H.265), conversores de señal.
- Software: Códecs de video (H.264/HEVC, MPEG-2, etc.), software de ingestión y multiplexación de contenido, sistemas de administración del headend.

### ➤ **Servidores de video y middleware**

Una vez codificados, los flujos de video se envían al headend o centro de medios, donde se alojan en servidores de video. Estos servidores almacenan y procesan los canales en vivo y los contenidos bajo demanda (VoD). En ellos se realizan funciones como la transcodificación a distintos bitrates, la grabación (PVR) y la gestión de contenido. Típicamente se usan servidores con gran capacidad de disco (arrays RAID) y software especializado de streaming que entrega video a los usuarios según demanda.

Paralelamente, el middleware IPTV es el componente software central que gestiona el servicio. El middleware administra la EPG, la autenticación y suscripciones de usuarios, la provisión de canales y aplicaciones interactivas [34]. También coordina funciones avanzadas (recomendaciones de contenido, control parental, integración con sistemas de facturación, etc.) para ofrecer una experiencia personalizada. En conjunto, los servidores de video y el middleware constituyen la cabecera del sistema IPTV, preparando y organizando el contenido para su distribución.

- **Equipos físicos:** Servidores de video (streaming/VOD), almacenamiento masivo (NAS/SAN), servidores de aplicaciones y bases de datos (para middleware y EPG), módulos de cifrado/DRM, load balancers y equipos de respaldo.
- **Software:** Plataformas de streaming (servidores HTTP/S unicast, servidores de streaming adaptativo), sistemas de gestión de contenido, middleware IPTV (gestión de suscriptores, EPG, facturación), sistemas operativos de servidor y bases de datos [34].

#### ➤ **Red de distribución**

Desde el headend, el contenido se inyecta a la red de transporte IP central. Esta red troncal suele basarse en conmutadores y ruteadores de alto rendimiento (a veces en una capa MPLS/IP dedicada) que distribuyen el video por todo el territorio del proveedor. Los canales en vivo se envían generalmente usando multidifusión IP: cada canal tiene una dirección multicast y los routers usan protocolos como IGMP y PIM para replicar los flujos solo a los subredes que los requiere [35]. De este modo, cuando la cabecera envía un canal, este se “copia” por la red y llega eficientemente a todos los usuarios suscrito [35].

El backbone de la red tiene que asegurar una QoS que esté bien porque necesita priorizar el tráfico de video tener baja latencia y mantener la sincronización entonces usan equipos de red como routers core y switches de capa 3 que son de alta capacidad y casi siempre traen soporte para MPLS o sea Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo así separan el tráfico de IPTV el de VoIP y el de Internet normal también pueden meter CDN internas que son redes de distribución de contenido para guardar en caché el VoD y que no se cargue tanto el enlace además ponen firewalls y balanceadores de carga para que haya más seguridad y para que todo escale bien sin caerse cuando hay más usuarios.

- **Equipos físicos:** Ruteadores y switches de núcleo de alta capacidad, con capacidad de multicast (IGMP snooping/PIM). Equipos de transporte (fibra troncal, enlaces Ethernet 10/40/100 Gbps). Equipos CDN/caché. Equipos de monitorización de red (para QoS).
- **Software:** Protocolos IP (IGMP, PIM, RTP/RTCP para streaming), software de gestión de red y monitoreo (NMS). Sistemas operativos de red y firmware de equipos de backbone [35]

## ➤ Red de acceso y equipos de usuario

Finalmente, los flujos IP llegan al último tramo de acceso hacia el cliente. Dependiendo de la infraestructura del operador, esto puede ser mediante redes de fibra (GPON/FTTH), DSL (xDSL/VDLS), cable HFC o incluso redes móviles 4G/5G. En el caso de GPON, por ejemplo, en la central se instala un Optical Line Terminal (OLT) que gestiona la comunicación bidireccional con los usuario [34]. El OLT conecta la red troncal con la red de fibra óptica hasta los domicilios. A nivel de cliente, cada hogar tiene un Optical Network Unit (ONU/ONT) que convierte la señal óptica en eléctrica para los dispositivos locales [34].

En la instalación del usuario final hacen falta equipos terminales como set-top boxes que son los decodificadores IPTV o también televisores y PCs que tengan aplicaciones de IPTV entonces los decodificadores se encargan de convertir los flujos que vienen por IP en video que se pueda meter por HDMI o AV al televisor además descifran el contenido que está protegido y dejan hacer cosas como pausar grabar o ver VoD [34]. en este caso los STB tienen que ser compatibles con los códecs más nuevos como por ejemplo H.264 o H.265 y también con señal 4K o al menos HD [34] aparte de eso se meten routers o switches para la casa que sirven para conectar el set-top box con los otros aparatos y en muchos casos también la red Wi-Fi de adentro como routers con Wi-Fi 6 para que funcionen bien las Smart TVs y los celulares sin problema.

- **Equipos físicos:** OLT/DSLAM en la central; ONT/ONU o módems en el hogar; decodificadores set-top box o televisores inteligentes; routers/switches residenciales; cableado Ethernet/Fibra hasta el equipo.
- **Software:** Firmware de ONT/STB, aplicaciones IPTV en dispositivos móviles/SmartTV, software de red doméstica (NAT, QoS), sistemas operativos de los equipos del usuario.

## ➤ Operación y mantenimiento

La correcta operación y mantenimiento de una plataforma IPTV es crítica para garantizar un servicio continuo, de alta calidad y conforme a los acuerdos de nivel de servicio. Dado que IPTV es un servicio 24/7, los operadores implementan centros de monitoreo y procedimientos proactivos de soporte. Una pieza clave es el sistema de gestión de la red (NMS) integrado a la plataforma: este permite supervisar en tiempo real todos los componentes de la red y de la cabecera desde un punto central [34]. A través del NMS, el personal técnico puede detectar rápidamente alarmas o fallas en equipos (como un servidor de streaming sobrecargado o una caída en un enlace de fibra) y actuar antes de que impacten al usuario. La plataforma NMS facilita también la optimización del rendimiento (p. ej., reconfigurar remotamente parámetros de equipos, balancear tráfico) y reduce los tiempos de indisponibilidad mediante una gestión eficiente de incidencias [34]. En paralelo, se suelen desplegar herramientas de monitoreo especializadas para la calidad de experiencia de video – por ejemplo, sistemas que verifican constantemente parámetros de transmisión (bitrate, latencia, jitter, tasa de errores) de los flujos IPTV. En implementaciones recientes, se reporta

la utilización de software dedicados (como ASTRA de CESBO, entre otros) que permiten vigilar la integridad de las señales de TV en vivo y VoD en cada nodo del sistema [34].

Un equipo humano capacitado es igualmente esencial en la fase de operaciones. El personal técnico de la NOC (Centro de Operaciones de Red) recibe capacitación específica en la administración de IPTV para poder brindar soporte de primer y segundo nivel [34]. Sus tareas diarias incluyen monitorear los paneles de control, responder a alertas en tiempo real y atender incidencias reportadas por los suscriptores (por ejemplo, problemas de decodificador o fallos en la recepción de ciertos canales). Se establecen protocolos de atención y escalamiento para resolver rápidamente cualquier interrupción, minimizando el impacto al cliente. Adicionalmente, la atención al cliente y gestión comercial (ej. activación de nuevos abonados, cambios de plan) forman parte de la operación cotidiana, apoyadas por el sistema de middleware/facturación que administra las suscripciones [34].

En cuanto al mantenimiento, se implementan planes tanto preventivos como correctivos. El mantenimiento preventivo abarca inspecciones rutinarias de todos los nodos y equipos de la plataforma: por ejemplo, revisar diariamente los indicadores clave de rendimiento de servidores y switches (uso de CPU, memoria, ancho de banda), analizar registros de eventos en busca de errores o comportamientos anómalos, y verificar que los enlaces críticos de la red (fibra, rutas IP) operen correctamente [36]. Estas inspecciones proactivas permiten identificar tendencias o alertas tempranas (como degradación de señal en un enlace óptico, o aumento de errores en un modulador) antes de que escalen a fallas mayores. Si se detecta algún aviso o alarma de los sistemas de monitoreo, el equipo de mantenimiento toma acciones inmediatas: por ejemplo, conmutar a un equipo redundante, reiniciar procesos, o programar la reparación de un componente defectuoso [36]. Asimismo, el mantenimiento preventivo incluye tareas como la actualización periódica de software/firmware en los distintos elementos (p. ej., aplicar parches de seguridad o nuevas versiones en los servidores de IPTV y middleware, y actualizar el firmware de los STb de los clientes de forma remota) para mejorar funcionalidades y evitar vulnerabilidades. Estas actualizaciones se suelen planificar en horarios de bajo tráfico para minimizar afectaciones al servicio.

El mantenimiento correctivo lo hacen cuando pasa algo que no estaba planeado o se daña algún equipo de repente entonces gracias a que la infraestructura tiene redundancia con equipos y enlaces duplicados y además el sistema de gestión detecta rápido las fallas se puede arreglar todo con casi nada de interrupción por ejemplo si se daña un servidor en la cabecera uno de respaldo agarra la carga al toque mientras reparan el que falló las tareas de reparación pueden ser cambiar piezas de hardware que se dañaron como fuentes de poder tarjetas de servidor módulos ópticos y cosas así o también reconfigurar parámetros de la red e incluso a veces hay que coordinar con los proveedores de contenido si el problema está en la señal que llega de origen es bien importante tener siempre inventario de repuestos guardados y contratos de soporte con los fabricantes para que estas correcciones se hagan rápido y sin tanto lío.

### 3.8.3 Análisis técnico funcional de la plataforma OTT.

La infraestructura técnica de una plataforma OTT comprende toda la cadena necesaria para llevar un contenido audiovisual desde su generación hasta la pantalla del usuario final. En términos generales, el proceso comienza con la producción del contenido y su posterior codificación, donde se comprime en distintos perfiles de calidad; continúa con la segmentación y empaquetado en formatos de streaming adaptativo (HLS, MPEG-DASH), que luego son distribuidos a través de una red de entrega de contenido (CDN) para acercar los archivos al usuario. Desde la CDN, los fragmentos de video viajan por el internet público hasta los dispositivos de los suscriptores, donde se realiza la recepción, decodificación y visualización final en teléfonos, tabletas, televisores inteligentes o decodificadores dedicados. Todo este flujo, con sus principales etapas y puntos de procesamiento, se sintetiza en la Figura 3, que muestra de forma esquemática la arquitectura típica de transmisión de contenido por OTT.

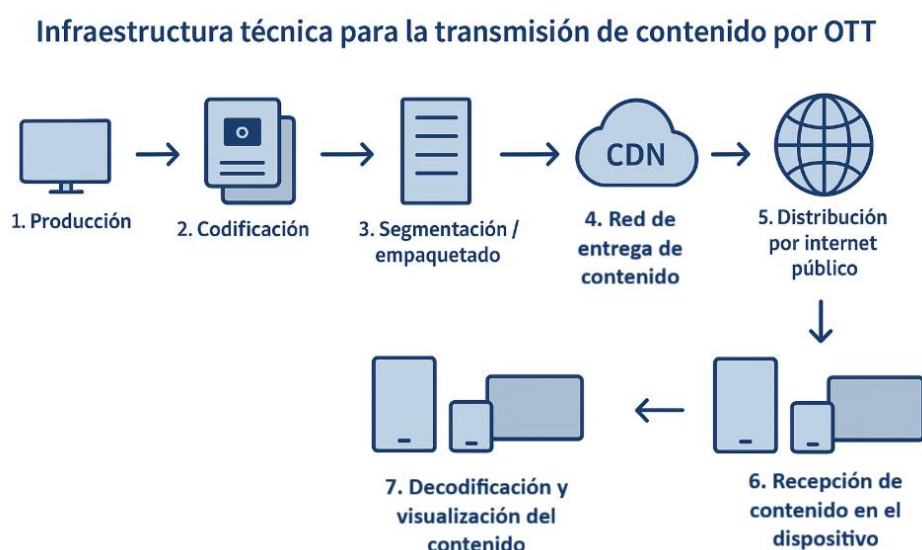


Figura 3. Infraestructura de OTT.

#### ➤ **Infraestructura**

La infraestructura de OTT se fundamenta en plataformas digitales basadas en internet que permite distribución de contenidos sin depender de redes de transmisión dedicadas además está conformada por servidores de almacenamiento, plataformas de gestión de contenido, redes de distribución de contenido y la red pública de internet.

#### ➤ **Producción de contenido**

En esta etapa se captura el contenido audiovisual (video y audio) utilizando equipos de producción. Cámaras de video profesionales (fijas, PTZ o móviles), micrófonos (boom, Lavalier, sistemas inalámbricos) y consolas de mezcla de audio y video recolectan la señal en bruto. Los sistemas de producción también pueden incluir mezcladores de video (switchers), unidades de grabación y codificadores iniciales. El dispositivo de captura aplica una codificación básica (por ejemplo, compresión H.264 o similar) al material en bruto para

facilitar su transmisión al servidor de origen [37]. Luego se envía el flujo comprimido mediante enlaces de red (cable, fibra óptica o enlace inalámbrico) al servidor de medios (ingesta).

- **Equipos típicos:** Cámaras digitales de alta definición (incluyendo cámaras IP o SDI), micrófonos profesionales, mezcladoras de audio/video, codificadores de cámara o video streaming, unidades de iluminación y grabación. También se emplean servidores de ingesta (de contribución) para recibir el flujo de video comprimido desde el set de producción [37].

#### ➤ **Codificación**

La codificación lo que hace es comprimir el video que se capturó para que pese menos sin que la calidad se vaya al piso del todo entonces con códecs modernos como H.264/AVC H.265/HEVC VP9 AV1 y otros el flujo de video lo transforman en bitstreams bien eficientes que ocupan poco [38]. Esta parte la pueden hacer con codificadores de hardware dedicados que son como box-encoders o GPUs especializadas o también con software de codificación que corre en servidores ya sea en el lugar mismo o en la nube el codificador casi siempre genera varias versiones del mismo video con diferentes tasas de bits o sea hace un ladder de bitrate para que se adapte a cuando la red va más lenta o más rápida así que al final de esta etapa sale un video comprimido que está segmentado lógicamente en GOP y ya queda listo para meterlo en el empaquetado sin problema.

- **Equipos típicos:** Codificadores de video dedicados (tarjetas de codificación o servidores especializados) y/o software de codificación ejecutado en servidores o servicios cloud. Hardware acelerador (GPUs, ASICs) para códecs de alta eficiencia, además de sistemas de almacenamiento temporal para el video codificado [38].

#### ➤ **Segmentación y empaquetado (packaging)**

En esta fase el video codificado se divide en fragmentos secuenciales de corta duración y se empaqueta en protocolos de streaming adaptativo (por ejemplo, HLS, MPEG-DASH o CMAF). Cada fragmento (segmento) incluye datos multimedia junto con información de sincronización y los manifiestos (listas de reproducción) que describen las diferentes calidades disponibles. El objetivo es habilitar la reproducción adaptativa en el cliente, permitiendo cambiar de calidad entre segmentos según el ancho de banda disponible. El empaquetado a menudo se realiza «Just-In-Time» en el servidor de origen o mediante servicios especializados que generan y almacenan los segmentos y manifiestos en caché [39].

- **Equipos típicos:** Servidores de origen o empaquetadores (origin packagers) basados en software (por ejemplo, MediaPackage, Wowza, NGINX con módulo HLS/DASH) o hardware especializado. Pueden utilizarse servidores cloud o físicos dedicados que gestionan la segmentación y el cifrado (DRM) del contenido[38].

### ➤ **Red de entrega de contenido (CDN)**

El CDN (Content Delivery Network) se encarga de replicar y almacenar copias de contenido segmentado en servidores distribuidos geográficamente cerca de los usuarios finales. Su función técnica es minimizar la latencia y reducir la carga en el origen, entregando los segmentos desde el nodo más cercano al cliente. Los CDNs escalan la distribución, manejan altos volúmenes de tráfico y optimizan rutas de red para garantizar calidad y disponibilidad [38]. En tiempo real, un servidor CDN puede también realizar transcodificación o almacenamiento intermedio adicional en el borde (edge computing) para mejorar el desempeño.

- **Equipos típicos:** Granjas de servidores de cache distribuidos por la red (servidores de borde). Infraestructura de red (routers, switches, balanceadores de carga) en centros de datos y puntos de intercambio de tráfico. En la práctica, CDNs comerciales (Akamai, Cloudflare, AWS CloudFront, etc.) proporcionan esta capa mediante una red global de servidores y equipamiento de red especializado [38].

### ➤ **Distribución por Internet público**

Desde la CDN hasta el cliente, el contenido viaja por la red pública de Internet a través de los proveedores de servicio (ISP). Esta etapa involucra routers troncales, enlaces de fibra óptica y las conexiones de acceso (hogar o móvil) del usuario. Se utilizan protocolos de transporte estándar (TCP/IP, HTTP/HTTPS, UDP/QUIC) para llevar los segmentos codificados al dispositivo receptor. El desempeño en esta etapa depende de la infraestructura de los ISP y de los mecanismos de adaptación (por ejemplo, control de congestión) [38]. El objetivo es entregar los datos con la menor latencia posible manteniendo la calidad de la transmisión.

- **Equipos típicos:** Equipos de red de ISP (routers backbone, switches de núcleo, servidores de cache de ISP) y dispositivos de acceso del usuario (módems de banda ancha, routers domésticos, antenas móviles para 4G/5G). También equipos de interconexión entre CDNs e ISPs (puntos de intercambio de Internet).

### ➤ **Recepción de contenido en el dispositivo**

En el cliente, el reproductor de streaming solicita los segmentos de video al CDN mediante HTTP y gestiona la reproducción adaptativa. El dispositivo receptor (smartphone, tableta, Smart TV, set-top box o PC) cuenta con un buffer para descargar segmentos sucesivos. Se evalúa continuamente la calidad (mediante un algoritmo ABR) y se decide qué variante de bitrate descargar siguiente. La conexión puede ser por Wi-Fi, Ethernet o red móvil. Al final

de esta etapa el dispositivo ha recibido los segmentos necesarios para reproducir el video [38].

- **Equipos típicos:** Dispositivos finales con capacidades de red (Wi-Fi, Ethernet, 4G/5G) y decodificación multimedia: Smart TVs, cajas decodificadoras (STb), smartphones, tablets, computadoras personales. También se emplean routers locales o puntos de acceso inalámbricos para conectar estos dispositivos a Internet.

#### ➤ **Decodificación y visualización del contenido**

Finalmente, el dispositivo decodifica cada segmento descargado y lo presenta en pantalla. Un decodificador ya sea de hardware o de software lo que hace es volver a armar la señal original sacándola del bitstream que estaba comprimido y usa el códec que corresponde para eso [38]. Entonces el audio y el video se sincronizan bien para que el contenido se reproduzca seguido sin que se corte o se desfasen gracias al streaming adaptativo la calidad del video se va ajustando sola todo el tiempo dependiendo de cómo esté la red así evita que se trabe o se pause y al final el usuario ve el contenido OTT en tiempo real con la mejor calidad que se pueda tener según cómo esté la conexión en ese momento.

- **Equipos típicos:** Decodificadores de video integrados en el dispositivo (chipset GPU/ASIC de códec), tarjeta de video o unidad de cómputo dedicada, además de dispositivos de salida (pantalla LCD/LED, altavoces).
- **Software:** Software de reproducción (player HLS/DASH) y sistema operativo del equipo que gestionan la representación en pantalla y el audio.

