

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



Tesis

Implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS para la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca 2023

Presentado por:

Jonathan Ponce Jiménez

Para optar el título de Ingeniero Informático y Sistemas

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SISTEMAS



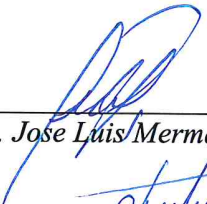
TESIS

Implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS para la calidad de servicio de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca 2023

Presentado por **Jonathan Ponce Jiménez**, para optar el título Ingeniero Informático y Sistemas

Sustentado y aprobado el 01 de agosto de 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:



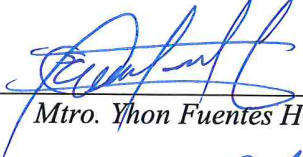
Dr. Jose Luis Merma Aroni

Primer miembro:



Dr. Ronald Alberto Rentería Ayquipa

Segundo miembro:



Mtro. Yhon Fuentes Huaman

Asesor:



Ing. Ebert Gomez Aiquipa

"Año de la recuperación y consolidación de la
-----"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 159-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **Implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS para la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca 2023**, presentado por el Bachrs: **Jonathan Ponce Jiménez**, Para optar el Título de **Ingeniero Informático y Sistemas** ; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(13%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 16 de julio del 2025

Atentamente,



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Dra. Hexmeralda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 521

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi madre, por su amor incondicional, su fortaleza y por haber estado siempre a mi lado brindándome su apoyo a pesar de todas las dificultades; sin ella, este logro no habría sido posible. También agradezco profundamente a mi asesor, por su guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta tesis, cuyas orientaciones fueron clave en cada etapa del proceso. Y a esa persona especial que estuvo conmigo durante mucho tiempo, gracias por acompañarme a tu manera y por brindarme siempre tu apoyo, que aunque distinto, fue valioso y significativo para mí.



Dedicatoria

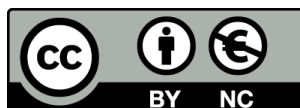
Dedico esta tesis a mi madre, por ser mi fuerza, mi guía y mi mayor inspiración; sin su amor y su apoyo incondicional, nada de esto habría sido posible.



Implementación de una red Inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS para la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca

Línea de investigación: Ingeniería informática, industria y sociedad

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.2.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.2.1 Objetivo general	8
2.2.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	9
2.2.3 Hipótesis general	9
2.2.4 Hipótesis específicas	9
2.3 Operacionalización de variables	10
CAPÍTULO III	11
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	11
3.1 Antecedentes	11
3.1.1 Antecedentes internacionales	11
3.1.2 Antecedentes nacionales	12
3.1.3 Antecedentes locales	14
3.2 Marco teórico	15
3.2.1 Diseño de red inalámbrica Wi-Fi	15
3.2.1.1 Metodología PPDIOO	15
3.2.1.2 Estándares y tecnologías inalámbricas	17
3.2.1.3 El estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi)	19
3.2.1.4 Protocolo nv2	20
3.2.1.5 Antenas	20



3.2.1.6	Calidad de conexión del cliente CCQ	22
3.2.1.7	Sensibilidad, potencia y modulación	22
3.2.1.8	Niveles mínimos de señal / modulación	23
3.2.1.9	Modulación y referencia nominal de data rate	24
3.2.1.10	Parámetros referenciales (Registration) o calidad de la señal	25
3.2.2	Protocolo HLS	27
3.2.2.1	Arquitectura	27
3.2.2.2	Calidad de transmisión de video	29
3.2.2.3	Latencia de transmisión	30
3.2.3	Calidad de servicio QoS	30
3.2.3.1	Ancho de banda mínimo	30
3.2.3.2	Retardo (Delay)	31
3.2.3.3	Variación de retardo (Jitter)	32
3.2.3.4	Pérdida de paquetes (Loss)	33
3.2.4	Mikrotik	34
3.2.4.1	Compatibilidad y requisitos de hardware	35
3.2.4.2	Métodos de instalación y configuración	35
3.2.4.3	Funcionalidades de red y seguridad	35
3.2.4.4	Servicios inalámbricos, DHCP y QoS	36
3.2.5	IPTV/OTT	36
3.2.5.1	Arquitectura	36
3.2.6	Zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca	39
3.3	Marco conceptual	39
CAPÍTULO IV		41
METODOLOGÍA		41
4.1	Tipo y nivel de investigación	41
4.1.1	Tipo de investigación	41
4.1.2	Nivel de investigación	41
4.2	Diseño de la investigación	41
4.3	Población y muestra	42
4.4	Procedimiento	43
4.4.1	Definición de requerimientos y análisis de viabilidad (Preparar)	43
4.4.1.1	Identificación objetivos del proyecto	43
4.4.1.2	Recursos disponibles	43
4.4.1.3	Evaluación de la zona rural	43
4.4.1.4	Servicios externos de comunicaciones	45
4.4.1.5	Investigación tecnológica	47
4.4.2	Diseño de la arquitectura lógica y física de la red inalámbrica (Planificar)	48

4.4.2.1	Tecnología utilizada	48
4.4.2.2	Equipamiento seleccionado	49
4.4.2.3	Diseño de la infraestructura de red	51
4.4.2.4	Consideraciones de costos	53
4.4.3	Diseño de la red	54
4.4.3.1	Arquitectura jerárquica de cisco (red general)	54
4.4.3.2	Ubicación de equipos MikroTik	59
4.4.3.3	Arquitectura para servicios de IPTV/OTT (sobre red general)	61
4.4.3.4	Topología física y lógica (red inalámbrica en áreas objetivo)	69
4.4.4	Implementación y pruebas	72
4.4.4.1	Preparación para la implementación	72
4.4.4.2	Instalación de equipos	75
4.4.4.3	Configuración e implementación de equipos	82
4.4.4.4	Resultados de la prueba realizadas	85
4.5	Técnica e instrumentos	94
4.5.1	Técnica	94
4.5.2	Instrumentos	94
CAPÍTULO V		96
RESULTADOS Y DISCUSIONES		96
5.1	Análisis de resultados	96
5.1.1	Análisis de resultado variable independiente	96
5.1.1.1	Análisis de resultado: Cobertura	96
5.1.1.2	Análisis de resultado: CCQ	97
5.1.1.3	Análisis de resultado: calidad de transmisión	98
5.1.1.4	Análisis de resultado: latencia de transmisión	99
5.1.2	Análisis de resultado variable independiente calidad de servicio	100
5.1.2.1	Análisis de resultado: ancho de banda	101
5.1.2.2	Análisis de resultado: latencia o retardo	102
5.1.2.3	Análisis de resultado: Jitter	103
5.1.2.4	Análisis de resultado: perdida de paquete	104
5.2	Contrastación de hipótesis	105
5.2.1	Hipótesis general calidad de internet iptv/ott	105
5.2.2	Hipótesis específica ancho de banda	107
5.2.2.1	Huayllabamba	107
5.2.2.2	Pachachaca	109
5.2.3	Hipótesis específica retardo o latencia	110
5.2.3.1	Huayllabamba	110
5.2.3.2	Pachachaca	112

5.2.4	Hipótesis específica Jitter	114
5.2.4.1	Huayllabamba	114
5.2.4.2	Pachachaca	116
5.2.5	Hipótesis específica perdida de paquetes	118
5.2.5.1	Huayllabamba	118
5.2.5.2	Pachachaca	120
5.3	Discusión	121
CAPÍTULO VI		126
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		126
6.1	Conclusiones	126
6.2	Recomendaciones	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		129
ANEXOS		135

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Cuadro de operacionalización de variables	10
Tabla 2 — Relación entre sensibilidad, potencia y modulación	23
Tabla 3 — Diagrama de constelación de la modulación QAM	23
Tabla 4 — Data rates – 802.11n / Ch0 (0-7) Ch1 (8-15) Ch2 (16-23)	24
Tabla 5 — Ancho de bando mínimo kbps para videos	31
Tabla 6 — Valoración de porcentajes de retardo	32
Tabla 7 — Valoración del porcentaje de jitter	33
Tabla 8 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes	34
Tabla 9 — Costos de equipamiento	53
Tabla 10 — Costos de instalación y configuración	54
Tabla 11 — Costos opex que abarca alquiler, luz, etc	54
Tabla 12 — Promedio general cobertura y CCQ	86
Tabla 13 — Promedio general IPTV/OTT	90
Tabla 14 — Promedio general calidad de servicio para OTT	93
Tabla 15 — Promedio general calidad de servicio para IPTV	94
Tabla 16 — Promedio general calidad de servicio	94
Tabla 17 — Promedio general cobertura SNR	96
Tabla 18 — Promedio general CCQ	97
Tabla 19 — Promedio general IPTV/OTT	98
Tabla 20 — Promedio general IPTV/OTT	100
Tabla 21 — Promedio general ancho de banda	101
Tabla 22 — Ancho de bando mínimo kbps para videos	101
Tabla 23 — Promedio general retado o latencia	102
Tabla 24 — Valoración de porcentajes de retardo	102
Tabla 25 — Promedio general Jitter	103
Tabla 26 — Promedio general valoración del porcentaje de Jitter	103
Tabla 27 — Promedio general pedida de paquete	104
Tabla 28 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes	105
Tabla 29 — Promedio general de calidad de servicio QoS	106
Tabla 30 — Valores estadísticos de Huayllabamba	107
Tabla 31 — Ancho de bando mínimo kbps para videos	107
Tabla 32 — Valores estadísticos de Pachachaca	109
Tabla 33 — Ancho de bando mínimo kbps para videos	109

Tabla 34 — Valores estadísticos retardo para Huayllabamba	110
Tabla 35 — Valoración de porcentajes de retardo	111
Tabla 36 — Valores estadísticos retardo para Huayllabamba	112
Tabla 37 — Valoración de porcentajes de retardo	113
Tabla 38 — Valores estadísticos Jitter para Huayllabamba	114
Tabla 39 — Valoración de porcentajes de Jitter	115
Tabla 40 — Valores estadísticos Jitter para Pachachaca	116
Tabla 41 — Valoración de porcentajes de Jitter	117
Tabla 42 — Valor estático pérdida de paquetes en Huayllabamba	118
Tabla 43 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes	119
Tabla 44 — Pérdida de paquetes en Pachachaca	120
Tabla 45 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes	120
Tabla 46 — Matriz de consistencia	136
Tabla 47 — Resultados QoS para Huayllabamba	138
Tabla 48 — Resultados QoS para Pachachaca	139
Tabla 49 — Resultados latencia y Jitter para Huayllabamba de OTT	151
Tabla 50 — Resultados de latencia y Jitter para Huayllabamba de IPTV	153
Tabla 51 — Resultados de latencia y Jitter para Pachachaca de OTT	155
Tabla 52 — Resultados de latencia y Jitter para Pachachaca de IPV	157
Tabla 53 — Promedios calidad de servicio para OTT e IPTV en Huayllabamba	159
Tabla 54 — Promedios generales de OTT e IPTV pachachaca	160
Tabla 55 — Promedio general para HLS de Huayllabamba y Pachachaca	161
Tabla 56 — Promedio general para WiFi de Huayllabamba y Pachachaca	162

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Fases de la metodología PPDIOO	17
Figura 2 — Tecnologías inalámbricas	18
Figura 3 — Antena simétrica RF Elements	21
Figura 4 — Antena parabólica Mikrotik	22
Figura 5 — Diagrama de la constelación del QAM	24
Figura 6 — Parámetros de una buena calidad y rendimiento del enlace	26
Figura 7 — Componentes de un HTTP Live Stream	28
Figura 8 — Arquitectura general de IPTV	38
Figura 9 — Imagen satelital de Huayllabamba	44
Figura 10 — Imagen satelital de Pachachaca	44
Figura 11 — Cobertura de móvil Abancay	45
Figura 12 — Cobertura de móvil Huayllabamba	46
Figura 13 — Cobertura de móvil Pachachaca	47
Figura 14 — Arquitectura jerárquica de red general	55
Figura 15 — Se muestra el componente de la capa de núcleo	56
Figura 16 — Componente de distribución	57
Figura 17 — Componente de red de acceso	58
Figura 18 — Red principal y la red de Huayllabamba	59
Figura 19 — Rack principal	60
Figura 20 — Red de Pachachaca	61
Figura 21 — Rack de Pachachaca	61
Figura 22 — Distribución de IPTV/OTT	63
Figura 23 — Direccionamiento de la cabecera de la red	64
Figura 24 — Rack de la red de distribución	65
Figura 25 — Direccionamiento ip red de distribución	66
Figura 26 — Red de acceso	67
Figura 27 — Distribución de la red de cliente	68
Figura 28 — Direccionamiento IP de la red cliente	69
Figura 29 — Topología física de la red	70
Figura 30 — Topología lógica de la red	71

Figura 31 — Kit de datos y energía implementación propia	73
Figura 32 — Access point Mikrotik y antena RF Elements	74
Figura 33 — Antena CPE Mikrotik LGH 5G	75
Figura 34 — Ubicación de la torre principal	76
Figura 35 — Instalación de la torre principal	77
Figura 36 — Implementos de seguridad	78
Figura 37 — Ubicación de la torre de pachachaca	79
Figura 38 — Implementos de seguridad	80
Figura 39 — Colocación de las antenas y equipos	81
Figura 40 — Vista de un sector de pachachaca	82
Figura 41 — Configuración del servidor web	83
Figura 42 — Configuración del servidor SFTP	83
Figura 43 — Configuración del encoder para IPTV	84
Figura 44 — Estado de la configuración	85
Figura 45 — Imagen donde se encuentra el SNR y CCQ	86
Figura 46 — Verificación resolución de video y el códec IPTV	87
Figura 47 — Verificación resolución de video y el códec OTT	88
Figura 48 — Ancho de banda del enlace como descarga	89
Figura 49 — Verificación de la latencia	90
Figura 50 — Generación del ping para latencia y Jitter	92
Figura 51 — Wireshark para verificar la perdida de paquetes	93
Figura 52 — CCQ/SNR y el ancho de banda en Huayllabamba	141
Figura 53 — CCQ/SNR y el ancho de banda en Pachachaca	141
Figura 54 — Resolución y códec Huayllabamba	143
Figura 55 — Resolución y códec Pachachaca	143
Figura 56 — Datos de wireshark para la perdida de paquetes Huayllabamba	164
Figura 57 — Datos de Wireshark para la perdida de paquetes Pachachaca	165
Figura 58 — Configuración KODI para OTT parte 1	166
Figura 59 — Configuración KODI para OTT parte 2	167
Figura 60 — Configuración KODI para OTT parte final	167
Figura 61 — Configuración VLC para IPTV	168
Figura 62 — Configuración de host en wireshark	170
Figura 63 — Configuración de tiempo en wireshark	170

INTRODUCCIÓN

El acceso a servicios de Internet e IPTV (Televisión por protocolo de internet) y OTT (Over-The-Top) y se refiere a la distribución de contenido (vídeos, audio, etc.) a través de Internet, tiene que ser de calidad en la actualidad, ya que permite a las comunidades rurales acceder a información, educación, servicios gubernamentales y oportunidades comerciales. No obstante, las limitaciones existentes en la infraestructura tecnológica actual impiden un aprovechamiento óptimo de estos servicios, generando retardo, variaciones de retardo, pérdida de paquetes y una calidad de conexión deficiente. La implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS (HTTP Live Streaming) busca superar estas limitaciones y deficiencias, brindando un ancho de banda mejorado, reduciendo el retardo y las variaciones de retardo, así como minimizando la pérdida de paquetes en los servicios de Internet e IPTV/OTT. A través de este estudio, se pretende demostrar cómo esta implementación tecnológica puede transformar la conectividad en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca, ofreciendo a los habitantes acceso a una infraestructura tecnológica óptima que les permita aprovechar al máximo los servicios digitales.

La importancia de mejorar la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Apurímac radica en su potencial impacto en el desarrollo económico, social y educativo de estas comunidades. Al brindar una conectividad confiable y de calidad, se abrirán nuevas oportunidades para el comercio, la educación a distancia, el acceso a servicios gubernamentales en línea y una amplia gama de contenidos de entretenimiento. Este estudio se centro en la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca, con el propósito de mejorar la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT. Mediante la superación de las limitaciones actuales, se brindó a las comunidades rurales acceso a una infraestructura tecnológica óptima que les permita beneficiarse plenamente de los servicios digitales y promover su desarrollo socioeconómico.

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en mejorar la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca, se llevó a cabo esta investigación implementando tecnologías Wi-Fi y HLS.

La problemática recurrente en zonas rurales, incluyendo aquellas de difícil acceso y limitada disponibilidad de servicios de Internet e IPTV/OTT. Esta situación contribuye a la creación de una brecha digital, a pesar de la existencia de tecnologías como Wi-Fi y HLS. La falta de inversión por parte de grandes empresas en estas áreas se debe, en gran medida, a la dificultad para satisfacer sus estándares de Calidad de Servicio (QoS).

Se empleó una metodología de investigación de tipo aplicada, de nivel descriptivo-comparativo y con un diseño no experimental. Se recolectaron datos en una muestra de 20 puntos de medición en cada localidad: Huayllabamba y Pachachaca. Se utilizaron técnicas de observación y medición, empleando como instrumentos la terminal de Windows, comandos de diagnóstico de red, hojas de cálculo en Excel y tablas comparativas.

Los resultados de la implementación en Huayllabamba (ancho de banda: 16.1 Mbps, retardo: 12.9 ms, jitter: 7.1 ms, pérdida de paquetes: 0%) y Pachachaca (ancho de banda: 21.0 Mbps, retardo: 12.0 ms, jitter: 3.4 ms, pérdida de paquetes: 0%) demostraron una mejora significativa en la calidad de Internet e IPTV/OTT. Las pruebas de hipótesis realizadas (prueba t de Student para el ancho de banda, retardo, jitter y pérdida de paquetes, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$) confirmaron este resultado, cumpliendo así los objetivos de la investigación.

En conclusión, la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS cumplió con los objetivos de esta investigación, demostrando una mejora significativa en la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las localidades de Huayllabamba y Pachachaca.

Palabras clave: Wi-Fi, HLS (HTTP live streaming), IPTV/OTT, zonas rurales, calidad de servicio (QoS).



ABSTRACT

This research focused on improving the quality of Internet and IPTV/OTT services in the rural areas of Huayllabamba and Pachachaca; this research was carried out by implementing Wi-Fi and HLS technologies.

The recurring problem in rural areas, including those with difficult access, is the limited availability of Internet and IPTV/OTT services. This situation contributes to the creation of a digital divide, despite the existence of technologies such as Wi-Fi and HLS. The lack of investment by large companies in these areas is largely due to the difficulty in meeting their Quality of Service (QoS) standards.

An applied research methodology was employed, at a descriptive-comparative level, with a non-experimental design. Data were collected from a sample of 20 measurement points in each locality: Huayllabamba and Pachachaca. Observation and measurement techniques were used, with instruments including the Windows terminal, network diagnostic commands, Excel spreadsheets, and comparative tables.

The implementation results in Huayllabamba (bandwidth: 16.1 Mbps, delay: 12.9 ms, jitter: 7.1 ms, packet loss: 0%) and Pachachaca (bandwidth: 21.0 Mbps, delay: 12.0 ms, jitter: 3.4 ms, packet loss: 0%) demonstrated a significant improvement in the quality of Internet and IPTV/OTT services. The hypothesis tests performed (Student's t-test for bandwidth, delay, jitter, and packet loss, with a significance level of $\alpha = 0.05$) confirmed these findings, thereby fulfilling the objectives of the research.

In conclusion, the implementation of a wireless network with Wi-Fi and HLS technology fulfilled the objectives of this research, demonstrating a significant improvement in the quality of Internet and IPTV/OTT services in the localities of Huayllabamba and Pachachaca.

Keywords: *Wi-Fi, HLS (HTTP Live Streaming), IPTV/OTT, Rural areas, Quality of Service (QoS).*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

A nivel mundial, persiste una significativa disparidad en el acceso a servicios de Internet e IPTV/OTT entre las zonas rurales y urbanas. Según datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), aproximadamente el 72% de la población urbana mundial tiene acceso a Internet, mientras que solo el 38% de la población rural cuenta con este servicio (Uit, 2020). Esta brecha digital plantea desafíos para la equidad y desarrollo inclusivo, agravados por altos costos en áreas geográficamente dispersas. Servicios limitados de Internet en zonas rurales resultan en experiencia deficiente para los usuarios, afectando el acceso a información, oportunidades educativas y servicios digitales esenciales.

En Latinoamérica, se presenta una significativa disparidad en el acceso a servicios de Internet e IPTV/OTT entre las zonas rurales y urbanas. Según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), aproximadamente el 67% de la población urbana latinoamericana tiene acceso a Internet, mientras que solo el 23% de la población rural cuenta con este servicio (Cepal, 2020). Según un informe de la Organización de los Estados Americanos (Oea, 2021), la crisis sanitaria del COVID ha incrementado la brecha digital y ha exacerbado la exclusión social en América Latina.

En Perú, se ha observado una brecha significativa en el acceso a Internet e IPTV/OTT en las áreas rurales, lo cual limita el desarrollo y la inclusión digital en estas comunidades. Según el informe del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (Osiptel, 2022) de Perú, hasta el año 2021, aproximadamente el 31.7% de la población rural carecía de acceso a Internet, y el 90.1% no tenía acceso a internet fijo. Además, el informe señala un aumento en el número de hogares peruanos con laptops, alcanzando un 49.4%, lo cual es una cifra superior a la registrada en 2016, cuando solo el 28.3% de los hogares contaba con dicho dispositivo. Además, se ha observado una baja adopción de servicios de IPTV/OTT en las zonas rurales de Perú. Según informe (Valenzuela, 2021



pág. 60) , solo el 18% de los hogares peruanos cuentan con acceso a servicios de IPTV/OTT por Internet. Estas limitaciones en la infraestructura y el acceso a servicios digitales en las zonas rurales de Perú generan una brecha digital que afecta el desarrollo socioeconómico de estas comunidades.

En Apurímac, una región rural de Perú, se evidencia una brecha digital significativa en cuanto al acceso a Internet e IPTV/OTT. Según datos recopilados, solo el 30% de la población rural de Apurímac tiene acceso a Internet, mientras que el acceso a servicios de IPTV/OTT es aún más limitado, con un porcentaje inferior al 10%. Estas cifras reflejan la falta de infraestructura tecnológica e implementación de soluciones de conectividad en las zonas rurales de Apurímac.

En las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca, la calidad del servicio QoS es considerablemente inferior a las áreas urbanas, afectando la transmisión de contenido multimedia y limitando el acceso a servicios en tiempo real. Problemas como baja resolución, interrupciones y tiempos de carga prolongados han sido identificados, impactando negativamente la experiencia de usuario. Estas limitaciones generan una significativa brecha digital, afectando el desarrollo socioeconómico al restringir el acceso a información, educación y servicios digitales de calidad. A pesar de los avances tecnológicos a nivel global, en el año 2024 las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca aún enfrentan serias limitaciones en cuanto a conectividad. En Huayllabamba, la población continúa utilizando tecnología 2G, mientras que en Pachachaca apenas se dispone de cobertura 3G (Osiptel, 2023). Esta situación refleja un evidente retraso en la modernización de las infraestructuras de telecomunicaciones, lo que restringe significativamente el acceso a servicios digitales esenciales y frena las oportunidades de desarrollo económico, educativo y social para sus habitantes. Abordar estas limitaciones mediante mejoras en el ancho de banda, retardo, Jitter y pérdida de paquetes es crucial para promover la equidad en el acceso a servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Apurímac.

En este contexto, se planteó el presente trabajo de investigación denominado Implementación de red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS para la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales Huayllabamba y Pachachaca con el objetivo de analizar y evaluar las soluciones para la implementación de infraestructura de



Internet e IPTV/OTT, con el fin de proporcionar solución, recomendaciones y contribuir al cierre de la brecha digital en esta región.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿En cuánto la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS mejora la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS mejora la velocidad de transferencia en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?
- ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS reduce el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?
- ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS reduce la variación de retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?
- ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS reduce la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?

1.2.3 Justificación de la investigación

La justificación de esta investigación se basa en la necesidad de mejorar el acceso a internet, IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca. Al diseñar e implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS, se busca superar las limitaciones geográficas y económicas que dificultan la implementación de infraestructura de internet en estas áreas. La elección de estas tecnologías permite garantizar una alta disponibilidad y calidad de servicio en términos de internet, IPTV/OTT. La tecnología Wi-Fi brinda conectividad inalámbrica confiable, HLS (HTTP Live Streaming) permite una transmisión fluida de contenido multimedia. Al combinar estas tecnologías, se

busca diseñar una red inalámbrica eficiente y escalable que mejore significativamente la calidad del servicio de internet y la experiencia de IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba y Pachachaca.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Mejorar la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.

2.2.2 Objetivos específicos

- Mejorar la velocidad de transferencia en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.
- Reducir el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.
- Reducir la variación de retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.
- Reducir la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces mejora la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.

2.2.4 Hipótesis específicas

- Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces mejora la velocidad de transferencia en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.
- Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces reduce el retardo los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.
- Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces reduce la variación de retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.
- Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces reduce la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.



2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE
Independiente Red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS Una red inalámbrica permite la conexión sin cables de dispositivos, amplificada por puntos de acceso.	Wi-Fi	Cobertura.	dBm ≥30 dB
		Calidad de señal.	CCQ > 90/90%
	HLS	Calidad de transmisión de video.	Resolución 1080p Bitrate > 5.8 Mbps
		Latencia de transmisión.	Segundo 6s <
Dependiente Calidad Servicios de internet e IPTV/OTT La calidad de servicio (QoS) engloba un conjunto de tecnologías que posibilitan que las aplicaciones puedan requerir y obtener niveles de servicio predecibles en cuanto a la capacidad de rendimiento de datos (ancho de banda), variaciones de latencia (fluctuación), así como retraso y pérdida de paquetes.	Calidad de servicio QoS	Ancho de banda	Mbps > 5.8 Mbps
		Retardo o latencia	Milisegundos 0 - 20 ms
		variación del retardo (Jitter)	Milisegundos 0 - 10 ms
		pérdida de paquetes	Porcentaje 0 - 2 %

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) Montoya, y otros (2022), en su trabajo Canales Eficientes de Internet en Zona Rural de Guateque y Sutatenza Boyacá, sustentada en la universidad Piloto De Colombia Facultad de Ciencias Sociales y Empresariales Bogotá Colombia, el objetivo fue la construcción de micro nodos sectorizados en zonas geográficas estratégicas para mejorar la conectividad en áreas rurales de Guateque (veredas: Chinquica y Llano Grande) y Sutatenza (veredas: Gaque, Piedra Larga y Salitre). Esta iniciativa busca aumentar la capacidad de transmisión de datos, mejorando la calidad, estabilidad y rendimiento del servicio de internet. La metodología mixta combina investigación de campo y documental, con enfoque descriptivo y cuantitativo-cualitativo. Se concluyó que con la adquisición de equipos radio microondas de calidad garantiza la sostenibilidad y eficiencia de la tecnología de enlace de radio, cumpliendo con requisitos para la ampliación de Internet a velocidades de hasta 20 Mbps.

- b) Moreno, y otros (2011), en su proyecto de investigación para obtener el título de Ingeniero en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes titulada Estudio, análisis e implementación de una red inalámbrica comunitaria orientada al sector educativo rural del Cantón Chambo sustentada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Informática y Electrónica Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes en Riobamba Ecuador. Con objetivo realizar el estudio e implementar una red inalámbrica comunitaria para proveer de conectividad a internet de seis escuelas del Cantón de Chambo. La metodología del estudio combina los métodos deductivo-inductivo y analítico. El enfoque deductivo permite identificar factores generales que afectan la red, mientras que el inductivo ayuda a formular y comprobar hipótesis con datos cuantitativos. El método analítico se emplea para monitorear y validar el rendimiento de la red con



valores de referencia. En conclusión, el diseño de la red inalámbrica comunitaria en el cantón Chambo, basado en el estándar 802.11 b/g y con equipos Mikrotik, fue adecuado por su alcance, bajo costo y facilidad de configuración. Se obtuvieron buenos resultados de rendimiento: una latencia de 63,7 ms, 0 % de pérdida de paquetes y un throughput de 1502 Kbps, los cuales están dentro de los valores recomendados por estudios previos. Sin embargo, el jitter alcanzó un 1,6 % de pérdida de paquetes, superando el límite aceptable para aplicaciones en tiempo real, lo que puede afectar la calidad del streaming y otras comunicaciones sensibles a la latencia.

- c) Carrión, y otros (2016) en su proyecto de investigación para optar el título de Ingeniero Electrónico en Telecomunicaciones y Redes titulada Implementación de un Prototipo de Red Iptv (Internet Protocol Television) de Manera Inalámbrica en Riobamba sustentado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad De Informática y Electrónica Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Con objetivo de la implementación de un Prototipo de Red IPTV de manera inalámbrica en Riobamba. Se realizó un análisis detallado mediante pruebas con equipos Cisco, configurados con protocolos como OSPF, DHCP, PIM SM-DM, UDP y RTP. Se emplearon herramientas como Wireshark, Jperf, CDM y VLC Media Player para evaluar la viabilidad de la transmisión. Se concluye que, mediante el uso de una red inalámbrica Wi-Fi, se logró obtener una media de resultados de las transmisiones que cumplen con los parámetros de calidad establecidos en la norma ITU-T Y.1541 para el medio inalámbrico. Se registraron un retardo de 3.4 milisegundos, un jitter de 0.364 milisegundos y una pérdida de paquetes del 0.118%. Estos resultados indican que la transmisión inalámbrica cumple con estándares aceptables de calidad de servicio.

3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) Rainer (2020), en su proyecto de investigación para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas titulada Análisis de tecnologías de redes inalámbricas para centros poblados rurales en el Perú sustentado en la universidad señor de Sipán facultad de Ingeniería, Arquitectura y urbanismo, escuela profesional de Ingeniería de Sistemas en Pimentel Perú. con objetivo de diseñar una red inalámbrica para brindar acceso a Internet en el centro poblado rural Corazón de



Jesús. La investigación, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo, emplea un diseño pre experimental para manipular la variable independiente. La población objetivo incluye representantes de entidades públicas y privadas, así como 27 pobladores, con un muestreo censal de 30 personas. Se concluye que se resalta la viabilidad del diseño de una red inalámbrica para el centro poblado, empleando tecnologías inalámbricas. Tras un exhaustivo análisis, se determinó que Wi-Fi 802.11ac representa la opción más adecuada. Para evaluar la idoneidad de esta elección, se utilizaron herramientas como Radio Mobile, Airlink y Google Earth, las cuales facilitaron la simulación y medición de la calidad de las conexiones, asegurando la calidad de conexiones (Olivera Contreras, 2024).

- b) Fierro (2024)** en su proyecto de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico titulada Diseño de una red inalámbrica de banda ancha para proveer internet a la escuela Padre Celestial del distrito de Ahuac, provincia de Chupaca – 2023 sustentado en la universidad Continental facultad de Ingeniería en Huancayo Perú. Con el objetivo de diseñar una red inalámbrica de banda ancha para proveer internet a la escuela Padre Celestial del distrito de Ahuac, provincia de Chupaca - 2023. La investigación, de tipo tecnológica/aplicada, con un nivel de investigación Aplicada con un diseño de soluciones. La población de este estudio es la base de telecomunicaciones de Ahuac, con una muestra del estudio es la estación de comunicaciones Ahuac - padre celestial. Se concluye que el diseño de la red inalámbrica de banda ancha evaluada logró cumplir con los parámetros técnicos y normativos establecidos, obteniendo una transmisión eficiente y confiable. La modulación QAM aplicada permitió velocidades de 780 a 866.7 Mbps, superando ampliamente los mínimos requeridos. La selección cuidadosa de equipos garantizó una infraestructura robusta y escalable. En el subsistema lógico, la latencia promedio de 13.21 ms y la ausencia total de pérdida de paquetes (0%) aseguran una comunicación estable y fluida. Asimismo, el sistema de seguridad demostró un alto nivel de confiabilidad (99.86%) y resistencia ante ataques de fuerza bruta, con 0% de intrusiones exitosas. Finalmente, la red mostró velocidades promedio de carga y descarga de 190.43 Mbps y 275.42 Mbps, respectivamente, superando los límites mínimos normativos y ofreciendo una experiencia de usuario óptima. Estos resultados



reflejan una red inalámbrica eficiente, segura y de alto rendimiento, adecuada para proveer servicios de Internet confiables en el ámbito nacional.

- c) Quispe (2020), en su proyecto de investigación para optar el título de Ingeniero de Sistema titulada Propuesta de Implementación de una Red Inalámbrica en el Centro Poblado Augusto B. Leguía del Distrito de Nuevo Imperial - Cañete; 2020, sustentando en la universidad Católica los Ángeles facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería de Sistema Chimbote Perú. Tuvo como objetivo realizar la propuesta de implementación de una red inalámbrica para mejorar el servicio de Internet en el Centro Poblado Augusto B. Leguía. La investigación adopta un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental de tipo descriptivo. La población se delimita a 1,272 habitantes, y la muestra consiste en 40 pobladores. La recolección de datos se lleva a cabo mediante un cuestionario y la técnica de encuesta. Se concluye que hay un alto nivel de insatisfacción con los servicios de red inalámbrica actuales (77.5%), mientras que el 100% de los encuestados expresa la necesidad de proponer la implementación de una red inalámbrica Wi-Fi viable financieramente y con una calidad de servicio aceptable. Esta conclusión se ve respaldada por una simulación exhaustiva que confirma la viabilidad económica y la adecuada calidad de servicio de la implementación propuesta.

3.1.3 Antecedentes locales

Farfan (2018), en su Proyecto de Investigación para optar el título de Ing. de Sistemas titulada Influencia del uso de un Sistema de Gestión de Red en la Calidad de Servicio de Internet Inalámbrico de la Empresa Fibertel en la Provincia de Andahuaylas, sustentando en la Universidad Nacional José María Arguedas Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, Andahuaylas Apurímac Perú. Con el objetivo de determinar el impacto de un sistema de gestión de red con router mikrotik en la calidad del servicio de Internet inalámbrico de la empresa Fibertel. Se empleó una metodología de investigación aplicada con un enfoque cuantitativo de razonamiento inductivo-deductivo. El diseño de investigación incluyó un pre-test y post-test con un grupo de experimentación, y la población en estudio consistió en 150 usuarios del servicio de internet de Fibertel en Andahuaylas, con una muestra de 30 clientes. Se utilizaron técnicas de observación-extracción y encuestas para la recolección de datos, y el análisis se realizó mediante un método experimental. Los



resultados mostraron mejoras significativas en disponibilidad, velocidad de transferencia y seguridad de datos, con un aumento general del 31.1% en la satisfacción de los usuarios. Las pruebas de Chi-Cuadrado respaldaron estadísticamente estos hallazgos, concluyendo que la implementación del sistema de gestión de red tuvo un impacto positivo en la calidad del servicio de Internet.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Diseño de red inalámbrica Wi-Fi

El diseño de redes inalámbricas abarca la planificación, implementación y configuración de una infraestructura de comunicaciones sin cables, facilitando la transferencia de datos y conectividad entre dispositivos. Conforme al estándar IEEE 802.11 para tecnologías Wi-Fi, este proceso implica seleccionar y ubicar estratégicamente puntos de acceso inalámbrico para asegurar cobertura, capacidad de transferencia, rendimiento y seguridad adecuados. Aspectos técnicos, como análisis del entorno, requisitos de rendimiento, estándares y tecnologías inalámbricas, asignación de canales, optimización de cobertura y gestión de interferencias, son considerados en el diseño. Además, se abordan aspectos de seguridad, gestión y escalabilidad, asegurando una infraestructura que cumpla con los requisitos mediante estándares, tecnologías y buenas prácticas de diseño.

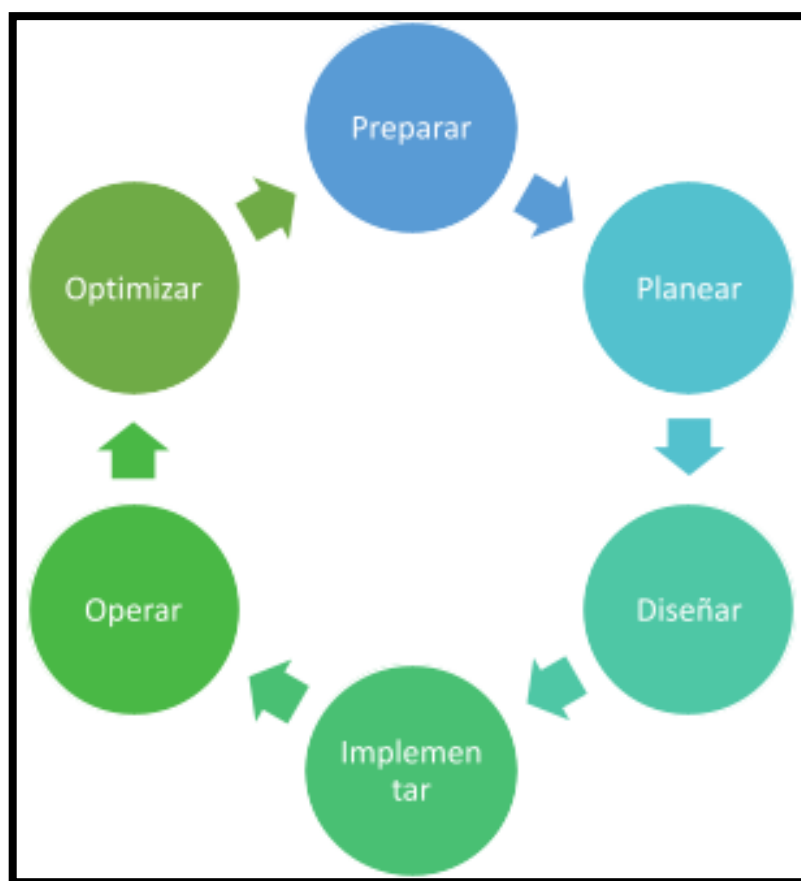
3.2.1.1 Metodología PPDIIO

La metodología PPDIIO (preparación, planificación, diseño, implementación, operación, optimización) es un enfoque estructurado y basado en buenas prácticas que se utiliza para planificar, diseñar, implementar, operar y optimizar redes con el objetivo de satisfacer las necesidades empresariales. Esta metodología se centra en la identificación de actividades necesarias para abordar la tecnología y la complejidad de la red, lo que ayuda a los clientes a instalar y operar nuevas tecnologías de manera efectiva. Al seguir el ciclo de vida de la red, se logra mejorar el rendimiento de la red y optimizar su funcionamiento en beneficio de la organización (Cisco, 2010).

Según el autor organización (Cisco, 2010), la metodología PPDIIO se compone de 6 fases distintas:



- **Fase de preparación:** En esta etapa se establece la justificación financiera para la implementación de la red y se identifica la tecnología que se utilizará para respaldar la arquitectura de la red.
- **Fase de planificación:** Durante esta fase, se identifican los requisitos de la red mediante una evaluación exhaustiva y una caracterización de la red. Se realiza un análisis de los puntos débiles y se contrastan con las mejores prácticas existentes.
- **Fase de diseño:** En esta etapa se desarrollan diseños detallados que incluyen tanto los requisitos comerciales como los técnicos. Se elaboran diagramas de red y se especifica la lista de equipos necesarios.
- **Fase de implementación:** Durante esta fase, se integran los nuevos dispositivos a la red existente sin interrupciones significativas ni la creación de puntos de vulnerabilidad.
- **Fase de operación:** En esta etapa se realiza el monitoreo de los componentes de la red, la administración de actualizaciones, el seguimiento del rendimiento y la corrección de errores que se presenten.
- **Fase de optimización:** En esta fase se lleva a cabo una gestión proactiva, se identifican y resuelven problemas que puedan afectar el rendimiento y la eficiencia de la red.

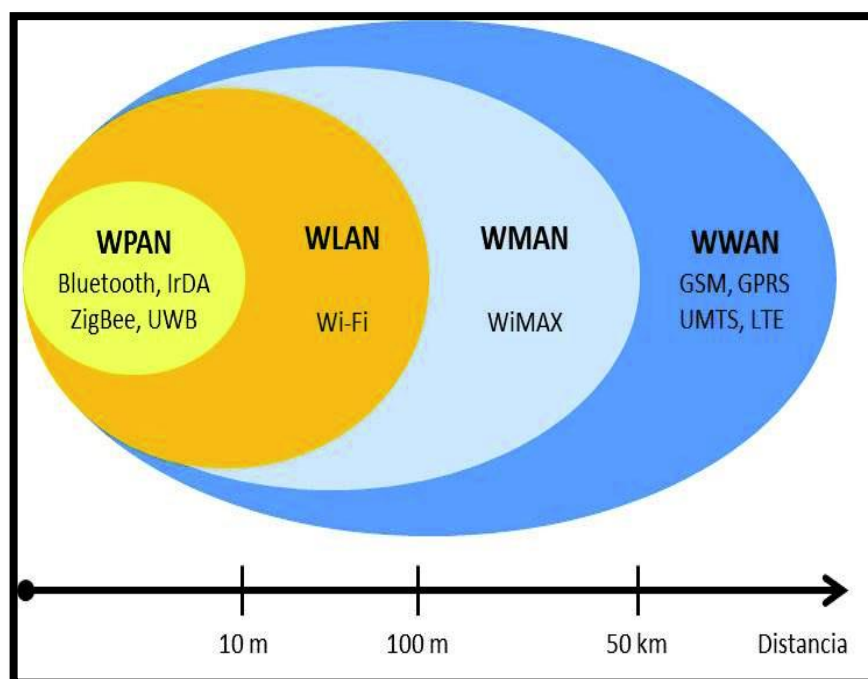


FUENTE: Cisco, 2010

Figura 1 — Fases de la metodología PPDIOO

3.2.1.2 Estándares y tecnologías inalámbricas

Las redes inalámbricas se pueden agrupar en cuatro categorías según su área de aplicación y alcance de señal. Estas categorías incluyen las redes inalámbricas de área personal (WPAN, por sus siglas en inglés), las redes inalámbricas de área local (WLAN), las redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) y las redes inalámbricas de área amplia (WWAN) (Salazar, 2016).



FUENTE: Salazar, 2016

Figura 2 — Tecnologías inalámbricas

- a) Tecnología WPAN (IEEE 802.15):** La tecnología de red inalámbrica de área personal (WPAN, por sus siglas en inglés) está basada en el estándar IEEE 802.15. Permite la comunicación en distancias cortas, generalmente alrededor de 10 metros, y es ideal para dispositivos como teléfonos inteligentes, auriculares, controles remotos, entre otros. Las WPAN utilizan tecnologías como Bluetooth, IrDA, ZigBee y UWB. Estas se caracterizan por su bajo consumo energético y menor velocidad de transmisión en comparación con otras tecnologías inalámbricas (Salazar, 2016).
- b) Tecnología WLAN (IEEE 802.11):** La red inalámbrica de área local (WLAN) utiliza el estándar IEEE 802.11, comúnmente conocido como Wi-Fi. Esta tecnología permite la conexión de dispositivos en un rango de hasta 100 metros, lo que la hace ideal para entornos como hogares, oficinas y centros educativos. Existen diversas versiones del estándar, como 802.11b y 802.11g, con velocidades de transmisión que varían desde 11 Mbps hasta 54 Mbps, respectivamente. Las redes WLAN pueden verse afectadas por interferencias o condiciones de señal débil, lo cual influye en su desempeño (Salazar, 2016).

- c) **Tecnología WMAN (IEEE 802.16 – WiMAX):** La red inalámbrica de área metropolitana (WMAN) emplea el estándar IEEE 802.16, también conocido como WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Esta tecnología proporciona conectividad en distancias mayores que el Wi-Fi, alcanzando hasta 50 kilómetros, y es capaz de servir a miles de usuarios desde una sola estación base. WiMAX opera en frecuencias con y sin licencia, abarcando rangos de 2 GHz a 66 GHz, y puede ofrecer velocidades de hasta 70 Mbps. Una ventaja clave es su capacidad para funcionar tanto en línea de vista como sin ella, lo que permite su implementación en terrenos con obstáculos (Salazar, 2016).
- d) **Tecnología WWAN (Redes Celulares y Satelitales):** Las redes inalámbricas de área amplia (WWAN) emplean tecnologías como la telefonía móvil y la comunicación satelital para ofrecer conectividad a grandes distancias, superando los 50 kilómetros. Estas redes son utilizadas por proveedores de servicios de telecomunicaciones para brindar acceso a Internet en ciudades, zonas rurales e incluso a nivel nacional. Las WWAN suelen operar en bandas de frecuencia con licencia y requieren una infraestructura compleja basada en torres, antenas o satélites (Salazar, 2016).

3.2.1.3 El estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi)

Compuesto por especificaciones de control de acceso al medio (MAC) y capa física (PHY), se utiliza para implementar redes inalámbricas de área local en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz, 5 GHz y 60 GHz. Estas especificaciones son desarrolladas y mantenidas por el grupo de trabajo IEEE 802.11. El estándar se lanzó inicialmente en 1997 y ha sido modificado a lo largo del tiempo. Las enmiendas y versiones del estándar constituyen la base de los productos Wi-Fi utilizados en redes inalámbricas (Salazar, 2016).

- a) **IEEE 802.11:** Los estándares de redes inalámbricas IEEE 802.11a, 802.11n y 802.11ac ofrecen diferentes capacidades y características. El estándar 802.11a opera en la banda de frecuencia de 5 GHz, utilizando OFDM para mejorar la velocidad de transmisión a 54 Mbps y resistir interferencias. Además, evita las frecuencias de dispositivos como teléfonos inalámbricos, asegurando una señal más limpia. Por otro lado,



el estándar 802.11n busca mejorar la velocidad y alcance, alcanzando hasta 600 Mbps en condiciones ideales mediante MIMO y canales de 40 MHz. Por último, el estándar 802.11ac, una evolución de 802.11n, opera en la banda de 5 GHz y utiliza tecnologías avanzadas para lograr velocidades teóricas de hasta 1.3 Gbps, proporcionando una conexión más rápida y eficiente para aplicaciones de alta velocidad. Estas tecnologías responden a las necesidades de rendimiento en redes inalámbricas. (Salazar, 2016).

3.2.1.4 Protocolo Nv2

El protocolo Nv2, desarrollado por MikroTik, es un protocolo inalámbrico patentado diseñado para trabajar con chips inalámbricos Atheros 802.11. A diferencia de los dispositivos 802.11 convencionales, Nv2 utiliza la tecnología de acceso a medios TDMA (Time Division Multiple Access). La tecnología TDMA resuelve problemas como los nodos ocultos y mejora el rendimiento y la latencia, especialmente en redes punto a multipunto (PtMP). Nv2 es compatible con chips Atheros 802.11n y heredados 802.11a/b/g, permitiendo la coexistencia en la misma red sin necesidad de actualizar hardware. En una red Nv2, el acceso a los medios es controlado por el punto de acceso Nv2, que asigna dinámicamente períodos para transmisiones descendentes y ascendentes. La implementación incluye selección dinámica de tarifas por cliente y ARQ (Automatic Repeat Request) para transmisiones de datos, garantizando una comunicación confiable. Además, Nv2 ofrece calidad de servicio (QoS) con colas de prioridad y un programador QoS incorporado, permitiendo políticas detalladas basadas en reglas de firewall o información de prioridad propagada mediante VLAN o bits EXP de MPLS (Mikrotik, 2018). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el protocolo Nv2 tiene un límite de 511 clientes por interfaz.

3.2.1.5 Antenas

a) **Enlaces punto multipunto (PTMP):** Los enlaces punto multipunto son aquellos enlaces de datos en los que un punto central se comunica con múltiples puntos remotos (Escobedo, 2019). Para nuestro trabajo



utilizaremos antenas Simétricas. Las antenas simétricas tipo horn tienen un patrón de haz simétrico sin lóbulos laterales (Elements, 2023).



FUENTE: Elements, 2023

Figura 3 — Antena simétrica RF Elements

- b) Enlaces punto a punto (PTP):** Los enlaces punto a punto son aquellos enlaces de datos en los que un punto de origen se comunica directamente con un punto de destino (Escobedo, 2019). Para nuestro proyecto utilizaremos antenas parabólicas. Una antena parabólica emplea un reflector con forma de parábola para concentrar las ondas electromagnéticas en su foco, permitiendo así una alta directividad y ganancia, características esenciales en las comunicaciones por satélite (Federico, 2022).



FUENTE: Mikrotik, 2023

Figura 4 — Antena parabólica Mikrotik

3.2.1.6 Calidad de conexión del cliente CCQ

La calidad de la conexión del cliente (CCQ) representa un porcentaje que indica la eficacia en la utilización del ancho de banda en comparación con su capacidad máxima teórica. CCQ se obtiene mediante el promedio ponderado de los valores T_{min}/T_{real} , los cuales se calculan para cada cuadro transmitido. En este contexto, T_{min} representa el tiempo necesario para transmitir un cuadro a la velocidad máxima sin reintentos, mientras que T_{real} refleja el tiempo real de transmisión, considerando los reintentos necesarios y la velocidad de transmisión (Escobedo, 2019).

3.2.1.7 Sensibilidad, potencia y modulación

La sensibilidad de un receptor se refiere al nivel mínimo en el que puede detectar una señal, aunque no necesariamente se conectará a ella, ya que esto depende del espectro. La modulación más alta se logra con una menor potencia de transmisión. Un valor de sensibilidad más bajo indica una mejor

capacidad para detectar señales, pero a su vez implica una mayor susceptibilidad al ruido (Escobedo, 2019).

Tabla 2 — Relación entre sensibilidad, potencia y modulación

5 GHz	Transmit (dBm)	Receive Sensitivity
6MBit/s	25	-96
54MBit/s	20	-80
MCS0	25	-96
MCS7	19	-75
FUENTE: Escobedo, 2019		

3.2.1.8 Niveles mínimos de señal / modulación

Existen relaciones directas entre los niveles mínimos de señal, la modulación y el throughput en las redes inalámbricas. A medida que aumenta el nivel de señal, se puede lograr una mayor modulación, como en el caso de la **modulación por amplitud en cuadratura (QAM)**, que permite transmitir más bits por símbolo en función de la calidad de la señal y la potencia utilizada, lo que resulta en un mayor throughput. Sin embargo, un mayor ancho de canal puede provocar una degradación debido a la interferencia. Además, un menor nivel de CCQ se asocia con una mayor retransmisión debido a la pérdida de paquetes (Escobedo, 2019).

Tabla 3 — Diagrama de constelación de la modulación QAM

MCS	Modulation	Rate	Minimum Sensitivity (dBm)			
			20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz
0	BPSK	1/2	-82	-79	-76	-73
1	QPSK	1/2	-79	-76	-73	-70
2	QPSK	3/4	-77	-74	-71	-68
3	16-QAM	1/2	-74	-71	-68	-65
4	16-QAM	3/4	-70	-67	-64	-61
5	64-QAM	2/3	-66	-63	-60	-57
6	64-QAM	3/4	-65	-62	-59	-56
7	64-QAM	5/6	-64	-61	-58	-55
8	256-QAM	3/4	-59	-56	-53	-50
9	256-QAM	5/6	-57	-54	-51	-48
FUENTE: Escobedo, 2019						

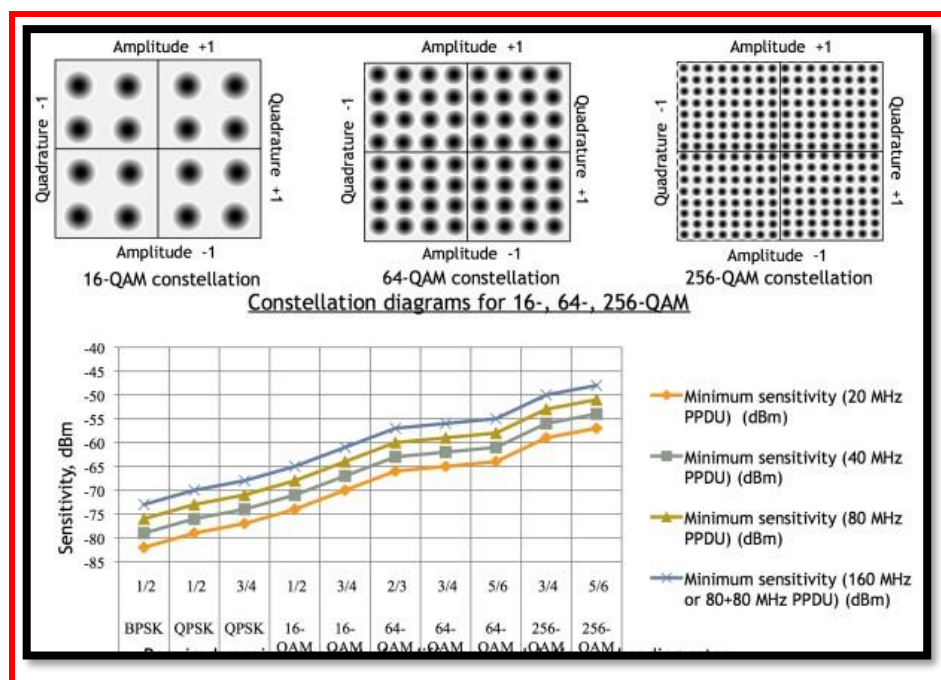


Figura 5 — Diagrama de la constelación del QAM

FUENTE: (Escobedo, 2019)

3.2.1.9 Modulación y referencia nominal de data rate

Se refiere a la cantidad de data Rate nominal que se puede lograr en cada modulación. A continuación, se muestra el data rata para el estándar 802.11n.

Tabla 4 — Data rates – 802.11n / Ch0 (0-7) Ch1 (8-15) Ch2 (16-23)

HT MCS Index	Modulation	Coding	20 MHz				40 MHz			
			Data Rate (Mbps)		Min. SNR (dBm)	Receive Sensitivity (RSSI)	Data Rate (Mbps)		Min. SNR (dBm)	Receive Sensitivity (RSSI)
			GI = 800ns	GI=400ns			GI = 800ns	GI=400ns		
1 Spatial Stream										
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	2	-82	13.5	15	5	-79
1	QPSK	1/2	13	14.4	5	-79	27	30	8	-76
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	9	-77	40.5	45	12	-74
3	16-QAM	1/2	26	28.9	11	-74	54	60	14	-71
4	16-QAM	3/4	39	43.3	15	-70	81	90	18	-67
5	64-QAM	2/3	52	57.8	18	-66	108	120	21	-63
6	64-QAM	3/4	58.5	65	20	-65	121.5	135	23	-62
7	64-QAM	5/6	65	72.2	25	-64	135	150	28	-61
2 Spatial Stream										
8	BPSK	1/2	13	14.4	2	-82	27	30	5	-79
9	QPSK	1/2	26	28.9	5	-79	54	60	8	-76
10	QPSK	3/4	39	43.3	9	-77	81	90	12	-74

11	16-QAM	1/2	52	57.8	11	-74	108	120	14	-71
12	16-QAM	3/4	78	86.7	15	-70	162	180	18	-67
13	64-QAM	2/3	104	115.6	18	-66	216	240	21	-63
14	64-QAM	3/4	117	130.3	20	-65	243	270	23	-62
15	64-QAM	5/6	130	144.4	25	-64	270	300	28	-61
3 Spatial Stream										
16	BPSK	1/2	19.5	21.7	2	-82	40.5	45	5	-79
17	QPSK	1/2	39	43.3	5	-79	81	90	8	-76
18	QPSK	3/4	58.5	65	9	-77	121.5	135	12	-74
19	16-QAM	1/2	78	86.7	11	-74	162	180	14	-71
20	16-QAM	3/4	117	130	15	-70	243	270	18	-67
21	64-QAM	2/3	156	173.3	18	-66	324	360	21	-63
22	64-QAM	3/4	175.5	195	20	-65	364.5	405	23	-62
23	64-QAM	5/6	195	216.7	25	-64	405	450	28	-61
4 Spatial Stream										
24	BPSK	1/2	26	28.9	2	-82	54	60	5	-79
25	QPSK	1/2	52	57.8	5	-79	108	120	8	-76
26	QPSK	3/4	78	86.7	9	-77	162	180	12	-74
27	16-QAM	1/2	104	115.6	11	-74	216	240	14	-71
28	16-QAM	3/4	156	173.3	15	-70	324	360	18	-67
29	64-QAM	2/3	208	231.1	18	-66	432	480	21	-63
30	64-QAM	3/4	234	260	20	-65	486	540	23	-62
31	64-QAM	5/6	260	288.9	25	-64	540	600	28	-61
FUENTE: Escobedo, 2019										

3.2.1.10 Parámetros referenciales (Registration) o calidad de la señal

Los parámetros referenciales (Registration) proporcionan una base para analizar la calidad de un enlace en ambos extremos. Estos valores indicativos son útiles para evaluar la calidad y el rendimiento del enlace. Los valores ideales para los parámetros referenciales son los siguientes (Escobedo, 2019).