#### ➤ **Operación y mantenimiento**

La operación y el mantenimiento de una plataforma OTT tienen como objetivo garantizar que todo el servicio –desde la ingesta de contenidos hasta la reproducción en el dispositivo del usuario– funcione de forma continua, segura y con buena calidad de experiencia. A diferencia de la TV tradicional o incluso del IPTV en redes cerradas, OTT se apoya en infraestructuras multi-cloud y multi-CDN sobre Internet público, por lo que la O&M se basa en arquitecturas cloud-native, automatización y una observabilidad muy detallada. Operar la plataforma implica supervisar codificadores, empaquetadores, orígenes HTTP, nodos CDN, bases de datos y APIs de backend, además de gestionar despliegues frecuentes de software mediante prácticas DevOps/CI-CD, usando estrategias como blue-green o canary para introducir cambios sin interrumpir el servicio [40].

La supervisión de la calidad combina métricas de infraestructura (uso de CPU, memoria, tráfico, latencias, errores de servidor) con indicadores propios del servicio de video, como tiempo de inicio de reproducción, frecuencia y duración de los buffering, cambios de bitrate y errores de reproducción. Sobre esta base, se aplican modelos de QoE que permiten estimar de forma objetiva la calidad percibida por el usuario y detectar degradaciones antes de que

se conviertan en un problema masivo. En paralelo, la operación de la red y de las CDNs incluye monitorizar la salud de los puntos de presencia, ajustar políticas de caché, seleccionar dinámicamente entre varias CDNs y mantener actualizados servidores de caché, balanceadores, certificados TLS y reglas de seguridad [41] .

El mantenimiento combina acciones preventivas, correctivas y evolutivas. El mantenimiento preventivo abarca la actualización planificada de software y firmware, la revisión de configuraciones de red y de parámetros de codificación, así como pruebas periódicas de recuperación ante desastres. El correctivo se centra en resolver incidencias como fallos en la ingesta, cuelgues de encoders, errores en manifiestos DASH/HLS, caídas de servicios de terceros o averías de hardware en servidores, almacenamiento o equipos de red. El mantenimiento evolutivo, por su parte, incorpora nuevos códecs, formatos (4K, HDR, audio inmersivo) y funcionalidades en las aplicaciones cliente, lo que exige adaptar bitrate ladders, capacidades de los dispositivos y dimensionamiento de la red de distribución. En todo momento, la O&M también gestiona la seguridad y la protección de contenidos: operación de sistemas DRM y servidores de licencias, tokenización y geobloqueo, protección perimetral con firewalls y WAF, así como técnicas de watermarking para combatir la piratería.

Finalmente, la gestión de SLA y el cumplimiento normativo completan el cuadro operativo. La plataforma OTT depende de proveedores de nube, CDNs y operadores de red, cada uno con sus propios acuerdos de nivel de servicio, por lo que la O&M debe verificar de forma continua que los compromisos de disponibilidad y rendimiento se cumplen y se alinean con lo que se ofrece al usuario final [42]. Al mismo tiempo, marcos regulatorios emergentes para servicios OTT y las leyes de protección de datos obligan a revisar procesos y configuraciones para asegurar transparencia, calidad mínima de servicio y privacidad. La tendencia actual apunta a una operación cada vez más automatizada e “inteligente”, donde el escalado de recursos, la elección de CDN, el ajuste de reglas ABR o la reconfiguración de rutas de red se apoyan en modelos de aprendizaje automático y grandes volúmenes de telemetría, dejando al personal de operación en un rol más estratégico de diseño de políticas y supervisión que de intervención manual constante [42].

### **3.8.4 Estimación de costos inversión**

#### **➤ Fuentes y criterios de evaluación**

Los costos utilizados en la estimación tanto del CAPEX como del OPEX se obtuvieron como precios referenciales de mercado a partir de catálogos de fabricantes, páginas web de distribuidores, listados comerciales verificables de Ecuador además de que se registró capturas de los precios en los anexos, además se tuvo en cuenta que cuando hubo varios precios para un mismo artículo se aplicó un criterio uniforme de selección analizando cual sería el mejor con respecto a calidad precio con el fin de mantener consistencia y comparabilidad entre cada una de las plataformas. También hay que tener en cuenta que para

estimar el OPEX se identificó cuáles fueron los costos operativos asociados a la operación de cada plataforma en este caso energía, mantenimiento y licencias de funcionamiento teniendo en cuenta que cada rubro se normalizo a una prioridad anual, este procedimiento de uniformemente a TDT, IPTV y OTT

➤ **Cálculo de CAPEX Y OPEX**

El cálculo del CAPEX se realizó mediante la sumatoria de todos los ítems analizados clasificados como costos de inversión dentro de la matriz de costos en la que se consideró principalmente equipos, infraestructura, instalación y puesta en marcha dicho esto el CAPEX es fundamental para analizar los costos de inversión para que un sistema quede funcional y operativo, el CAPEX se expresa matemáticamente como se observa en la ecuación 2

$$CAPEX = \sum_{i=1}^n \text{Costo de inversión} \quad (2)$$

Por otro lado, el OPEX se calculó teniendo en cuenta los gastos recurrentes necesarios para mantener operativo el sistema evaluado anualmente, entonces para calcular el opex primero necesitamos saber cuál es el costo mensual y si es un caso se identifica y se lo multiplica por 12 meses como se observa en la ecuación 3

$$\text{Costo anual total} = \text{Costo mensual} * 12 \quad (3)$$

También hay que considerar que hay costos que no se pagan mensualmente, entonces, estos costos simplemente se suman usando le ecuación 4

$$OPEX = \sum_{i=1}^n \text{Costo anual total} \quad (4)$$

➤ **Alcance de la estimación**

Económicamente la estimación de los costos se realizó en la moneda local en teste caso dólares americanos (USD), además se consideró equipos que se pueden conseguir dentro del país para así evitar o reducir costos extras por importaciones de equipos, también se consideraron únicamente costos técnicos directamente asociados a la implementación y funcionamiento de cada plataforma, clasificándolos en CAPEX (adquisición, instalación y puesta en marcha) y OPEX (gastos recurrentes de operación) para así evitar duplicidades, cada ítem. El OPEX fue normalizado anual para facilitar la comparación entre plataformas.

➤ **Procedimiento para la estimación de CAPEX y OPEX**

El procedimiento se aplicó de forma uniforme a las tres plataformas (TDT, IPTV y OTT), variando únicamente los componentes considerados según la arquitectura técnica de cada sistema:

- **Levantamiento de componentes:** se identificó equipos, infraestructura y elementos necesarios para la implementación de cada plataforma en el contexto local.
- **Estructuración de la matriz:** en este punto se organizó cada ítem en categorías en la hoja de cálculo, registrando descripción y costos
- **Clasificación CAPEX/OPEX:** para ello se etiquetó de cada ítem como inversión inicial (CAPEX) o gasto recurrente (OPEX), según su naturaleza.
- **Cálculo de subtotales y totales:** se sumó los subtotales por categoría y obtención del CAPEX total y del OPEX anual total.
- **Control de consistencia:** se verificó que no existan ítems duplicados entre categorías, y que los costos periódicos se encuentren correctamente anualizados.

### 3.8.5 Ingresos anuales para TDT según su modelo de negocio

Para la plataforma de TDT el modelo de negocio que se evaluó fue únicamente de publicidad, la estimación que se realizó fue en base a un documento de tarifas a nivel nacional en el que se encuentra información del precio por segundo de transmisión en Chimborazo [43]. Con base en este documento se estableció un precio promedio de 35 centavos/segundo de transmisión, posteriormente se estableció una duración de 30 segundos por spot, considerando que este es el formato estándar de anuncio televisivo (aunque existen duraciones alternativas) [44]. De la misma forma para determinar la capacidad de cuanto debe durar un anuncio, se utilizó como referencia que en normativa y práctica regulatoria europea se ha manejado el límite de hasta 12 minutos de publicidad por hora reloj entonces en base a eso se adoptó un supuesto conservador de 6 minutos por hora para evitar sobreestimar el inventario comercializable en Riobamba [45], con esta información base lo que se hizo fue calcular el total de segundos publicitarios disponibles por día y, finalmente, los ingresos anuales, considerando tres escenarios de ocupación de inventario publicitario del 30%, 50% y 70% como porcentaje de tiempo efectivamente vendido, estos niveles fueron seleccionados porque permiten representar escenarios conservador, intermedio y optimista, garantizan comparabilidad metodológica y ofrecen suficiente sensibilidad para evaluar el impacto de la ocupación comercial en los indicadores económicos clave, sin introducir complejidad innecesaria en el análisis.

Para el cálculo de los ingresos anuales se definió las siguientes variables:

- $p_s$ : precio por segundo (USD/s)
- $d$ : duración del spot (s)
- $m_h$ : minutos de publicidad por hora (min/h)
- $H_d$ : horas de transmisión al día (h/día)

- $f$ : porcentaje de ocupación vendido (0,30; 0,50; 0,70)
- $D_a$ : días al año (365)

➤ **Ecuaciones de cálculo**

- **Precio por spot**

$$P_{spot} = p_s \times d \quad (5)$$

- **Segundos de publicidad disponibles por hora**

$$S_{pub/h} = m_h \times 60 \quad (6)$$

- **Segundos de publicidad disponibles por día**

$$S_{pub/d} = S_{pub/h} \times H_d \quad (7)$$

- **Segundos vendidos por día (según escenario)**

$$S_{vend/d} = f \times S_{pub/d} \quad (8)$$

- **Cantidad de spots vendidos por día**

$$N_{spots/d} = \frac{S_{vend/d}}{d} \quad (9)$$

- **Ingreso diario por publicidad**

$$I_d = N_{spots/d} \times P_{spot} \quad (10)$$

- **Ingreso anual por publicidad**

$$I_a = I_d \times D_a \quad (11)$$

### 3.8.6 Ingresos anuales para IPTV y OTT según su modelo de negocio

Para la plataforma de IPTV y OTT el modelo de negocio que se evaluó fue el de suscripción mensual, en este modelo de negocio los ingresos dependen del número de suscriptores activos y la tarifa del plan ofrecido en este caso para IPTV se fijó un precio referencial se revisaron tarifas publicadas en servicios de TV por Internet en Ecuador, tomando como referencia valores del orden de USD 18,50–22,99/mes (por ejemplo, planes de un proveedor que incluye “Internet + IPTV” desde USD 18,50/mes y servicios de TV por Internet con precio mensual publicado) [46], [47]. Con esta referencia se decidió establecer un precio de USD 18,00/mes de la misma forma para el sistema de OTT se definió como un valor referencial representativo del mercado ya que en Ecuador existen suscripciones OTT con precios alrededor de USD 10,99/mes (reportado para planes de streaming en el país) [48], por lo que se adoptó USD 12,00/mes como valor conservador para el escenario de evaluación.

Adicional a todo esto fue esencial saber cuántos usuarios se pueden distribuir simultáneamente para lo que se estableció un factor de concurrencia (contención). En la literatura técnica se describe que, en sistemas de video bajo demanda, la concurrencia pico suele estar alrededor de 5%–10% de los usuarios totales; para mantener un enfoque conservador y no sobreestimar ingresos, se utilizó una concurrencia mayor (p. ej., 15%) en el escenario base [49]. Finalmente, los ingresos se calcularon bajo tres escenarios de adopción del servicio (30%, 50% y 70%), incorporando una tasa de cobro efectivo (por ejemplo, 95%) para reflejar que no toda facturación se recauda al 100%.

Para el cálculo de los ingresos anuales se definió las siguientes variables:

- $C$ : conexiones simultáneas soportadas (conexiones activas)
- $r$ : tasa de concurrencia (fracción de usuarios simultáneos)
- $U_{tot}$ : usuarios totales estimados (cuentas potenciales)
- $a$ : tasa de adopción (0,30; 0,50; 0,70)
- $U_{subs}$ : suscriptores (cuentas que contratan el servicio)
- $P_m$ : precio mensual del plan (USD/mes)
- $e$ : tasa de cobro efectivo (0–1)
- $I_m$ : ingresos mensuales (USD/mes)
- $I_a$ : ingresos anuales (USD/año)

#### ➤ Ecuaciones de cálculo

- **Usuarios totales a partir de concurrencia**

$$U_{tot} = \frac{C}{r} \quad (12)$$

- **Suscriptores por escenario**

$$U_{subs} = U_{tot} \times a \quad (13)$$

- **Ingresos mensuales (con cobro efectivo)**

$$I_m = U_{subs} \times P_m \times e \quad (14)$$

- **Ingresos anuales**

$$I_a = I_m \times 12 \quad (15)$$

### 3.8.7 Evaluación de rentabilidad

La rentabilidad del sistema se evaluó mediante el Retorno de Inversión (ROI), el cual relaciona el beneficio neto anual generado por la plataforma con respecto a la inversión inicial realizada. Para este análisis se utilizó el Flujo Neto Anual (FNA) matemáticamente calculado como se muestra en la ecuación 16.

$$FNA = I_a - OPEX_{anual} \quad (16)$$

El FMA se define como el excedente anual disponible después de cubrir los costos operativos, por otro lado, el payback nos ayudó a evaluar el tiempo de recuperación y se calculó como la relación entre la inversión inicial (CAPEX) y el flujo neto anual disponible para recuperar dicha inversión en términos matemáticos se calcula como se muestra en la ecuación 17

$$Payback_{años} = \frac{CAPEX}{FNA} \quad (17)$$

y, para expresarlo en meses:

$$Payback_{meses} = Payback_{años} \times 12 = \frac{CAPEX}{FNA} \times 12 \quad (18)$$

En paralelo, la rentabilidad se evaluó mediante el **Retorno de Inversión (ROI)**, definido como el porcentaje que representa el flujo neto anual respecto al CAPEX:

$$\text{ROI} = \frac{\text{FNA}}{\text{CAPEX}} \times 100 \quad (19)$$

En este análisis se consideraron escenarios de ocupación/adopción (por ejemplo 30%, 50% y 70%), calculando FNA, Payback y ROI para cada caso, de modo que el sistema con menor Payback presenta la recuperación más rápida y el sistema con mayor ROI refleja mayor retorno relativo sobre la inversión inicial.

### 3.9 Escala de puntuación y normalización para evaluación multicriterio

Con el fin de integrar los resultados técnicos y económicos que se obtuvieron para las tecnologías TDT, IPTV y OTT se aplicó un análisis multicriterio que permitió comparar de manera estructurada todas las alternativas que se evaluaron para eso se definieron criterios tanto cuantitativos como cualitativos los cuales fueron normalizados y ponderados con el objetivo de sacar un puntaje global para cada tecnología y así poder ver cuál quedaba mejor posicionada en general.

Se utilizó una escala de **0 a 10** para todos los criterios.

#### ➤ Normalización para criterios cuantitativos (min–max)

- Para criterios donde **menor es mejor** (CAPEX, OPEX, Payback, Equilibrio):

$$S = \frac{\max(x) - x}{\max(x) - \min(x)} \times 10 \quad (20)$$

- Para criterios donde **mayor es mejor** (ROI):

$$S = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \times 10 \quad (21)$$

#### ➤ Criterios cualitativos (técnicos)

Cobertura, estabilidad, escalabilidad, complejidad, dependencia de Internet y seguridad se puntuaron en 0–10 con base en las características técnicas descritas en el capítulo 4 (p. ej., TDT con baja dependencia de Internet; OTT con mayor exigencia de DRM/seguridad; IPTV con red administrada).

### c) Cálculo del puntaje total

$$\text{Puntaje total} = \sum \left( \frac{\text{Peso}_i}{100} \times S_i \right) \quad (22)$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El propósito de este capítulo es presentar y analizar los resultados que se obtuvieron a partir de la evaluación de cada uno de los sistemas de distribución audiovisual digital considerados en la presente investigación, se exponen los resultados técnicos y económicos a partir del levantamiento y estimación de CAPEX y OPEX además de indicadores de desempeño económico, entonces a partir de estos resultados se discuten las implicaciones prácticas de viabilidad de cada alternativa tecnológica en el contexto de estudio identificando sus fortalezas limitaciones y condiciones críticas de implementación.

El análisis se desarrolla en dos niveles ya que primero se realizó una evaluación individual para los sistemas TDT, IPTV y OTT explicando su composición técnica, estructura de inversión, CAPEX y OPEX, segundo se integró una composición global mediante un análisis multicriterio el que cual permitió valorar de forma conjunta variables económicas y técnico operativas, entonces este enfoque permite tomar una decisión fundamentada al combinar indicadores cuantificables con criterios cualitativos evaluados mediante una escala de puntuación previamente definida.

#### 4.1 Resultados del sistema TDT

##### 4.1.1 Descripción del escenario de implementación

El escenario que se planteó para TDT corresponde a la implementación de un sistema de TDT con estándar ISD-Tb en el que se consideró:

- Infraestructura física para la estación de transmisión
- Cabecera de producción de contenido
- Contribución y enlace
- Cadena de transmisión digital
- Monitoreo, control capacitaciones y permisos

Para el análisis económico se asume que la estación de TDT tiene un funcionamiento continua de 365 días con una jornada de transmisión de 16 horas diarias y un modelo de negocio de ingresos basado totalmente en publicidad donde que se propone una transmisión de 6 máximos por hora de anuncios, además se evaluaron 3 escenarios de venta, en este caso 30% representa un porcentaje bajo de ventas, 50% un nivel medio o moderado de ventas y 70% para un nivel optimista de ventas, no se considera el 100% de ventas ya que lo que se busca es evaluar es escenario real y no ideal.

##### 4.1.2 Resultados de CAPEX

El CAPEX que se estimó para la implementación de TDT en Riobamba es de USD 187.106,86 distribuido en seis áreas como muestra la tabla 3:

Tabla 3: Costos de inversión para TDT

Área	Monto (USD)	% del CAPEX
Infraestructura general	85.529,02	45,71%
Producción (cabecera de contenidos)	28.090,84	15,01%
Contribución y enlace	26.800,00	14,32%
Transmisión	30.167,00	16,12%
Monitoreo y control	4.520,00	2,42%
Capacitación y permisos	12.000,00	6,41%
<b>Total de CAPEX</b>	<b>187.106,86</b>	<b>100,00%</b>

La infraestructura general concentra la mayor parte del CAPEX representando el 45.71% debido a que incluye elementos indispensables como adecuaciones, obra civil, construcción de la estación transmisora, energía y respaldo, en segundo nivel se observa que en la etapa de transmisión representa el 16.12% y producción el 15.01%.

#### 4.1.3 Resultados de OPEX

El OPEX anual total del sistema de TDT es de USD 127.480,00 como se observa en la tabla 4:

Tabla 4: Costos operativos para TDT

Área	Monto (USD/año)	% del OPEX
Personal	76.080,00	59,68%
Energía eléctrica e infraestructura	20.200,00	15,85%
Transmisión	9.900,00	7,77%
Producción	7.000,00	5,49%
Contribución y enlace	6.300,00	4,94%
Monitoreo y control	4.500,00	3,53%
Capacitación y regulación	3.500,00	2,75%
<b>Total de OPEX ANUAL</b>	<b>127.480,00</b>	<b>100,00%</b>

En el OPEX se puede observar que el rubro más alto está representado el pago de personal representando un 59.68% del OPEX anual lo cual es coherente con una operación que requiere continuidad, soporte técnico y gestión comercial/administrativa. El segundo componente relevante es energía e infraestructura (15,85%), asociado a consumo eléctrico, mantenimiento y arrendamiento/servicios del sitio.

#### 4.1.4 Inversión Total del primer año

Para conocer la inversión total anual se consolida que la inversión n total es igual a los costos de inversión más los costos operacionales lo cual nos indica que el primer año para que la estación de TDT función en Riobamba hay que invertir USD 314.586,86 como se observa en la tabla 5:

Tabla 5: Costos de implementación y operativos para TDT

<b>Concepto</b>	<b>Monto (USD)</b>
CAPEX (implementación)	187.106,86
OPEX (operación anual)	127.480,00
<b>Inversión total (año 1)</b>	<b>314.586,86</b>

#### 4.1.5 Modelos de ingresos del sistema TDT

El modelo de ingresos planteado para TDT se basa en la venta de publicidad con los supuestos presentados en la tabla 6:

Tabla 6: Modelo de negocio planteado para TDT

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Precio por segundo	USD 0,35
Duración del spot	30 s
Precio por spot	USD 10,50
Inventario máximo de publicidad	6 min/hora (360 s/h)
Horas de transmisión al día	16 h/día
Spots máximos por día	192 spots/día
<b>Ingreso máximo anual (100% ocupación)</b>	<b>USD 735.840,00</b>

#### 4.1.6 Indicadores económicos por escenario

Con un OPEX anual fijo de USD 127.480,00 y un CAPEX de USD 187.108,86 se obtiene los indicadores mostrados en la tabla 7.

Tabla 7: Resultados por escenario para TDT

<b>Escenario</b>	<b>Ingresos anuales (USD)</b>	<b>Flujo neto anual FNA (USD)</b>	<b>ROI anual</b>	<b>Payback (meses)</b>
<b>30%</b>	220.752,00	93.272,00	49,85%	24,07
<b>50%</b>	367.920,00	240.440,00	128,50%	9,34
<b>70%</b>	515.088,00	387.608,00	207,16%	5,79

La tabla 5 nos indica los resultados de los tres escenarios donde se observa que los tres escenarios son viables ya que no generan pérdidas y nos indica que en el escenario donde se supone vender el 30% del tiempo de publicidad se espera recuperar tanto los costos de inversión como operativos en aproximadamente 24 meses, esto significa que hay retorno económico, pero requiere constancia comercial, por otro lado, el escenario en el que se plantea vender el 50% de espacios publicidad se espera recuperar el CAPEX y OPEX en aproximadamente 9 meses lo que indica una rápida recuperación de capital, finalmente se observa que el escenario en el que se vende el 70% del espacio publicitario es más rentable

ya que se espera recuperar toda la inversión en aproximadamente 6 meses de operación, pero también el más exigente: demanda capacidad real de ventas y estabilidad del mercado publicitario.

#### **4.1.7 Punto de equilibrio para TDT**

El punto de equilibrio nos muestra como la ocupación mínima de espacios publicitarios vendidos para que el sistema recupere totalmente los costos operacionales sin generar perdidas ni ganancia, es decir el FNA es 0, en este caso TDT debe tener una venta mínima del 17.32% de espacios publicitarios lo que representa en 1,04 minutos vendidos de los 360 minutos de anuncios que se plantean vender, es decir que Con ~17% de ocupación se cubren los costos operativos y el sistema no genera pérdida operativa, pero aún no recupera inversión. Para recuperar CAPEX se requiere superar este umbral y sostener escenarios como 30% o mayores como el del 50% para recuperación acelerada.

#### **4.1.8 Análisis económico de TDT**

El sistema de TDT indica que un CAPX de UDS 187.106,86 y un OPEX de USD 127.480,00 representa una inversión total de USD 314.586,86 donde los costos de inversión más altos son los de infraestructura representado un 45.71% del CAPEX mientras que los costos operativos más altos los representa el pago del personal representado un 59.68% del OPEX total, evidenciando que la sostenibilidad depende tanto de la inversión como de la capacidad operativa. El punto de equilibrio se alcanza con una ocupación mínima de 17,32% del inventario publicitario. Bajo los escenarios analizados, el 50% de ocupación se perfila como el escenario más equilibrado entre viabilidad y exigencia comercial, al lograr ROI anual de 128,50% y payback de ~9,34 meses.

### **4.2 Resultados del sistema IPTV**

#### **4.2.1 Descripción del escenario de implementación**

El escenario de IPTV se plantea como un servicio de televisión sobre IP que integra canales en vivo y de VOD es accesible mediante el uso de aplicaciones para Smart TV, móviles y páginas web. Hay que tener en cuenta que el modelo se estructura con una arquitectura típica de plataforma: ingest/captura de señal, codificación/transcoding, empaquetado HLS/DASH, mecanismos de seguridad/DRM, servidores de origen y almacenamiento, y distribución mediante CDN/edge, además de un componente de middleware para gestión de usuarios, catálogo/EPG, autenticación y control de sesiones.

Para que el dimensionamiento sea consistente con el comportamiento real del streaming, se aplica el concepto de concurrencia, entendido como el porcentaje de usuarios que consumen contenido simultáneamente. En fase 1, la infraestructura se dimensiona para aproximadamente ~2.000 conexiones simultáneas (con posibilidad de crecimiento), y se adopta una concurrencia pico de 15% como supuesto operativo. Con ello, el universo de usuarios/suscriptores soportados se estima por:

- Usuarios totales  $\approx$  Conexiones simultáneas / Tasa de concurrencia.
- Usuarios totales  $\approx 2.000 / 0,15 \approx 13.300$  usuarios.

Adicionalmente, se consideran reglas operativas simples: 1–2 dispositivos simultáneos por cuenta y una calidad objetivo de hasta 1080p en fase 1, lo cual mantiene el consumo de ancho de banda dentro de límites manejables para el despliegue inicial.

#### 4.2.2 Resultados de CAPEX

El CAPEX estimado del sistema IPTV se estructura en etapas técnicas que habilitan la captura/ingest, codificación, empaquetado, almacenamiento/streaming y entrega mediante CDN, además del equipamiento del usuario final como se muestra en la tabla 8:

Tabla 8: Costos de inversión para IPTV

Área / Etapa del sistema IPTV	CAPEX (USD)	% del CAPEX
Infraestructura general (Data Center & red)	16.635,38	7,92%
Codificación y compresión	32.000,00	15,23%
Empaquetado HLS/DASH & DRM	38.060,00	18,11%
Streaming y almacenamiento (VOD + Live)	40.900,00	19,46%
CDN / Red de entrega de contenido	82.300,00	39,16%
CPE – equipamiento en el hogar (por usuario)	135,00	0,06%
STB + Middleware/DRM cliente (por usuario)	108,35	0,05%
<b>Total de CAPEX</b>	<b>210.138,73</b>	<b>100,00%</b>

La tabla 8 nos muestra que el CAPEX de IPTV se concentra en su mayoría en el CDN representando el 39,16% de los costos inversión y en el bloque de streaming/almacenamiento + empaquetado/DRM juntos representa el 37,6%, lo cual es coherente con IPTV: el valor técnico está en distribuir y proteger el video con estabilidad, baja latencia y control de acceso. A diferencia de TDT (donde pesa infraestructura física y RF), en IPTV el “cuello de botella” es la entrega y el aseguramiento del servicio.

#### 4.2.3 Resultados de OPEX

El OPEX anual contempla costos recurrentes de operación de plataforma, licenciamiento de contenidos, entrega por CDN, mantenimiento de aplicaciones y aspectos legales/copyright como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9: Costos operativos para IPTV

Área operativa IPTV	OPEX anual (USD)	% del OPEX
Infraestructura DC / energía / red	41.325,02	7,69%
Licencias de contenido	184.000,00	34,23%
Codificación / transcoding	40.000,00	7,44%
Empaquetado + DRM + seguridad	30.765,72	5,72%

CDN delivery	90.500,00	16,83%
IPTV / UX / Apps	93.700,00	17,43%
Legal & copyright	57.300,00	10,66%
<b>Total de OPEX anual</b>	<b>537.590,74</b>	<b>100,00%</b>

La tabla 9 nos indica que el OPEX está dominado por licencias de contenido representando el 34,23%, lo que evidencia que el costo de operar IPTV no depende solo de “tecnología”, sino de la disponibilidad legal de catálogo y derechos. En segundo nivel destacan IPTV/UX/Apps con un 17,43% del costo operacional y CDN delivery con un 16,83%, estos rubros están directamente asociados a experiencia del usuario, disponibilidad y consumo de red.

#### 4.2.4 Inversión Total del primer año

Bajo la consolidación actual del estudio, la inversión total del primer año para IPTV se reporta establece en el valor de USD 745.581,47 ya que el CAPEX estimado es USD 210.138,73, por otro lado, el costo operativo anual se estimó en USD 535.442,74 como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10: Costos de implementación y operativos para IPTV

Concepto	Monto (USD)
<b>CAPEX (implementación)</b>	210.138,73
<b>OPEX considerado (operación año 1)</b>	535.442,74
<b>Inversión total (año 1)</b>	<b>747.729,47</b>

#### 4.2.5 Modelos de ingresos del sistema IPTV

El modelo de ingresos del sistema IPTV se fundamenta en suscripción mensual, bajo un plan único, incorporando una tasa efectiva de cobro para reflejar la recaudación real, hay que tener en cuenta que para el dimensionamiento comercial se utiliza como referencia una base potencial de 13.300 usuarios y una concurrencia pico del 15%. Sobre esta base se evalúan tres escenarios de adopción: 30%, 50% y 70%

Tabla 11: Modelo de negocio planteado para IPTV

Parámetro	Valor
Precio del plan	USD 17,00/mes
Usuarios base	13.300
Tasa efectiva de cobro	0,95
Suscriptores (30%)	3.990
Suscriptores (50%)	6.650
Suscriptores (70%)	9.310

#### 4.2.6 Indicadores económicos por escenario

A partir de la recaudación anual calculada por escenario y considerando el OPEX anual de USD 537.590,74, se determina el FNA.

Tabla 12: Resultados por escenario para IPTV

Escenario	Suscriptores	Ingreso mensual (USD)	Ingresos anuales (USD)	FNA (USD)	ROI anual	Payback (meses)
30%	3.990	64.438,50	773.262,00	235.671,26	43,84%	10,6
50%	6.650	107.397,50	1.288.770,00	751.179,26	139,73%	3,35
70%	9.310	150.356,50	1.804.278,00	1.266.687,26	235,62%	1,9

Como se muestra en la tabla 12, se puede observar que con el 30% de los usuarios el FNA es positivo, pero indica que la recuperación de inversión es muy lenta ya que se estima lograr recuperar todo en aproximadamente 27 meses lo cual exige continuidad comercial para sostener el crecimiento, por otro lado en escenario del 50% se observa un salto importante en desempeño financiero ya que el payback indica que se puede recuperar la inversión en aproximadamente 8 meses, indicando un equilibrio adecuado entre viabilidad y exigencia finalmente en el escenario más optimista esperando una venta al 70% de la capacidad de usuarios se espera que se recupere la inversión en aproximadamente 5 meses.

#### 4.2.7 Punto de equilibrio para IPTV

El punto de equilibrio se determina como el número mínimo de suscriptores necesarios para que la recaudación anual iguale el OPEX que en este caso es de USD 537.590,74, manteniendo el precio mensual y la tasa efectiva de cobro, en este caso la cantidad de suscriptores mensualmente debe ser aproximadamente de 2.774 para alcanzar un equilibrio donde no se genere ingresos, pero tampoco pérdidas, esta cantidad representa al 20.86% de los usuarios totales.

#### 4.2.8 Análisis económico de IPVT

El sistema IPTV lo modelan pensando en una base posible de 13.300 usuarios que sale del cálculo por concurrencia y con un precio de suscripción mensual de 17 dólares y un cobro efectivo del 95% entonces el OPEX que manejan por año es de 537.590,74 dólares y cuando hacen el análisis por escenarios ven que el FNA sale positivo desde que llegue al 30% de adopción con un payback que anda en unos 27,4 meses más o menos el punto de equilibrio lo alcanzan con alrededor de 2.774 suscriptores que sería como el 20,86% en cuanto a viabilidad y lo que exige el escenario del 50% es el que se ve más equilibrado porque logra un payback de unos 8,6 meses mientras que si llegan al 70% la rentabilidad se pone mucho mejor con payback de unos 5,1 meses pero eso sí pide más esfuerzo en ventas y en mantener la calidad del servicio bien alta.

### 4.3 Resultados del sistema OTT

#### 4.3.1 Descripción del escenario de implementación

El sistema OTT se plantea como una plataforma de distribución audiovisual sobre Internet público, donde el usuario accede al contenido mediante apps sin depender de una red de acceso propia del operador a diferencia de IPTV. Por tanto, el desempeño del servicio está condicionado por la conectividad del usuario final como el ancho de banda disponible, variabilidad de la red y congestión en horarios pico, lo que obliga a incorporar mecanismos técnicos para garantizar calidad de experiencia (QoE), tales como empaquetado HLS/DASH, DRM, monitoreo y distribución eficiente. Para el análisis económico se adopta un modelo de ingresos por suscripción mensual con un precio del plan: USD 12,00, analizando para una cantidad de usuarios base recomendada de 9.300 con una tasa efectiva de cobro del 95% a su vez se evaluaron escenarios de adopción: 30% / 50% / 70% sobre la base de usuarios

#### 4.3.2 Resultados de CAPEX

El CAPEX total estimado del sistema OTT es de USD 244.700,00, distribuido por etapas técnicas como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Costos de inversión para OTT

<b>Etapas / Área del sistema OTT</b>	<b>CAPEX (USD)</b>	<b>% del CAPEX</b>
Infraestructura general OTT	28.000,00	11,44%
Codificación OTT	37.800,00	15,45%
Segmentación/empaquetado (HLS/DASH) + DRM	36.000,00	14,71%
Licencias (contenido y derechos)	42.300,00	17,29%
Distribución OTT por Internet público	17.600,00	7,19%
Recepción en dispositivos (Apps OTT)	61.300,00	25,05%
Decodificación y visualización (Player OTT)	21.700,00	8,87%
<b>Total de CAPEX</b>	<b>244.700,00</b>	<b>100,00%</b>

La mayor proporción del CAPEX se concentra en apps y recepción en dispositivos representado por el 25,05% del CAPEX, debido a la necesidad de soportar múltiples ecosistemas (Android, iOS, WebOS, Android TV) y asegurar compatibilidad y experiencia de usuario. En segundo plano aparecen licencias de contenido representado por el 17,29% y los bloques de codificación y empaquetado/DRM representando juntos el 30% que son esenciales para entregar video adaptativo y protegido.

#### 4.3.3 Resultados de OPEX

El OPEX anual total del sistema OTT es de USD 496.173,02, incluyendo operación de infraestructura, licencias, seguridad, almacenamiento/streaming, distribución, apps, personal y aspectos legales como se muestra en la tabla 14:

Tabla 14: Costos de operación para OTT

Área operativa OTT	OPEX anual (USD)	% del OPEX
Infraestructura DC / Energía / Red	44.925,02	9,05%
Licencias de contenido OTT	38.400,00	7,74%
Codificación / Transcodificación	30.000,00	6,05%
Empaquetado + DRM + Seguridad	50.000,00	10,08%
Streaming y almacenamiento	98.000,00	19,75%
CDN Delivery	42.068,00	8,48%
Apps & UX/UI	87.500,00	17,63%
Personal	67.080,00	13,52%
Legal & Copyright	38.200,00	7,70%
<b>Total de OPEX anual</b>	<b>496.173,02</b>	<b>100,00%</b>

Los rubros dominantes son Streaming y almacenamiento representando el 19,75% del OPEX y Apps & UX/UI representa el 17,63%, reflejando que OTT requiere inversión recurrente para mantener catálogo, almacenamiento, respaldos, licencias de software y evolución de aplicaciones.

#### 4.3.4 Inversión Total del primer año

Bajo la consolidación actual del estudio, la inversión total del primer año para OTT se reporta establece en el valor de USD 740.872,02 ya que el CAPEX estimado es USD 244.700,00, por otro lado, el costo operativo anual se estimó en USD 496.173,02 como se muestra en la tabla 15:

Tabla 15: Costos de implementación y operativos para OTT

Concepto	Monto (USD)
CAPEX (implementación)	244.700,00
OPEX (operación anual)	496.173,02
<b>Inversión total (año 1)</b>	<b>740.873,02</b>

#### 4.3.5 Modelos de ingresos del sistema OTT

Se utiliza un modelo de ingresos por suscripción mensual (SVOD), con cobro efectivo del 95%, aplicado sobre una base potencial de 9.300 usuarios como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16: Modelo de negocio planteado para OTT

Parámetro	Valor
Precio del plan	USD 12,00/mes
Usuarios base	9.300
Tasa efectiva de cobro	0,95

Suscriptores (30%)	2.790
Suscriptores (50%)	4.650
Suscriptores (70%)	6.510

#### 4.3.6 Indicadores económicos por escenario

Con un OPEX anual fijo de USD 496.173,02 y un CAPEX de USD 244.700,00 se obtiene los indicadores mostrados en la tabla 17.

Tabla 17: Resultados por escenario para OTT

Escenario	Suscriptores	Ingresos anuales (USD)	FNA (USD)	ROI	Payback (meses)
30%	2.790	381.672,00	114.501,02	-46,8%	No aplica (FNA < 0)
50%	4.650	636.120,00	139.946,98	57,2%	20,98
70%	6.510	890.568,00	394.394,98	161,2%	7,45

En la tabla 17 se puede observar que a diferencia de los sistemas anteriores en escenario del 30% el sistema opera con pérdida anual ya que el FNA es negativo lo que indica que este nivel de adopción es insuficiente para cubrir costos operativos, por otro lado el escenario al 50% nos indica que el sistema se vuelve viable ya que el FNA es positivo, pero la recuperación del CAPEX es moderada ya que se estima recuperar la inversión total aproximadamente en 21 meses, considerando un escenario más optimista se observa que al 70% de ocupaciones del servicio el desempeño mejora significativamente, con recuperación del CAPEX aproximada de 8 meses.

#### 4.3.7 Punto de equilibrio para OTT

En este caso OTT requiere una adopción cercana al 39% de la base estimada para cubrir operación. Por debajo de ese valor, la plataforma no sostiene costos anuales por encima, genera flujo positivo y puede recuperar inversión.

#### 4.3.8 Análisis económico de OTT

El sistema OTT presenta un CAPEX de USD 244.700,00 y un OPEX anual de USD 496.173,02, resultando en una inversión total del primer año de USD 740.873,02. El CAPEX está dominado por apps y recepción en dispositivos (25,05%), mientras que el OPEX se concentra en streaming/almacenamiento (19,75%) y mantenimiento de apps/UX (17,63%), reflejando la naturaleza intensiva en plataforma y operación continua. El punto de equilibrio se alcanza con aproximadamente 3.627 suscriptores que representa el 39% de uso del servicio. En los escenarios analizados, 30% no es sostenible, 50% es viable con recuperación en aproximadamente de 21 meses, y 70% ofrece el desempeño más favorable con payback aproximando de 8 meses, aunque requiere una adopción comercial elevada y estabilidad de servicio para sostener retención.

#### 4.4 Comparación técnica de TDT, IPTV y OTT

Con el fin de establecer una comparación homogénea entre las tres alternativas tecnológicas esta investigación se evaluaron criterios técnicos operativos directamente relacionados con la implementación y sostenibilidad del servicio. En esta comparación se considera el tipo de red requerida, dependencia de Internet, escalabilidad, complejidad operativa y requisitos de seguridad/gestión, esto se puede observar en la tabla 18.