- a) **RSSI Ideal:** -45 a -55 dBi El RSSI ideal se encuentra en el rango de -45 a -55 dBi, lo cual indica una señal fuerte y de alta calidad.
- b) **SNR Ideal:** ≥ 30 dB (SNR = RSSI - Noise Floor) ≤ 55 El SNR ideal es igual o superior a 30 dB. El SNR se calcula restando el nivel de señal (RSSI) del nivel de ruido (Noise Floor). Un SNR alto indica una buena relación señal-ruido, lo que contribuye a una comunicación clara y confiable. El valor máximo del SNR ideal es de 55 dB.

- c) **CCQ ideal:** 100/100% El CCQ ideal es del 100%, lo que significa una calidad de conexión perfecta. Un CCQ del 100% indica una transmisión sin pérdida de paquetes ni errores.

Estos parámetros referenciales brindan una guía para evaluar la calidad del enlace y ayudan a identificar posibles problemas o mejoras en la comunicación inalámbrica.

Interface <wlan1>

Tx Power | Current Tx Power | Advanced Status | Status | Traffic | ...

Last Link Down Time:

Last Link Up Time: Nov/22/2024 14:17:31

Link Downs: 0

Channel: 5080/20/an

Wireless Protocol: nv2

Tx Rate: 144.4Mbps-20MHz/2S/SGI

Rx Rate: 144.4Mbps-20MHz/2S/SGI

SSID: TAPAAF

BSSID: 48:8F:5A:8A:AD:B0

Radio Name: 488F5A8AADB0

Tx/Rx Signal Strength: -50/-45 dBm

Tx/Rx Signal Strength Ch0: -53/-47 dBm

Tx/Rx Signal Strength Ch1: -53/-47 dBm

Tx/Rx Signal Strength Ch2:

Tx/Rx Signal Strength Ch3:

Noise Floor: -106 dBm

Signal To Noise: 61 dB

Tx/Rx CCQ: 97 % / 99 %

Overall Tx CCQ:

Distance: 1 km

RouterOS Version: 6.45.9

Last IP:

☐ WDS Link

☐ Compression

☐ WMM Enabled

enabled | running | slave | connected t...

OK
Cancel
Apply
Disable
Comment
Simple Mode
Torch
WPS Accept
WPS Client
Setup Repeater
Scan...
Freq. Usage...
Align...
Sniff...
Snooper...
Reset Configuration

Figura 6 — Parámetros de una buena calidad y rendimiento del enlace

3.2.2 Protocolo HLS

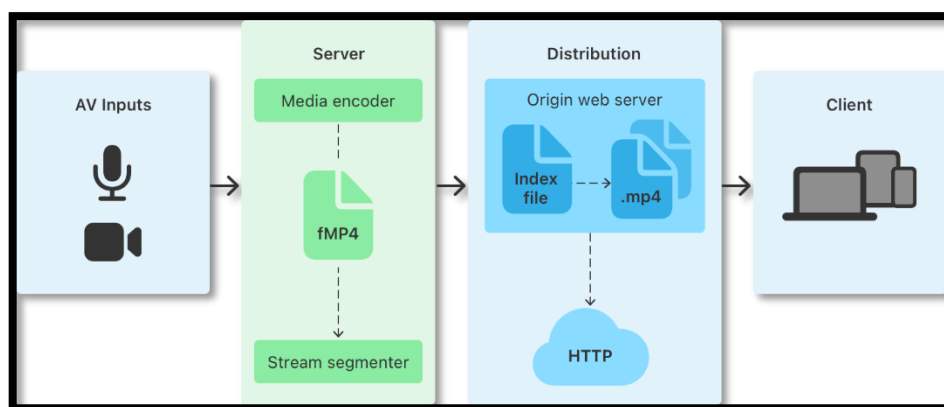
El HTTP Live Streaming (HLS) facilita la transmisión de audio y video a través del protocolo HTTP desde un servidor web estándar para la reproducción en dispositivos iOS y computadoras con macOS. Al aprovechar los servidores web y las redes de entrega de contenido convencionales, HLS busca proporcionar una reproducción confiable y adaptable a las condiciones de la red. Su enfoque dinámico optimiza la experiencia de reproducción al ajustar la calidad y velocidad de entrega del contenido según la velocidad de conexión disponible, ya sea por cable o inalámbrica (Apple, 2023).

HLS admite lo siguiente.

- Transmisiones en vivo y contenido pregrabado (video a pedido o VOD).
- Múltiples flujos alternativos a diferentes velocidades de bits.
- Conmutación inteligente de flujos en respuesta a cambios en el ancho de banda de la red.
- Cifrado de medios y autenticación de usuarios.

3.2.2.1 Arquitectura

Conceptualmente, HTTP Live Streaming (HLS) se compone de tres partes: el servidor, la distribución y el software del cliente. En una configuración típica, un codificador de hardware convierte el audio y video en formato HEVC y AC-3, generando un archivo MPEG-4 fragmentado o un flujo de transporte MPEG-2. Luego, un segmentador de software divide el flujo en archivos multimedia más cortos, que se almacenan en un servidor web. El segmentador también crea un archivo de índice que contiene la lista de los archivos multimedia. La URL del índice se publica en el servidor web. El software del cliente lee el índice, solicita los archivos multimedia en orden y los reproduce sin interrupciones (Apple, 2023). La siguiente figura 11 muestra los componentes de un HTTP Live Stream.



FUENTE: Apple, 2023

Figura 7 — Componentes de un HTTP Live Stream

Se divide en 3 componentes:

- **Componente del servidor:** El servidor en HTTP Live Streaming (HLS) juega un papel vital al recibir y convertir flujos de medios en formato digital. Su función clave incluye encapsular y preparar los medios para la distribución, especialmente en eventos en vivo que requieren codificadores de medios. La tarea adicional es dividir los medios codificados en segmentos, para lo cual se pueden emplear soluciones de segmentación de flujo de medios, ya sea el proporcionado por Apple o alternativas de terceros (Apple, 2023).
- **Componente de distribución:** El componente de distribución en HTTP Live Streaming (HLS) se ocupa de entregar archivos multimedia y archivos de índice al cliente mediante el protocolo HTTP, utilizando un servidor web o un sistema de almacenamiento en caché web. Este componente no requiere módulos personalizados en el servidor y generalmente implica una configuración mínima en el servidor web. La implementación de HLS implica la creación de una página HTML o una aplicación de cliente como receptor del contenido, junto con un servidor web que aloje los archivos multimedia y de índice. Para transmisiones en vivo, se necesita codificar los flujos en vivo como archivos multimedia MPEG-4 fragmentados, con video en formatos como HEVC o H.264, y audio en formatos como AAC o AC-3 (Apple, 2023).

- **Software de cliente:** El software de cliente en HTTP Live Streaming (HLS) gestiona la reproducción de los medios y asegura una experiencia de visualización continua. Integrado en dispositivos iOS 3.0 y superiores, así como en computadoras con Safari 4.0 o versiones posteriores, el software comienza obteniendo el archivo de índice a través de una URL que identifica la transmisión. El archivo de índice contiene información sobre la ubicación de los archivos multimedia, claves de descifrado y flujos alternativos. Descargando secuencialmente cada archivo multimedia, el cliente reensambla los segmentos para presentar un flujo continuo al usuario. Además, se encarga de obtener claves de descifrado, autenticar al usuario y cargar periódicamente nuevas versiones del archivo de índice durante transmisiones en curso. Este proceso continúa hasta encontrar la etiqueta EXT-X-ENDLIST, indicando el final de la transmisión actual la red (Apple, 2023).

3.2.2.2 Calidad de transmisión de video

La calidad de la transmisión de video se refiere a la evaluación de diversos aspectos que impactan la percepción visual y la experiencia del usuario durante la reproducción de contenido multimedia. En el contexto de la transmisión mediante HLS (Apple, 2023), los indicadores clave son.

- a) Resolución:** La resolución se refiere al nivel de detalle y nitidez de la imagen. Se mide en píxeles y afecta directamente la claridad visual del contenido. Para nuestro caso la resolución será de 1080p.
- b) Tasa de bits (Bitrate):** La tasa de bits representa la cantidad de datos transmitidos por unidad de tiempo. En el caso de la transmisión de video, una tasa de bits más alta generalmente implica una mayor calidad de imagen. Según Apple la velocidad mínima requerida es de 5.8 Mbps.
- c) Fluidez de la reproducción:** La fluidez se refiere a la capacidad de reproducción del video sin interrupciones o pausas, proporcionando una experiencia visual continua y agradable. Esto lo calcularemos realizando pruebas en cada video.

3.2.2.3 Latencia de transmisión

La latencia de transmisión es el tiempo que tarda la señal desde el inicio de la transmisión hasta que es visualizada en el dispositivo del usuario. En HLS, esta medida influye directamente en la velocidad y eficiencia de la entrega de contenido. Este tiempo tiene que ser como máximo 6 segundos según Apple (Apple, 2023).

3.2.3 Calidad de servicio QoS

La Calidad de Servicio (QoS) se refiere al rendimiento percibido por los usuarios finales en los servicios electrónicos. Es importante que una red con QoS garantice que los parámetros clave, como el jitter, el retardo y la pérdida de paquetes, no afecten negativamente la comunicación. Estos parámetros deben ser controlados y gestionados para asegurar un nivel adecuado de calidad en la transmisión de datos y servicios (Chauca, 2016). A continuación, se describen las principales fórmulas relacionadas a la gestión del QoS, o factores que afectan la calidad de una red.

3.2.3.1 Ancho de banda mínimo

El ancho de banda se define como "una medida de la capacidad disponible en un enlace de red, es decir, la capacidad de un enlace" (MercadoIT, 2017) y se mide generalmente en bits por segundo (bps). El ancho de banda mínimo se refiere a la cantidad mínima de ancho de banda requerida por el flujo de una aplicación y su medición depende del intervalo de tiempo especificado, Chauca (2016). En palabras de Padilla (2007), está relacionado con la cantidad mínima de ancho de banda necesaria para el flujo de la aplicación. La fórmula "tiempo de transferencia = tamaño del archivo / ancho de banda ($T = T_m / AB$)" se utiliza para estimar varios componentes importantes del rendimiento de una red (Cisco Systems, 2005). Utilizando esta fórmula, se puede despejar la ecuación del ancho de banda.

$$AB = \frac{T_m}{T} \text{ -----(Ecuación 1)}$$

Donde AB representa el ancho de banda en megabits por segundo (Mbps), T_m es el tamaño del archivo en megabits (Mb), y T es el tiempo de transferencia en segundos (s).

Tabla 5 — Ancho de bando mínimo kbps para videos

Relación de aspecto 16:9	HEVC/H.265 30 fps	HDR (HEVC) 30 fps	Cuadros por segundo
640x360	145	160	≤ 30fps
768x432	300	360	≤ 30fps
960x540	600	730	≤ 30fps
960x540	900	1090	≤ 30fps
960x540	1600	1930	Lo mismo que la fuente del video
1280x720	2400	2900	Lo mismo que la fuente del video
1280x720	3400	4080	Lo mismo que la fuente del video
1920x1080	4500	5400	Lo mismo que la fuente del video
1920x1080	5800	7000	Lo mismo que la fuente del video
2560x1440	8100	9700	Lo mismo que la fuente del video
3840x2160	11600	13900	Lo mismo que la fuente del video
3840x2160	16800	20000	Lo mismo que la fuente del video

FUENTE: Apple, 2023

Al observar la tabla, podemos deducir que para asegurar una transmisión de IPTV en buenas condiciones y con una calidad de 1920x1080, se requiere como mínimo una velocidad de 5.8 Mbps (Apple, 2023). Esta información nos brinda una referencia sobre los requisitos de ancho de banda necesarios para disfrutar de una experiencia de IPTV óptima.

3.2.3.2 Retardo (Delay)

El retardo, también conocido como latencia, se refiere al tiempo que tarda un paquete en viajar desde el remitente hasta el receptor (MercadoIT, 2017). Cuanto mayor sea el retardo, más lenta parecerá la red. La latencia se mide generalmente en milisegundos (ms). Según (Padilla, 2007), el retardo requerido puede ser especificado como el promedio de los retardos (retardo medio) o el retardo máximo. El retardo que experimenta un paquete se compone de tres componentes: retardo de propagación, retardo de transmisión y retardo de procesamiento. Con el fin de obtener un parámetro

que determine el tiempo que los paquetes tardan en transmitirse, se ha desarrollado la siguiente ecuación (Vega, y otros, 2019). La siguiente formula nro. 1 se utiliza para el Retardo.

$$D_{prom} = \frac{L}{C} \text{ -----(Ecuación 2)}$$

Donde D_{prom} representa el retardo promedio en milisegundos (ms), L es la longitud del paquete en bits, y C es la tasa de transmisión del paquete en bits por segundo (bps). Según la recomendación ITU-T Y.1541, el valor máximo aceptable para el retardo es de 100 ms. Utilizando el comando "ping", es posible obtener automáticamente el tiempo mínimo, máximo y promedio de ida y vuelta de un paquete en una red. Se ha establecido una escala de valores de importancia para facilitar la categorización de los protocolos en función de los porcentajes de esta métrica. A continuación, se muestra el cuadro que ilustra esta escala de valores (Arévalo, y otros, 2016).

Tabla 6 — Valoración de porcentajes de retardo

NIVEL DE VALORACIÓN	RETARDO (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 20	100
MUY BUENO	20 – 40	80
BUENO	40 – 60	60
MALO	60 – 80	40
PÉSIMO	80 – 100	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

Si el valor de retardo supera los 100 ms, se considera una calificación de 0% y esto no garantiza una transmisión de calidad, lo que puede resultar en una degradación de la calidad de las imágenes, especialmente en transmisiones de vídeo. Esto se manifiesta a través de cambios bruscos en las imágenes o congelación de las mismas (Arévalo, y otros, 2016).

3.2.3.3 Variación de retardo (Jitter)

La variación de retardo, o Jitter, se refiere a la medida de la variabilidad en el retardo entre paquetes (MercadoIT, 2017). Por ejemplo, si un paquete tarda 30 ms en llegar del punto A al punto B y otro paquete tarda 40 ms en el mismo recorrido, entonces la fluctuación entre ellos es de 10 ms (es decir, 40 ms - 30 ms). El jitter especifica la diferencia máxima entre el retardo más

largo y el más corto que experimenta un paquete. Es importante destacar que la variación de retardo no debe ser mayor que el retardo del peor caso ni el retardo de procesamiento procesamiento (Padilla, 2007). Para calcular el valor del Jitter o variación de retardo, se utiliza la siguiente ecuación, extraída del manual de la herramienta de inyección de tráfico (Vega, y otros, 2019). La siguiente fórmula nro. 2 se utiliza para el Jitter.

$$Jprom = \sum \frac{D_i}{n} \text{ -----(Ecuación 3)}$$

Donde Jprom representa el Jitter promedio en milisegundos (ms), D_i es el retardo promedio en milisegundos (ms) y n es el número de retardos. La recomendación ITU Y.1541 establece que el retardo no debe superar los 50 milisegundos. Con el fin de categorizar los protocolos según los porcentajes de esta métrica, se ha creado una escala de valores de importancia. A continuación, se presenta un cuadro que muestra dicha escala (Molina, 2011).

Tabla 7 — Valoración del porcentaje de Jitter

NIVEL DE VALORACIÓN	JITTER (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 10	100
MUY BUENO	10 – 20	80
BUENO	20 – 30	60
MALO	30 – 40	40
PÉSIMO	40 – 50	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

Si el valor de Jitter supera los 50 milisegundos, se considera que la calidad de la transmisión de video no está garantizada, lo que resulta en un deterioro de las imágenes. Este deterioro se manifiesta mediante cambios bruscos o congelación de las imágenes (Molina, 2011).

3.2.3.4 Pérdida de paquetes (Loss)

Durante el transporte de paquetes a través de una red, algunos de ellos pueden perderse en el camino, es decir, no llegar a su destino (MercadoIT, 2017). La pérdida de paquetes se mide mediante el porcentaje de paquetes que no llegan a su destino, lo cual representa un desafío significativo en las redes, ya que los errores de transmisión pueden dañar los bits y retrasar la



entrega. Esta pérdida puede ocurrir debido a errores en los equipos de conectividad de la red o debido a la sobrecarga de buffers, equipos o aplicaciones durante períodos de congestión. Para calcular la tasa de pérdida de paquetes, se utiliza la siguiente ecuación (Chauca, 2016). La siguiente fórmula nro. 3 se utiliza para la pérdida de paquetes.

$$tp = \frac{(ps-pr)}{ps} * 100 \text{ -----(Ecuación 4)}$$

Donde tp representa la tasa de pérdida de paquetes en porcentaje (%), ps es el número de paquetes enviados y pr es el número de paquetes recibidos.

Según la recomendación ITU-T Y.1541, se establece un límite máximo aceptable del 10% de paquetes perdidos en una transmisión. En base a esto, se ha desarrollado una escala de valores de importancia que permite categorizar los protocolos según los porcentajes de pérdida de paquetes. Estos valores se presentan a continuación (Arévalo, y otros, 2016).

Tabla 8 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes

NIVEL DE VALORACIÓN	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
EXCELENTE	0 – 2
MUY BUENO	2 – 4
BUENO	4 – 6
MALO	6 – 8
PÉSIMO	8 – 10
FUENTE: Carrión, y otros, 2016	

Cuando la pérdida de paquetes en una transmisión de video supera el 10%, no se garantiza la calidad en la transmisión. Esto puede ocasionar un deterioro en las imágenes, que se manifiesta a través de cambios bruscos o congelación de las mismas (Arévalo, y otros, 2016).

3.2.4 Mikrotik

MikroTik es una empresa especializada en el desarrollo de hardware y software para redes de computadoras. Su enfoque principal se centra en la fabricación de routers y sistemas operativos de red, conocidos por el nombre de RouterOS. Aquí hay un resumen de los aspectos clave relacionados con RouterOS (Mikrotik, 2024).



3.2.4.1 Compatibilidad y requisitos de hardware

RouterOS es el sistema operativo de MikroTik diseñado para su hardware, aunque también puede instalarse en dispositivos de terceros. Es compatible con equipos antiguos siempre que no utilicen arquitecturas MIPS-LE y cuenten con al menos 64 MB de RAM. Esta política de soporte extenso permite que incluso dispositivos descontinuados hace décadas sigan operando con versiones actuales del sistema. En cuanto a equipos de terceros, deben contar con CPU ARM, x86 o AMPERE, memoria RAM mínima de 64 MB y almacenamiento compatible (IDE, SATA, USB o flash). El uso de NVMe se limita a ciertas arquitecturas como CHR, x86, Tile y MMIPS (Mikrotik, 2024).

3.2.4.2 Métodos de instalación y configuración

RouterOS ofrece diversas opciones de instalación que se adaptan a distintos entornos, incluyendo Netinstall por red, instalación mediante CD y versiones para máquinas virtuales (CHR). La configuración inicial puede realizarse mediante acceso MAC, y la administración posterior puede llevarse a cabo usando herramientas como WinBox (GUI para Windows), Webfig (interfaz web), aplicaciones móviles o una potente interfaz de línea de comandos. Además, el sistema admite automatización por scripting y una API para desarrollo de herramientas personalizadas (Mikrotik, 2024).

3.2.4.3 Funcionalidades de red y seguridad

Este sistema incluye un cortafuegos con filtrado con estado, NAT, soporte para protocolos comunes y avanzadas capacidades de filtrado. En cuanto al enrutamiento, soporta tanto enrutamiento estático como dinámico con protocolos como RIP, OSPF, BGP y tecnologías avanzadas como VRF, ECMP y MPLS. También permite la implementación de VPN mediante múltiples protocolos, incluyendo IPSec, L2TP, SSTP, WireGuard y ZeroTier, con soporte para aceleración de hardware y encapsulaciones para IPv4 e IPv6 (Mikrotik, 2024).



3.2.4.4 Servicios inalámbricos, DHCP y QoS

RouterOS ofrece amplias funcionalidades inalámbricas bajo estándares IEEE802.11 y protocolos propietarios como NV2 y Nstreme. Soporta AP virtuales, WDS, roaming, seguridad WPA/WPA2, control de acceso y protocolos de malla. También proporciona servicios DHCP completos (servidor, cliente, relé, DHCPv6, RADIUS) y mecanismos de calidad de servicio (QoS), incluyendo colas simples, HTB y PCQ para el manejo eficiente del ancho de banda (Mikrotik, 2024).

3.2.5 IPTV/OTT

IPTV, basado en el protocolo IP, utiliza la tecnología de streaming para transmitir datos, diferenciándose de la televisión convencional mediante métodos de difusión como multicast o unicast. La transmisión desde servidores a dispositivos como computadoras o Set-Top Boxes (STB) puede provenir de fuentes satelitales o transmisiones en vivo. Cuando es necesario, la señal analógica se convierte a digital mediante un codificador, encapsulando los datos en paquetes IP y encriptándolos antes de la distribución (Méndez, 2011).

3.2.5.1 Arquitectura

Las redes IPTV se componen de múltiples elementos, lo que ha dado lugar a diversas arquitecturas utilizadas para el transporte de servicios de vídeo. Aunque existen variaciones, en términos generales, es crucial que dicha arquitectura considere los siguientes componentes (I love my IPTV, 2005).

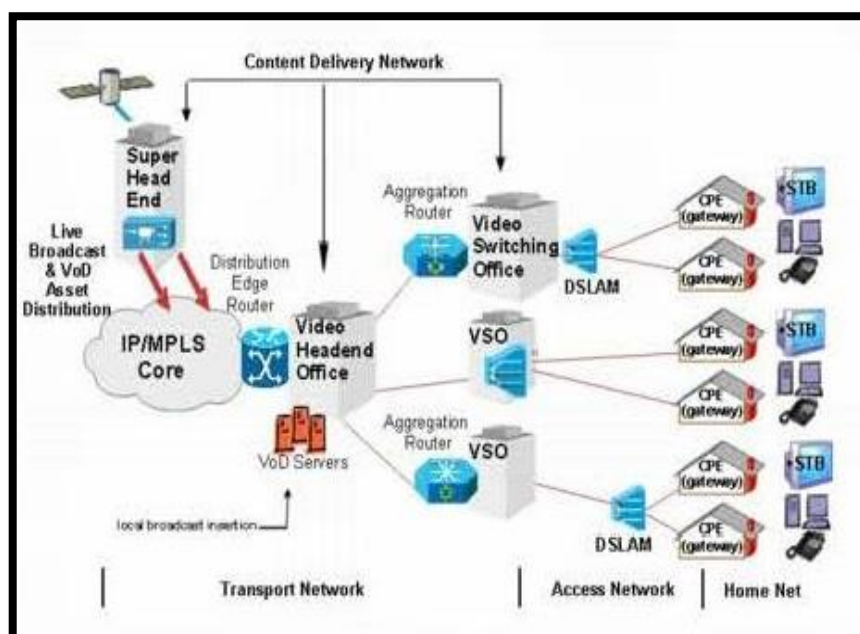
a) Cabecera: En la cabecera de la red se ubican los contenidos proporcionados por el proveedor. Esta área alberga los dispositivos encargados de recibir, transformar y distribuir los diversos contenidos a los suscriptores (García, y otros, 2012). En la cabecera, se encuentran dos escenarios posibles. En el primero, cuando los datos son digitales, no es necesario realizar la digitalización. En el segundo escenario, si la información es analógica, se realiza una codificación para convertir el vídeo a formato digital. Luego, se comprime para optimizar recursos y se encripta para asegurar la seguridad durante la transmisión desde el proveedor hasta el cliente cliente (Méndez, 2011); (Vallejo, 2007).



- b) Middleware:** El middleware, una plataforma central basada en software en servidores dedicados, coordina la interacción entre usuarios y servicios de IPTV en la cabecera de la red. Gestiona eficientemente servicios como Video on Demand (VoD), autorizando solicitudes, verificando perfiles y derechos de acceso, así como comunicándose con sistemas como autenticación y facturación para garantizar la interoperabilidad en todos los servicios de IPTV (Lloret, y otros, 2010).
- c) Sistema de gestión de contenidos:** El sistema de gestión de contenidos opera de manera autónoma, abarcando todo el ciclo de vida de los contenidos del proveedor, desde la codificación hasta la fijación de precios y estrategias de marketing. Su objetivo principal es facilitar la gestión de recursos compartidos por aplicaciones y servicios, utilizando gestores especializados en diversas funciones para lograr eficiencia y obtener resultados óptimos en la gestión de contenidos (Sistemas de Televisión sobre Infraestructura IP, 2011).
- d) Red de distribución:** La red de distribución conecta la cabecera de red con la red de acceso, gestionando la conmutación y transmisión de datos en el sistema. Su función es crucial para garantizar un flujo bidireccional de datos, requiriendo una alta capacidad de transferencia para mantener una buena calidad de servicio a los clientes (Arévalo, y otros, 2010). En la parte de la arquitectura donde se encuentran los routers de agregación, estos dispositivos desempeñan un papel crucial en el sistema y deben contar con características específicas para cumplir eficientemente con sus funciones. Algunas de estas características son (García, y otros, 2012):
- calidad de servicio por abonado y servicio.
 - soporte de Multicast IP.
 - control de acceso para conmutación Ethernet.
 - soporte de protocolos de señalización.
 - alta disponibilidad.
 - transición de IPv4 a IPv6.
 - escalabilidad y rendimiento.
- e) Red de acceso:** En La red de acceso debe proporcionar un ancho de banda adecuado al cliente, ya que debe ser capaz de soportar múltiples

canales de televisión en alta definición (HD) y definición estándar (SD), así como reservar una porción de ancho de banda suficiente para otros servicios. En la actualidad, hay diversas tecnologías de acceso disponibles, como xDSL, HFC y FTTx, entre otras, que permiten satisfacer estas demandas y garantizar una experiencia de IPTV de calidad (García, y otros, 2012).

- f) **Red del cliente:** Facilita la comunicación entre los dispositivos conectados a ella y les permite acceder a los recursos disponibles. Para acceder a los servicios, cada dispositivo debe estar conectado al Gateway residencial, ya sea a través de una conexión cableada o inalámbrica. El Gateway residencial actúa como un puente entre la red de acceso y la red residencial, permitiendo el flujo de información (Sánchez, 2008). En esta red, se encuentran diversos dispositivos utilizados comúnmente, como los Set Top Box (STB), los computadores (portátiles o de mesa), los Teléfonos IP y los Smartphones. Estos dispositivos permiten a los usuarios conectarse a la red y acceder a los servicios y recursos disponibles (Aplicación de la tecnología inalámbrica LMDS en el futuro, alternativas y opciones, 1999).



FUENTE: García, y otros, 2012

Figura 8 — Arquitectura general de IPTV

3.2.6 Zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca

En el marco de mi investigación, se prestará especial atención a las zonas rurales de Abancay, con un enfoque destacado en las comunidades de Huayllabamba y Pachachaca. Estas áreas representan contextos específicos en los cuales se explorará la implementación y eficacia de soluciones de red. La elección de estas zonas rurales se fundamenta en la importancia de comprender cómo la tecnología de redes puede ser adaptada y beneficiar a comunidades remotas. La consideración de Pachachaca y Huayllabamba permitirá analizar de manera detallada los desafíos y oportunidades particulares que enfrentan las regiones rurales, contribuyendo así a un enfoque más integral y aplicado de la investigación.

3.3 Marco conceptual

- a) **IPTV.** El UIT-T define la IPTV como sigue: “servicios multimedios, tales como televisión, vídeo, audio, texto, gráficos y datos, transmitidos por redes basadas en el IP y gestionadas para ofrecer el nivel requerido de calidad de servicio (QoS), calidad percibida (QoE), seguridad, interactividad y fiabilidad”.
- b) **OTT.** Los servicios OTT permiten a los usuarios acceder a contenido como películas, series de televisión o deportes a través de una conexión a internet. Algunos ejemplos de plataformas OTT son Netflix, Amazon Prime Video, Hulu, Disney y HBO.
- c) **WI-FI.** El Wi-Fi, una tecnología de red inalámbrica, facilita la interacción entre diversos dispositivos, como computadoras, dispositivos móviles y equipos periféricos. Esta tecnología posibilita la conexión a Internet y el intercambio de información entre estos dispositivos, generando una red eficiente y versátil (CISCO).
- d) **HLS.** HTTP Live Streaming (HLS) es una tecnología que permite la transmisión de audio y video a través del protocolo HTTP desde un servidor web estándar para su reproducción en dispositivos iOS, como iPhone, iPad, iPod touch y Apple TV, así como en computadoras de escritorio con macOS o Pc. Al utilizar el mismo protocolo que impulsa la web, HLS aprovecha los servidores web y las redes de entrega de contenido convencionales (Apple, 2023).
- e) **Mikrotik.** MikroTik, la empresa letona fundada en 1996, ha revolucionado la conectividad a nivel global. Con su software RouterOS y su hardware RouterBOARD, ofrecen estabilidad, control y flexibilidad en el enrutamiento de datos. Con sede en Riga, Letonia, MikroTik se ha convertido en líder en el suministro de soluciones para Internet en todo el mundo (Mikrotik, 2023).