Tabla 18: Comparación técnica entre TDT, IPTV y OTT

<b>Criterio técnico</b>	<b>TDT</b>	<b>IPTV</b>	<b>OTT</b>
Medio de distribución principal	Radiodifusión terrestre (RF)	Red IP administrada (operador)	Internet público
Dependencia de Internet del usuario	Baja / no crítica	Media (según acceso)	Alta / crítica
Cobertura potencial	Alta (por área de cobertura RF)	Media–alta (según red de acceso)	Variable (según conectividad y dispositivos)
Calidad y estabilidad del servicio	Alta y estable (si cobertura adecuada)	Alta (controlada por red administrada)	Variable (afectada por congestión y ancho de banda)
Escalabilidad de usuarios	Alta (costo marginal bajo por usuario)	Media–alta (crece con capacidad y red)	Alta, pero dependiente de CDN/infra y costos operativos
Complejidad de operación	Media (RF, mantenimiento e infraestructura)	Alta (plataforma IP + soporte a usuarios)	Alta (plataforma + apps + QoE/seguridad)
Requerimientos de seguridad y control de acceso	Bajos (no hay control por usuario)	Medios–altos (autenticación y control)	Altos (DRM, seguridad, antipiratería)
Requerimientos regulatorios	Altos (frecuencia/licencias radiodifusión)	Medios (servicio y contenidos)	Medios (contenidos, derechos, cumplimiento)
Dispositivos del usuario	TV con receptor TDT	App/STB/Smart TV + red	Apps múltiples (móvil/Smart TV/web)

#### 4.5 Comparación económica entre TDT, IPTV y OTT

Para poder comparar económicamente los tres sistemas se utilizaron los indicadores calculados en las secciones anteriores: CAPEX, OPEX anual, inversión total del primer año, punto de equilibrio y desempeño por escenarios ya que los modelos de negocio no son idénticos porque TDT basado en publicidad y tanto IPTV como OTT se basan en suscripción mensual, se compararon indicadores en condiciones equivalentes de análisis además de los mismos niveles de escenario: 30%, 50% y 70% y se destaca el umbral mínimo de sostenibilidad.

Como se puede observar en la figura 4 se evidencia los costos de inversión de las 3 tecnologías evidenciando las diferencias entre cada alternativa donde se observa que la tecnología TDT necesita el menor costo de inversión con USD 187.106,86, seguida por IPTV con USD 210.138,73, mientras que OTT presenta el valor más elevado con USD 244.700,00. Esto nos indica que las tecnologías basadas en el uso de internet necesitan un mayor costo de inversión con respecto a los sistemas de televisión tradicional.

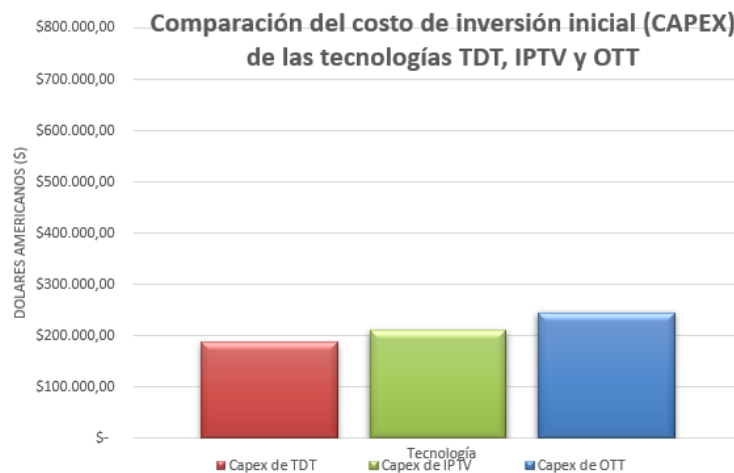


Figura 4. Comparación del costo de inversión de las tecnologías

Por otro lado, como se observa en la figura 5, al momento de comparar los costos de operación anuales que necesita cada una de las tecnologías, se evidencia que IPTV registra un costo operativo más alto con respecto al resto de tecnologías necesitando alrededor de USD 537.590,74. Esto se debe a que IPTV necesita de una red activa que debe ser gestionada y controlada constantemente para su correcto funcionamiento a diferencia de OTT que funciona con sus servicios gestionados en la nube, mientras que TDT mantiene el menor costo operativo debido a su estructura de transmisión más estable y con menor dependencia de recursos dinámicos.

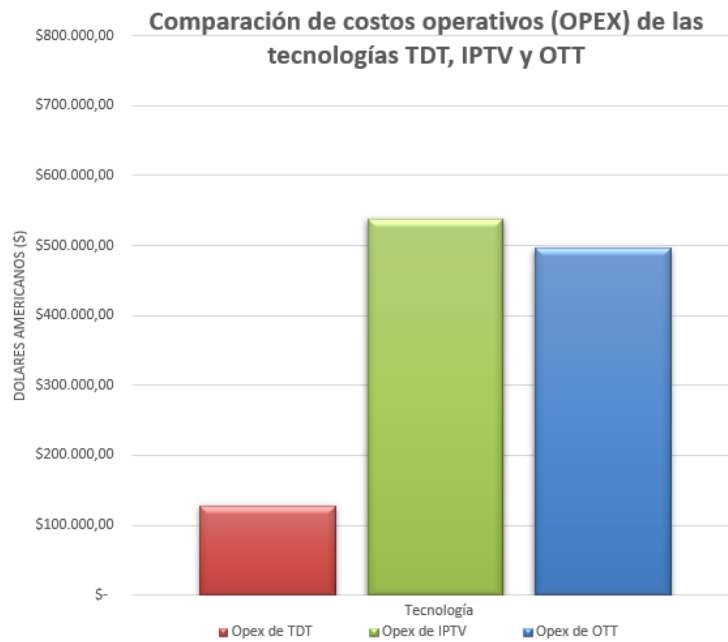


Figura 5. Comparación de costos operativos de las tecnologías

Como se puede ver en la Figura 6 se presentó la comparación de la inversión total del primer año entre las tecnologías TDT IPTV y OTT esa cifra salió de sumar el CAPEX más el OPEX evidenciando que la tecnología IPTV registró el valor más alto llegando a 747.729,47 dólares seguida por la OTT con 740.873,02 dólares, mientras que la TDT mostró una inversión bastante más baja con solo 314.586,86 dólares esta diferencia se explicó principalmente por el alto costo operativo que tienen la IPTV y la OTT porque necesitan una infraestructura más dinámica con transmisión continua almacenamiento y mantenimiento constante de plataformas digitales en cambio la TDT al basarse en un modelo de transmisión más estable y que depende menos de servicios digitales complicados, tuvo una carga económica mucho menor en el primer año, estos resultados permitieron ver claramente el impacto que tiene la combinación entre la inversión inicial y los costos operativos en la viabilidad financiera de cada tecnología dentro del contexto del estudio.

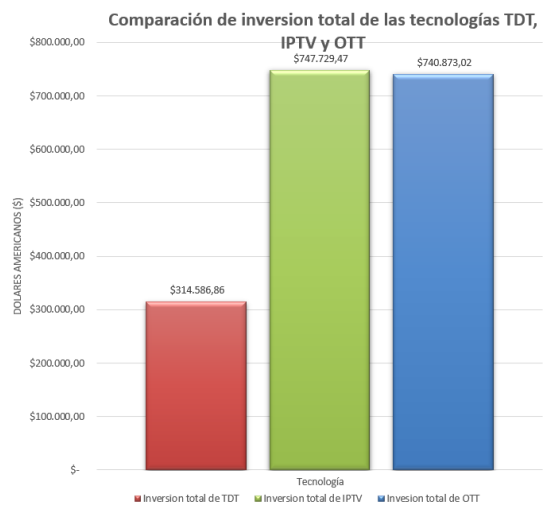


Figura 6. Comparación de inversión total del primer año de las tres tecnologías.

Como se puede ver en la Figura 7 se presentó la comparación del punto de equilibrio de las tecnologías TDT, IPTV y OTT expresado como el porcentaje mínimo de ocupación o adopción que se necesita para cubrir los costos operativos del sistema entonces la TDT mostró el punto de equilibrio más bajo con aproximadamente un 17 % seguida por la IPTV con un 21 % mientras que la OTT registró el valor más alto con un 39 %. Estos resultados indicaron que la TDT necesita menos usuarios o menos esfuerzo de comercialización para llegar a ser sostenible económicamente lo que la convierte en una alternativa más accesible sobre todo en las etapas iniciales de implementación por otro lado el punto de equilibrio más alto de la OTT refleja que depende mucho del número de suscriptores para poder cubrir sus costos operativos lo que implica un mayor riesgo financiero cuando la adopción es baja en el caso de la IPTV su comportamiento intermedio mostró un equilibrio entre la capacidad de escalar y los requerimientos de sostenibilidad consolidándose como una opción viable cuando hay una demanda moderada. Estos resultados fueron coherentes con el análisis de escenarios que se desarrolló en la investigación donde se vio que niveles de adopción más altos son muy importantes para que las plataformas que se basan en Internet resulten viables.

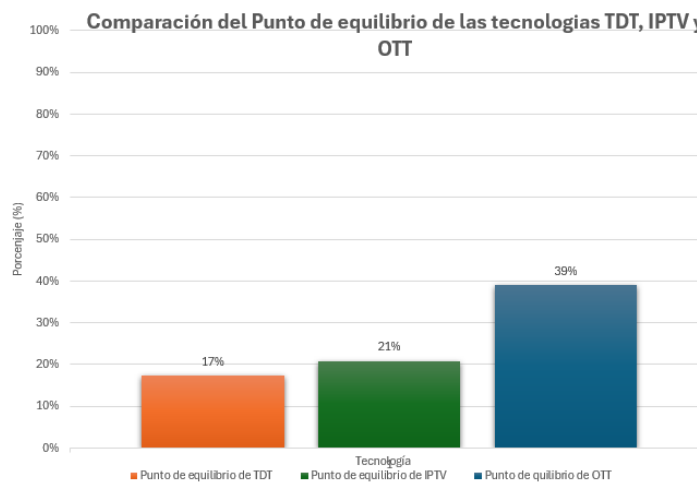


Figura 7. Comparación del punto de equilibrio de las tres tecnologías

Como se puede ver en la Figura 8 en el escenario del 30 % de ocupación del sistema la tecnología IPTV presentó el mayor retorno sobre la inversión llegando a un 122 % lo que evidenció una alta rentabilidad incluso cuando la adopción era baja por su parte la TDT mostró un ROI positivo del 50 % lo que indica que sí logra generar beneficios y recuperar la inversión aunque en menor proporción que la IPTV en contraste la tecnología OTT presentó un ROI negativo de -47 % lo que refleja que no alcanza a cubrir los costos de inversión y operación cuando la ocupación es baja y eso deja claro su alta dependencia del número de usuarios para poder sostenerse financieramente. Estos resultados permitieron identificar que en escenarios más conservadores tanto la IPTV como la TDT presentan mayor viabilidad económica mientras que la OTT implica un mayor riesgo financiero si no se logra alcanzar una masa crítica de usuarios.

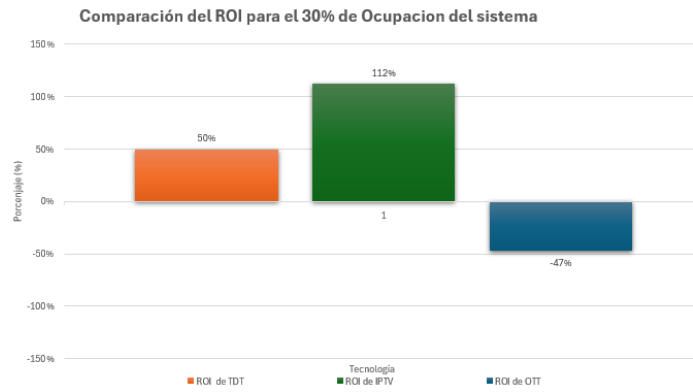


Figura 8. comparación del roi de cada sistema con 30% de ocupación

Como se observa en la Figura 9 al analizar el escenario del 50 % de ocupación del sistema se evidenció un incremento bastante grande en la rentabilidad de todas las tecnologías que se evaluaron entonces en ese contexto la IPTV alcanzó un ROI de 395 % y se consolidó como la alternativa que genera más beneficios lo cual se asocia a su modelo escalable y a que optimiza mejor los costos cuando sube el número de usuarios la TDT con un ROI de 129 % mostró un comportamiento estable y rentable manteniendo un equilibrio bueno entre lo que se invierte y lo que se recupera por su parte la tecnología OTT presentó un ROI de 57 % lo que evidenció que aunque logra superar el punto de rentabilidad su desempeño todavía queda por debajo de las otras tecnologías. Estos resultados reflejaron que a medida que sube el nivel de ocupación las plataformas que se basan en Internet mejoran su desempeño económico, aunque cada una lo hace con diferentes niveles de eficiencia a la hora de recuperar la inversión.

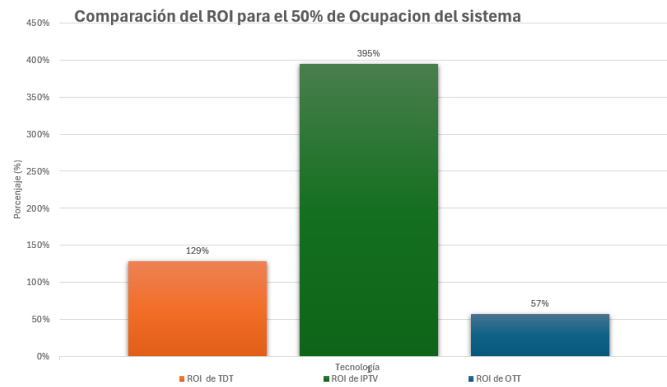


Figura 9. comparación del roi de cada sistema con 50% de ocupación

Como se puede observar en la Figura 10 en el escenario del 70 % de ocupación del sistema todas las tecnologías alcanzaron niveles altos de rentabilidad lo que mostró un comportamiento bien favorable cuando hay mucha adopción entonces en ese contexto la IPTV presentó el mayor retorno sobre la inversión con un 654 % lo que confirma su fuerte capacidad para generar ingresos cuando la demanda ya está consolidada por su parte la TDT alcanzó un ROI de 207 % mostrando un crecimiento sostenido y una rentabilidad sólida gracias a su estructura de costos más baja en el caso de la OTT se observó un ROI de 161 %

lo que indicó una mejora importante comparado con los escenarios anteriores y logró finalmente un desempeño más competitivo. Estos resultados demostraron que a medida que aumenta la ocupación del sistema las diferencias entre las tecnologías se van reduciendo en cuanto a viabilidad, aunque la IPTV mantiene una ventaja clara y se consolida como la alternativa con mayor potencial de retorno en escenarios optimistas de implementación.

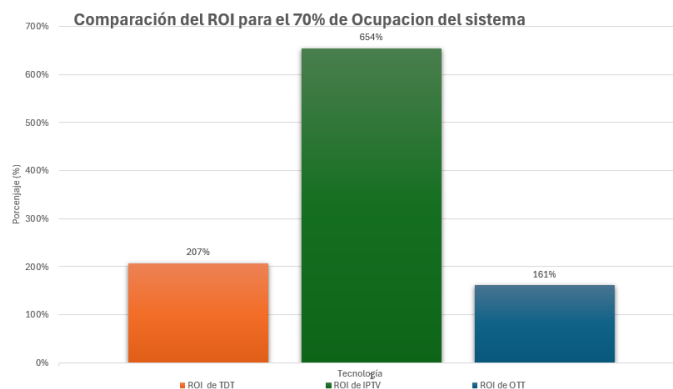


Figura 10. comparación del roi de cada sistema con 70% de ocupación

A partir de los resultados que se presentaron se evidenció que cada tecnología tiene un comportamiento diferente en cuanto a inversión operación y rentabilidad entonces la TDT se posicionó como la alternativa más accesible porque registró el menor CAPEX y OPEX lo que se tradujo en una inversión total más baja en el primer año y un punto de equilibrio más bajo de aproximadamente 17,32 % permitiendo que llegue a ser viable incluso en escenarios conservadores por su parte la IPTV aunque necesita una inversión inicial y operativa bastante más alta destacó por su gran potencial de rentabilidad ya que alcanzó los valores más altos de ROI en todos los escenarios analizados sobre todo cuando la adopción es mayor lo que muestra su alta eficiencia económica cuando se hace a escala en contraste la tecnología OTT presentó los mayores requerimientos de inversión y un punto de equilibrio bastante más alto de 38,99 % lo que limita su viabilidad cuando la adopción es baja como se vio en el ROI negativo al 30 % sin embargo su desempeño mejora a medida que sube el nivel de ocupación y logra resultados positivos en escenarios intermedios y altos en cuanto al tiempo de recuperación de la inversión tanto la IPTV como la TDT mostraron los mejores tiempos en escenarios favorables mientras que la OTT necesita un periodo más largo para recuperar la plata. En conjunto estos resultados permitieron concluir que la TDT ofrece mayor estabilidad y menor riesgo inicial la IPTV tiene el mayor potencial de retorno económico y la OTT se presenta como una alternativa viable únicamente cuando hay una alta adopción del servicio.

Tabla 19: Resumen de comparación económica

Indicador	TDT	IPTV	OTT
CAPEX (USD)	187.106,86	210.138,73	244.700,00
OPEX anual (USD)	127.480,00	537.590,74	496.173,02

Inversión total año 1 (USD)	314.586,86	747.729,47	740.873,02
Punto de equilibrio	17,32% ocupación publicitaria	20,86% adopción suscripción	38,99% adopción suscripción
Viabilidad al 30%	Viable	Viable	No viable
Viabilidad al 50%	Viable	Viable	Viable
Viabilidad al 70%	Viable	Viable	Viable
ROI (escenario 30%)	50%	112%	-47%
ROI (escenario 50%)	135%	395%	57%
ROI (escenario 70%)	207%	654%	161%
Payback (escenario 30%)	24,07 meses	10,6 meses	-
Payback (escenario 50%)	9,34 meses	3,35 meses	20,98 meses
Payback (escenario 70%)	5,8 meses	1,9 meses	7,45 meses

Tabla 20: Flujo Neto Anual (FNA) por escenarios (USD)

Sistema	FNA 30%	FNA 50%	FNA 70%
TDT	93.272,00	240.440,00	387.608,00
IPTV	235.671,26	751.179,26	1.266.687,26
OTT	-114.501,02	139.946,98	394.394,98

Estos resultados obtenidos muestran que no existe una “mejor tecnología absoluta”; la recomendación depende del equilibrio entre costos, alcance, complejidad operativa de cada uno de los sistemas y dependencia de conectividad.

#### ➤ Costo e inversión anual

En cuanto a costos e inversión anual se observa que TDT presenta la menor inversión total del primer año, debido a que este sistema tiene un OPEX significativamente menor, esto reduce la presión financiera anual y favorece la sostenibilidad en etapas iniciales, por otro lado, los sistemas IPTV y OTT tienen inversiones similares en el primer año los valores oscilan aproximadamente entre USD 741 y 748 mil, impulsadas por costos recurrentes de plataforma, licencias, distribución y mantenimiento. Esto implica una mayor exigencia de ingresos constantes.

#### ➤ Alcance y acceso del usuario

En cuanto al alcance y acceso del usuario se puede estimar que TDT puede lograr un alto alcance territorial con una infraestructura RF bien dimensionada y sin requerir Internet en el usuario final, lo cual es ventajoso en entornos con conectividad heterogénea, a diferencia de IPTV que depende de una red IP administrada, lo cual permite control de calidad pero limita el alcance a donde exista esa red por otro lado OTT ofrece acceso multiplataforma amplio, pero su calidad real depende directamente del Internet disponible del usuario.

#### ➤ **Complejidad operativa y riesgo tecnológico**

Al analizar la complejidad operativa y riesgo tecnológico notamos que TDT implica operación RF, permisos y mantenimiento físico, pero su modelo es relativamente estable una vez desplegado a diferencia de IPTV que requiere operación de plataforma, monitoreo, soporte y gestión de usuarios, aumentando complejidad técnica y demanda de personal especializado por otro lado OTT eleva aún más la complejidad por la necesidad de mantener apps en varios ecosistemas, monitoreo de QoE, protección antipiratería y optimización de distribución.

#### ➤ **Dependencia de Internet y calidad percibida**

En este aspecto TDT minimiza el riesgo asociado a conectividad del usuario final a diferencia de IPTV que reduce parcialmente al operar sobre red administrada y OTT es el más sensible a congestión, variabilidad de ancho de banda y picos de demanda, por lo que exige mayor inversión operativa para sostener calidad.

#### ➤ **Viabilidad y umbral mínimo**

En términos de umbral mínimo, TDT (17,32%) e IPTV (20,86%) requieren niveles de ocupación adopción más alcanzables para sostener operación, pero OTT (39%) exige una adopción considerablemente más alta para cubrir OPEX y es por esto por lo que este sistema es más dependiente del éxito comercial.

## **4.6 Análisis multicriterio**

### **4.6.1 Definición de criterios y justificación**

Con el fin de integrar los resultados técnicos y económicos que se obtuvieron en la evaluación de las tecnologías TDT IPTV y OTT se aplicó un análisis multicriterio ponderado el cual permitió comparar de manera estructurada todas las alternativas en función de varias variables importantes para tomar decisiones entonces este método resultó adecuado porque la selección de una tecnología de distribución audiovisual no depende solo de un indicador aislado sino de cómo se combinan los factores económicos y técnicos que determinan si es viable o no dentro del contexto de la ciudad de Riobamba en ese sentido el análisis multicriterio permitió incorporar al mismo tiempo variables cuantitativas y cualitativas lo que facilitó una evaluación más completa de cada tecnología.

Para desarrollar el análisis se tomó como referencia el escenario del 50 % de ocupación del sistema porque representa una condición intermedia de adopción del servicio este escenario permitió hacer una comparación más equilibrada entre las alternativas evitando el sesgo que pueden tener los escenarios extremos no obstante los resultados que se obtuvieron después se contrastaron con los escenarios del 30 % y 70 % con el fin de validar que el comportamiento de cada tecnología fuera consistente.

Los criterios que se consideraron en el análisis se clasificaron en dos grupos principales que son los económicos y los técnicos entonces como se observa en la Tabla 21 se definieron once criterios que permiten evaluar de manera más completa e integral cada una de las tecnologías.

Tabla 21: Criterios de evaluación

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
<b>CAPEX</b>	Inversión inicial de implementación	Menor es mejor
<b>OPEX anual</b>	Costo anual de operación	Menor es mejor
<b>ROI (50%)</b>	Retorno sobre la inversión	Mayor es mejor
<b>Payback (50%)</b>	Tiempo de recuperación	Menor es mejor
<b>Punto de equilibrio</b>	Nivel mínimo de operación	Menor es mejor
<b>Cobertura</b>	Alcance del servicio	Mayor es mejor
<b>Calidad / estabilidad</b>	Continuidad y confiabilidad del servicio	Mayor es mejor
<b>Escalabilidad</b>	Capacidad de crecimiento del sistema	Mayor es mejor
<b>Complejidad operativa</b>	Dificultad de operación y mantenimiento	Menor es mejor
<b>Dependencia de Internet</b>	Nivel de dependencia de la conectividad del usuario	Menor es mejor
<b>Seguridad y control de acceso</b>	Protección de contenido y autenticación	Mayor es mejor

#### 4.6.2 Asignación de pesos

A cada uno de los criterios se le asignó un peso porcentual dependiendo de qué tan importante era dentro del objetivo de la investigación entonces como se muestra en la Tabla 22 los criterios económicos concentraron el 75 % de la ponderación total mientras que los criterios técnicos representaron solo el 25 %.

Tabla 22: Pesos por criterio

<b>Criterio</b>	<b>Peso (%)</b>
<b>CAPEX</b>	15
<b>OPEX anual</b>	15
<b>ROI (50%)</b>	20

<b>Payback (50%)</b>	15
<b>Punto de equilibrio</b>	10
<b>Cobertura</b>	8
<b>Calidad / estabilidad</b>	5
<b>Escalabilidad</b>	4
<b>Complejidad operativa</b>	3
<b>Dependencia de Internet</b>	3
<b>Seguridad y control de acceso</b>	2
<b>Total</b>	<b>100</b>

La justificación específica de cada ponderación se presenta a continuación.

- Al CAPEX se le asignó un peso de 15 % porque es uno de los factores que más influyen en si se puede implementar o no cualquier tecnología este criterio sirve para medir cuánto dinero hay que desembolsar al principio para poner a funcionar el sistema y por eso tiene una incidencia directa en la decisión de inversión.
- Al OPEX anual también se le dio un peso de 15 % ya que representa la carga económica que se tiene que pagar todos los años para mantener el servicio funcionando este criterio es clave para ver si el sistema se puede sostener a mediano y largo plazo sobre todo en tecnologías que necesitan operación continua mantenimiento de plataformas y mucho consumo de recursos.
- Al ROI se le asignó el mayor peso con un 20 % porque es el indicador que mejor muestra la rentabilidad real del sistema este criterio permite identificar cuál tecnología ofrece la mejor relación entre lo que se invierte y los beneficios que genera y por eso se convirtió en el principal referente para decidir la viabilidad financiera de cada alternativa.
- Al payback o periodo de recuperación de la inversión se le dio un peso de 15 % debido a que mide el tiempo que se tarda en recuperar el capital invertido este criterio es importante porque ayuda a valorar el nivel de riesgo financiero de cada tecnología ya que un tiempo de recuperación más corto significa menos riesgo y hace que el proyecto sea más atractivo.
- Al punto de equilibrio se le asignó un peso de 10 % porque este criterio indica el nivel mínimo de adopción o utilización que se necesita para cubrir los costos operativos del sistema, aunque es un indicador útil de sostenibilidad su influencia es menor que la del ROI el CAPEX el OPEX y el payback ya que solo complementa la evaluación financiera general.

En cuanto a los criterios técnicos estos recibieron en total el 25 % de la ponderación porque, aunque no son el eje principal del estudio sí sirven para complementar la parte económica y lograr una valoración más completa del desempeño de cada tecnología.

- A la cobertura se le dio el mayor peso dentro de los criterios técnicos con un 8 % ya que determina la capacidad de alcance de la tecnología hacia los usuarios finales este aspecto es importante en servicios audiovisuales porque influye directamente en cuánta gente puede acceder al sistema dentro del área de estudio.
- A la calidad y estabilidad del servicio se les asignó un peso de 5 % porque permiten valorar la continuidad la confiabilidad y el desempeño general de la tecnología, aunque este criterio afecta la experiencia del usuario su peso es menor al de la cobertura y a los factores económicos ya que en esta investigación lo principal era analizar la viabilidad de implementación.
- A la escalabilidad se le dio un peso de 4 % considerando su importancia para que el sistema pueda adaptarse al crecimiento de usuarios o de la demanda este criterio es relevante especialmente cuando se piensa en expansión, aunque su efecto en la decisión inicial es más bien complementario frente a los indicadores financieros.
- A la complejidad operativa se le asignó un peso de 3 % porque expresa el nivel de dificultad que implica administrar mantener y dar soporte técnico al sistema si bien influye en la gestión diaria su impacto es secundario comparado con los costos y la rentabilidad.
- A la dependencia de Internet se le dio un peso de 3 % ya que permite medir cuánto depende el funcionamiento del servicio de la conectividad del usuario final este aspecto es importante en tecnologías que funcionan por red, aunque su incidencia en la decisión global es menor frente a las variables económicas y de cobertura.
- Finalmente, a la seguridad y control de acceso se les asignó un peso de 2 % porque, aunque son relevantes para proteger el contenido autenticar usuarios y evitar accesos no autorizados no constituyen el factor principal de decisión para la implementación inicial dentro del contexto que se analizó.

#### **4.6.3 Evaluación de los criterios económicos**

Como se estableció en la metodología los criterios económicos se evaluaron mediante un proceso de normalización utilizando el método min-max con el fin de transformar los valores originales a una escala común que va de 0 a 10 entonces este procedimiento permite comparar directamente indicadores que tienen diferentes unidades y magnitudes sin que eso

complique las cosas. Los valores base que se utilizaron en el análisis se presentan en la Tabla 23 donde se incluyen los indicadores económicos correspondientes al escenario del 50 %.

Tabla 23: Datos económicos base (escenario 50%)

<b>Criterio</b>	<b>TDT</b>	<b>IPTV</b>	<b>OTT</b>
<b>CAPEX (USD)</b>	187.106,86	210.138,73	244.700,00
<b>OPEX anual (USD)</b>	127.480,00	537.590,74	496.173,02
<b>ROI (50%)</b>	135%	395%	57%
<b>Payback (meses)</b>	9,34	3,5	20,98
<b>Punto de equilibrio</b>	17,32%	20,86%	38,99%

Como se observa en la tabla la tecnología TDT presenta los menores valores en CAPEX y OPEX lo que indica que tiene una inversión inicial más baja y también menores costos operativos por otro lado la IPTV registra el mayor ROI y el menor tiempo de recuperación lo cual refleja una alta rentabilidad en contraste la OTT presenta los valores más altos en CAPEX OPEX y punto de equilibrio lo que afecta negativamente su desempeño económico. A partir de estos valores se realizó la normalización de los criterios cuyos resultados se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24: Normalización de criterios económicos (0-10)

<b>Criterio</b>	<b>TDT</b>	<b>IPTV</b>	<b>OTT</b>
<b>CAPEX</b>	10,0	6,4	0,0
<b>OPEX</b>	10,0	0,0	1,0
<b>ROI</b>	2,3	10,0	0,0
<b>Payback</b>	9,4	10,0	0,0
<b>Equilibrio</b>	10,0	8,3	0,0

Como se puede observar en la Tabla 24 la TDT obtiene la máxima puntuación en CAPEX OPEX y punto de equilibrio debido a que presenta los valores más bajos en estos indicadores entonces la IPTV en cambio alcanza la puntuación máxima en ROI y payback lo que refleja su alta rentabilidad y la rápida recuperación de la inversión por su parte la OTT presenta las puntuaciones más bajas en la mayoría de los criterios económicos lo cual evidencia su menor viabilidad en el escenario que se analizó.

#### 4.6.4 Evaluación de los criterios Técnicos

Los criterios técnicos se evaluaron en una escala de 0 a 10 con base en las características funcionales de cada tecnología entonces se tomaron en cuenta aspectos como el medio de distribución la estabilidad del servicio la dependencia de la conectividad la capacidad de escalabilidad y los mecanismos de seguridad que se implementaron. Las calificaciones que se asignaron se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25: Evaluación de criterios técnicos (0–10)

<b>Criterio</b>	<b>TDT</b>	<b>IPTV</b>	<b>OTT</b>
<b>Cobertura</b>	9	7	6
<b>Calidad / estabilidad</b>	8	9	6
<b>Escalabilidad</b>	9	7	8
<b>Complejidad operativa</b>	7	4	4
<b>Dependencia de Internet</b>	10	6	2
<b>Seguridad y control de acceso</b>	3	7	9

Como se observa en la Tabla 25 cada calificación responde a las características técnicas propias de cada tecnología las cuales se justifican a continuación.

- En cobertura la TDT obtiene una calificación de 9 debido a que tiene una capacidad de cobertura amplia mediante radiodifusión terrestre y permite llegar a grandes áreas geográficas sin depender de la conectividad del usuario la IPTV recibe un valor de 7 ya que su cobertura depende de la infraestructura de red del operador mientras que la OTT obtiene 6 porque su alcance está condicionado por la disponibilidad de Internet y de dispositivos en el usuario final.
- En calidad y estabilidad del servicio la IPTV alcanza la mayor calificación con un 9 debido a que opera sobre redes administradas lo que garantiza una mayor estabilidad y control del servicio la TDT obtiene un valor de 8 por su transmisión constante y estable siempre que exista cobertura adecuada en cambio la OTT recibe 6 porque su calidad puede verse afectada por la congestión de red y el ancho de banda disponible.
- En escalabilidad la TDT presenta una calificación de 9 ya que permite atender a múltiples usuarios sin incrementar significativamente los costos debido a su naturaleza de difusión la OTT obtiene 8 al permitir un crecimiento amplio, aunque depende de infraestructura adicional como servidores y CDN la IPTV alcanza 7 dado que su escalabilidad depende de la capacidad de la red y del operador.
- En complejidad operativa la TDT obtiene un valor de 7 debido a que su operación requiere infraestructura de transmisión y mantenimiento técnico, pero con menor complejidad que las plataformas basadas en IP la IPTV y la OTT reciben una calificación de 4 ya que implican una mayor complejidad operativa relacionada con la gestión de plataformas usuarios aplicaciones y servicios.
- En dependencia de Internet la TDT alcanza la máxima puntuación con un 10 debido a que no depende de Internet para su funcionamiento la IPTV obtiene 6 ya que requiere conectividad, pero en una red controlada la OTT recibe 2 al depender completamente de la conexión a Internet del usuario lo que puede afectar significativamente su desempeño.

- En seguridad y control de acceso la OTT obtiene la mayor calificación con un 9 debido a la implementación de sistemas avanzados de protección de contenido como DRM y autenticación de usuarios la IPTV recibe 7 por contar con mecanismos de control de acceso dentro de redes administradas por su parte la TDT obtiene 3 ya que no dispone de mecanismos de control individual sobre los usuarios.

#### 4.6.5 Matriz multicriterio y Puntuación

Una vez que se obtuvieron los valores normalizados de los criterios económicos y las calificaciones de los criterios técnicos se integraron todos en la matriz multicriterio como se presenta en la Tabla 26 donde IPTV destaca en los indicadores de rentabilidad mientras que la TDT presenta mejores resultados en costos y cobertura por su parte la OTT presenta valores bajos en los criterios económicos lo que afecta su desempeño global.

Tabla 26: Matriz multicriterio

<b>Criterio</b>	<b>TDT</b>	<b>IPTV</b>	<b>OTT</b>
<b>CAPEX</b>	10,0	6,4	0,0
<b>OPEX</b>	10,0	0,0	1,0
<b>ROI</b>	2,3	10,0	0,0
<b>Payback</b>	9,4	10,0	0,0
<b>Equilibrio</b>	10,0	8,3	0,0
<b>Cobertura</b>	9,0	7,0	6,0
<b>Calidad</b>	8,0	9,0	6,0
<b>Escalabilidad</b>	9,0	7,0	8,0
<b>Complejidad</b>	7,0	4,0	4,0
<b>Dependencia</b>	10,0	6,0	6,0
<b>Seguridad</b>	3,0	7,0	9,0

El puntaje final de cada tecnología se obtuvo mediante la suma ponderada de los criterios considerando los pesos que se definieron previamente, entonces los resultados se presentan en la Tabla 27 donde IPTV se posiciona como la alternativa más favorable principalmente debido a su alto rendimiento en términos de rentabilidad y tiempo de recuperación de la inversión por otro lado la TDT presenta un comportamiento equilibrado y se destaca por sus bajos costos alta cobertura y menor dependencia de Internet. En contraste la tecnología OTT presenta el menor puntaje lo cual se explica por sus altos costos operativos elevado punto de equilibrio y fuerte dependencia de la conectividad del usuario.

Tabla 27. Puntaje final

Tecnología	Puntaje (0–10)	Puntaje (0–100)	Ranking
<b>IPTV</b>	<b>6,97</b>	<b>69,7</b>	<b>1</b>

<b>TDT</b>	<b>6,92</b>	<b>69,2</b>	<b>2</b>
<b>OTT</b>	<b>2,30</b>	<b>23,0</b>	<b>3</b>

Los resultados obtenidos en el análisis multicriterio son consistentes con el comportamiento observado en los escenarios del 30% y 70%. Como se evidenció en las figuras correspondientes del capítulo 4, OTT no resulta viable en el escenario del 30%, mientras que IPTV y TDT mantienen resultados positivos.

En el escenario del 70%, todas las tecnologías mejoran su desempeño; sin embargo, IPTV continúa liderando en términos de rentabilidad. Esto confirma que la jerarquización obtenida en el análisis multicriterio es coherente y valida la robustez de los resultados.

#### **4.7 Discusión**

Los resultados que se obtuvieron en el análisis técnico-económico y en la evaluación multicriterio permitieron hacer una comparación completa entre las tecnologías de distribución audiovisual TDT IPTV y OTT en el contexto de la ciudad de Riobamba, entonces en conjunto los indicadores que se analizaron mostraron diferencias importantes en inversión, operación, rentabilidad y desempeño técnico lo que incide directamente en si cada una se puede implementar o no de forma viable.

Desde el punto de vista económico como se vio en las tablas y figuras del capítulo 4 la tecnología IPTV presentó el mayor rendimiento financiero y se destacó por alcanzar los valores más altos de ROI en los distintos escenarios evaluados además de tener los menores tiempos de recuperación (payback) en particular en el escenario del 50 % la IPTV registró un ROI bastante superior al de TDT y OTT lo que indica una alta capacidad para generar ingresos en relación con la inversión que se hizo este comportamiento se mantuvo incluso en el escenario optimista del 70 % donde la IPTV consolidó su posición como la alternativa más rentable.

No obstante, estos resultados hay que interpretarlos considerando que la IPTV también tiene los mayores costos operativos OPEX lo cual implica una mayor exigencia en gestión infraestructura y sostenibilidad financiera, esto sugiere que, aunque la IPTV es muy rentable, su implementación requiere una buena planificación operativa y un nivel de demanda suficiente para recuperar la inversión y cubrir los costos que se repiten todo el tiempo.

Por otro lado la tecnología TDT presentó un comportamiento económico más equilibrado como se observó en los resultados esta tecnología registró los menores valores de CAPEX y OPEX lo que reduce bastante la barrera de entrada y el riesgo financiero que implica implementarla además su punto de equilibrio es el más bajo entre las tecnologías analizadas lo que indica que necesita menos ocupación para ser sostenible aunque su ROI es inferior al

de la IPTV, la TDT mantuvo valores positivos en todos los escenarios lo que evidencia su estabilidad y viabilidad económica sobre todo en condiciones de adopción moderada.

En contraste la tecnología OTT presentó limitaciones importantes desde el punto de vista económico como se evidenció en el escenario del 30 % la OTT no resultó viable debido a que tuvo un ROI negativo altos costos operativos y un punto de equilibrio muy elevado esto indica que su sostenibilidad depende mucho de alcanzar niveles altos de adopción del servicio sin embargo en escenarios más favorables como el 50 % y 70 % la OTT logró mejorar su desempeño aunque sin llegar a los niveles de rentabilidad de la IPTV ni a la estabilidad de la TDT.