- f) **Calidad de servicio QoS.** La Calidad de Servicio (QoS) se refiere al rendimiento percibido por los usuarios finales en los servicios electrónicos. Es importante que una red con QoS garantice que los parámetros clave, como el jitter, el retardo y la pérdida de paquetes, no afecten negativamente la comunicación. Estos parámetros deben ser controlados y gestionados para asegurar un nivel adecuado de calidad en la transmisión de datos y servicios (Chauca, 2016).
- g) **Ancho de banda.** El ancho de banda es la capacidad máxima de un enlace o canal de comunicación para transmitir datos durante un intervalo de tiempo, expresada generalmente en bits por segundo (bps). Representa el límite teórico de información que puede circular simultáneamente por una red, sin implicar necesariamente la velocidad real de transmisión. Según (Chauca, 2016), el ancho de banda está directamente relacionado con la cantidad de datos que pueden ser transferidos de manera continua, y su valor depende del tipo de aplicación y el tiempo de medición.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue **aplicada**, se orientó a la solución de un problema real: mejorar el acceso a servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca. Según (Hernández, 2014), la investigación aplicada busca resolver necesidades concretas mediante el uso del conocimiento científico y tecnológico.

4.1.2 Nivel de investigación

El **nivel de investigación** fue **descriptivo-comparativo**, ya que se describió el comportamiento de la red instalada y se comparan los resultados obtenidos con estándares de calidad internacionalmente aceptados. Como lo menciona (Hernández, 2014), este tipo de investigación permite caracterizar un fenómeno y contrastarlo con otros referentes o condiciones.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación fue **no experimental**, de tipo **descriptivo-comparativo**, ya que no se manipulo deliberadamente variables independientes ni se asignó sujetos a grupos, sino que se observó las características y el comportamiento de la red inalámbrica implementada en condiciones reales. Según (Hernández, 2014), los diseños no experimentales se utilizan cuando los fenómenos se estudian tal como ocurren en su contexto natural, sin introducir modificaciones ni controlar variables de forma intencionada.

Este diseño es adecuado para evaluar la calidad del servicio ofrecido por una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS en zonas rurales, ya que permite recopilar datos reales sobre el funcionamiento del sistema implementado y compararlos con parámetros ideales establecidos por estándares internacionales. La comparación de los resultados obtenidos con dichos valores de referencia permite determinar si el desempeño de la red es óptimo o presenta limitaciones.



4.3 Población y muestra

La presente investigación se centró en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca, con poblaciones de 215 y 469 habitantes respectivamente, sumando un total de 684 habitantes (Inei, 2024). Si bien el ideal sería realizar pruebas en una muestra representativa de la población total, las características del estudio, que es de tipo aplicada, y las limitaciones logísticas inherentes al trabajo de campo en zonas rurales, hacen necesario un enfoque de muestreo por conveniencia, pero con una justificación robusta.

Limitaciones logísticas y operativas:

- **Acceso a las viviendas:** El acceso a las viviendas en zonas rurales presento desafíos significativos. La dispersión geográfica de las viviendas, la falta de vías de acceso adecuadas (caminos rurales, trochas, etc.) y las distancias entre ellas dificultan la realización de pruebas puerta a puerta. Esto incrementa considerablemente los costos y el tiempo requerido para la investigación, haciendo inviable la aplicación de pruebas en un número mayor de hogares.
- **Recursos limitados:** Los recursos disponibles para la investigación, tanto económicos como de personal, son limitados. Realizar pruebas en un número extenso de hogares implicaría una inversión de recursos que excede las posibilidades del proyecto.
- **Naturaleza cuasi experimental:** Dado el carácter de tipo aplicada de la investigación, el objetivo principal no es la generalización estadística a toda la población, sino la comparación entre grupos (Huayllabamba y Pachachaca) bajo ciertas condiciones. En este tipo de estudios, el enfoque se centró en la validez interna (asegurar que los resultados se deben a la intervención y no a otros factores) más que en la validez externa (generalización a la población).

Justificación del tamaño de la muestra (n=20 por zona):

Si bien se opta por un muestreo por conveniencia, se realizó un esfuerzo para seleccionar un tamaño de muestra que permita obtener información relevante y significativa. Se seleccionaron 20 pobladores de cada zona (Huayllabamba y Pachachaca) donde se concentra la mayor cantidad de pobladores y donde el acceso es más factible haciendo un total de 40 pobladores. Estos pobladores pueden estar en plazas principales, centros comunales, escuelas u otros puntos de encuentro comunitario.



4.4 Procedimiento

4.4.1 Definición de requerimientos y análisis de viabilidad (Preparar)

En esta etapa se establece la justificación financiera para la implementación de la red y se identifica la tecnología que se utilizará para respaldar la arquitectura de la red (Cisco, 2010).

4.4.1.1 Identificación objetivos del proyecto

Los objetivos son claros y concisos ya que es la base de este proyecto.

a) Objetivo principal: Mejorar la calidad del servicio de Internet en Huayllabamba y Pachachaca.

b) Objetivos específicos:

- Aumentar la velocidad de descarga y carga a un mínimo de 5.8 Mbps
- Mantener el retardo en la transmisión de datos por debajo de 20 ms
- Reducir la latencia (jitter) a menos de 10 ms
- Minimizar la pérdida de paquetes a menos del 2%

4.4.1.2 Recursos disponibles

Recursos que necesitamos y el personal profesional que se requiere.

a) Infraestructura: Para realizar las pruebas se solicitará la infraestructura de la empresa TECSFRON S.A.C.

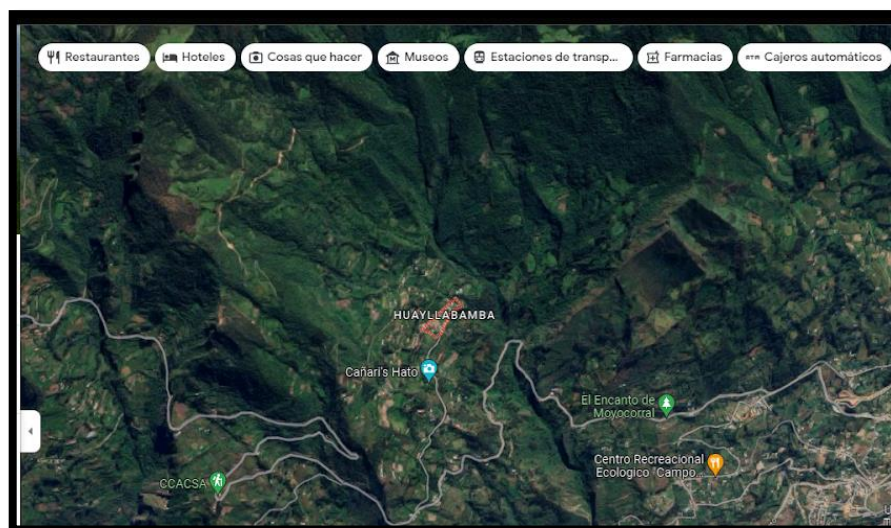
b) Personal técnico: El personal solo estará conformado por el tesista que es especialistas en redes de telecomunicaciones con experiencia en implementación y mantenimiento de redes inalámbricas.

4.4.1.3 Evaluación de la zona rural

Apurímac es conocida por su geografía montañosa y accidentada, lo que puede presentar desafíos para la distribución de señales inalámbricas.

a) Ubicación geográfica y población de Huayllabamba

Este centro poblado está ubicado dentro del distrito de Abancay, provincia de Abancay, en la región de Apurímac con una población de 215 habitantes.

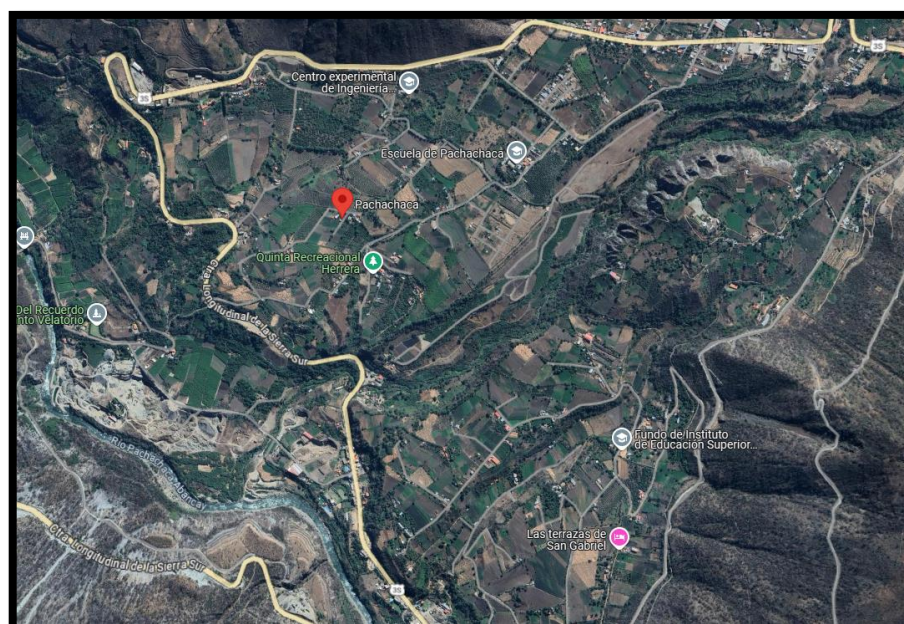


FUENTE: Google, 2023

Figura 9 — Imagen satelital de Huayllabamba

b) Ubicación geográfica y población de Pachachaca

Este centro poblado está ubicado dentro del distrito de Abancay, provincia de Abancay, en la región de Apurímac con una población de 469 habitantes.

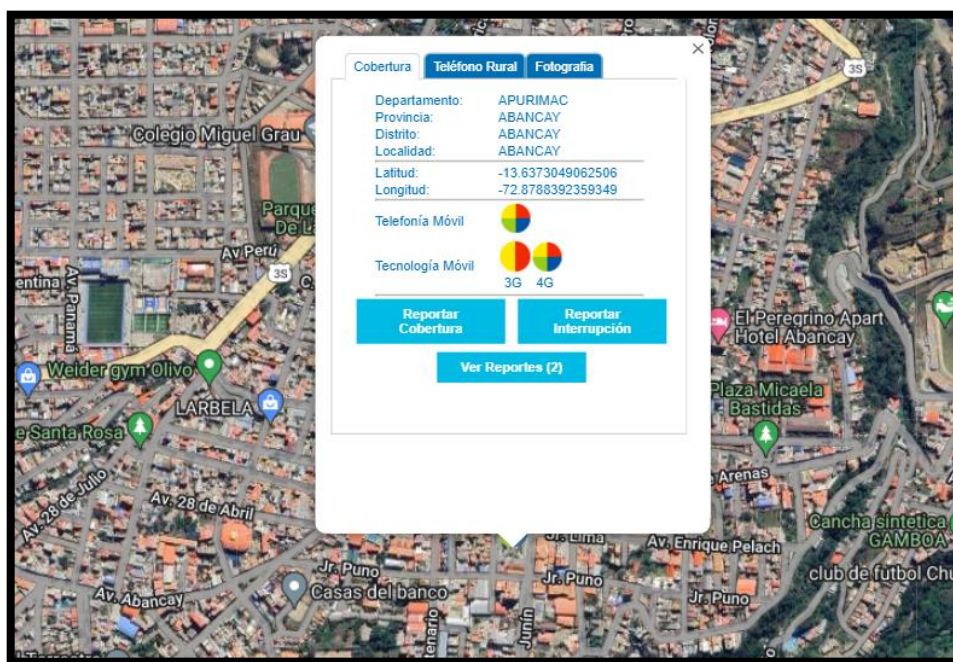


FUENTE: (Google, 2023)

Figura 10 — Imagen satelital de Pachachaca

4.4.1.4 Servicios externos de comunicaciones

Con el propósito de evaluar la disponibilidad de servicios de comunicación móvil en el área de enfoque, se llevó a cabo una evaluación utilizando la plataforma en línea proporcionada por el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL), a través de su herramienta "Señal Osiptel". A continuación, se muestran los resultados obtenidos de esta evaluación se presentan de manera visual.



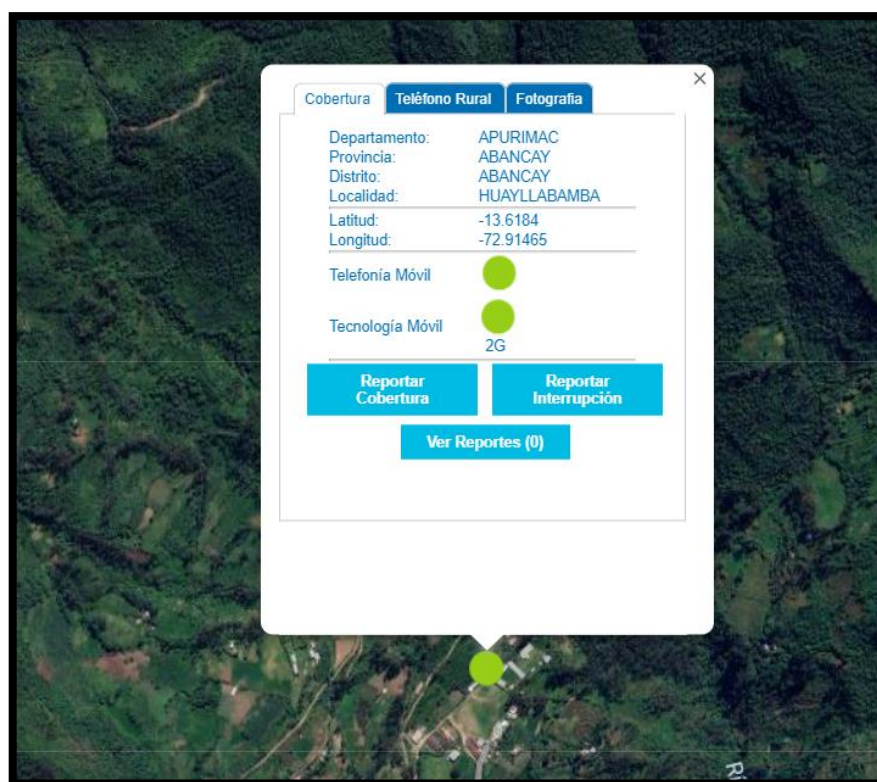
FUENTE: Osiptel, 2023

Figura 11 — Cobertura de móvil Abancay

Siguiendo la información proporcionada por Osiptel, los indicadores se presentan en forma de círculos de diversos colores que representan la cobertura y tecnologías de los operadores involucrados. Cada color está asociado a un operador específico: Amarillo para Bitel, Rojo para Claro, Azul para Entel y Verde para Movistar.

a) Huayllabamba

El resultado actual sugiere que la disponibilidad de señal para servicios móviles está restringida únicamente a la tecnología proporcionada por Movistar (tecnología 2G).

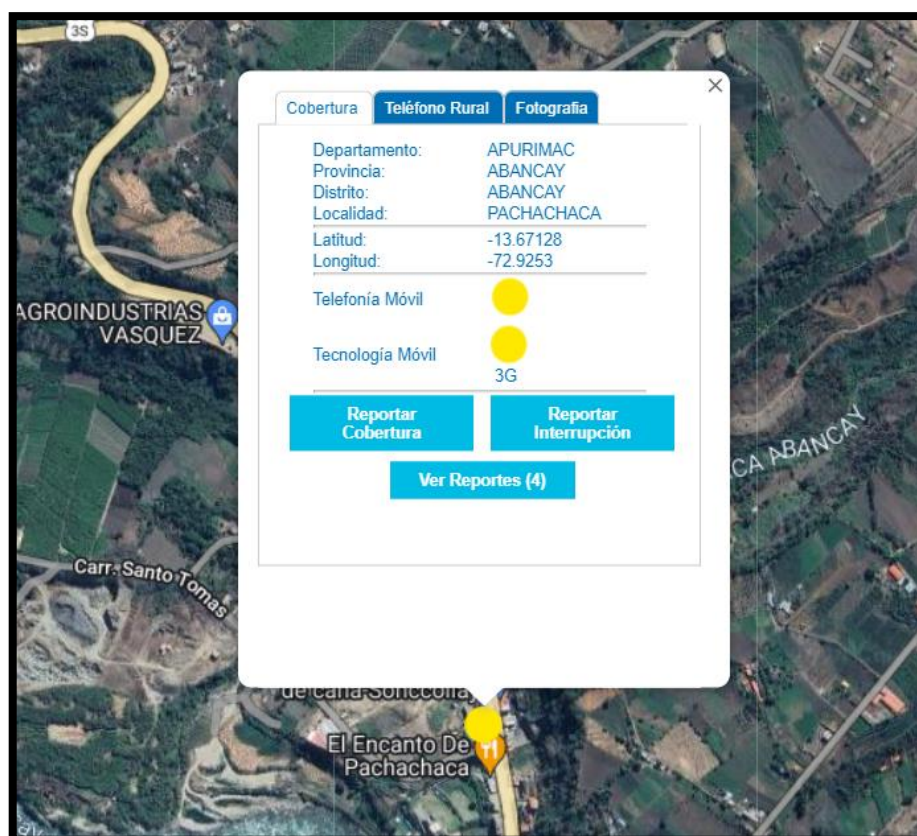


FUENTE: Osiptel, 2023

Figura 12 — Cobertura de móvil Huayllabamba

b) Pachachaca

El resultado actual sugiere que la disponibilidad de señal para servicios móviles está restringida únicamente a la tecnología proporcionada por Movistar (tecnología 3G).



FUENTE: Osiptel, 2023

Figura 13 — Cobertura de móvil Pachachaca

En el año 2024, es inconcebible que en el sector de Huayllamba se siga utilizando tecnología 2G, mientras que en Pachachaca únicamente cuentan con tecnología 3G. Este estancamiento tecnológico no puede ser pasado por alto en una época donde existen numerosas alternativas tecnológicas más avanzadas y eficientes disponibles. La falta de actualización en las infraestructuras de comunicación en estas áreas implica un rezago significativo, limitando el acceso a servicios digitales vitales y obstaculizando el desarrollo económico y social de la región.

4.4.1.5 Investigación tecnológica

Se realizó una investigación exhaustiva en que tecnología utilizar, qué equipos son los mejores y en qué tiempo se va realizar el proyecto.

a) Tecnologías consideradas

Las tecnologías consideradas son.

- Para el acceso inalámbrica podemos encontrar la tecnología Wi-Fi, 5g y microondas.

- Para la transmisión de IPTV/OTT por el protocolo HTTP tenemos HLS (HTTP Live Streaming) y Dash.
- Para la codificación de los videos tenemos varios tipos h265, h264, v9 y v8.

b) Equipamiento planeado

Existe diferentes marcas y equipos para la implementación de este proyecto.

- Los Router considerados en las marcas Mikrotik, Cisco, Ubiquiti, Tp-link y D-link.
- Servidor solo se utiliza una máquina que tiene el tesista.
- Los equipos para el punto de acceso (AP) tenemos en las marcas Mikrotik, Cisco, Ubiquiti, Tp-link y D-link.
- Los equipos CPE también tenemos en la marca Mikrotik, Cisco, Ubiquiti, Tp-link, D-link, etc.
- Las antenas emisores tenemos en las marcas Mikrotik, Cisco, Ubiquiti, Tp-link, d-link y RF Element.

c) Planificación del proyecto

Ya se tiene un cronograma detallado de todo el proceso.

4.4.2 Diseño de la arquitectura lógica y física de la red inalámbrica (Planificar)

Se tuvo que escoger la tecnología, los equipos requeridos y el costo de la implementación.

4.4.2.1 Tecnología utilizada

Después de una investigación exhaustiva se optó por las siguientes tecnologías.

- a) Wi-Fi:** Se eligió como la tecnología principal para proporcionar acceso inalámbrico a Internet debido a su amplia disponibilidad y facilidad de implementación.
- b) HLS (HTTP Live Streaming):** Se seleccionó para la transmisión de IPTV/OTT debido a su capacidad para adaptarse a diferentes velocidades de conexión y dispositivos.

- c) **H265:** Se seleccionó para la transmisión de IPTV/OTT debido a su capacidad para adaptarse a diferentes velocidades de conexión y dispositivos, y una alta compresión de un video sin degradar la calidad del video.
- d) **RouterOS:** Se seleccionó para la transmisión de IPTV/OTT debido a su capacidad para adaptarse a diferentes velocidades de conexión y dispositivos.

4.4.2.2 Equipamiento seleccionado

Se optó por estos equipos Mikrotik y Rf Element debido a su reputación por ofrecer soluciones de red robustas y escalables.

- a) **Routers:** Se utilizó routers Mikrotik por el precio económico y la alta capacidad para garantizar la gran cantidad de ancho de banda que se requiere.
 - **Router Core:** Mikrotik RB2011UiAS-RM es un router de gama media diseñado para redes SOHO, que opera con un procesador AR9344 a 600 MHz, 128 MB de RAM y el sistema RouterOS con licencia nivel 5. Ofrece 10 puertos Ethernet (5 Fast Ethernet y 5 Gigabit), un puerto SFP para fibra óptica, y capacidad PoE tanto de entrada como de salida. Cuenta con doble fuente de alimentación (DC jack y PoE-IN), consumo máximo de 28 W y enfriamiento pasivo. Integra funciones útiles como monitoreo de temperatura, voltaje y un beeper de sistema. Su construcción robusta y certificaciones CE, EAC y ROHS lo hacen ideal para instalaciones profesionales en interiores.
 - **Router Administrador:** Mikrotik RB760iGS también conocido como hEX S, es un router compacto y eficiente con arquitectura MMIPS, procesador MT7621A de doble núcleo a 880 MHz (4 hilos), y 256 MB de RAM. Corre RouterOS con licencia nivel 4 e incluye 5 puertos Gigabit Ethernet, 1 puerto SFP para fibra, y soporte de aceleración IPsec por hardware. Ofrece PoE de entrada (802.3af/at) y salida pasiva por Ether5, además de funciones útiles como monitoreo de temperatura, voltaje y botón de modo. Su diseño pasivamente enfriado, bajo consumo (máx. 24 W), almacenamiento



en flash de 16 MB y compatibilidad con microSD lo hacen ideal para implementaciones de red avanzadas en espacios reducidos. Cuenta con certificaciones CE, EAC, ROHS e índice de protección IP20.

b) Equipos Wi-Fi: Se necesita Ap y antenas Wi-Fi de alta potencia para garantizar una cobertura amplia y estable en áreas rurales con terreno accidentado es por eso que se optó por los equipos siguiente.

- **Ap:** Mikrotik RB922UAGS-5HPacD es una placa inalámbrica de alto rendimiento diseñada para enlaces punto a punto o estaciones base. Cuenta con un procesador QCA9557 a 720 MHz, 128 MB de RAM y ejecuta RouterOS con licencia nivel 4. Incorpora conectividad inalámbrica en 5 GHz con tecnología Wi-Fi 5 (802.11a/n/ac) alcanzando hasta 867 Mbps, gracias al chip QCA9882 de doble cadena. Dispone de un puerto Gigabit Ethernet, un puerto SFP para fibra óptica, una ranura miniPCI-e, una SIM mini, y un puerto USB tipo A. Admite alimentación PoE pasiva o jack DC (8–30 V), con un consumo máximo de 17 W y enfriamiento pasivo. Además, incluye monitoreo de voltaje, temperatura, y beeper de sistema. Con certificaciones CE, FCC, IC, EAC y ROHS, es ideal para soluciones inalámbricas profesionales en exteriores, aunque su índice de protección IP00 requiere carcasa adicional.
- **Antena:** RF Elements 30° Symmetrical Beam Antenna HG3-TP-S30 es una solución avanzada para despliegues inalámbricos de alta densidad, caracterizada por su haz simétrico sin lóbulos laterales, lo que proporciona excelente rechazo de ruido e ideal escalabilidad. Opera en el rango de **5180 a 6400 MHz** con una ganancia de **18.4 dBi** y un ángulo de apertura de **21° (-3 dB)** en horizontal y vertical. Incorpora el conector **TwistPort™**, una interfaz de guía de ondas de bloqueo rápido con mínima pérdida y gran facilidad de uso. Su diseño mejorado incluye materiales resistentes como ABS con protección UV, aluminio y acero inoxidable, con certificación **IP55**, resistencia al viento de hasta **160 km/h**, y peso aproximado de **1.9 kg** por unidad. Es ideal para entornos exteriores exigentes que requieren precisión y rendimiento RF optimizado.

c) **Servidor:** Se instaló un servidor Linux diseñado para ofrecer una experiencia fluida y confiable de transmisión de video en vivo y bajo demanda, garantizando IPTV/OTT de alta calidad. La configuración del servidor Linux incluye la implementación de un particionamiento LVM en un entorno Ubuntu, así como la instalación y configuración de un servidor Nginx y un servidor SFTP, todos ellos adaptados específicamente para la transmisión de IPTV/OTT. Este servidor actuará como el middleware, gestionando la distribución eficiente del contenido HLS para proporcionar una experiencia óptima a los usuarios finales.

- Servidor: Ryzen5,16gb ram,dd 1 tera.

d) **Equipos CPE:** Para los equipos clientes se optó por la marca Mikrotik ya que los precios son accesibles y tiene una alta capacidad para poder transmitir IPTV/OTT.

- Mikrotik LGH 5gz es una antena/parabólica integrada de alto rendimiento, ideal para enlaces punto a punto en la banda de **5 GHz**. Cuenta con un procesador AR9344 a 600 MHz, 64 MB de RAM y sistema RouterOS con licencia nivel 3. Su conectividad inalámbrica Wi-Fi 4 (802.11a/n) alcanza hasta **300 Mbps**, con doble cadena y una antena integrada de **24.5 dBi** de ganancia. Opera con alimentación PoE pasiva (11–30 V), tiene un consumo máximo de **6 W**, y enfriamiento pasivo. Ofrece un único puerto Ethernet 10/100 Mbps y está diseñada para exteriores, con certificación **IP54** y resistencia ambiental entre **-40°C y 70°C**. Su diseño compacto y robusto lo convierte en una solución eficiente y económica para enlaces inalámbricos de largo alcance.

4.4.2.3 Diseño de la infraestructura de red

El diseño de la infraestructura de red inalámbrica se refiere al proceso de planificación, configuración y despliegue de componentes tecnológicos que permiten la transmisión de datos sin necesidad de cables físicos. Este diseño incluye la selección estratégica de dispositivos, como puntos de acceso, antenas y controladores, así como la optimización de parámetros técnicos para garantizar una conectividad eficiente, segura y de alto rendimiento en un entorno específico.



a) Cobertura y distribución

Se realizó simulaciones y mediciones utilizando la plataforma Ubiquiti para identificar las zonas de mejor acceso al servicio. Se ajustarán los equipos para garantizar una señal estable y de alta calidad, priorizando un CCQ cercano a 100/100 con modulaciones de los router MikroTik. Se determinarán las ubicaciones óptimas de puntos de acceso y antenas mediante un estudio del terreno, asegurando una cobertura uniforme. Se establecerá una red de distribución eficiente para minimizar la pérdida de señal y la latencia, asegurando una cobertura completa y un servicio confiable para los usuarios finales.

b) Instalación de torres

Se llevó a cabo un estudio en campo para identificar las ubicaciones óptimas de las torres. Estas zonas se seleccionan estratégicamente en áreas elevadas para garantizar un amplio campo de visión y abarcar toda la zona de estudio. Posteriormente, se establece un contrato con el propietario para realizar la instalación, asegurando el uso de todos los implementos de seguridad necesarios. La instalación será realizada por el propio tesista.

c) Configuración de equipos

Se asignaron anchos de banda adecuados para cumplir con los objetivos de velocidad mínima de descarga/carga y minimizar la latencia, la pérdida de paquetes y el retardo en la transmisión de datos. Para complementar esta configuración, se establecerán políticas de calidad de servicio (QoS) que prioricen el tráfico de Internet y IPTV/OTT, asegurando una experiencia satisfactoria para los usuarios.