Desde el punto de vista técnico las diferencias entre las tecnologías también son importantes la TDT se caracteriza por su alta cobertura y baja dependencia de Internet lo que la convierte en una solución robusta y accesible especialmente en lugares donde la conectividad puede ser limitada esta característica representa una ventaja grande en el contexto local porque garantiza la continuidad del servicio sin depender de la calidad de la red del usuario final.

Por su parte la IPTV destaca por ofrecer una alta calidad y estabilidad del servicio debido a que opera sobre redes administradas que permiten un mayor control del tráfico y de la experiencia del usuario sin embargo su desempeño depende de la infraestructura del operador y de que haya una red adecuada lo cual puede limitar su alcance en ciertas zonas.

En el caso de OTT aunque presenta ventajas en flexibilidad accesibilidad multiplataforma y mecanismos avanzados de seguridad su alta dependencia de Internet constituye una limitación importante la calidad del servicio puede verse afectada por factores externos como la velocidad de conexión la congestión de red y la disponibilidad de ancho de banda lo que introduce variabilidad en la experiencia del usuario.

Los resultados del análisis multicriterio como se presentó en la tabla 27 sintetiza estas diferencias y permiten establecer una jerarquización clara de las tecnologías la IPTV obtuvo el mayor puntaje global lo que confirma su alto desempeño económico y técnico en condiciones favorables de implementación no obstante la TDT presentó un puntaje muy cercano lo cual evidencia que a pesar de su menor rentabilidad constituye una alternativa sólida estable y de menor riesgo.

En este sentido la viabilidad de cada tecnología no debe interpretarse de manera absoluta sino en función del contexto de implementación la IPTV puede considerarse la mejor alternativa desde una perspectiva de rentabilidad siempre que exista una infraestructura adecuada y una demanda suficiente por otro lado la TDT se posiciona como una opción altamente viable en términos de accesibilidad estabilidad y menor riesgo financiero finalmente la OTT representa una alternativa viable únicamente bajo condiciones de alta adopción lo que limita su implementación en escenarios de mercado más conservadores.

En conjunto los resultados obtenidos evidencian que no existe una única solución óptima en todos los casos sino que la elección de la tecnología más adecuada dependerá de factores como el nivel de inversión disponible las condiciones del mercado la infraestructura existente y los objetivos del proyecto sin embargo el análisis realizado permite concluir que la IPTV presenta el mayor potencial de retorno económico mientras que la TDT ofrece una mayor estabilidad y menor riesgo constituyéndose ambas en las alternativas más viables dentro del contexto analizado.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

El presente trabajo permitió comparar de manera estructurada los tres sistemas de distribución audiovisual al contexto de Riobamba teniendo en cuenta los resultados técnicos como la arquitectura, operación, estabilidad y dependencia de conectividad y económicos como CAPEX, OPEX, ROI, payback y punto de equilibrio con ellos cumpliendo los objetivos propuestos a realizar para determinar cuál es la alternativa más conveniente bajo un enfoque de viabilidad y desempeño técnico económico.

Se determinó que la tecnología IPTV presenta el mayor potencial de rentabilidad entre todas las alternativas que se evaluaron esto se evidencia en sus altos valores de retorno sobre la inversión ROI y en sus menores tiempos de recuperación payback especialmente en los escenarios del 50 % y 70 % de adopción entonces estos resultados permiten concluir que la IPTV constituye la alternativa más favorable desde el punto de vista económico siempre que se cuente con una infraestructura adecuada y un nivel de demanda suficiente que garantice la sostenibilidad del sistema.

Por otro lado la tecnología TDT se posiciona como una alternativa sólida y equilibrada y se destaca por sus bajos costos de implementación CAPEX menores costos operativos OPEX y el menor punto de equilibrio entre las tecnologías analizadas estos factores reducen bastante el riesgo financiero que implica implementarla aunque su rentabilidad es menor comparada con la IPTV la TDT mantiene valores positivos en todos los escenarios evaluados lo que confirma su viabilidad económica incluso en condiciones de adopción moderada.

En contraste la tecnología OTT presenta limitaciones importantes en términos de viabilidad económica sobre todo en escenarios de baja adopción como se evidenció en el análisis en el escenario del 30 % la OTT no resulta viable debido a un ROI negativo altos costos operativos y un punto de equilibrio muy elevado si bien su desempeño mejora en escenarios más favorables su sostenibilidad depende mucho de alcanzar niveles altos de adopción lo cual representa un mayor riesgo en el contexto analizado.

Desde el punto de vista técnico se concluye que la TDT ofrece ventajas significativas en cobertura y baja dependencia de Internet lo que la convierte en una solución robusta y accesible por su parte la IPTV destaca por su alta calidad y estabilidad del servicio al operar sobre redes administradas mientras que la OTT presenta mayor flexibilidad y mejores mecanismos de seguridad, aunque con una fuerte dependencia de la conectividad del usuario.

El análisis multicriterio permitió integrar los aspectos técnicos y económicos en una evaluación conjunta y evidenció que la IPTV obtiene el mayor puntaje global seguido de la TDT y finalmente la OTT este resultado confirma que la IPTV es la alternativa más favorable en términos de rentabilidad y desempeño general mientras que la TDT representa una opción más estable y de menor riesgo.

Finalmente se concluye que la elección de la tecnología más adecuada no depende únicamente de un criterio sino del equilibrio entre factores económicos técnicos y contextuales en el caso específico de Riobamba la IPTV se presenta como la mejor opción en escenarios de crecimiento y alta demanda mientras que la TDT constituye una alternativa altamente viable en condiciones de mercado más conservadoras la OTT por su parte requiere condiciones más exigentes para alcanzar niveles adecuados de sostenibilidad.

## **5.2 Recomendaciones**

A partir de los resultados que se obtuvieron en el análisis técnico-económico y en el análisis multicriterio se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a la implementación regulación y desarrollo futuro de las tecnologías de distribución audiovisual en el contexto de la ciudad de Riobamba.

### **5.2.1 Recomendaciones técnicas**

Se recomienda que la implementación de plataformas IPTV se haga sobre infraestructuras de red bien robustas y administradas que garanticen calidad de servicio QoS y estabilidad en la transmisión de contenidos para eso es necesario tomar en cuenta la capacidad de la red la gestión del ancho de banda y poner mecanismos de priorización de tráfico que aseguren una buena experiencia para el usuario.

En el caso de la TDT se recomienda optimizar la planificación de cobertura haciendo estudios de propagación y ubicando de forma estratégica las estaciones transmisoras con el fin de maximizar el alcance del servicio y reducir al mínimo las zonas donde no llega la señal además se sugiere considerar la incorporación de servicios complementarios como interactividad con middleware para mejorar la experiencia del usuario.

Para las plataformas OTT se recomienda implementar infraestructuras escalables que funcionen con servicios en la nube y redes de distribución de contenido CDN que permitan manejar bien el tráfico y garantizar que el servicio esté siempre disponible además es fundamental optimizar las aplicaciones para que funcionen bien en diferentes dispositivos y en distintas condiciones de red considerando que la conectividad de los usuarios puede variar bastante.

De manera general se recomienda incorporar mecanismos de monitoreo continuo del sistema que permitan evaluar cómo está funcionando técnicamente detectar fallas a tiempo y optimizar la operación de todas las plataformas.

### **5.2.2 Recomendaciones regulatorias**

Se recomienda que las entidades regulatorias fortalezcan los marcos normativos relacionados con la implementación de tecnologías de distribución audiovisual sobre todo

en lo que tiene que ver con el uso del espectro radioeléctrico en el caso de la TDT y también en la regulación de contenidos y servicios para plataformas IPTV y OTT.

En el caso de la TDT es importante garantizar una buena asignación y gestión del espectro promoviendo el uso eficiente de las frecuencias disponibles además se sugiere fomentar políticas públicas que impulsen la adopción de la televisión digital especialmente en zonas donde la conectividad es limitada. Para IPTV y OTT se recomienda establecer lineamientos claros sobre la protección de contenidos derechos de autor y mecanismos de control de acceso, así como normativas que regulen la calidad del servicio y la protección de los usuarios.

Adicionalmente se sugiere promover políticas que incentiven la inversión en infraestructura de telecomunicaciones sobre todo en redes de banda ancha lo cual resulta fundamental para el desarrollo de servicios basados en Internet.

### **5.2.3 Recomendaciones económicas**

Se recomienda que la selección de la tecnología a implementar se haga en función del contexto económico y del nivel de demanda que se proyecta en escenarios donde haya mayor capacidad de inversión y una demanda ya consolidada la tecnología IPTV representa la alternativa más rentable debido a su alto retorno sobre la inversión.

En contextos con limitaciones de presupuesto o incertidumbre en la demanda se recomienda considerar la implementación de TDT debido a sus menores costos de inversión y operación, así como su menor punto de equilibrio lo que reduce bastante el riesgo financiero.

Para plataformas OTT se recomienda realizar estudios de mercado más detallados antes de implementarlas con el fin de asegurar que exista un nivel de adopción suficiente que permita cubrir los altos costos operativos y garantizar la sostenibilidad del servicio.

Asimismo, se sugiere evaluar modelos de negocio híbridos que combinen diferentes fuentes de ingresos como publicidad suscripciones y contenidos bajo demanda con el fin de diversificar los ingresos y mejorar la rentabilidad del sistema.

### **5.2.4 Recomendaciones para futuras investigaciones**

Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el análisis incorporando variables adicionales como el comportamiento del usuario la aceptación del servicio la disposición a pagar y el impacto de factores socioculturales en la adopción de las tecnologías.

Asimismo, se sugiere realizar estudios comparativos en otras ciudades o regiones con el fin de validar los resultados obtenidos y analizar cómo influyen los diferentes contextos geográficos y de infraestructura en la viabilidad de cada tecnología.

Finalmente se recomienda profundizar en el análisis de costos a largo plazo incluyendo variables como actualización tecnológica obsolescencia de equipos y evolución de la demanda con el fin de obtener una visión más completa de la sostenibilidad de cada tecnología en el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] «MINTEL presentó el “Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT) 2018-2021” – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información». Accedido: 1 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-presento-plan-maestro-transicion-la-television-digital-terrestre-tdt-2018-2021/>
- [2] E. A. L. Toapanta, J. A. P. Rengel, y C. A. C. Morales, «DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA IPTV Y VOD BASADO EN SOFTWARE LIBRE PARA PROVEEDORES DE TV POR SUSCRIPCIÓN».
- [3] J. L. G. Lega, «Modelo de cálculo del ROI de la formación en el área de desarrollo de competencias y su repercusión en la organización empresarial».
- [4] S. Quito, R. Sebastian, y C. D. R. García, «Trabajo de Titulación para optar el título de Ingeniero en Telecomunicaciones».
- [5] K. J. G. Ocampo, P. A. A. Guapulema, M. G. P. del Castillo, y K. I. P. Camacho, «La brecha digital en la educación ecuatoriana: Desafíos post pandemia: The digital divide in ecuadorian education: post-pandemic challenges», *LATAM Rev. Latinoam. Cienc. Soc. Humanidades*, vol. 5, n.º 5, Art. n.º 5, nov. 2024, doi: 10.56712/latam.v5i5.2907.
- [6] C. A. V. Lojano y M. L. Muro, «El impacto social y cultural de la TDT en las audiencias», *Question/Cuestión*, vol. 3, n.º 74, Art. n.º 74, may 2023, doi: 10.24215/16696581e784.
- [7] A. F. M. Bareiro, «Regulación de los servicios over-the-top (OTT) audiovisual en las Américas».
- [8] «tv\_digital\_ix\_entv-1.pdf». Accedido: 6 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.cntv.cl/wp-content/uploads/2021/10/tv\\_digital\\_ix\\_entv-1.pdf](https://www.cntv.cl/wp-content/uploads/2021/10/tv_digital_ix_entv-1.pdf)
- [9] V. Calle y A. Gabriel, «Estudio para brindar el servicio de IPTV sobre una red FTTH a la ciudad de Azogues».
- [10] «NORMA PARA LA EMISIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE INVERSIÓN AUDIOVISUAL - Lexis». Accedido: 6 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2025-05/Resoluci%C3%B3n%20No.%20002-COSICA-2023.pdf>
- [11] «Documentos Oficiales», TDT Ecuador. Accedido: 6 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/documentos-oficiales/>
- [12] «Identificación de la Necesidad». Accedido: 6 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/Poli%CC%81tica-Pu%CC%81blica-Telecomunicaciones-2023-2025-con-ANEXOS-nuevos-signed-signed-signed-signed\\_firmado.pdf](https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/Poli%CC%81tica-Pu%CC%81blica-Telecomunicaciones-2023-2025-con-ANEXOS-nuevos-signed-signed-signed-signed_firmado.pdf)
- [13] «Resolucion-01-05-2024-EXP-SCPM-IGT-INICPD-10-2022.pdf». Accedido: 6 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.sce.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2024/06/Resolucion-01-05-2024-EXP-SCPM-IGT-INICPD-10-2022.pdf>
- [14] U. Leguisamo y S. Valeria, «LICENCIADA EN COMUNICACIÓN».
- [15] C. O. B. Elizabeth, «ACCESO A LA TECNOLOGÍA: BRECHA ENTRE LAS ZONAS URBANAS Y RURALES DEL ECUADOR».

- [16] «(PDF) Planificación de Frecuencias para Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Ecuador», ResearchGate, ago. 2025, doi: 10.47187/perspectivas.vol1iss1.pp23-35.2019.
- [17] C. N. S. Carlota, «ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS DE TRANSMISIÓN IPTV Y OTT TV (OVER THE TOP-TV) PARA BRINDAR SERVICIOS DE TELEVISIÓN.».
- [18] «Agenda-transformacion-digital-2022-2025.pdf». Accedido: 19 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Agenda-transformacion-digital-2022-2025.pdf>
- [19] «Servicios-OTT-Audiovisuales-n-Internet.-Regular-o-Desregular.pdf». Accedido: 19 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.cntv.cl/wp-content/uploads/2021/12/Servicios-OTT-Audiovisuales-n-Internet.-Regular-o-Desregular.pdf>
- [20] I. S. Urbina, I. O. Fuentes, y I. D. Miranda, «ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR ISDB-T PARA SER UTILIZADO EN UNA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN NICARAGUA.».
- [21] D. A. González, «Red de Frecuencia Única en el estándar ISDB-Tb».
- [22] «norma-television-digital-terrestre.pdf». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/norma-television-digital-terrestre.pdf>
- [23] «consumo-de-los-contenidos-para-la-infancia-en-el-nuevo-escenario-de-la-tdt-libre.pdf». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80115305/consumo-de-los-contenidos-para-la-infancia-en-el-nuevo-escenario-de-la-tdt-libre.pdf?1643883440=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DViejos\\_esquemas\\_nuevas\\_oportunidades\\_con.pdf&Expires=1764055516&Signature=JTrt8ApMsr5nEkFl6UEzas9uLVqOgyP9qgWeETGsKwzqYZJOGCfc7nLswD1Xhothrqn3-vidA0vcIGJ~dWFTBn6WNfjiT6zGDtxkZDFbHacrF0D8NA-ye~zEGhY41AN4ttCA85ep50vbAVtqn~JZeSlvEXg8Kd~2tLOTjySrR9YmiX37DRl6zl6TjkaQQaNSDdojEIwn3Pmlh0AAAtErmX7fCzktAixYUdGG88egrCA9Hu63bYM3ywmdpZI~g22nEk3jtxDy1iwDqAop78cVWJkYFZPbT9NHMUMM4XeC0tonY58GpC-0zfJ9TY5VmO5Y9bOI7b~tYdh4hg32Ajiw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80115305/consumo-de-los-contenidos-para-la-infancia-en-el-nuevo-escenario-de-la-tdt-libre.pdf?1643883440=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DViejos_esquemas_nuevas_oportunidades_con.pdf&Expires=1764055516&Signature=JTrt8ApMsr5nEkFl6UEzas9uLVqOgyP9qgWeETGsKwzqYZJOGCfc7nLswD1Xhothrqn3-vidA0vcIGJ~dWFTBn6WNfjiT6zGDtxkZDFbHacrF0D8NA-ye~zEGhY41AN4ttCA85ep50vbAVtqn~JZeSlvEXg8Kd~2tLOTjySrR9YmiX37DRl6zl6TjkaQQaNSDdojEIwn3Pmlh0AAAtErmX7fCzktAixYUdGG88egrCA9Hu63bYM3ywmdpZI~g22nEk3jtxDy1iwDqAop78cVWJkYFZPbT9NHMUMM4XeC0tonY58GpC-0zfJ9TY5VmO5Y9bOI7b~tYdh4hg32Ajiw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- [24] T. Kim, C. Han, y K. Park, «DTV Essential Hidden Area Decoder for DTV Broadcasting», *Electronics*, vol. 12, n.º 17, p. 3666, ene. 2023, doi: 10.3390/electronics12173666.
- [25] «- Integrated broadcast-broadband system».
- [26] A. P. A. Alvarez, E. B. C. Mora, y C. Y. Flores, «PROPUESTA DE REGULACIÓN PARA LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR».
- [27] R. Seriacopi Rabaça, G. H. Maranhão Garcia De Oliveira, L. Neves Dos Santos Junior, y C. Akamine, «Evaluation of Advanced ISDB-T MODCODs for TV 3.0», *SET Int. J. BROADCAST Eng.*, vol. 2024, n.º 10, ago. 2024, doi: 10.18580/setijbe.2024.3.
- [28] D. C. P. Ávalos, «INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES», n.º 6, 2021.

- [29] «MultiTX Series | TRedess». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.tredess.com/es/multitx-series>
- [30] S. A. C. Choez, A. J. O. Flores, J. C. P. Parrales, y M. C. A. Vélez, «El significado espiritual del Ceibo (Ceiba trichistandra) en el Cerro Jaboncillo, Portoviejo: Learning Style», *Rev. Cienc. Líderes*, vol. 4, n.º 1, pp. 57-68, mar. 2025, doi: 10.47230/revista.ciencia-lideres.v4.n1.2025.57-68.
- [31] «Resumen\_observaciones\_Norma\_TDT.pdf». Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/08/Resumen\\_observaciones\\_Norma\\_TDT.pdf](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/08/Resumen_observaciones_Norma_TDT.pdf)
- [32] C. A. Rodríguez Silva, «Diseño de una red de frecuencia única de televisión digital terrestre para mejorar la cobertura de una estación de televisión abierta ubicada en el cerro Para de la ciudad de Tacna, 2022», *Repos. Inst. - UPT*, may 2024, Accedido: 25 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3440>
- [33] J. E. Dueñas, J. F. de Valgas, y M. C. Y. Flores, «Cobertura De La Señal de Televisión Digital Abierta».
- [34] «T-115116 POSTG118 INTRIAGO MILTON.pdf». Accedido: 19 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/65821/1/T-115116%20POSTG118%20INTRIAGO%20MILTON.pdf>
- [35] J. L. L. Alonso, «Análisis de la penetración del servicio de IPTV en los principales municipios de Colombia», 2022.
- [36] H. Hristov, A. Ignatov, y J. Latal, «APPROACH IN INSTALLING AND CONFIGURING GENERAL PROGRAM MONITORING CLIENT DEVICES FOR IPTV MONITORING OF A1 AND VIVACOM», vol. 15, 2023.
- [37] L. Peroni, «An End-to-End Pipeline Perspective on Video Streaming in Best-Effort Networks: A Survey and Tutorial».
- [38] T. Saini et al., «Cloud-based video streaming services: Trends, challenges, and opportunities», *CAAI Trans. Intell. Technol.*, vol. 9, p. n/a-n/a, mar. 2024, doi: 10.1049/cit2.12299.
- [39] «REVISION: A Roadmap on Adaptive Video Streaming Optimization». Accedido: 27 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/html/2409.06051v1>
- [40] D. Tsolkas et al., «Network & Service Management Advancements - Key frameworks and Interfaces towards open, Intelligent and reliable 6G networks», mar. 2025, doi: 10.5281/ZENODO.14234897.
- [41] D. Nguyen, N. Pham Ngoc, y T. C. Thang, «QoE Models for Adaptive Streaming: A Comprehensive Evaluation», *Future Internet*, vol. 14, n.º 5, p. 151, may 2022, doi: 10.3390/fi14050151.
- [42] J. S. Sidhu, C. Joshi, y A. Bentaleb, «A Multi-CDN Playground for Dash.js: Enabling Integration of CDN Switching Strategies», en *Proceedings of the 16th ACM Multimedia Systems Conference*, en *MMSys '25*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, mar. 2025, pp. 342-348. doi: 10.1145/3712676.3719268.
- [43] D. Pautaje, H. Desde, H. Hasta, y R. Duración, «PROVINCIA MEDIO TELEVISIVO CÓDIGO».