Para garantizar una transmisión eficiente de datos y una gestión óptima de la QoS, se configuro los routers y puntos de acceso MikroTik. Esto incluirá la implementación de enrutamiento dinámico OSPF y la utilización de firewalls para restringir el acceso y mantener altos niveles de seguridad.

Además, los puntos de acceso, también equipos MikroTik, se configurarán con un enfoque especial para lograr un CCQ de al menos 98/98. Este nivel de calidad garantizará una estabilidad equiparable a

una conexión por cable, proporcionando así una experiencia de usuario confiable y sin interrupciones.

d) Arquitectura de la red

Se diseñó una arquitectura de red jerárquica que abarque las áreas objetivo. Se identificarán ubicaciones óptimas para las torres de comunicación y los puntos de acceso Wi-Fi, considerando la topografía y la demanda de usuarios.

4.4.2.4 Consideraciones de costos

El desglose estimado de costos incluye S/.14,410.00 para costo de Equipamiento (MikroTik, servidor Linux, Rf Elements, Torre, etc), S/.6,000.00 para costo de instalación y configuración unidos forman el Capex, S/.1398.00 para Costó Opex(Alquiler, Internet y Luz, mantenimiento) como se muestra en los cuadros con un presupuesto total de S/.27,851.00.

Tabla 9 — Costos de equipamiento

Costos de Equipamiento				
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Router Nucleo mikrotik RB3011UiAS-RM	unidad	S/.850.00	S/.850.00
2	Router Administrador mikrotik hEX S	unidad	S/.380.00	S/.760.00
4	Sectorial RF Elements Simetrico 30°	unidad	S/.900.00	S/.3,600.00
4	Ap Mikrotik RB922UAGS-5HPacD	unidad	S/.450.00	S/.1,800.00
2	Torre de 12 Metros	unidad	S/.1,200.00	S/.2,400.00
2	Kit de datos y energía Implementación Propia	unidad	S/.200.00	S/.400.00
2	Cables Cat5e Dixon Exterior	caja	S/.250.00	S/.500.00
1	Servidor IPTV/OTT	unidad	S/.3,000.00	S/.3,000.00
1	Encoder	unidad	S/.1,000.00	S/.1,000.00
1	Set to box	unidad	S/.100.00	S/.100.00
			Total	S/.14,410.00

Tabla 10 — Costos de instalación y configuración

Costos Instalación y Configuración				
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo unitario	Costo total
3	Instalación de torre y equipos	unidad	S/.1,000.00	S/.3,000.00
3	Configuración de puesta en marcha de la red	unidad	S/.1,000.00	S/.3,000.00
			Total	S/.6,000.00

Tabla 11 — Costos opex que abarca alquiler, luz, etc

Costo Opex				
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo Unitario	Costo total
2	Alquiler de techo	unidad	S/.100.00	S/.200.00
2	luz	unidad	S/.24.00	S/.48.00
1	internet	unidad	S/.150.00	S/.150.00
1	Mantenimiento	unidad	S/.1,000.00	S/.1,000.00
			Total	S/.1,398.00

4.4.3 Diseño de la red

El Diseño de Red es el proceso de planificación y especificación de la infraestructura física y lógica de una red de comunicaciones, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los usuarios y cumplir con los requisitos de rendimiento, seguridad y escalabilidad.

4.4.3.1 Arquitectura jerárquica de cisco (red general)

Esta sección describe la implementación de la arquitectura jerárquica de Cisco para establecer la red general que conectará las diversas áreas de la zona rural. A continuación, se presenta en detalle todo el diseño.

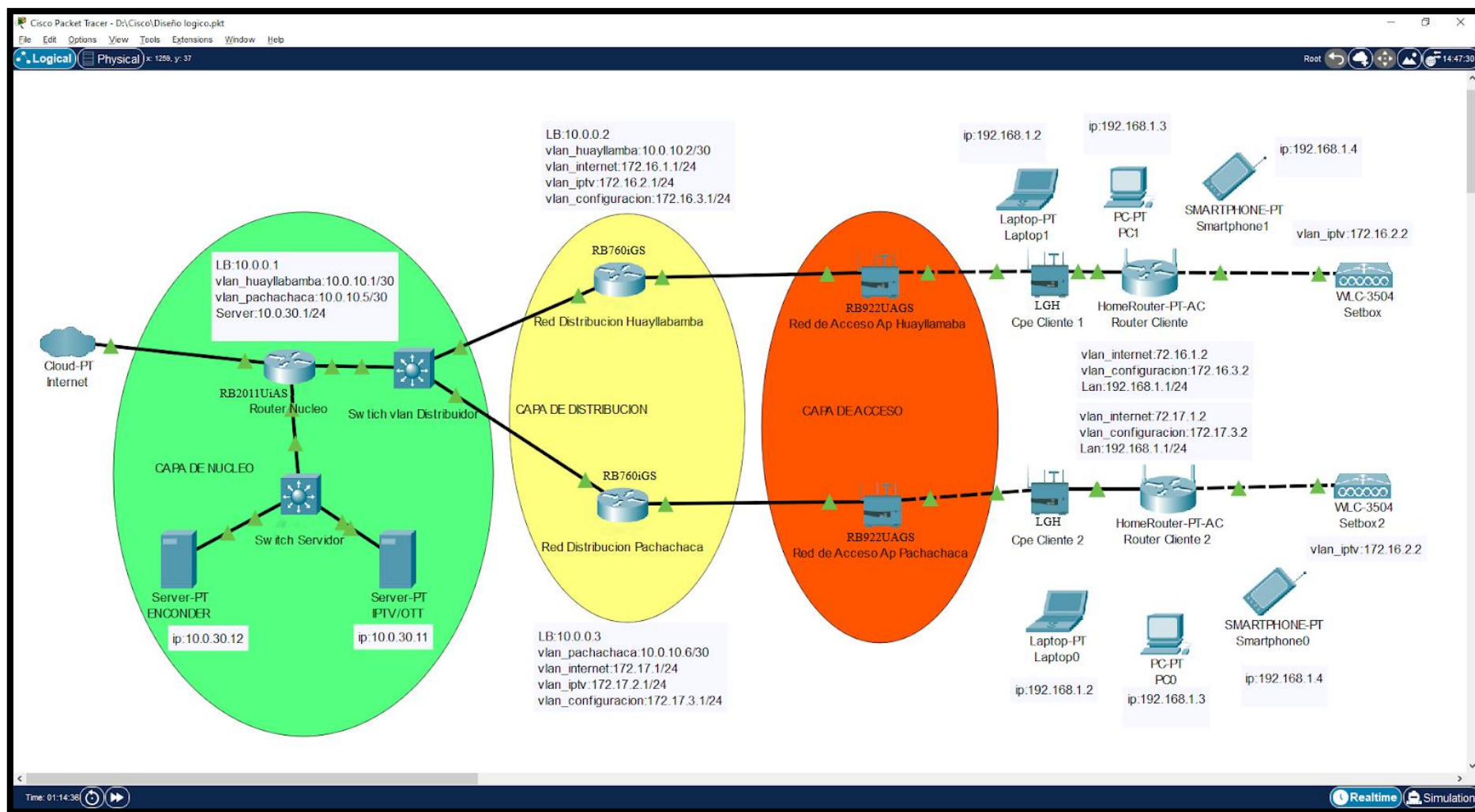


Figura 14 —Arquitectura jerárquica de red general

a) Capa de núcleo

La capa de núcleo se centra en un enrutador/balaceador robusto, encargado de gestionar todo el tráfico. Aquí residen también los servidores web de IPTV/OTT y los codificadores de video, componentes esenciales para la provisión de estos servicios. La elección de equipos de alta gama se justifica por la necesidad de asegurar la calidad y disponibilidad de los servicios.

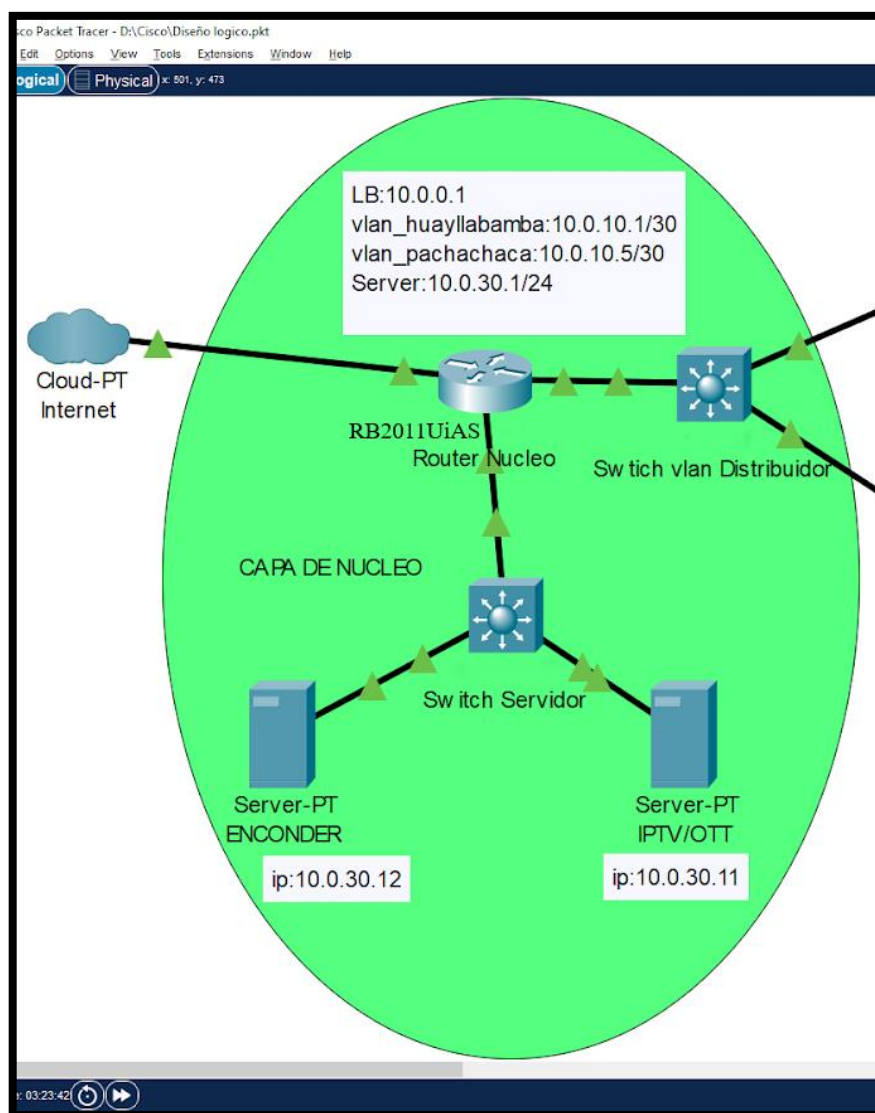


Figura 15 — Se muestra el componente de la capa de núcleo

b) Capa de distribución

La capa de distribución segmenta la red en zonas rurales específicas, asignando un router dedicado a cada una. Esta segmentación permite el

uso de routers de menor potencia, ya que gestionan el tráfico de una sola zona, optimizando la inversión en equipamiento.

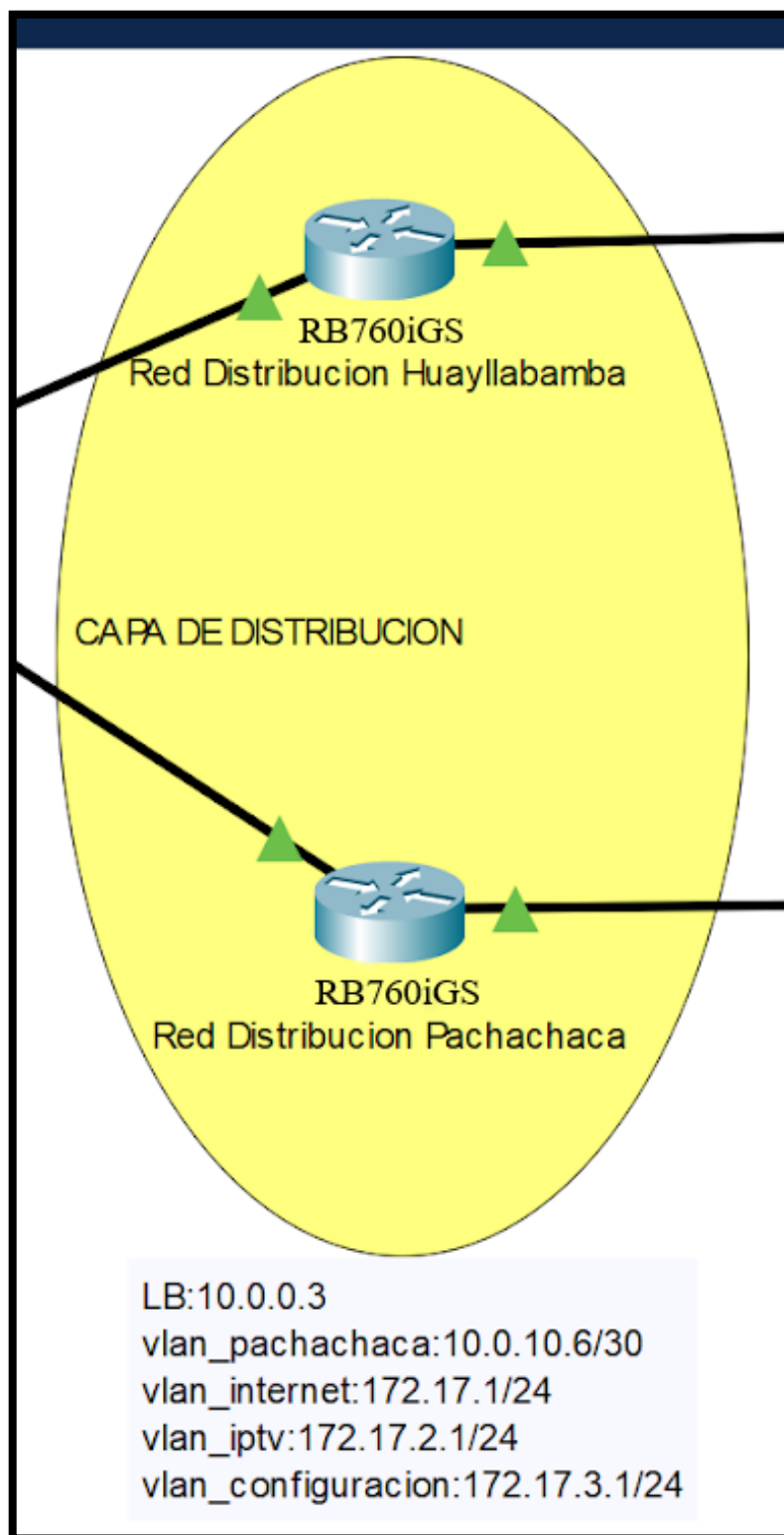


Figura 16 — Componente de distribución

c) Capa de acceso

La capa de acceso proporciona la conectividad inalámbrica a los usuarios, utilizando puntos de acceso (AP) conectados a los routers de distribución. El alcance de estos AP, ya sea corto o largo, se determina según los requerimientos de cobertura de cada zona. Por ejemplo, en zonas con alta densidad de usuarios o con obstáculos físicos que dificultan la propagación de la señal, se utilizarán AP de mayor potencia y/o antenas externas. En zonas con menor densidad y espacios abiertos, se podrán utilizar AP de menor alcance, optimizando costos y consumo energético.

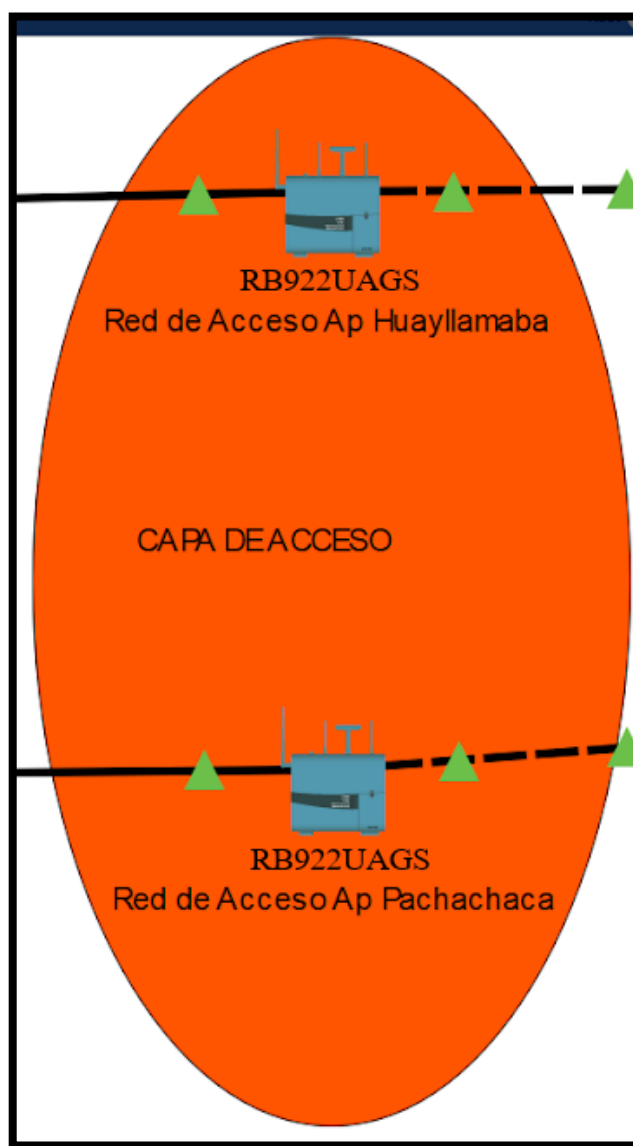


Figura 17 — Componente de red de acceso

4.4.3.2 Ubicación de equipos MikroTik

Se detallan las ubicaciones de los router MikroTik que formarán parte de la red general. A continuación, se muestra la ubicación del router núcleo en conjunto con el router distribuidor de Huayllabamba, así como los servidores de IPTV/OTT y el encoder.

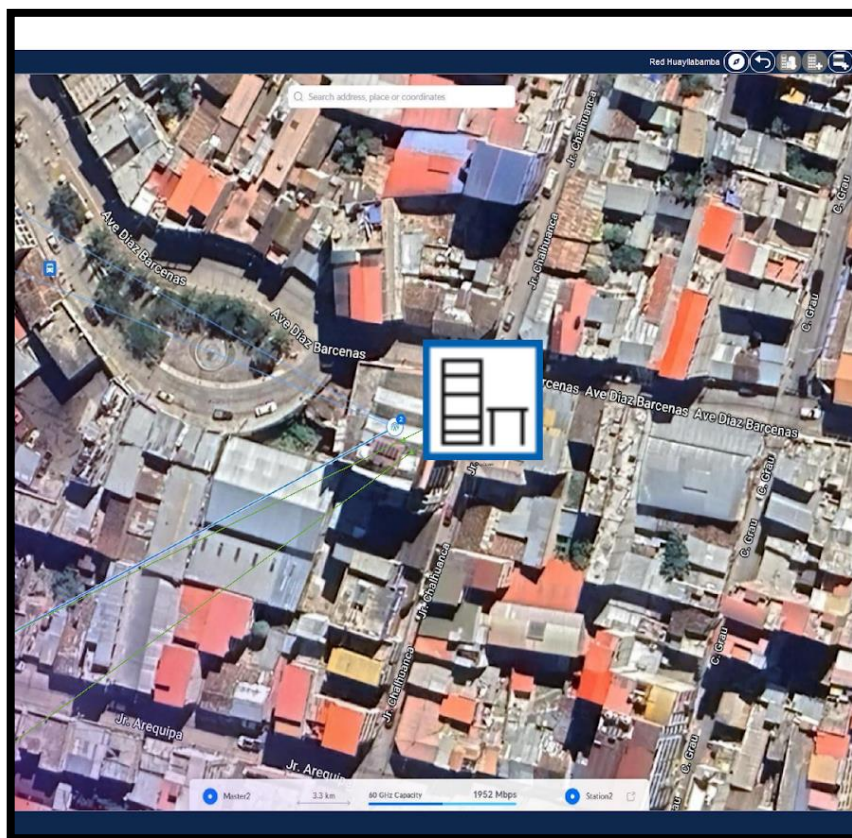


Figura 18 — Red principal y la red de Huayllabamba

a) Rack principal

A continuación, se muestran los equipos alojados en el rack principal, así como su cableado correspondiente.



Figura 19 — Rack principal

b) Ubicación y distribución del rack de Pachachaca

A continuación, se muestra la ubicación del router distribuidor de Pachachaca.

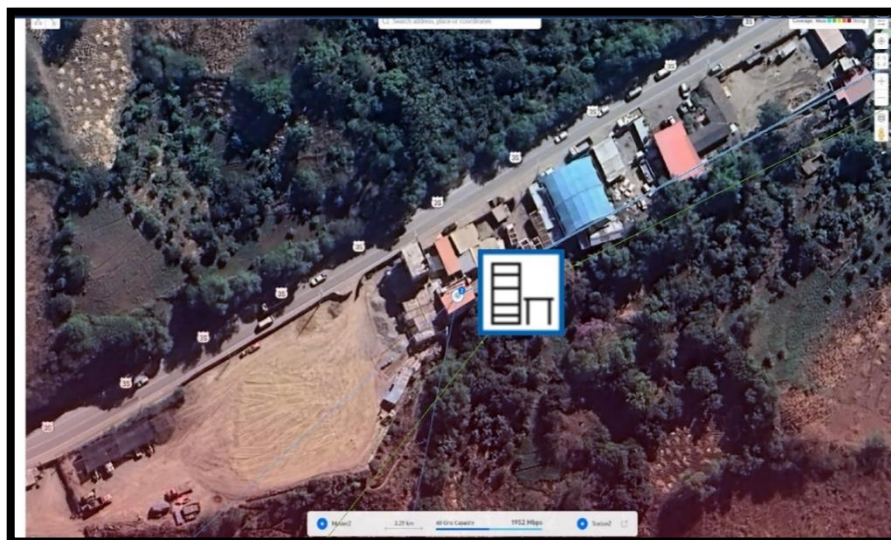


Figura 20 — Red de Pachachaca

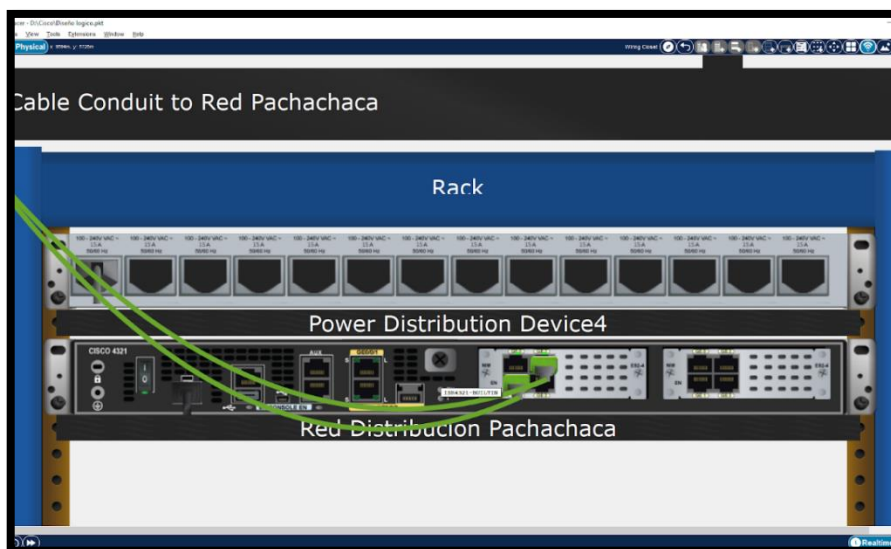


Figura 21 — Rack de Pachachaca

4.4.3.3 Arquitectura para servicios de IPTV/OTT (sobre red general)

La integración de los servicios de IPTV/OTT se realiza dentro de la arquitectura jerárquica previamente presentada. Esta arquitectura ya

contempla el diseño necesario para la entrega eficiente de estos servicios, optimizando el flujo de tráfico y la calidad de la experiencia del usuario.

a) Cabecera de la red

A continuación, se muestra la cabecera que pertenece a la capa de núcleo, donde se encuentra el router principal. Además, aquí se ubican los servidores conectados con una velocidad de 1 Gbps para soportar la alta transferencia de datos.



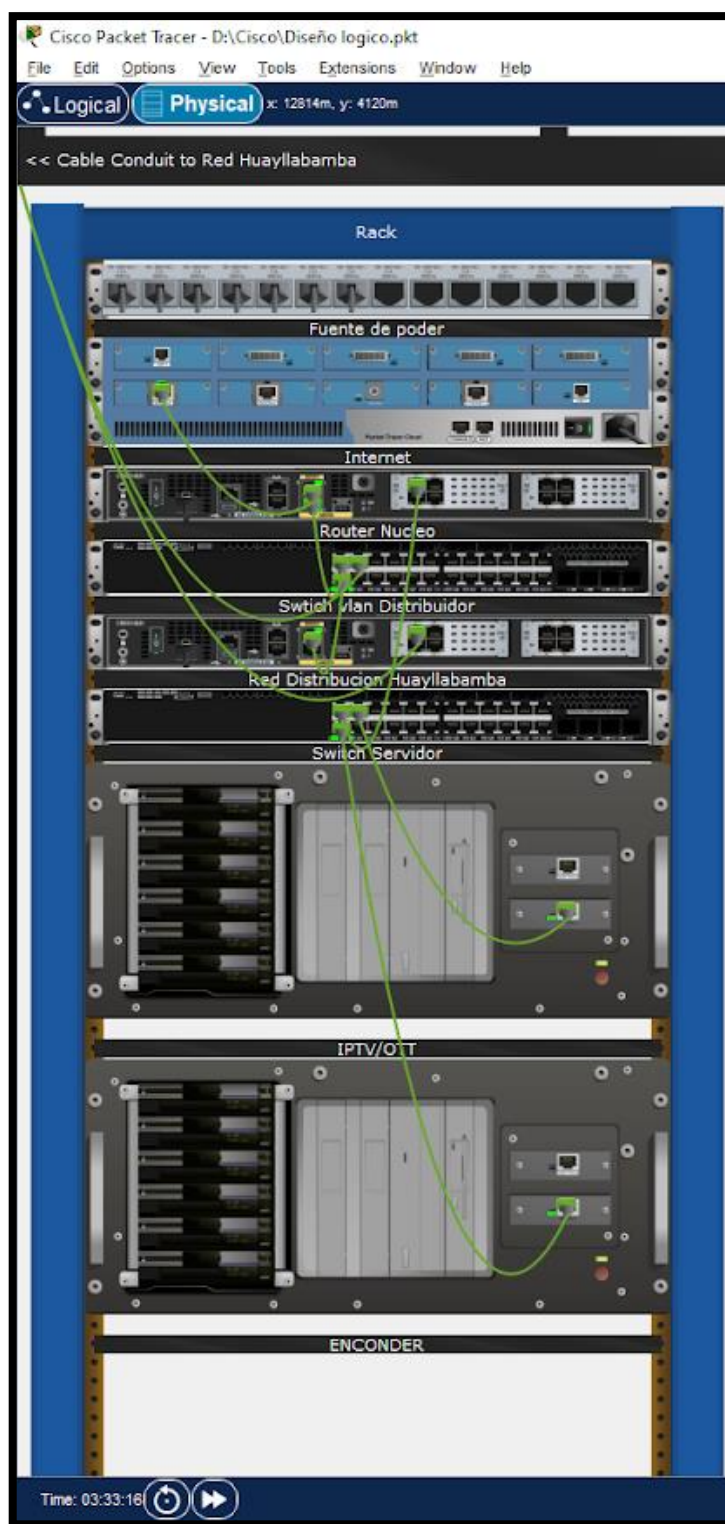


Figura 22 — Distribución de IPTV/OTT

A continuación, se muestra la distribución de las direcciones IP que pertenecen a la capa de núcleo.

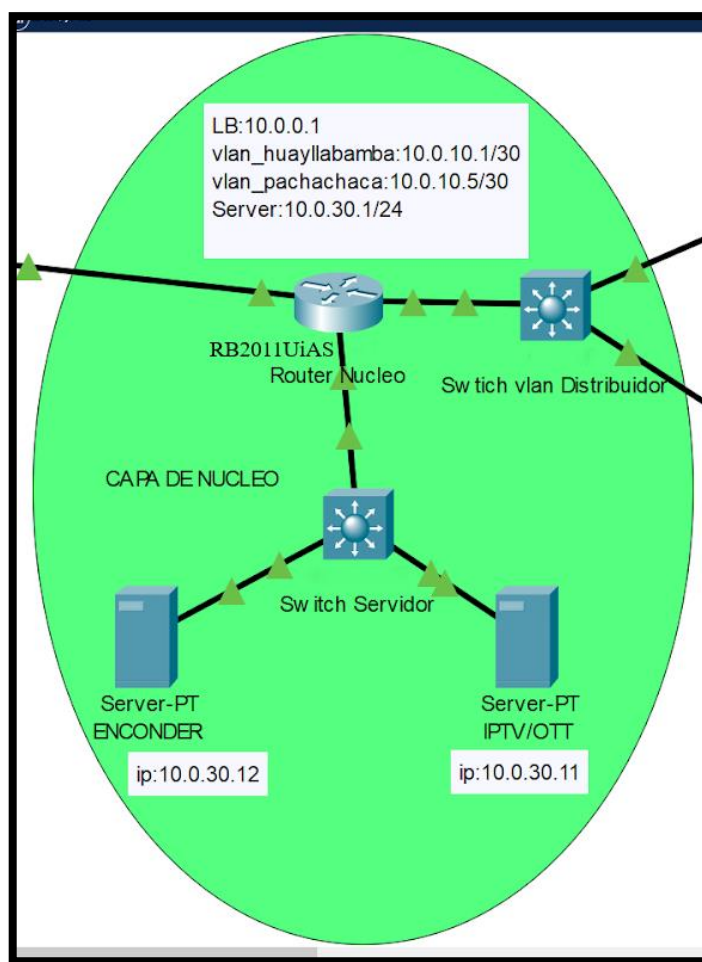


Figura 23 — Direccionamiento de la cabecera de la red

b) Red de distribución

La red de distribución (equivalente a la capa de distribución) se compone de los routers de distribución de Huayllabamba y Pachachaca. A continuación, se muestra uno de estos routers, ubicado en esta capa.

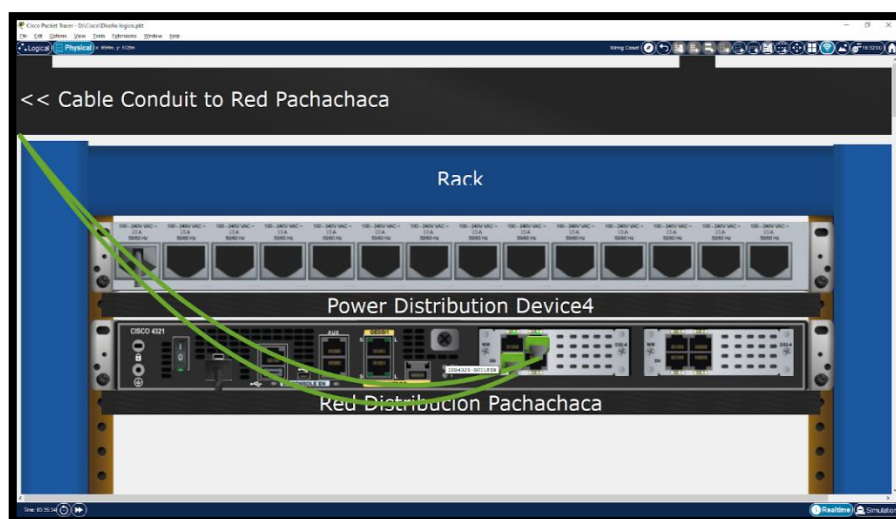


Figura 24 — Rack de la red de distribución

A continuación, se muestra el direccionamiento IP correspondiente a la red de distribución.

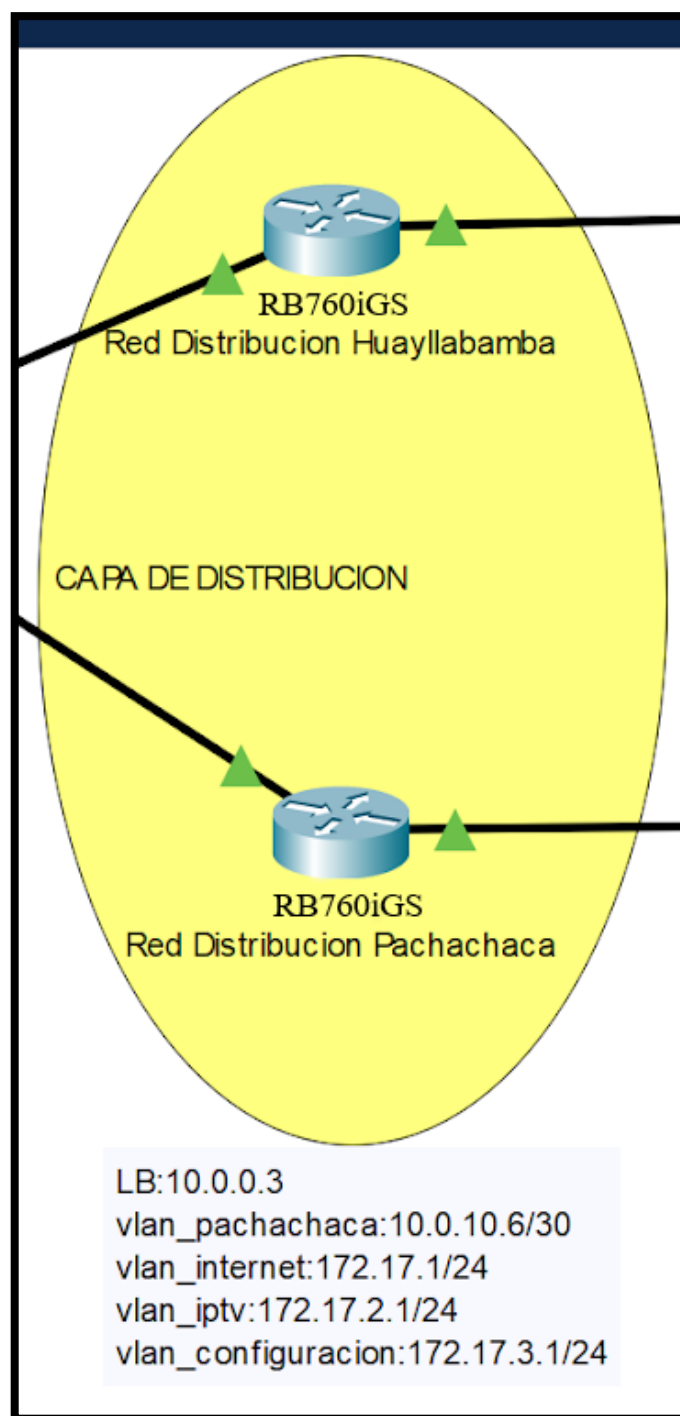


Figura 25 — Direccionamiento ip red de distribución

c) Red de acceso

La red de acceso comprende la sección donde se encuentran los puntos de acceso (AP) y las antenas, que están instalados en la torre de telecomunicaciones. A continuación, se muestra la ubicación de esta red dentro de la infraestructura general.

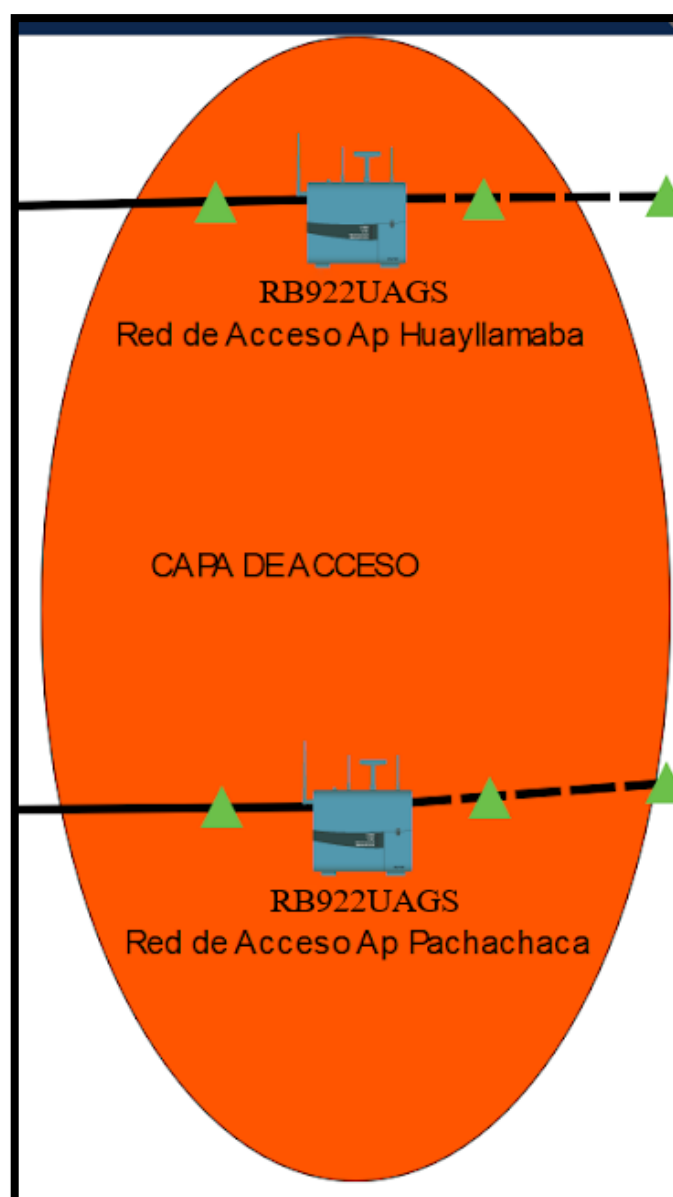


Figura 26 — Red de acceso

d) Red de cliente

Esta sección representa el extremo de la red correspondiente al cliente, e incluye el router interno del usuario y el set-top box (STB) encargado de la recepción de la señal IPTV/OTT, como se muestra a continuación.

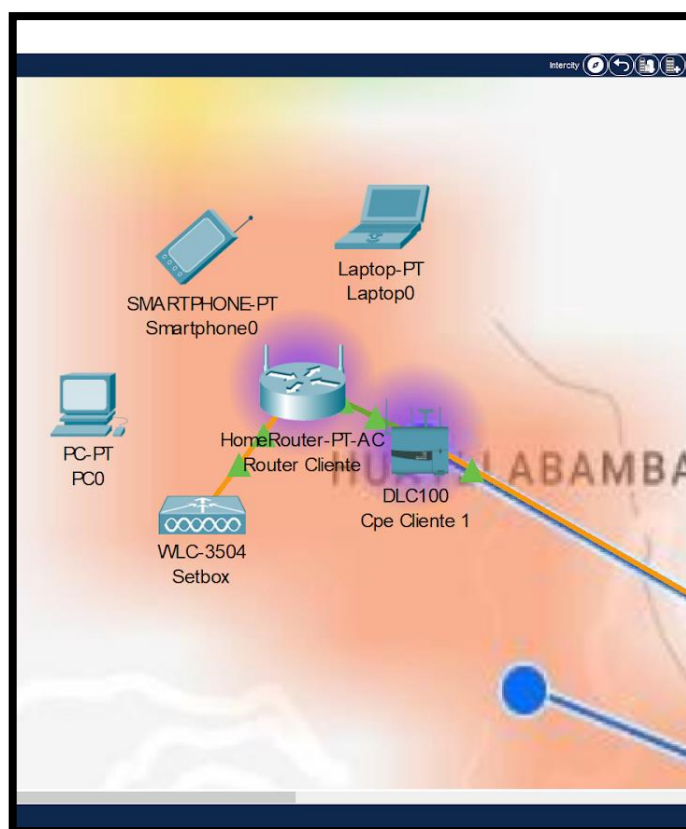


Figura 27 — Distribución de la red de cliente

A continuación, se muestran el direccionamiento de la red cliente.

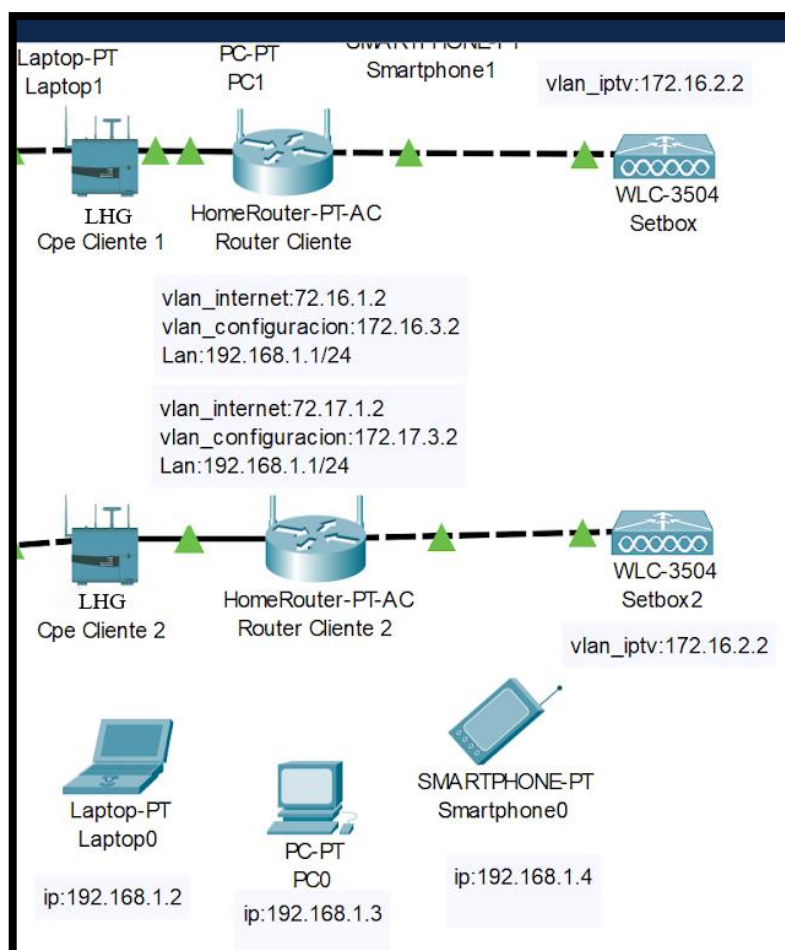


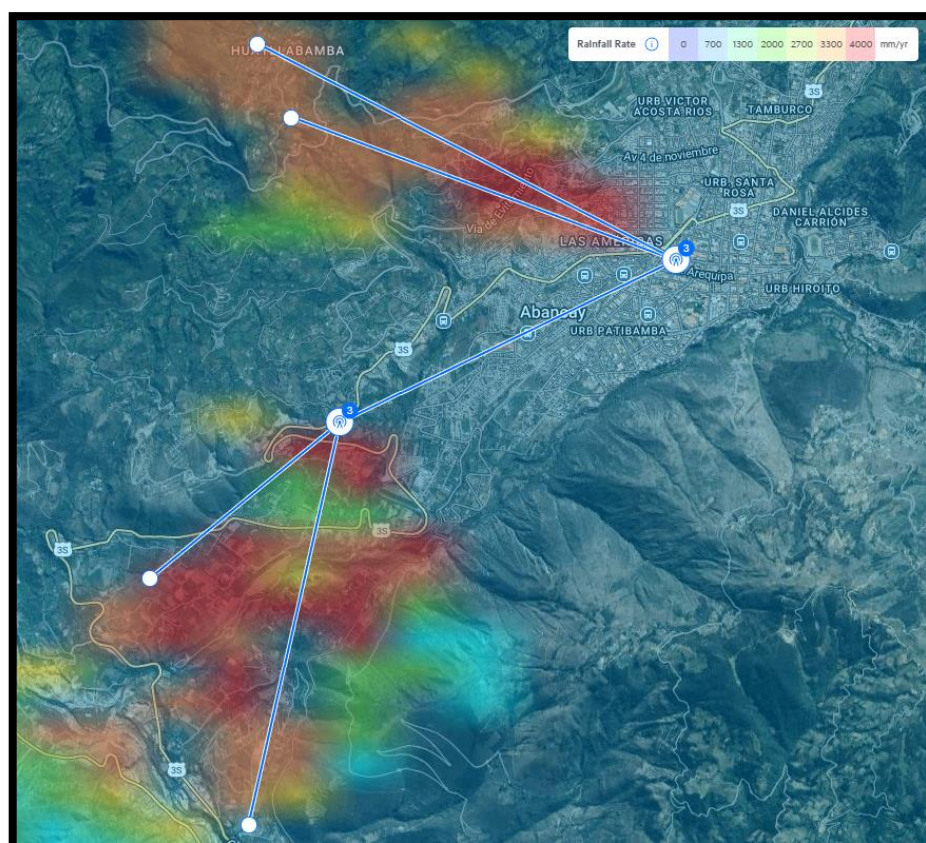
Figura 28— Direccionamiento IP de la red cliente

4.4.3.4 Topología física y lógica (red inalámbrica en áreas objetivo)

En el marco de la arquitectura jerárquica de Cisco adoptada para este proyecto, la implementación de la red inalámbrica en las áreas objetivo requiere una clara distinción entre la topología física y la lógica.

a) Topología física

se refiere a la disposición geográfica de los puntos de acceso (AP) y su conexión a la infraestructura de red cableada (capa de distribución), formando generalmente una topología en estrella.



FUENTE: Ubiquiti, 2023

Figura 29— Topología física de la red

b) Topología lógica

Se describe cómo fluyen los datos a través de la red inalámbrica, utilizando principalmente el protocolo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), que se asemeja a un bus lógico con características de estrella lógica debido a la centralización del AP. Esta combinación busca optimizar la cobertura, el rendimiento y la escalabilidad en las áreas objetivo.

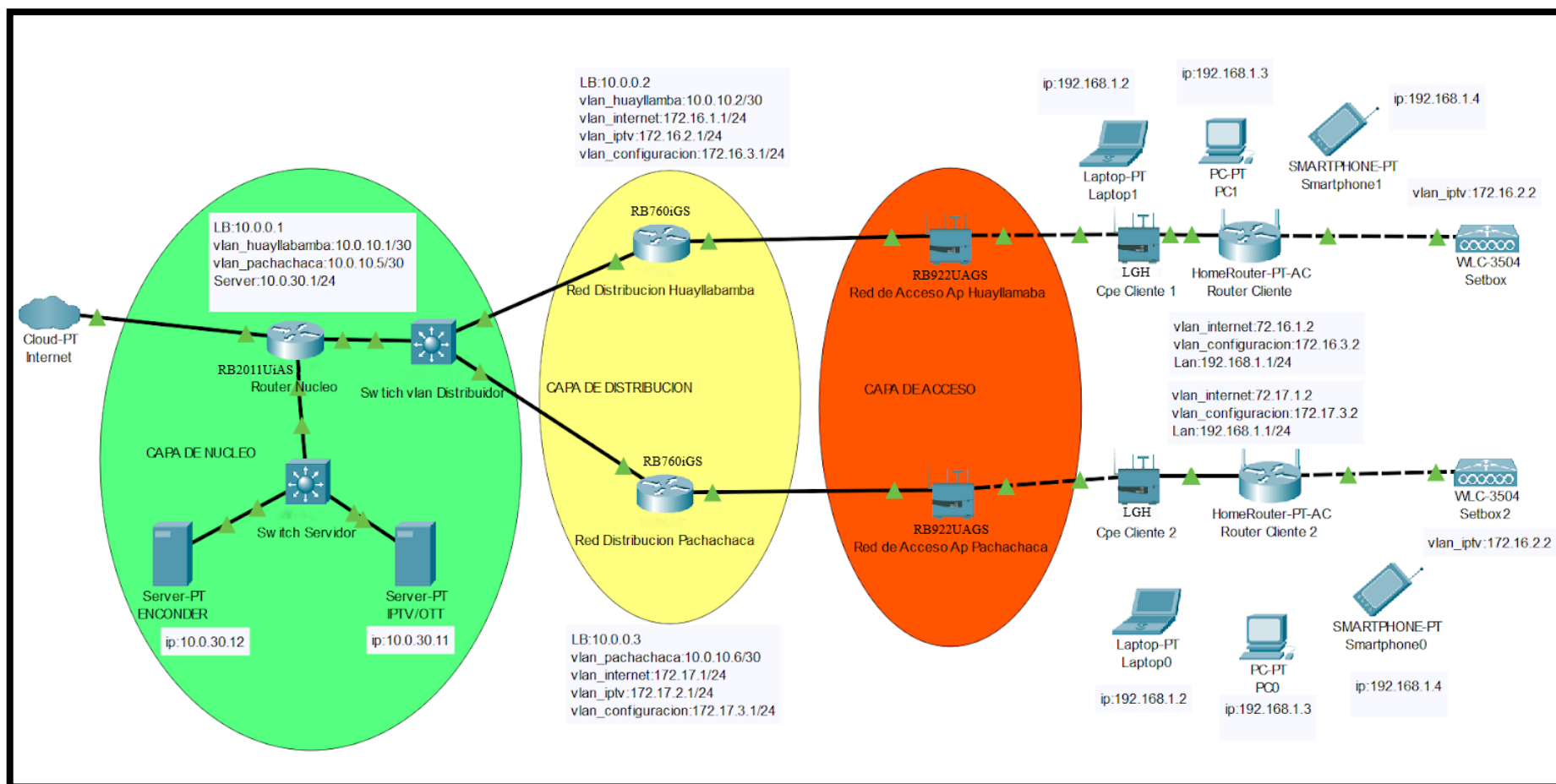


Figura 30— Topología lógica de la red

4.4.4 Implementación y pruebas

La implementación abarcó la configuración de dispositivos (switches, routers, APs), su instalación física y el despliegue de los servicios de red. Las pruebas realizadas incluyeron la verificación de conectividad, rendimiento, seguridad, cobertura y el correcto funcionamiento de las aplicaciones, validando así el diseño propuesto.

4.4.4.1 Preparación para la implementación

Se detallan las actividades previas a la implementación física: verificación del entorno, preparación de la infraestructura, configuración inicial, capacitación del personal, según PPDIOO y la arquitectura de Cisco.

a) Selección del equipo de implementación

Se describe el proceso de selección del equipo encargado de la implementación de la red inalámbrica, considerando la arquitectura jerárquica de Cisco y la metodología PPDIOO.

- Técnicos especializados en redes: Jonathan Ponce Jimenez
- Especialista en servidores: Jonathan Ponce Jimenez.
- Coordinador de proyecto: Jonathan Ponce Jimenez

b) Revisión de documentación de diseño

Se llevo a cabo sesiones de revisión del diseño de la red en detalle. El proceso de implementación comenzará siguiendo los planos y el diseño de la red, comenzando con la red principal y la red de huayllabamba cuya ubicación se encuentra en la intersección de la Avenida Díaz Bárcenas con el Jirón Chalhuanca, en el número 323. Dado que el edificio es considerablemente alto, no será necesario instalar una torre de comunicaciones adicional, únicamente se requerirán los equipos y el gabinete para su montaje.

Posteriormente, se procederá con la implementación de la red de Pachachaca, ubicada en el kilómetro 4. En este punto, será necesario instalar una torre de comunicaciones completa con todos los equipos necesarios. Además, se llevará a cabo la instalación de un cableado eléctrico propio con un medidor independiente para asegurar un suministro eléctrico estable y evitar problemas con el flujo de energía.

c) Adquisición de equipos y materiales

- Los equipos necesarios ya se tienen en almacén para comenzar los trabajos de instalación como se muestra a continuación.



Figura 31 — Kit de datos y energía implementación propia

En la Figura 31 este kit se encuentra el router de distribución, un adaptador poe, fuente de Alimentación y reguladores.



Figura 32 — Access point Mikrotik y antena RF Elements

En la Figura 32 se muestra los equipos de distribución que consta de un Ap modelo RB922UAGS-5HPacD de la marca Mikrotik y una antena modelo RF Elements 30° Symmetrical Beam Antenna HG3-TP-S30.



Figura 33 — Antena CPE Mikrotik LGH 5G

La Figura 33 se muestra el equipo que se utilizó para decepcionar la señal de la Red de distribución modelo LGH 5G Mikrotik.

- Las licencias para el funcionamiento no son necesario ya que solo se realizará una prueba piloto para ver el funcionamiento de la red y demostrar la hipótesis que la tesis.

4.4.4.2 Instalación de equipos

Se describe la instalación física de los equipos de red (switches, routers, puntos de acceso, etc.) en las ubicaciones designadas, siguiendo el diseño

previamente establecido, las mejores prácticas de cableado estructurado y la arquitectura jerárquica de Cisco, dentro del marco de la metodología PPDIOO.

a) Torre principal

La primera torre de comunicaciones se instaló en el techo de un edificio de 8 pisos, aprovechando su considerable altura no es necesario una torre de comunicaciones independiente. Esta ubicación estratégica garantiza una elevada visibilidad y cobertura para la red. La Figura 34 muestra tanto la ubicación precisa como las coordenadas GPS correspondientes, proporcionando una referencia clara para su instalación y seguimiento. Este enfoque permite una implementación eficiente y económica, aprovechando la infraestructura existente para satisfacer las necesidades de comunicación de manera efectiva.

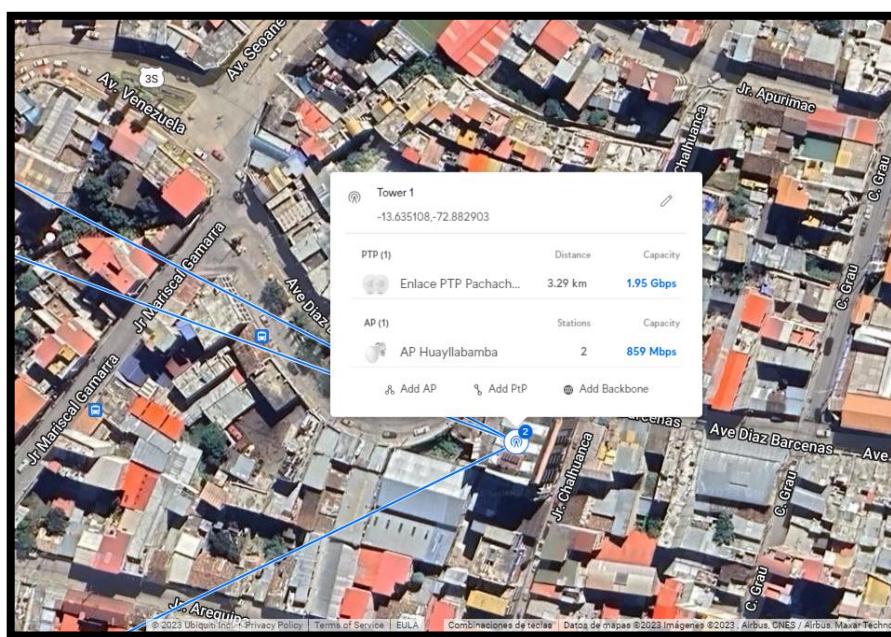


Figura 34— Ubicación de la torre principal

Esta torre de comunicaciones está equipada con un enlace PTP que se dirige hacia la red de Pachachaca, proporcionando acceso a los servicios necesarios. Dado que no se requiere un enlace PTP para la zona de Huayllabamba, solo se instala un enlace PTM para cubrir esta área, como se muestra a continuación.



Figura 35 — Instalación de la torre principal



Figura 36 — Implementos de seguridad

b) Torre Pachachaca

La torre de telecomunicaciones se sitúa en el kilómetro 4 de la Avenida Panamericana, dentro de una edificación de dos pisos que cuenta con

una torre de 12 metros de altura, tal como se puede apreciar en la **Figura 37**. Esta ubicación estratégica brinda una elevada visibilidad y cobertura para la red, permitiendo así el despliegue eficiente de servicios de comunicación en la zona.