[44] C. Martorell, C. Serra Folch, y P. Castellano, «La percepción de la publicidad interactiva en televisión: un estudio exploratorio», Chasqui Rev. Latinoam. Comun., n.º 152, pp. 251-266, 2023.

[45] «Consultation: Quantity and scheduling of television advertising on public service channels – proposals for removing regulation». Accedido: 1 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/240816-regulating-the-quantity-and-scheduling-of-television-advertising-on-public-service-channels-/associated-documents/consultation-quantity-and-scheduling-of-ads-public-service-channels.pdf?v=329552&utm>

[46] «Pricing – SpeedNet». Accedido: 1 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://speedneet.com.ec/pricing/>

[47] «Televisión Digital SD | Planes de TV con CNT». Accedido: 1 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cnt.com.ec/productos/planes-televisión/paquete-sd>

[48] «Netflix, Max, Disney+ y más plataformas streaming y sus precios, ¿cuánto cuesta suscribirse a todas?», Primicias. Accedido: 1 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/entretenimiento/tv-streaming/precios-netflix-disney-youtube-prime-hbomax-75883/>

[49] «U.S. Patent Application for RESOURCE ALLOCATION FOR VIDEO ON DEMAND Patent Application (Application #20120317604 issued December 13, 2012) - Justia Patents Search». Accedido: 1 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://patents.justia.com/patent/20120317604?utm>

## ANEXOS

### Anexo 1:

Para realizar el estudio de costos de TDT solicite visitar las instalaciones de TV Color canal 36 en la ciudad de Latacunga debido a que es una de las ciudades más cercanas que cuentan con Transmisión de TDT.

Latacunga, 16 de Junio de 2025

Ingeniero Steven Caicedo  
Gerente General  
TV Color Canal 36  
Presente. –

#### De mi consideración:

Yo, Anthony Iturralde, portador de la cédula de ciudadanía No. 1805389762, estudiante de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo, me permito saludarlo cordialmente y, a la vez, solicitar muy respetuosamente su autorización para desarrollar mi proyecto de investigación titulado:

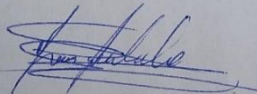
“Diseño técnico comparativo para la implementación de plataformas TDT, IPTV y OTT en la ciudad de Riobamba con análisis de inversión y retorno económico”.

Este estudio tiene como objetivo analizar los efectos económicos que las tecnologías mencionadas han generado en el entorno audiovisual local, y busca aportar con propuestas que puedan servir como herramientas de mejora y adaptación dentro del sector.

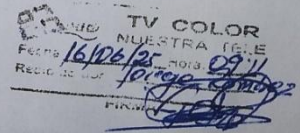
La metodología aplicada se basa en análisis documental y comparativo, sin interrumpir ni alterar las operaciones normales de su medio de comunicación. Me comprometo a manejar toda la información con absoluta confidencialidad y exclusivamente con fines académicos.

Agradezco de antemano su atención y quedo atento a su respuesta favorable.

Atentamente,



Anthony Iturralde  
anthony.iturralde@unach.edu.ec  
0995537368



**Anexo 2:**

En el presente anexo se detalla la lista de componentes económicos considerados para realizar el cálculo del Capex y Opex del sistema de TDT, aquí se detallan los costos de inversión como los de infraestructura, área de producción, área de contribución y enlace, área de transmisión, área de monitoreo y control, capacitación y puesta en marcha y para los costos de operación se detalla datos económicos como el alquiler y energía eléctrica, producción, área de contribución y enlace, área de transmisión, área de monitoreo y control, capacitación, puesta en marcha y personal

**CAPEX**

<b>1. Infraestructura general</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Adecuaciones</b>	Adecuaciones eléctricas	\$ 3.000,00
	Adecuaciones de red	\$ 2.000,00
<b>Construcción de estación transmisora en Cacha</b>	Obras civiles	\$ 12.000,00
	Cimentación de torre	\$ 8.000,00
	Canalizaciones	\$ 4.000,00
	Caseta técnica	\$ 18.000,00
<b>Torre de transmisión (30–40 m)</b>	Estructura metálica galvanizada	\$ 20.000,00
	Sistema de antenas	\$ 4.000,00
	Puesta a tierra	\$ 3.500,00
<b>Sistema de energía eléctrica y respaldo</b>	Tableros	\$ 2.000,00
	UPS	\$ 3.500,00
	Grupo electrogeno	\$ 2.500,00
	Cableado	\$ 1.500,00
<b>Sistema de climatización y seguridad</b>	Aire acondicionado	\$ 725,02

	Cámaras	\$ 632,00
	MB360 ZKTECO	\$ 172,00
<b>Total Infraestructura</b>		\$ 85.529,02

<b>2. Área de Producción (cabecera de contenidos)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Cámaras de estudio (x3 HD/4K)</b>	5 Cámaras de producción y micrófonos	\$ 11.415,00
<b>Consola de audio profesional</b>	Consola de audio digital	\$ 1.999,93
<b>Iluminación de estudio</b>	5 Paneles LED	\$ 1.999,95
<b>Switcher de video y control</b>	Switcher de video / mezclador de producción	\$ 498,00
<b>Servidor de automatización / playout</b>	Sistema de almacenamiento NAS / RAID	\$ 518,02
	Servidor de playout	\$ 499,95
<b>Estudio de grabación / set</b>	Adecuación acústica	\$ 2.500,00
	Mobiliario	\$ 1.500,00
<b>Edición</b>	5 trípodes,	\$ 2.500,00
	cables	\$ 1.200,00
	Computadora de edición	\$ 3.459,99
<b>Total Producción</b>		\$ 28.090,84

<b>3. Área de Contribución y Enlace</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
	Enlace microondas digital (transmisor/receptor)	\$ 12.000,00

<b>Enlace microondas o radioenlace (estudio-transmisor)</b>	Antenas parabólicas direccionales	\$ 2.200,00
	Modulador/demodulador ASI sobre IP	\$ 3.000,00
<b>Equipos de codificación y transporte IP</b>	Encoders	\$ 1.600,00
	Decoders	\$ 3.500,00
	Switch IP gestionable	\$ 2.000,00
<b>Enlace redundante (fibra o IP pública)</b>	Backup de contribución	\$ 2.500,00
<b>Total Contribución</b>		\$ 26.800,00

<b>4. Área de Transmisión</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Transmisor digital ISDB-Tb (1 Kw)</b>	Encoders de video/audio MPEG-4/H.264	\$ 224,00
	Excitador digital ISDB-Tb (modulador COFDM)	\$ 2.500,00
	Transmisor digital UHF (SSPA o IOT)	\$ 3.400,00
	Filtro de máscara / paso banda	\$ 1.800,00
	Conmutador RF (switch TX 1+1)	\$ 4.000,00
	Cable coaxial de baja pérdida (7/8", 1-5/8")	\$ 5.000,00
	Combinador / divisor de potencia	\$ 6.000,00
<b>Antenas transmisoras UHF</b>	Antena UHF (paneles o dipolos)	\$ 2.443,00
<b>Multiplexor / Remultiplexor</b>	Multiplexor ISDB-Tb	\$ 1.800,00
<b>Sistema de monitoreo de potencia y ROE</b>	Control remoto de transmisor	\$ 3.000,00
<b>Total Transmisión</b>		\$ 30.167,00

<b>5. Área de Monitoreo y Control</b>
---------------------------------------

Concepto	Descripción	Costo estimado (USD)
Equipos de monitoreo de señal RF y TS	Analizador de espectro, medidor de MER/VER	\$ 995,00
Sistema de supervisión remota (SNMP)	Software de control de red y alarmas	\$ 325,00
Monitores y displays de control	Pantallas y distribución de señal	\$ 3.200,00
<b>Total Monitoreo</b>		\$ 4.520,00

## OPEX

1. Alquiler y energía eléctrica		
Concepto	Descripción	Costo Anual (USD)
Energía eléctrica – estación transmisora (Cacha)	Abastecimiento de los radios y transmisor en el cerro (promedio 3–5 kW)	\$ 6.800,00
Energía eléctrica – sede operativa	Consumo de iluminación, climatización y equipos de red	\$ 1.800,00
Mantenimiento preventivo de instalaciones	Limpieza, inspecciones estructurales, pintura, climatización	\$ 1.200,00
Seguridad y vigilancia	Cámaras, alarmas y personal o servicio contratado	\$ 2.000,00
Suministros y materiales eléctricos	Reposición de cables, conectores, fusibles, tornillería	\$ 1.200,00
Arrendamiento anual	arrendamiento del establecimiento	\$ 7.200,00
<b>TOTAL OPEX INFRAESTRUCTURA</b>		\$ <b>20.200,00</b>

2. Producción		
Concepto	Descripción	Costo Anual (USD)
Mantenimiento técnico de equipos	Limpieza, calibración y repuestos menores de producción	\$ 3.000,00
Licencias de software y actualización	Adobe, automatización de playout, edición	\$ 2.400,00
Materiales y suministros	Cables, micrófonos, iluminación, accesorios	\$ 1.600,00

<b>TOTAL OPEX PRODUCCIÓN</b>	<b>\$ 7.000,00</b>	

<b>3. Área de Contribución y Enlace</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Anual (USD)</b>
<b>Consumo eléctrico de enlaces y routers</b>	Energía para radioenlaces y equipos de transporte IP	\$ 1.400,00
<b>Pago de servicios de conectividad / internet dedicado</b>	Proveedor ISP para redundancia o backup IP	\$ 2.400,00
<b>Mantenimiento técnico de enlaces</b>	Revisión de alineación, calibración y limpieza de antenas	\$ 1.200,00
<b>Reposición de componentes menores</b>	Cables coaxiales, módulos RF, conectores	\$ 1.300,00
<b>TOTAL OPEX CONTRIBUCIÓN Y ENLACE</b>		<b>\$ 6.300,00</b>

<b>4. Área de Transmisión</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Anual (USD)</b>
<b>Energía eléctrica del transmisor principal</b>	Potencia promedio de operación 1 kW + periféricos	\$ 3.600,00
<b>Pago anual de licencia ARCOTEL</b>	Renovación de autorización de funcionamiento	\$ 800,00
<b>Pago por uso de frecuencia TDT (UHF)</b>	Tasa anual por espectro radioeléctrico	\$ 1.400,00
<b>Mantenimiento preventivo de transmisor y antenas</b>	Calibración, limpieza, revisión de VSWR, filtros	\$ 1.600,00
<b>Combustible o respaldo energético</b>	Grupo electrógeno o sistema solar híbrido	\$ 2.500,00
<b>TOTAL OPEX TRANSMISIÓN</b>		<b>\$ 9.900,00</b>

<b>5. Área de Monitoreo y Control</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Anual (USD)</b>
<b>Energía eléctrica y equipos de control</b>	Monitores, analizadores, servidores de monitoreo	\$ 1.800,00

<b>Mantenimiento y calibración de analizadores</b>	Verificación de instrumentos de medición	\$ 1.200,00
<b>Actualización de software SNMP / monitoreo remoto</b>	Licencias o soporte técnico	\$ 1.500,00
<b>TOTAL OPEX MONITOREO</b>		<b>\$ 4.500,00</b>

<b>6. Capacitación y puesta en marcha</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Anual (USD)</b>
<b>Renovación de permisos ARCOTEL/MINTEL</b>	Licencias anuales y tasas regulatorias	\$ 1.500,00
<b>Capacitación y actualización técnica del personal</b>	Cursos, talleres, certificaciones	\$ 1.200,00
<b>Auditorías y reportes técnicos regulatorios</b>	Documentación para ARCOTEL / MINTEL	\$ 800,00
<b>TOTAL OPEX CAPACITACIÓN Y REGULACIÓN</b>		<b>\$ 3.500,00</b>

<b>7. Personal</b>			
<b>Concepto</b>	<b>PERSONAS</b>	<b>SUELDO MENSUAL</b>	<b>Costo Anual (USD)</b>
Operadores de continuidad / Master Contro	<b>2</b>	\$ <b>520,00</b>	\$ 12.480,00
Técnico RF / Transmisión (guardias y visitas)	<b>2</b>	\$ <b>800,00</b>	\$ 19.200,00
Técnico TI / Redes (soporte parcial)	<b>2</b>	\$ <b>850,00</b>	\$ 20.400,00
Comercial / Ventas publicitarias	<b>2</b>	\$ <b>600,00</b>	\$ 14.400,00
Coordinación operativa / administrativa	<b>1</b>	\$ <b>800,00</b>	\$ 9.600,00
<b>TOTAL OPEX PERSONAL</b>			<b>\$ 76.080,00</b>

### **Anexo 3:**

En el presente anexo se detalla la lista de componentes económicos considerados para realizar el cálculo del Capex y Opex del sistema de IPTV, aquí se detallan los costos de inversión como los de infraestructura, codificación y compresión, segmentación y

empaquetado, servidores de streaming, CDN, recepción final, monitoreo, para los costos de operación se detalla datos económicos como el alquiler y energía eléctrica, licencias de contenido, codificación, empaquetado, CDN, aplicaciones, regulaciones y personal.

### CAPEX

<b>INFRAESTRUCTURA PARA IPTV</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Centro operativo IPTV</b>	Adecuaciones eléctricas (UPS, tomas, canalización)	\$ 3.500,00
	Adecuaciones de red (rack, patch panel, fibra/cat6A)	\$ 2.800,00
<b>Plataforma de ingest y captura</b>	Ingest server dedicado	\$ 1.142,40
	Capturadoras SDI/IP	\$ 145,00
<b>Streaming &amp; almacenamiento</b>	NAS/RAID 40–120TB	\$ 399,99
<b>Red de distribución y backbone</b>	Router ISP 1–10Gbps	\$ 649,99
	Switch Core L3 con QoS IPTV	\$ 850,00
<b>Seguridad y monitoreo</b>	Firewall UTM + IDS/IPS	\$ 5.000,00
<b>TOTAL DE INFRAESTRUCTURA</b>		\$ 16.635,38

<b>Codificación y Compresión – IPTV</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Servidor de codificación/transcoding</b>	Transcoder 1U GPU para H.264/H.265	\$ 10.500,00
	Servidor redundante (N+1)	\$ 9.200,00
<b>Transcoding y normalización</b>	Software multiperfil (240p–1080p–4K)	\$ 3.200,00
	Conversión de bitrate CBR/VBR	\$ 1.100,00
<b>Automatización y conversión masiva</b>	Motor batch transcoding para VOD	\$ 5.400,00
<b>Checksum y control de calidad (QC)</b>	Software de verificación y control técnico	\$ 2.600,00

<b>TOTAL</b>	\$ 32.000,00
--------------	-----------------

<b>Segmentación, EmPaquetado HLS/DASH &amp; DRM – IPTV</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Packager IPTV (HLS/DASH)</b>	Generación de segmentos .ts/.m4s para streaming adaptativo	\$ 11.500,00
	Módulo para perfiles múltiples (SD/HD/4K)	\$ 4.800,00
<b>DRM – Protección de contenido</b>	Licencia Widevine / FairPlay / PlayReady	\$ 7.200,00
	Integración con CAS / PlayOut seguro	\$ 3.500,00
<b>Multiplexor de contenido IPTV</b>	TS multiplexer para canales lineales	\$ 860,00
	Gestión de manifiestos (m3u8, mpd)	\$ 2.600,00
<b>Server-side watermarking</b>	Marca de agua invisible anti-piratería	\$ 3.400,00
<b>Balanceo de carga para empaquetado</b>	Load balancer + failover packaging	\$ 4.200,00
<b>TOTAL</b>		\$ 38.060,00

<b>Servidores de Streaming &amp; Almacenamiento IPTV (VOD + Live)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Servidor redundante (failover HA)</b>	Nodo espejo para continuidad 24/7	\$ 17.800,00
<b>Capa de cache para contenidos populares</b>	Cache SSD NVMe para reducir carga del servidor	\$ 7.200,00
<b>Balancedores de carga (Load Balancers)</b>	Distribución automática entre nodos	\$ 6.600,00
<b>Sistema de copias de seguridad (Backup/Restore)</b>	Backup server + automatización	\$ 5.500,00
	Almacenamiento externo frío (archival)	\$ 3.800,00
<b>TOTAL</b>		\$ 40.900,00

<b>CDN / Red de Entrega de Contenido – IPTV</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Nodo CDN principal (Edge-Server)</b>	Nodo distribuidor cercano a origen	\$ 17.500,00
	Licencias software CDN (streaming HTTP)	\$ 6.200,00
<b>Nodos CDN secundarios / Regionales</b>	Edge replicado para descongestión	\$ 12.800,00
<b>CDN comercial (alternativa a infraestructura propia)</b>	Contrato anual CDN externo (Akamai/Cloudflare/Fastly)	\$ 22.000,00
	SLA 99.9% & ancho de banda 20–40 Gbps	\$ 9.500,00
<b>Anti congestión / control de tráfico</b>	Traffic Shaper + Rate-Limit QoS	\$ 4.000,00
<b>DNS geodistribuido</b>	Anycast DNS para selección automática de nodo	\$ 3.800,00
<b>Firewall perimetral CDN</b>	Protección DDoS L4/L7	\$ 6.500,00
<b>TOTAL</b>		\$ 82.300,00

<b>Recepción del Usuario Final (Hogar)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Conectividad física</b>	ONT GPON fibra (cliente final)	\$ 38,00
	Router WiFi 5/6 doméstico	\$ 46,00
	Splitter óptico domiciliario	\$ 6,00
<b>Materiales de instalación</b>	Patch cord óptico 1–10m	\$ 5,00
	Conectores SC/APC (par)	\$ 3,00
	Caja NAP / Roseta óptica	\$ 4,00
<b>Implementación del cliente</b>	Mano de obra instalación + activación	\$ 25,00

	Soporte post-venta inicial	\$ 8,00
<b>TOTAL</b>		\$ 135,00

<b>Set-Top-Box (STB) / Middleware / DRM Cliente – IPTV</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>STB IPTV / Android TV</b>	Set-Top-Box Básico HEVC	\$ 39,00
	STB con WiFi6 + soporte 4K	\$ 62,00
<b>Licencias por dispositivo</b>	Licencia DRM Widevine/PlayReady	\$ 1,80
	CAS (Conditional Access System)	\$ 1,20
<b>Middleware (gestión de usuarios)</b>	Sistema de login, perfiles, historial	\$ 0,85
	Integración con billing / CRM	\$ 0,50
<b>Provisionamiento y activación</b>	Carga de firmware + configuración STB	\$ 2,00
	Vinculación al sistema de autenticación	\$ 1,00
<b>TOTAL</b>		\$ 108,35

### OPEX

<b>1. Infraestructura DC / Energía / Red</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo Estimado (USD/Año)</b>
<b>Consumo eléctrico de servidores</b>	Cluster streaming + transcodificación 24/7	\$ 1.800,00
<b>Aire acondicionado de sala técnica</b>	Climatización continua 18–22°C	\$ 725,02
<b>Enlaces de internet &amp; tránsito IP</b>	Backbone 10–40 Gbps	\$ 21.600,00
Arrendamiento anual	arrendamiento del establecimiento	\$ 7.200,00

<b>Hosting en Datacenter externo (opcional)</b>	Co-location racks + energía incluida	\$ 10.000,00
Total		\$ 41.325,02

<b>2. Licencias de Contenido</b>		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)
<b>Licencia base de catálogo VOD</b>	Series + películas estándar	\$ 45.000,00
<b>Licencias premium</b>	Contenidos AAA + estrenos recientes	\$ 65.000,00
<b>Contenido infantil / educativo</b>	Caricaturas, documentales	\$ 18.000,00
<b>Derechos territoriales Ecuador</b>	Legalización de distribución	\$ 16.000,00
<b>Renovación de contratos &amp; proveedores IPTV</b>	Paramount / Sony / Warner / etc	\$ 40.000,00
Total		\$ 184.000,00

<b>3. Codificación / Transcoding</b>		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)
<b>Licencias audio Dolby / AAC</b>	Formato estándar en OTT/IPTV	\$ 6.500,00
<b>Licencias de GPU transcoding</b>	Para procesar perfiles múltiples adaptativos	\$ 9.800,00
<b>Mantenimiento transcoder principal</b>	Actualizaciones + soporte técnico	\$ 1.200,00
<b>Mantenimiento transcoder redundante</b>	Nodo espejo N+1	\$ 8.000,00
<b>Consumo eléctrico servidores encoder</b>	GPU servers 24/7 (2-3 kW constantes)	\$ 14.500,00
Total		\$ 40.000,00

<b>4. Empaquetado + DRM + Seguridad</b>		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)

<b>Segmentación y empaquetado</b>	Packager HLS/DASH + DRM	\$ 4.800,00
<b>Licencia CAS (Conditional Access)</b>	Control de acceso en dispositivos	\$ 12.000,00
<b>Streaming</b>	Servidor de streaming (VoD + Live)	\$ 4.629,72
	Balanceador/failover HA	\$ 5.988,00
	Software SNMP + monitoreo NOC	\$ 2.148,00
<b>Certificados HTTPS + TLS Streaming</b>	Cadena SSL para streaming seguro (SSL wildcard/EV)	\$ 1.200,00
<b>TOTAL</b>		\$ 30.765,72

<b>6. CDN Delivery</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>
<b>CDN principal (propia) – mantenimiento</b>	Soporte técnico + actualizaciones	\$ 24.000,00
<b>CDN secundaria (fallback)</b>	Nodo alternativo de distribución	\$ 18.500,00
<b>CDN comercial externa</b>	Pago por tráfico (Akamai / Cloudflare / Fastly)	\$ 12.000,00
<b>Redundancia Regional (edge replication)</b>	Mirroring distribuido para alta concurrencia	\$ 22.000,00
<b>Costos por CDN híbrida (propia + comercial)</b>	Integración balanceada	\$ 14.000,00
<b>Total</b>		\$ 90.500,00

<b>8. IPTV / UX / Apps</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>
<b>Mantenimiento de App OTT (Android/iOS/SmartTV)</b>	Actualizaciones funcionales y de seguridad	\$ 28.000,00
<b>Soporte UX/UI – Nuevas interfaces</b>	Mejoras en menú, reproductor, navegación	\$ 13.000,00

<b>Desarrollo de nuevas versiones &amp; compatibilidad</b>	Nuevos modelos de Smart TV / OS nuevos	\$ 22.500,00
<b>Hosting backend UI/EPG/Metadata</b>	Servidores para búsqueda, catálogo y perfiles	\$ 15.000,00
<b>Licencias de frameworks OTT</b>	Players, compilers, transcoders UI	\$ 9.200,00
<b>Testing en dispositivos (QA/TV/Mobile)</b>	Laboratorio + dispositivos de prueba	\$ 6.000,00
Total		\$ 93.700,00

<b>9. Legal &amp; Copyright</b>		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)
<b>Renovación de habilitación operativa OTT/IPTV</b>	Trámites regulatorios con ARCOTEL u organismo correspondiente	\$ 7.000,00
<b>Auditoría anual de derechos de contenido</b>	Verificación de licencias, territorios y cumplimiento legal	\$ 12.500,00
<b>Pago de propiedad intelectual internacional (copyright)</b>	Canon por exhibición bajo acuerdo comercial	\$ 15.800,00
<b>Gestión legal &amp; renegociación contractual</b>	Honorarios jurídicos, administración y documentación	\$ 12.200,00
<b>Seguros por responsabilidad de distribución OTT</b>	Cobertura ante reclamos o incumplimiento	\$ 9.800,00
Total		\$ 57.300,00

Concepto	Personas	Sueldo mensual (USD)	Costo anual (USD)
<b>Soporte N1 (mesa de ayuda / atención al cliente)</b>	2	\$ 520,00	\$ 12.480,00
<b>Soporte técnico N2 (plataforma / incidencias)</b>	1	\$ 850,00	\$ 10.200,00

<b>DevOps / SysAdmin</b> (servidores, monitoreo, seguridad)	1	\$ 850,00	\$ 10.200,00
<b>Operación de</b> <b>contenidos (ingest,</b> <b>metadata, EPG, QC)</b>	1	\$ 600,00	\$ 7.200,00
<b>Desarrollo /</b> <b>mantenimiento de</b> <b>app (móvil/Smart</b> <b>TV)</b>	1	\$ 850,00	\$ 10.200,00
<b>Comercial / Ventas</b> (suscripciones, convenios, alianzas)	1	\$ 600,00	\$ 7.200,00
<b>Coordinación</b> <b>operativa /</b> <b>administrativa</b>	1	\$ 800,00	\$ 9.600,00
<b>TOTAL OPEX</b> <b>PERSONAL</b>	<b>8</b>		<b>\$ 67.080,00</b>

#### Anexo 4:

En el presente anexo se detalla la lista de componentes económicos considerados para realizar el cálculo del Capex y Opex del sistema de OTT, aquí se detallan los costos de inversión como los de infraestructura, licencias de contenido, codificación y compresión, segmentación y empaquetado, distribución, recepción de contenido, decodificación, para los costos de operación se detalla datos económicos como el alquiler y energía eléctrica, licencias de contenido, codificación, empaquetado, almacenamiento de streaming CDN, aplicaciones, regulaciones y personal.

#### CAPEX

<b>Infraestructura General OTT</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Alquiler de sala</b> <b>técnica / rack en</b> <b>datacenter</b>		
	Adecuaciones eléctricas	\$ 3.000,00
	Adecuaciones de red	\$ 2.000,00
<b>Servidores base OTT</b>	Servidor principal (control, API, backend)	\$ 9.800,00
	Servidor redundante N+1	\$ 8.500,00

<b>Sistema de energía y respaldo</b>	UPS	\$ 3.500,00
	Cableado estructurado	\$ 1.200,00
<b>Total</b>		\$ 28.000,00

<b>Licencias de Contenido &amp; Derechos de Distribución</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>
<b>Licencias iniciales de contenido VOD</b>	Paquetes base (series, películas estándar)	\$ 18.000,00
<b>Acuerdos de distribución OTT</b>	Contratos iniciales con agregadores/licenciantes	\$ 6.000,00
	Derechos territoriales para Ecuador	\$ 9.000,00
<b>Plataforma de ingestión de contenido</b>	Servidor ingest VOD (para contenido licenciado externo)	\$ 7.200,00
	Herramientas de importación y normalización	\$ 2.100,00
<b>Total</b>		\$ 42.300,00

<b>Codificación OTT</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Servidor de transcodificación principal (GPU)</b>	Transcoder 1U con GPU para H.264/H.265	\$ 10.500,00
	Capacidad para multi-pack profiles (240p-1080p/4K)	\$ 3.500,00
<b>Servidor redundante N+1</b>	Nodo espejo para alta disponibilidad	\$ 10.200,00
<b>Software de transcoding OTT</b>	Motor multiperfil ABR	\$ 5.400,00
	Herramientas de normalización (bitrates, framerate)	\$ 1.700,00
<b>Automatización del procesamiento</b>	Workflows automáticos (ingest → transcode → output)	\$ 3.600,00
<b>Verificación técnica (QC automático)</b>	Software de calidad: black frames, freeze, loudness	\$ 2.900,00
<b>Total</b>		\$ 37.800,00

<b>Segmentación / Empaquetado OTT (HLS/DASH)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Servidor de empaquetado (Packager)</b>	Generación de segmentos para HLS/DASH	\$ 9.800,00
	Soporte ABR (varios bitrates)	\$ 3.600,00
<b>Servidor redundante para empaquetado</b>	Nodo failover	\$ 8.200,00
<b>Generador de manifiestos</b>	m3u8 (HLS), mpd (DASH)	\$ 2.500,00
<b>Encriptación y protección de contenido</b>	Encryptor AES-128/CBR	\$ 3.000,00
<b>Watermarking base (servidor)</b>	Inserción de marca dinámica	\$ 5.100,00
<b>Balancedor para empaquetado</b>	Escalamiento automático	\$ 3.800,00
Total		\$ 36.000,00

<b>Distribución OTT sobre Internet Público</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Monitor de rendimiento (QoE/QoS)</b>	Herramientas de medición de experiencia	\$ 3.200,00
<b>Router de alta capacidad</b>	Soporte para grandes volúmenes de flujo OTT	\$ 7.500,00
<b>Router secundario de respaldo</b>	Redundancia 1:1	\$ 6.900,00
Total		\$ 17.600,00

<b>Recepción del Contenido en Dispositivos</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Desarrollo de App OTT – Android (Móvil/TV)</b>	Aplicación nativa con reproductor, catálogo, perfiles	\$ 9.800,00
<b>Desarrollo de App OTT – iOS (iPhone/iPad)</b>	Integración DRM, AirPlay, multi-perfiles	\$ 8.600,00

<b>App OTT – Smart TV (Tizen)</b>	Samsung	\$ 12.000,00
<b>App OTT – Smart TV (WebOS)</b>	LG	\$ 11.500,00
<b>App OTT – Android TV (Google TV)</b>	TV Boxes, Chromecast	\$ 7.900,00
<b>Integración de autenticación (OAuth / JWT)</b>	Inicio de sesión, perfiles de usuario	\$ 3.200,00
<b>Diseño de UI/UX multiplataforma</b>	Interfaz Visual + navegación fluida	\$ 4.500,00
<b>Kit de desarrollo/Testing multi-dispositivo</b>	Dispositivos reales para compatibilidad	\$ 3.800,00
Total		\$ 61.300,00

<b>Decodificación &amp; Visualización</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo estimado (USD)</b>
<b>Motor de reproducción OTT (Player Engine)</b>	Player multiplataforma con ABR (HLS/DASH)	\$ 6.800,00
	Compatibilidad 4K / HDR / Dolby Vision	\$ 3.200,00
<b>Módulo de subtítulos y Closed Caption</b>	Soporte SRT, VTT, TTML	\$ 1.800,00
<b>Módulo de control parental</b>	Restricciones por perfil / PIN	\$ 1.400,00
<b>Soporte para casting</b>	Google Cast + Apple AirPlay	\$ 3.000,00
<b>Optimizador de video en dispositivo</b>	Reducción de buffering / QoE local	\$ 2.600,00
<b>Integración multi-dispositivo (cross-platform)</b>	Sincronización entre dispositivos y perfiles	\$ 2.900,00
Total		\$ 21.700,00

### OPEX

Infraestructura, Energía, Datacenter & Networking (Anual)		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>

<b>Consumo eléctrico de servidores OTT</b>	Backend, API, catálogos, DB	\$ <b>16.000,00</b>
<b>Aire acondicionado / climatización DC</b>	24/7 a 20–22°C	\$ <b>725,02</b>
<b>Enlaces con Internet / tránsito IP</b>	Conectividad de subida para servir contenido	\$ <b>19.000,00</b>
<b>Colocation / rack en datacenter</b>	Alquiler de gabinete, energía y mantenimiento	\$ <b>2.000,00</b>
Arrendamiento anual	arrendamiento del establecimiento	\$ 7.200,00
<b>Total</b>		\$ <b>44.925,02</b>

Licencias de Contenido & Derechos de Distribución		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)
<b>Licencias OTT base del catálogo</b>	DRM inicial para protección de contenidos	\$ 4.800,00
<b>Metadatos, subtítulos y artes gráficas</b>	Posters, descripciones, subtítulos	\$ 1.800,00
	Sistema de ingestión de metadatos automatizado	\$ 1.200,00
<b>DRM base (CAPEX inicial)</b>	Integración Widevine/FairPlay/PlayReady	\$ 6.500,00
	Sistema de licenciamiento local (KMS)	\$ 4.200,00
<b>Licencias DRM por dispositivo</b>	Integración Widevine/FairPlay/PlayReady	\$ 4.500,00
	Licencia de seguridad por plataforma	\$ 2.100,00
<b>Licencias de códecs de video</b>	H.264/H.265 HEVC para VOD	\$ 4.800,00
	Licencias de audio AAC/Dolby Digital	\$ 2.500,00
<b>Renovación de metadatos &amp; artes</b>	Posters, subtítulos, sinopsis, trailers	\$ <b>6.000,00</b>
<b>Total</b>		\$ <b>38.400,00</b>

Codificación, Transcodificación & Procesamiento		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)

<b>Mantenimiento del transcoder OTT</b>	Soporte, actualizaciones, parches	\$ <b>9.000,00</b>
<b>Procesamiento batch de nuevo contenido</b>	Costo por horas de GPU/CPU de transcodificación	\$ <b>8.000,00</b>
<b>QC automático (control de calidad)</b>	Software para detección de fallas, subtítulos, metadata	\$ <b>6.000,00</b>
<b>Consumo energético del transcoder</b>	GPU servers 24/7 para perfiles ABR	\$ <b>7.000,00</b>
Total		\$ <b>30.000,00</b>

Empaquetado (HLS/DASH), DRM, Seguridad & Protección (Anual)		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)
<b>Mantenimiento del Packager HLS/DASH</b>	Actualizaciones, parches, soporte	\$ <b>14.000,00</b>
<b>Renovación de licencias CAS / acceso condicional</b>	Control de acceso a catálogo	\$ <b>11.000,00</b>
<b>Certificados HTTPS / TLS Streaming</b>	Certificados EV/Wildcard renovables	\$ <b>1.500,00</b>
<b>Watermarking (protección antipiratería)</b>	Inserción dinámica de marca de agua	\$ <b>14.500,00</b>
<b>Auditoría anual antipiratería / seguridad OTT</b>	Verificación de bypass, scraping, duplicación	\$ <b>9.000,00</b>
Total		\$ <b>50.000,00</b>

Streaming, Almacenamiento, Backups & Operación (Anual)		
Concepto	Descripción anual	Costo estimado (USD/Año)
<b>Licencias de software de streaming</b>	Flussonic/Nimble/Wowza/Bitmovin	\$ <b>22.000,00</b>
<b>Expansión anual de almacenamiento VOD</b>	Nuevos TB de catálogo licenciado	\$ <b>46.000,00</b>
<b>Sistema de respaldo (Backup activo)</b>	Snapshots, versiones, redundancia	\$ <b>14.000,00</b>
<b>Almacenamiento frío / archivado</b>	LTO/S3/Glacier/Deep Archive	\$ <b>9.000,00</b>

<b>Balancedores de streaming</b>	Licencias y soporte anual	\$ <b>7.000,00</b>
Total		\$ 98.000,00

<b>CDN, Tráfico de Datos, Distribución de Contenido (Anual)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>
<b>CDN híbrida</b>	Balanceo de costos + redundancia	\$ <b>16.000,00</b>
<b>Tráfico total de usuarios OTT</b>	Consumo de video por hora / usuario	\$ <b>68,00</b>
<b>Costos de picos de concurrencia</b>	Horarios prime-time (18h–22h)	\$ <b>8.000,00</b>
<b>Geo-replicación de contenido</b>	Edge mirrors para reducir latencia	\$ <b>9.000,00</b>
<b>Protección DDoS / CDN Shield</b>	Tráfico malicioso bloqueado	\$ <b>9.000,00</b>
<b>Total</b>		\$ 42.068,00

<b>Apps, UX/UI, Desarrollo y Mantenimiento Multiplataforma</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>
<b>Mantenimiento App Android / Android TV</b>	Actualizaciones + compatibilidad	\$ <b>20.000,00</b>
<b>Mantenimiento App iOS / tvOS</b>	Versions nuevas, requisitos Apple	\$ <b>20.000,00</b>
<b>Mantenimiento App Smart TV (Tizen)</b>	Samsung	\$ <b>15.000,00</b>
<b>Mantenimiento App Smart TV (WebOS)</b>	LG	\$ <b>14.000,00</b>
<b>Actualizaciones UX/UI globales</b>	Nuevos diseños, menús, navegación	\$ <b>12.500,00</b>
<b>Testing en múltiples dispositivos</b>	Pruebas en modelos nuevos cada año	\$ <b>6.000,00</b>
<b>Total</b>		\$ 87.500,00

<b>Regulación, Propiedad Intelectual, Auditorías Legales (Anual)</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Descripción anual</b>	<b>Costo estimado (USD/Año)</b>

<b>Renovación de habilitación/permiso OTT (Ecuador)</b>	ARCOTEL u organismo equivalente	\$ <b>6.000,00</b>
<b>Pagos de copyright internacional</b>	Canon por exhibición de contenido licenciado	\$ <b>17.500,00</b>
<b>Gestión legal y renegociación contractual</b>	Honorarios jurídicos + documentación	\$ <b>8.500,00</b>
<b>Seguro legal de distribución OTT</b>	Cobertura ante reclamos o infracciones	\$ <b>6.200,00</b>
Total		\$ <b>38.200,00</b>

<b>Concepto</b>	<b>Personas</b>	<b>Sueldo mensual (USD)</b>	<b>Costo anual (USD)</b>
<b>Soporte N1 (mesa de ayuda / atención al cliente)</b>	2	\$ 520,00	\$ 12.480,00
<b>Soporte técnico N2 (plataforma / incidencias)</b>	1	\$ 850,00	\$ 10.200,00
<b>Administrador de seguridad</b>	1	\$ 850,00	\$ 10.200,00
<b>Operación de contenidos</b>	1	\$ 600,00	\$ 7.200,00
<b>Desarrollo y mantenimiento de app</b>	1	\$ 850,00	\$ 10.200,00
<b>Comercial de Ventas</b>	1	\$ 600,00	\$ 7.200,00
<b>Coordinación operativa</b>	1	\$ 800,00	\$ 9.600,00
<b>TOTAL OPEX PERSONAL</b>	<b>8</b>		<b>67.080</b>