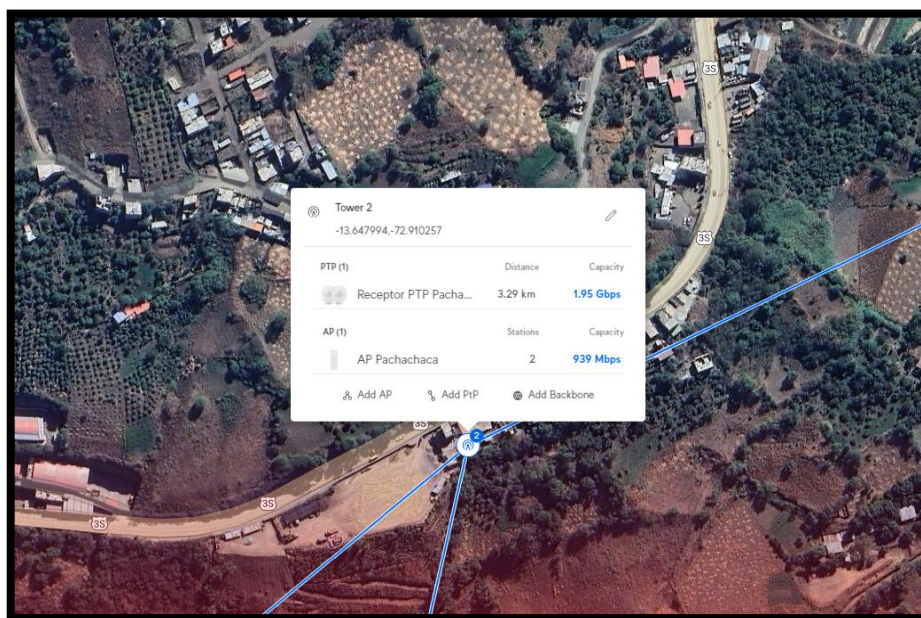


Figura 37 — Ubicación de la torre de Pachachaca

Se llevó a cabo el montaje de torres de comunicación, antenas y equipos MikroTik en las ubicaciones planificadas conforme al diseño establecido. Durante este proceso, se implementaron todas las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad del personal y la correcta instalación de los equipos. Como se puede apreciar en la Figura 38, se utilizaron todos los implementos de seguridad pertinentes para llevar a cabo esta tarea de manera segura y eficiente.



Figura 38 — Implementos de seguridad



Figura 39 — Colocación de las antenas y equipos



Figura 40 — Vista de un sector de Pachachaca

4.4.4.3 Configuración e implementación de equipos

Se describe la configuración lógica (parámetros, protocolos, seguridad, etc.) y la implementación física (instalación, cableado, conexión) de los equipos de red, siguiendo el diseño establecido, las mejores prácticas, la arquitectura de Cisco y la metodología PPDIOO.

a) Configuración del router Mikrotik

El Anexo contiene la configuración detallada de los routers de núcleo, distribución, acceso (AP) y cliente.

b) Configuración del servidor Linux

Configuración completa del servidor Linux, incluyendo la instalación de software de streaming HLS y servicios de IPTV/OTT.

```

server {
    listen 400;
    listen [::]:400;

    root /var/www/iptvott/html;
    index index.html index.htm index.nginx-debian.html;

    server_name iptvott.com www.iptvott.com;

    location / {
        try_files $uri $uri/ =404;
    }
    location /peliculas {
        autoindex on;
    }
}

```

Figura 41 — Configuración del servidor web

```

root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# apt-get install openssh-server openssh-client
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
openssh-client ya está en su versión más reciente (1:8.2p1-4ubuntu0.5).
fijado openssh-client como instalado manualmente.
openssh-server ya está en su versión más reciente (1:8.2p1-4ubuntu0.5).
0 actualizados, 0 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver/jccall80
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver/ramon
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver/jccall80/archivos
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver/jccall80/compartir
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver/ramon/archivos
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# mkdir /home/sftpserver/ramon/compartir
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# groupadd sftpserver
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# useradd -g sftpserver -s /bin/false -d /home/sftpserver/jccall80 jccall80
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# useradd -g sftpserver -s /bin/false -d /home/sftpserver/ramon ramon
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# passwd jccall80
New password:
Retype new password:
passwd: password updated successfully
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# passwd ramon
New password:
Retype new password:
passwd: password updated successfully
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown jccall80:sftpserver /home/sftpserver/jccall80/archivos
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown jccall80:sftpserver /home/sftpserver/jccall80/compartir
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown ramon:sftpserver /home/sftpserver/ramon/archivos
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown ramon:sftpserver /home/sftpserver/ramon/compartir
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown root:root /home/sftpserver
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown root:root /home/sftpserver/jccall80
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chown root:root /home/sftpserver/ramon
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chmod 700 /home/sftpserver/jccall80/archivos
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chmod 700 /home/sftpserver/ramon/archivos
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chmod 755 /home/sftpserver/jccall80/compartir
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chmod 755 /home/sftpserver/ramon/compartir
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chmod 755 /home/sftpserver/jccall80
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# chmod 755 /home/sftpserver/ramon
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# cp /etc/ssh/sshd_config /etc/ssh/sshd_config.bak
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# vim /etc/ssh/sshd_config
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available# service ssh restart
root@ubuntu20:/etc/nginx/sites-available#

```

Figura 42 — Configuración del servidor SFTP

c) Configuración servidor de IPTV

Un servidor de IPTV, en su función de codificador (encoder), captura señales de video y audio, típicamente a través de una interfaz HDMI. Posteriormente, realiza la transcodificación de estas señales a un formato compatible con la transmisión por protocolo HLS (HTTP Live Streaming). Este proceso incluye la compresión del video, utilizando

códecs como H.265 (HEVC), para optimizar el ancho de banda requerido sin sacrificar significativamente la calidad. En el presente caso, la configuración se orienta a una resolución de 1080p (Full HD).

H.265/H.264 Video Encoder

Encoder

Main stream

Encoding Type: [5-60]

FPS: [5-60]

GOP: [5-300]

Bitrate(kbit): [32-32000]

Encoded Size:

Bitrate Control:

TS URL:

HLS URL:

FLV URL:

RTSP URL:

RTMP URL:

RTMP(S)/RTSP PUSH URL:

Multicast IP:

Multicast Port: [1-65535]

SRT URL Port:

SRT PUSH URL:

SRT Encryption Password:

Figura 43 — Configuración del encoder para IPTV

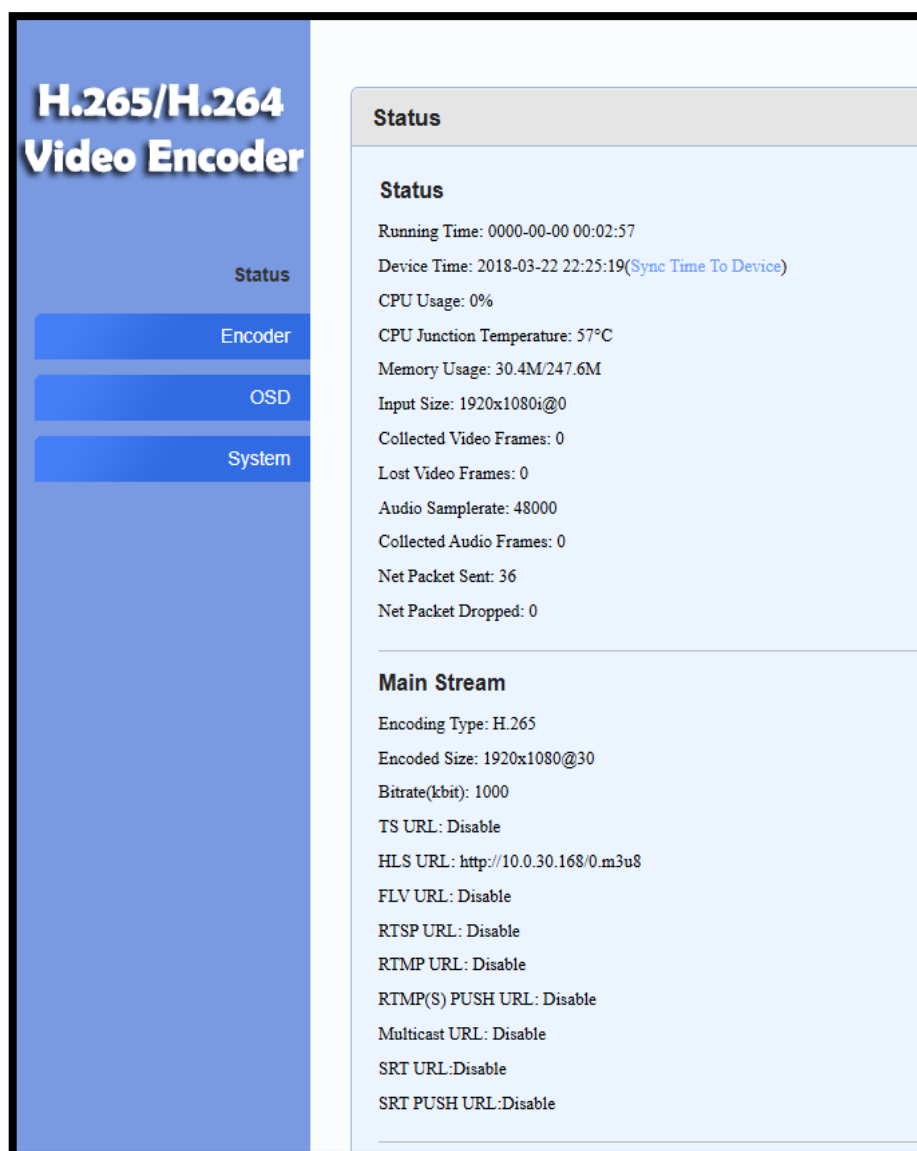


Figura 44 — Estado de la configuración

d) Configuración IPTV/OTT en pc cliente

La configuración se realizó con el programa kodi y vlc media player las imágenes de la configuración se encuentra en los Anexo y **Anexo.**

4.4.4.4 Resultados de la prueba realizadas

Este capítulo detalla los resultados obtenidos de las pruebas, organizados según las dimensiones definidas en la operacionalización de variables Tabla 1. Para cada dimensión, se presentan los datos, se realiza un análisis descriptivo.

a) Resultados para Wi-Fi

Cobertura y calidad de señal: Para la obtención de los valores de SNR (Relación Señal/Ruido) y CCQ (Calidad de la Conexión del Cliente), se empleó el sistema operativo RouterOS de MikroTik. El procedimiento consistió en acceder a la interfaz de configuración del dispositivo a través de Winbox o la interfaz web. Una vez dentro, se navegó al menú Wireless y se seleccionó la interfaz inalámbrica correspondiente (wlan1). Al hacer doble clic sobre la interfaz, se abrió una ventana de Status donde se registraron los valores de SNR y CCQ en tiempo real.

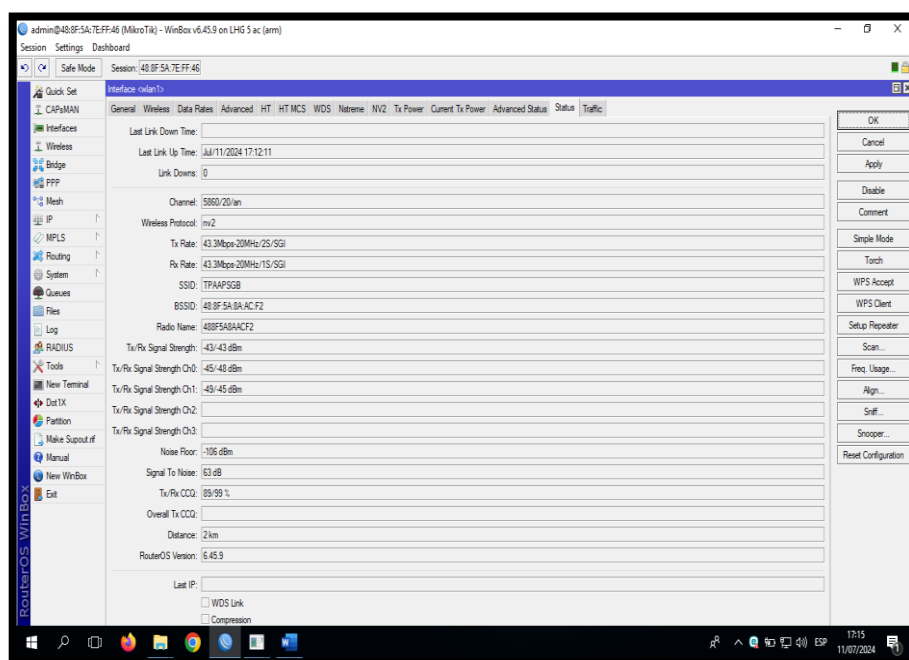


Figura 45 — Imagen donde se encuentra el SNR y CCQ

En la siguiente tabla se encuentran los datos del promedio general para la dimensión WiFi.

Tabla 12 — Promedio general Cobertura y CCQ

Ubicación	Cobertura	CCQ
Huayllabamba	49.6 dB	90.55/97.05 %
Pachachaca	61.9 dB	98.2/97.6 %

b) Resultados para HLS

Calidad de transmisión de video: Se evaluó la calidad de la transmisión de video verificando la resolución (1080p), midiendo el ancho de banda, confirmando el códec H.265 (HEVC). Estos parámetros son cruciales para una buena experiencia de usuario en IPTV/OTT.

La verificación de la resolución (1080p) y el códec (H.265) del stream IPTV se realizó con el reproductor VLC. Se abrió la ubicación de red <http://10.0.30.168/0.m3u8> y mediante la opción "Información del códec" (Herramientas > Información del códec), se confirmaron los parámetros del stream.

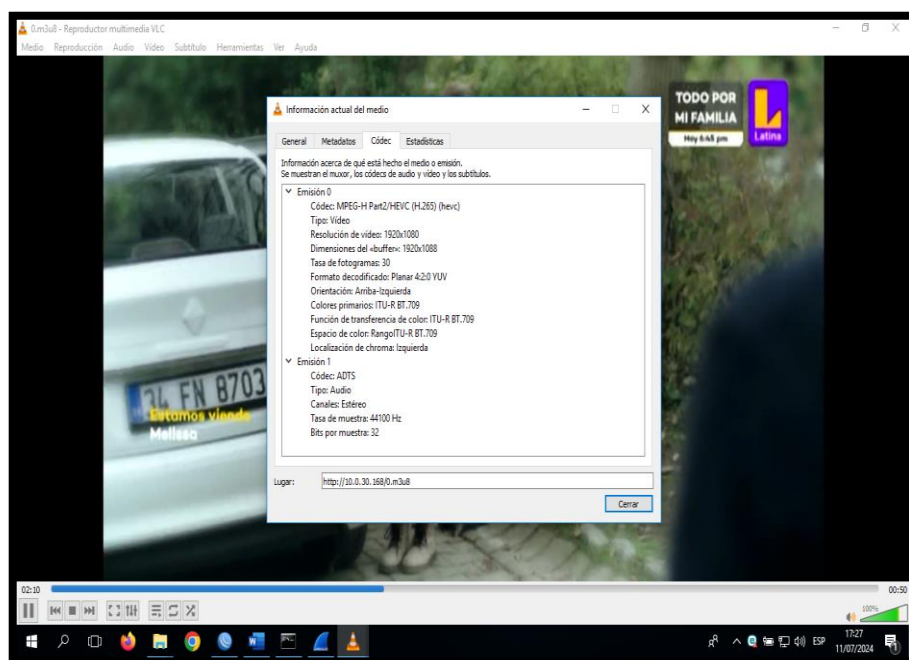


Figura 46 — Verificación resolución de video y el códec IPTV

La verificación de la resolución y el códec de los streams OTT se realizó con Kodi, accediendo a la configuración de video durante la reproducción. Se consultó la información del stream para confirmar la resolución (1080p) y el códec (H.265).



Figura 47 — Verificación resolución de video y el códec OTT

Para la medición del **ancho de banda (throughput)** de la red inalámbrica implementada, se utilizó la herramienta Bandwidth Test incorporada en el sistema operativo RouterOS de MikroTik. Las pruebas se realizaron en **20 puntos de los habitantes dentro de cada localidad evaluada**, a fin de obtener un valor representativo del rendimiento promedio de la red en condiciones reales. En cada punto de prueba se estableció una conexión entre dos dispositivos MikroTik: uno configurado como servidor (IP: 10.0.0.11) y otro como cliente. Se empleó el protocolo TCP, con la dirección de tráfico receive, lo que permitió evaluar la capacidad de recepción de datos en cada punto.

La herramienta Bandwidth Test no transfiere archivos físicos, sino que genera datos sintéticos desde la memoria RAM y los transmite durante un intervalo determinado. El cálculo del ancho de banda se basa en la siguiente fórmula.

$$AB = \frac{Tm}{T} \text{ -----(Ecuación 1):}$$

donde **AB** representa el ancho de banda en megabits por segundo (Mbps), **Tm** el total de datos transferidos en megabits, y **T** el tiempo de transmisión en segundos.

Una vez ejecutadas las 20 pruebas por localidad, se procedió a calcular el **promedio general del ancho de banda**. Por ejemplo, en la localidad

de **Pachachaca**, se obtuvo un promedio final de **21.0 Mbps**, resultado de promediar los valores obtenidos en cada punto. Este valor puede explicarse aplicando la fórmula anteriormente indicada: si durante una prueba se transmitieron **84 megabits** en **4 segundos**, se tiene:

$$AB = 84 / 4 = 21.0 \text{ Mbps}$$

lo cual coincide con el promedio real registrado. Esta metodología permitió evaluar de forma efectiva el rendimiento promedio del enlace inalámbrico en escenarios reales de uso, aportando datos cuantitativos para el análisis de la calidad de servicio en entornos rurales.

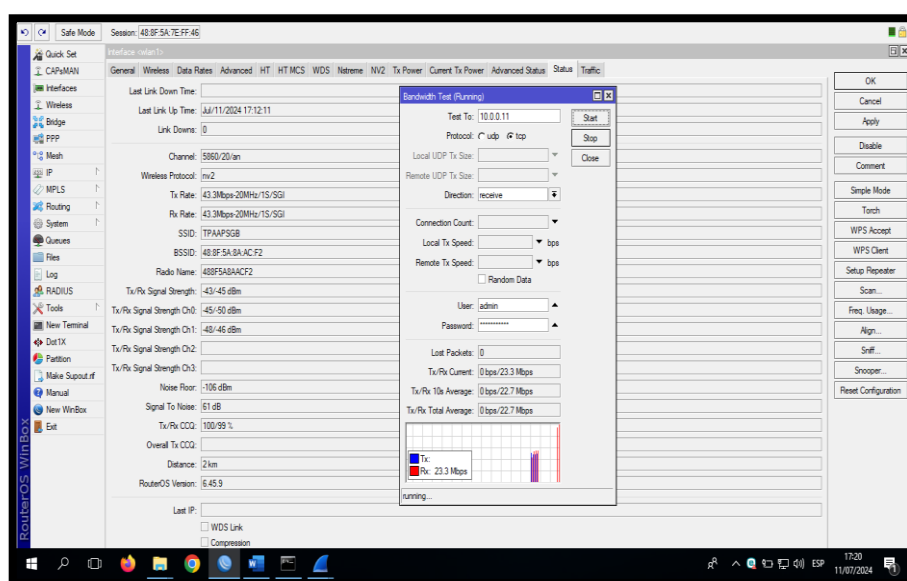


Figura 48 — Ancho de banda del enlace como descarga

Latencia de la transmisión: Debido a las limitaciones del entorno de prueba para implementar mediciones automatizadas de latencia de extremo a extremo, se realizó una evaluación visual basada en la grabación simultánea de la fuente y el dispositivo de reproducción. Se midió el tiempo transcurrido entre eventos visibles en ambas grabaciones, obteniendo una estimación del retardo de transmisión de aproximadamente 2 segundos. Si bien este método introduce un margen de error inherente a la percepción humana, se consideró suficiente para los propósitos de esta investigación, que se centra en el impacto general de la latencia en la experiencia del usuario.

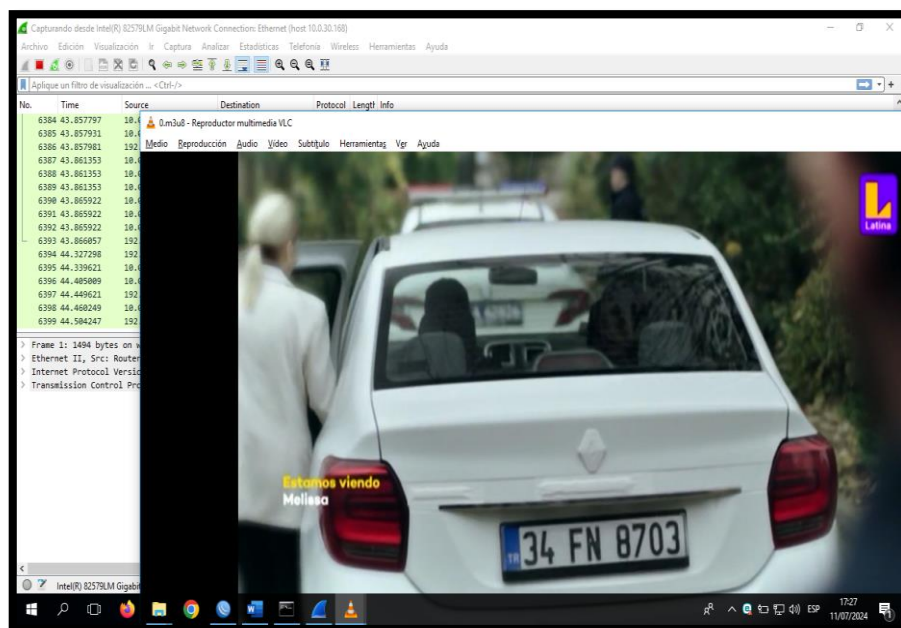


Figura 49 — Verificación de la latencia

En la siguiente tabla se encuentra los promedios generales para la dimensión HLS.

Tabla 13 — Promedio general IPTV/OTT

Ubicación	Calidad de transmisión		Latencia de transmisión
	Resolución	Bitrate	
Huayllabamba	1080p	16.1 Mbps	2s
Pachachaca	1080p	21.0 Mbps	2s

c) Resultados para calidad de servicio (QoS)

Para evaluar la QoS de la red inalámbrica para IPTV/OTT, se midieron: ancho de banda (Mbps) con "Bandwidth Test" de MikroTik; latencia (ms) con ping en Windows; Jitter (ms) como la desviación estándar del RTT de ping; y pérdida de paquetes (%) con Wireshark capturando tráfico entre el servidor y el encoder durante la transmisión.

Ancho de banda: El ancho de banda (throughput) se evaluó utilizando la herramienta 'Bandwidth Test' integrada en RouterOS (MikroTik) visto en la **calidad de la transmisión de video en dimensión HLS**.

Latencia y Jitter: Para la medición de la **latencia (retardo promedio)** y el **jitter (variación del retardo)** en la localidad de **Pachachaca**, se utilizó el comando ping desde la consola de Windows, aplicando la

instrucción **ping 10.0.30.11 -n 50 > (p1iptv.txt o p1ott.txt)**. Con la reproducción activa de un flujo IPTV/OTT, a fin de simular condiciones reales de tráfico en la red. En cada uno de los **20 puntos de medición**, se enviaron **50 paquetes ICMP**, obteniendo por punto un promedio de latencia (media del RTT) y un promedio de jitter (variación del RTT). Finalmente, los valores de latencia y jitter de los 20 puntos fueron promediados para obtener un único resultado representativo de la zona. La latencia promedio se calculó también en función de la fórmula:

$$D_{prom} = \frac{L}{C} \text{ -----(Ecuación 2)}$$

donde **Dprom** representa el retardo promedio en milisegundos (ms), **L** es la longitud del paquete (en bits) y **C** la tasa de transmisión (bps). Por ejemplo, con paquetes de 512 bits y una tasa de transmisión estimada de 44,222 bps, se obtiene:

$$D_{prom} = 512 / 42,666 \approx 0.012 \text{ segundos} = 12.0 \text{ ms}$$

valor que coincide con el promedio general registrado en Pachachaca tras el procesamiento de las 20 mediciones individuales.

El **jitter** promedio se calculó aplicando la fórmula:

$$J_{prom} = \sum \frac{D_i}{n} \text{ -----(Ecuación 3)}$$

donde **Jprom** representa el jitter promedio en milisegundos (ms), **Di** son las diferencias de retardo entre paquetes consecutivos y **n** el número de variaciones consideradas (n-1 para n paquetes). Por ejemplo, con un subconjunto de 5 paquetes que registran los siguientes retardos:

$$D_i = \{11, 14, 13, 10, 13\}$$

se obtiene:

$$J_{prom} = (|14-11| + |13-14| + |10-13| + |13-10|) / 4 = (3 + 1 + 3 + 3) / 4 = 2.5 \text{ ms}$$

Este valor representa la variación de retardo en una muestra puntual. En la práctica, al aplicar este cálculo en cada uno de los 20 puntos y luego promediar los resultados, se obtuvo un **jitter promedio general de 3.4 ms** en Pachachaca, reflejando una variación moderada en la entrega de paquetes bajo condiciones de uso real de red.

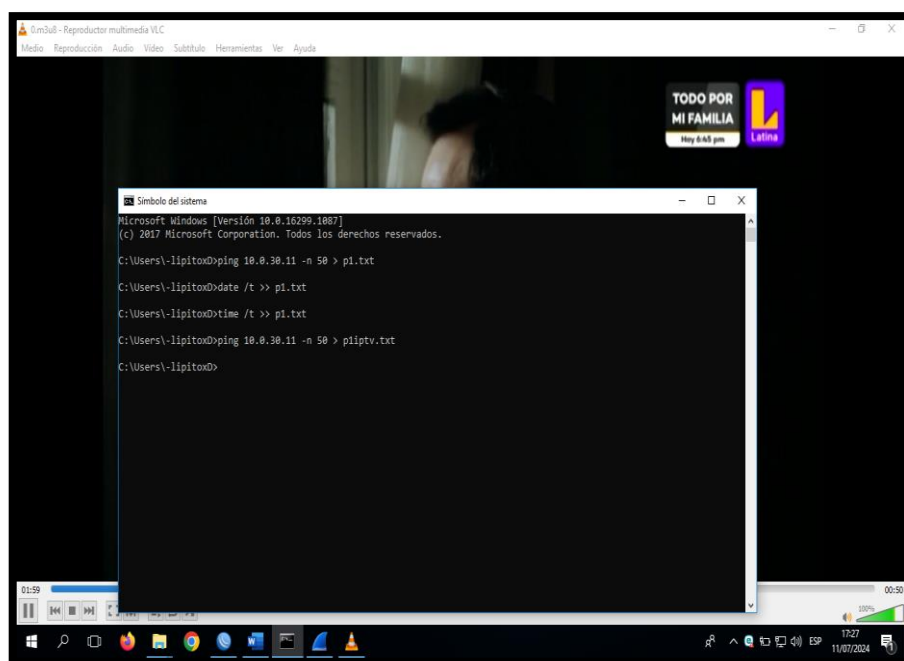


Figura 50 — Generación del ping para Latencia y Jitter

Pérdida de paquetes: Para evaluar la **pérdida de paquetes** en la red inalámbrica implementada, se utilizó la herramienta **Wireshark** para capturar y analizar el tráfico de datos durante la transmisión de contenido en tiempo real. Las pruebas se realizaron en **20 puntos de los pobladores distribuidos dentro de cada localidad evaluada**, replicando condiciones reales de operación con el uso de **servicios de streaming IPTV y OTT**.

En el caso de **IPTV**, se monitorizó el tráfico entre el **servidor IPTV (IP: 10.0.30.168)** y los dispositivos receptores; mientras que para el servicio **OTT**, se analizó el tráfico entre el **servidor OTT (IP: 10.0.30.11)** y los clientes. En ambos casos, se capturó el tráfico durante un periodo de aproximadamente **2 minutos por punto**, utilizando filtros específicos para aislar únicamente los paquetes relevantes del flujo de video.

El cálculo del porcentaje de pérdida de paquetes se realizó empleando la fórmula:

$$tp = \frac{(ps-pr)}{ps} * 100 \text{ -----(Ecuación 4)}$$

donde **tp** representa el porcentaje de pérdida de paquetes, **ps** es el número total de paquetes enviados y **pr** el número de paquetes correctamente recibidos.

Tras procesar las 20 capturas por cada tipo de tráfico (IPTV y OTT), se observó que en todos los casos se mantuvo la integridad completa de los paquetes, es decir, $P_s = P_r$ como se muestra en **Figura 57**. Al aplicar la fórmula:

$$T_p = ((16880 - 16880) / 16880) \times 100 = (0 / 16880) \times 100 = 0\%$$

se concluye que no se registró pérdida de paquetes en las condiciones evaluadas. Este resultado refleja un **desempeño óptimo** del enlace inalámbrico, especialmente importante en aplicaciones donde la continuidad de los datos es crítica, como en la transmisión de video en tiempo real.

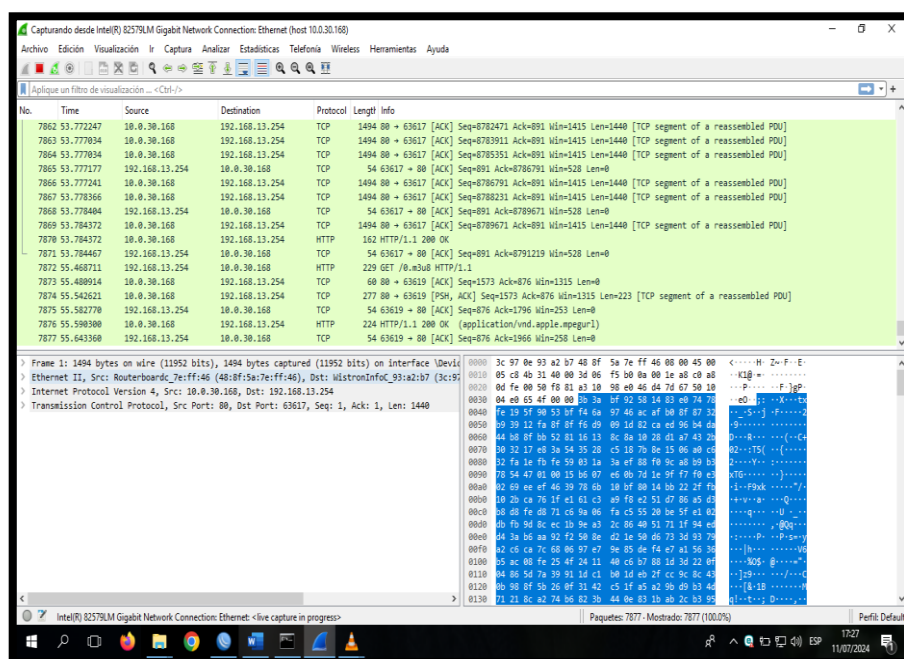


Figura 51 — Wireshark para verificar la perdida de paquetes

En las siguientes tablas se presentan los resúmenes generales de los promedios obtenidos para la dimensión de calidad de servicio, cuyos datos corresponden a los **Anexo B** y **Anexo 2**.

Tabla 14 — Promedio general calidad de servicio para OTT

Ubicación	Ancho de banda	Retardo	Jitter	Pérdida de paquetes
Huayllabamba	16.1	15.1	7.2	0
Pachachaca	21.0	12.9	3.6	0

Tabla 15 — Promedio general calidad de servicio para IPTV

Ubicación	Ancho de banda	Retardo	Jitter	Pérdida de paquetes
Huayllabamba	16.1	10.8 ms	7.0	0
Pachachaca	21.0	11.2	3.3	0

Tabla 16 — Promedio general calidad de servicio

Ubicación	Ancho de banda	Retardo	Jitter	Pérdida de paquetes
Huayllabamba	16.1	12.9 ms	7.1	0
Pachachaca	21.0	12.0	3.4	0

4.5 Técnica e instrumentos

4.5.1 Técnica

La técnica utilizada fue la **observación directa**, entendida como el registro sistemático del comportamiento de un fenómeno (Fidias, 2012). En este caso, se observó el desempeño de la red mediante la **medición directa de parámetros técnicos** como velocidad, latencia, pérdida de paquetes y jitter, empleando **comandos de red y herramientas digitales especializadas**.

4.5.2 Instrumentos

Los instrumentos son los medios utilizados para **recoger, registrar y almacenar información** (Fidias, 2012). En este proyecto se emplearon diversas **herramientas de software** que permitieron medir y analizar el comportamiento del sistema de red:

- **Terminal de Windows:**

Utilizada para ejecutar **comandos de diagnóstico de red** (como ping, tracert, netstat, entre otros) y obtener medidas directas de latencia, jitter, pérdida de paquetes y velocidad.

- **Microsoft Excel:**

Hoja de cálculo empleada para **registrar, organizar y procesar los datos recopilados**, así como para graficar y realizar cálculos estadísticos.

- **Parámetros de referencia bibliográfica:**

Valores estándar extraídos de fuentes técnicas, que se usaron como base comparativa para evaluar la calidad del servicio.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Análisis de resultado variable independiente

Habiendo definido las variables independientes, la tecnología Wi-Fi y el protocolo HLS y sus correspondientes indicadores cobertura (dBm), calidad de señal (CCQ), calidad de la transmisión de video (resolución y bitrate) y latencia de transmisión (S), la siguiente sección presenta el análisis de los resultados obtenidos. Este análisis se centra en evaluar el rendimiento de la red inalámbrica implementada, considerando cómo los distintos valores de los indicadores impactan la calidad de la transmisión de video para servicios de IPTV/OTT. Se compararán los resultados obtenidos en las diferentes ubicaciones de prueba, buscando identificar patrones y determinar la efectividad de la combinación de Wi-Fi y HLS en la provisión de una experiencia de usuario óptima, los datos obtenidos podemos revisarlo en los

Anexo 3 y

Anexo 4.

5.1.1.1 Análisis de resultado: Cobertura

Es importante destacar que un SNR más alto se traduce en una menor probabilidad de errores en la transmisión, lo que a su vez mejora la calidad de la imagen y el sonido en IPTV/OTT.

Tabla 17— Promedio general cobertura SNR

Ubicación	Cobertura
Huayllabamba	49.6 dB
Pachachaca	61.9 dB

Interpretación:

- **Huayllabamba**



Un valor de SNR de 49.6 dB indica una excelente relación señal-ruido, superando ampliamente el umbral recomendado para transmisiones de alta calidad como IPTV/OTT. Este valor asegura una baja probabilidad de errores en la transmisión y un ancho de banda suficiente para soportar los requerimientos de video y audio.

- **Pachachaca**

Un SNR de 61.9 dB en la zona de Pachacha indica una relación señal-ruido excepcionalmente alta, lo que sugiere un nivel de ruido de fondo muy bajo. Este valor se traduce en una menor probabilidad de errores en la transmisión y una mayor capacidad para soportar anchos de banda elevados, lo que explica el mejor rendimiento del enlace en comparación con Huayllabamba.

- **General**

El análisis general de SNR revela un promedio de 56 dB entre las zonas de Pachacha y Huayllabamba, lo que indica una excelente relación señal-ruido en términos generales. Este valor supera ampliamente el umbral recomendado en los Parámetros referenciales (Registration) o calidad de la señal de 30 dB, lo que sugiere que la implementación está cumpliendo con los requisitos y proporciona una buena calidad de señal en ambas zonas. Los resultados individuales de cada zona, presentados en la Tabla 17, confirman esta conclusión.

5.1.1.2 Análisis de resultado: CCQ

Un CCQ del 100% indica una transmisión sin pérdida de paquetes ni errores para poder transmitir IPTV/OTT.

Tabla 18 — Promedio general CCQ

Ubicación	CCQ
Huayllabamba	90.55/97.05 %
Pachachaca	98.2/97.6 %

Interpretación:

- **Huayllabamba**

El análisis del CCQ en Huayllabamba, utilizando antenas de doble polaridad, arrojó valores de 90.55% y 97.05%. El valor de 97.05% indica una excelente calidad de conexión en una de las polaridades, mientras que el valor de 90.55% indica una buena calidad en la otra. La diferencia entre ambos valores sugiere una diferente propagación de la señal en cada polarización o la presencia de interferencia selectiva. Sin embargo, en general, ambos valores son adecuados para la transmisión de IPTV/OTT.

- **Pachachaca**

El análisis del CCQ en Pachachaca, con antenas de doble polaridad, arrojó valores de 98.2% y 97.6%. La mínima diferencia entre ambas polaridades (0.6 puntos porcentuales) sugiere una propagación de la señal muy similar en ambas direcciones y un enlace robusto. Estos valores indican una calidad de conexión excepcional, lo que garantiza una transmisión fluida y sin interrupciones para servicios como IPTV/OTT.

- **General**

El análisis del CCQ, con un promedio entre 94% y 97% en ambos sectores y utilizando antenas de doble polaridad, confirma que la implementación de la red inalámbrica ha sido exitosa. Este rango de valores indica una calidad de conexión muy buena a excelente, lo que asegura una experiencia óptima para aplicaciones como IPTV/OTT, validando el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

5.1.1.3 Análisis de resultado: calidad de transmisión

La calidad de la transmisión de video está directamente relacionada con la resolución y el bitrate. A mayor resolución, mayor es la cantidad de datos que se deben transmitir por segundo. Según el estándar de Apple, se recomienda un mínimo de 5.8 Mbps para una transmisión fluida en Full HD (1080p).

Tabla 19 — Promedio general IPTV/OTT

Ubicación	Calidad de transmisión	
	Resolucion	Bitrate

Huayllabamba	1080p	16.1 Mbps
Pachachaca	1080p	21.0 Mbps

Interpretación:

- **Huayllabamba**

Las pruebas realizadas en Huayllabamba confirmaron la transmisión en 1080p, con una velocidad inicial registrada de 16.1 Mbps. Este valor, que supera significativamente el estándar de Apple de 5.8 Mbps para Full HD, indica un ancho de banda suficiente para soportar esta resolución con un margen considerable.

- **Pachachaca**

Las pruebas realizadas en Pachachaca arrojaron una velocidad inicial de 21.0 Mbps. Este valor, que supera con creces el estándar de Apple de 5.8 Mbps para Full HD, indica un ancho de banda muy superior al necesario para una transmisión fluida en esta resolución, ofreciendo un amplio margen para fluctuaciones y picos de demanda.

- **General**

El análisis general de las pruebas de velocidad, con un promedio de 18.565 Mbps, confirma que la red inalámbrica implementada es altamente capaz de soportar la transmisión de IPTV/OTT. Este valor supera significativamente el estándar de Apple de 5.8 Mbps para Full HD, lo que garantiza una experiencia fluida y sin interrupciones, además de ofrecer un margen para soportar resoluciones más altas y múltiples usuarios simultáneos.

5.1.1.4 Análisis de resultado: latencia de transmisión

Apple, en su desarrollo de tecnologías para la transmisión de video, considera una latencia máxima de 6 segundos como aceptable para la latencia de extremo a extremo. Sin embargo, con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario, ha introducido Low-Latency HLS (LL-HLS), que busca reducir este valor a un rango de 2 a 5 segundos. La red inalámbrica implementada, con su ancho de banda promedio de 18.565 Mbps, está preparada para soportar la implementación de LL-HLS.



Tabla 20 — Promedio general IPTV/OTT

Ubicación	Latencia de transmisión
Huayllabamba	2
Pachachaca	2

Interpretación:

- **Huayllabamba**

En Huayllabamba, la latencia de extremo a extremo fue de 2 segundos. Este valor, significativamente inferior al máximo aceptable según Apple (6 segundos), sugiere una buena experiencia para la transmisión de contenido sin interacción inmediata.

- **Pachachaca**

En Pachachaca, la latencia de extremo a extremo también fue de 2 segundos, consistente con Huayllabamba. Este resultado, dentro de los parámetros aceptables de Apple (máximo 6 segundos), indica un rendimiento similar en ambas ubicaciones para la transmisión de contenido sin interacción en tiempo real.

- **General**

El análisis general muestra una latencia de extremo a extremo constante de 2 segundos en ambas ubicaciones. Este valor, muy por debajo del máximo aceptable según Apple (6 segundos), junto con el ancho de banda promedio de 18.565 Mbps, confirma la idoneidad de la red para la transmisión de IPTV/OTT.

5.1.2 Análisis de resultado variable independiente calidad de servicio

En este estudio, se evalúa la calidad de Servicio (QoS) de la red inalámbrica para IPTV/OTT. QoS es la capacidad de una red para priorizar el tráfico, asegurando un mejor rendimiento para aplicaciones sensibles al retardo como la transmisión de video. Para ello, se analizarán parámetros como ancho de banda, latencia, jitter y pérdida de paquetes, los datos obtenidos podemos revisarlos en el **Anexo 2**.

5.1.2.1 Análisis de resultado: ancho de banda

El ancho de banda define la cantidad de datos que pueden circular por una conexión en un tiempo dado (bps). Un ancho de banda insuficiente causa *buffering* y baja calidad de video. Apple recomienda al menos 5.8 Mbps para evitar estos problemas.

Tabla 21 — Promedio general ancho de banda

Ubicación	Ancho de banda
Huayllabamba	16.1
Pachachaca	21.0

Tabla 22 — Ancho de bando mínimo kbps para videos

Relación de aspecto 16:9	HEVC/H.265 30 fps	HDR (HEVC) 30 fps	Cuadros por segundo
640x360	145	160	≤ 30fps
768x432	300	360	≤ 30fps
960x540	600	730	≤ 30fps
960x540	900	1090	≤ 30fps
960x540	1600	1930	Lo mismo que la fuente del video
1280x720	2400	2900	Lo mismo que la fuente del video
1280x720	3400	4080	Lo mismo que la fuente del video
1920x1080	4500	5400	Lo mismo que la fuente del video
1920x1080	5800	7000	Lo mismo que la fuente del video
2560x1440	8100	9700	Lo mismo que la fuente del video
3840x2160	11600	13900	Lo mismo que la fuente del video
3840x2160	16800	20000	Lo mismo que la fuente del video
FUENTE: Apple, 2023			

Interpretación

- **Huayllabamba**

El ancho de banda registrado en Huayllabamba (16.1 Mbps) supera con creces el umbral de 5.8 Mbps establecido por Apple, confirmando la suficiencia de la red para soportar servicios como IPTV/OTT, que requieren un ancho de banda considerable.

- **Pachachaca**

El ancho de banda medido en Pachachaca (21.0 Mbps) excede considerablemente el umbral de 5.8 Mbps establecido por Apple, lo que sugiere una buena escalabilidad de la red para soportar un mayor número de usuarios y servicios simultáneamente, incluyendo IPTV/OTT y otras aplicaciones de alto consumo de ancho de banda.

5.1.2.2 Análisis de resultado: latencia o retardo

El retardo se define como el tiempo de ida y vuelta (Round-Trip Time o RTT) de un paquete de datos. Para servicios de streaming como IPTV/OTT, un bajo retardo es esencial para garantizar una transmisión fluida y en tiempo real. Un retardo elevado puede provocar la pérdida de paquetes, la necesidad de retransmisiones y, en consecuencia, una degradación significativa de la calidad del servicio, incluyendo la interrupción de la reproducción y la desincronización audio/video.

Tabla 23 — Promedio general retado o latencia

Ubicación	Retardo
Huayllabamba	12.9 ms
Pachachaca	12.0

Tabla 24 — Valoración de porcentajes de retardo

NIVEL DE VALORACIÓN	RETARDO (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 20	100
MUY BUENO	20 – 40	80
BUENO	40 – 60	60
MALO	60 – 80	40
PÉSIMO	80 – 100	20
FUENTE: (Carrión, y otros, 2016)		

Interpretación:

- **Huayllabamba**

El promedio de latencia medido en Huayllabamba (12.9 ms) califica como **excelente** según la Tabla 24. Este bajo retardo contribuye significativamente a una alta calidad de servicio, especialmente para aplicaciones de tiempo real como IPTV/OTT, donde la baja latencia es crucial para una experiencia fluida.

- **Pachachaca**

El tiempo de respuesta de la red en Pachachaca, medido como latencia, promedió 12.0 ms. Este resultado, dentro del rango de **excelente** según la Tabla 24, indica una rápida transmisión de datos y una baja demora en la comunicación. Esto se traduce en una experiencia fluida para los usuarios de servicios como IPTV/OTT, con una respuesta ágil a las interacciones y una mínima probabilidad de *buffering*.

5.1.2.3 Análisis de resultado: Jitter

El Jitter es la variación en el tiempo de retardo entre los paquetes de datos. En IPTV/OTT, un Jitter alto causa interrupciones, "saltos" o "congelamientos" en la imagen y el sonido, degradando la experiencia del usuario. En esta tesis, se mide con la desviación estándar de la latencia.

Tabla 25 — Promedio general Jitter

Ubicación	Jitter
Huayllabamba	7.1
Pachachaca	3.4

Tabla 26 — Promedio general valoración del porcentaje de Jitter

NIVEL DE VALORACIÓN	JITTER (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 10	100
MUY BUENO	10 – 20	80
BUENO	20 – 30	60
MALO	30 – 40	40
PÉSIMO	40 – 50	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

Interpretación:

1. Huayllabamba

Con un jitter promedio de 7.1 ms, Huayllabamba se sitúa claramente por debajo del umbral de 10 ms que define la categoría de **Excelente** en la escala establecida Tabla 26. Este margen indica una robustez en el rendimiento de la red en cuanto al jitter, lo cual es esencial para la calidad de la transmisión de contenido multimedia y otras aplicaciones sensibles a las variaciones en el retardo.

2. Pachachaca

En Pachachaca, el jitter promedio fue aún menor que en Huayllabamba, registrando 3.4 ms. Este valor también se clasifica como **excelente** según la Tabla 26 y representa una mejora con respecto a los 7.1 ms medidos en Huayllabamba. Esta mínima variación en el retardo de los paquetes resulta en una mayor estabilidad en la transmisión y una experiencia de usuario aún más fluida.

5.1.2.4 Análisis de resultado: pérdida de paquete

La pérdida de paquetes ocurre cuando los datos no llegan a su destino. En IPTV/OTT, esto causa interrupciones, artefactos visuales o la interrupción de la transmisión. En esta tesis, se mide como un porcentaje del total de paquetes enviados, utilizando Wireshark.

Tabla 27 — Promedio general pedida de paquete

Ubicación	Perdida de paquetes
Huayllabamba	0
Pachachaca	0

Tabla 28 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes

NIVEL DE VALORACIÓN	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
EXCELENTE	0 – 2
MUY BUENO	2 – 4
BUENO	4 – 6
MALO	6 – 8
PÉSIMO	8 – 10
FUENTE: Carrión, y otros, 2016	

Interpretación

1. Huayllabamba

Los resultados obtenidos en Huayllabamba, con un 0% de pérdida de paquetes, cumplen con los más altos estándares de calidad definidos en la Tabla 28 (categoría **excelente**, 0-2%). Este rendimiento asegura que la red satisface los requerimientos para la transmisión fluida y sin interrupciones de servicios como IPTV/OTT, donde la pérdida de paquetes puede degradar significativamente la experiencia del usuario.

2. Pachachaca

Los resultados obtenidos en Pachachaca, con un 0% de pérdida de paquetes, cumplen con los más altos estándares de calidad definidos en la Tabla 28 (categoría **excelente**, 0-2%). Este rendimiento asegura que la red satisface los requerimientos para la transmisión fluida y sin interrupciones de servicios como IPTV/OTT, donde la pérdida de paquetes puede degradar significativamente la experiencia del usuario.

5.2 Contratación de hipótesis

5.2.1 Hipótesis general calidad de internet iptv/ott

Esta investigación evaluó el impacto de una red inalámbrica con Wi-Fi y HLS en la calidad de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca. La hipótesis de mejora significativa se confirma con los resultados obtenidos.

Tabla 29 — Promedio General de calidad de servicio QoS

PROMEDIO GENERAL		
	SECTOR RURAL	
HIPÓTESIS ESPECIFICA	HUAYLLABAMBA	PACHACHA
ANCHO DE BANDA (VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA)	16.1 Mbps	21.0 Mbps
RETARDO	12.9 ms	12.0 ms
JITTER	7.1 ms	3.4 ms
PERDIDA DE PAQUETES	0%	0%

Esta investigación evaluó el impacto de una red inalámbrica con Wi-Fi y HLS en la calidad de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachacha. La hipótesis de mejora significativa se confirma con los resultados obtenidos. En ambas localidades, las mediciones de ancho de banda, retardo, jitter y pérdida de paquetes se ubicaron en niveles "excelentes" según estándares reconocidos. El ancho de banda superó ampliamente los 5.8 Mbps, el retardo se mantuvo alrededor de 12 ms, el jitter entre 3 y 7 ms, y la pérdida de paquetes fue del 0%. Si bien ambas localidades mostraron excelente rendimiento, Pachacha presentó una ligera ventaja en ancho de banda y una notable diferencia en jitter, sugiriendo una experiencia de usuario ligeramente superior. Por lo tanto, se concluye que, la implementación de la red inalámbrica mejoró significativamente la calidad de los servicios en ambas zonas rurales, cumpliendo altos estándares de calidad y proporcionando una base sólida para el acceso a servicios digitales.

5.2.2 Hipótesis específica ancho de banda

5.2.2.1 Huayllabamba

a) Datos (obtenidos del Anexo B Tabla 47)

Tabla 30 — Valores estadísticos de Huayllabamba

	Huayllabamba
Varianza	4.2
Promedio	16.1

Tabla 31 — Ancho de bando mínimo kbps para videos

Relación de aspecto 16:9	HEVC/H.265 30 fps	HDR (HEVC) 30 fps	Cuadros por segundo
1920x1080	4500	5400	Lo mismo que la fuente del video
1920x1080	5800	7000	Lo mismo que la fuente del video
FUENTE: Apple, 2023			

b) Hipótesis estadística

$H_0: \mu = 5.8$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces solo es igual a 5.8 Mbps de ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

$H_1: \mu > 5.8$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces es mayor a 5.8 Mbps del ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

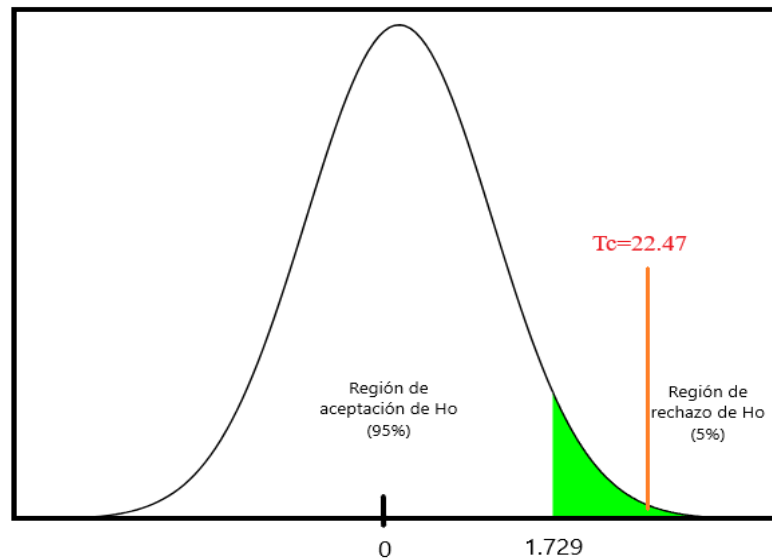
- $\bar{x}$ es la media muestral (16.1),
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (5.8),

- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2=4.2$
- n es el tamaño de la muestra (20).

e) Prueba Estadística

$$t = \frac{16.1 - 5.8}{\frac{2.049}{\sqrt{20}}} = 22.47$$

f) Región crítica



g) Conclusión.

Dado que el valor del estadístico t calculado ($T_c = 22.47$) es **mayor** que el valor crítico t ($T_t = 1.7291$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia establecido $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es mayor a 5.8 Mbps del ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al Ancho de banda en la **categoría EXCELENTE**.

5.2.2.2 Pachachaca

a) Datos (Obtenidos del Anexo B Tabla 48)

Tabla 32 — Valores estadísticos de Pachachaca

	Pachachaca
Varianza	15.0
Promedio	21.0

Tabla 33 — Ancho de bando mínimo kbps para videos

Relación de aspecto 16:9	HEVC/H.265 30 fps	HDR (HEVC) 30 fps	Cuadros por segundo
1920x1080	4500	5400	Lo mismo que la fuente del video
1920x1080	5800	7000	Lo mismo que la fuente del video
FUENTE: Apple, 2023			

b) Hipótesis estadística

$H_0: \mu = 5.8$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 5.8 Mbps en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

$H_1: \mu > 5.8$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es mayor a 5.8 Mbps del ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

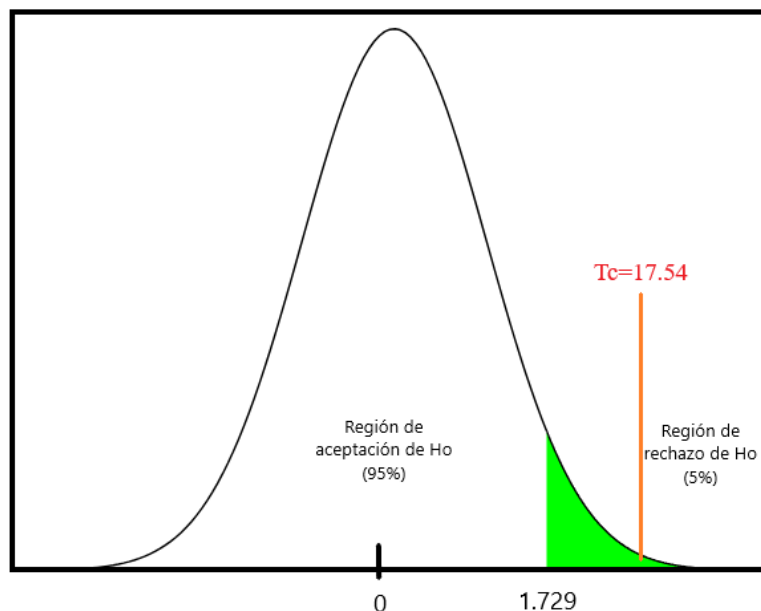
Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (21.0)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (5.8)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2 = 15.0$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) Prueba estadística

$$t = \frac{21.0 - 5.8}{\frac{3.873}{\sqrt{20}}} = 17.54$$

f) Región crítica



g) Conclusión.

Dado que el valor del estadístico t calculado ($T_c = 17.54$) es **mayor** que el valor crítico t ($T_t = 1.7291$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia establecido $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es mayor a 5.8 Mbps del ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al Ancho de banda en la **categoría EXCELENTE**.

5.2.3 Hipótesis específica retardo o latencia

5.2.3.1 Huayllabamba

a) Datos (obtenidos del Anexo B Tabla 47)

Tabla 34 — Valores estadísticos Retardo para Huayllabamba

	Huayllabamba
Varianza	0.7
Promedio	12.9

Tabla 35 — Valoración de porcentajes de retardo

NIVEL DE VALORACIÓN	RETARDO (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 20	100
MUY BUENO	20 – 40	80
BUENO	40 – 60	60
MALO	60 – 80	40
PÉSIMO	80 – 100	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

b) Hipótesis estadística

Ho: $\mu = 20$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 20 ms en el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

H1: $\mu < 20$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 20 ms del retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

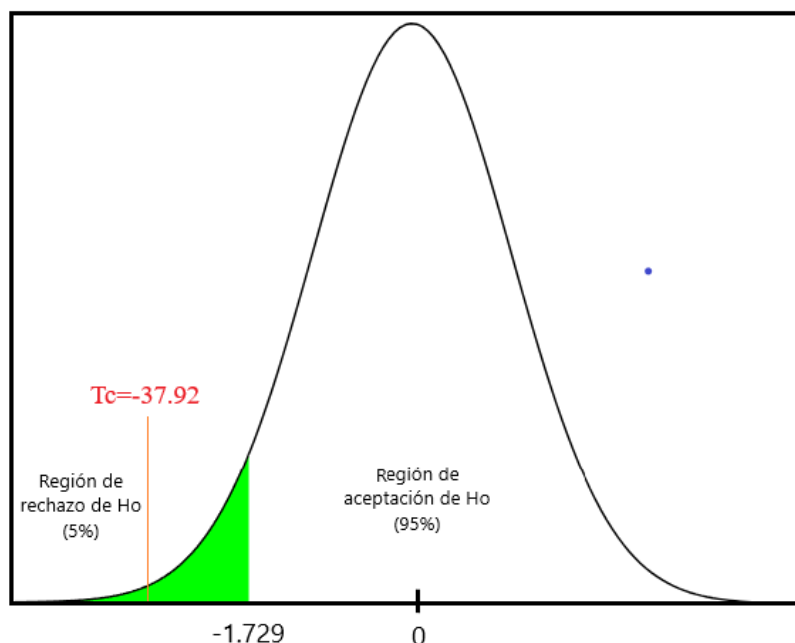
Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (12.9)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (20)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2 = 0.7$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) Prueba estadística

$$t = \frac{12.9 - 20}{\frac{0.83666}{\sqrt{20}}} = -37.92$$

f) Región crítica



g) Conclusión.

Dado que el valor del estadístico t calculado ($T_c = -37.92$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 20 ms del retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

5.2.3.2 Pachachaca

a) Datos (obtenidos del Anexo B Tabla 48)

Tabla 36 — Valores estadísticos retardo para Huayllabamba

	Pachachaca
Varianza	0.4
Promedio	12.0

Tabla 37 — Valoración de porcentajes de retardo

NIVEL DE VALORACIÓN	RETARDO (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 20	100
MUY BUENO	20 – 40	80
BUENO	40 – 60	60
MALO	60 – 80	40
PÉSIMO	80 – 100	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

b) Hipótesis estadística

$H_0: \mu = 20$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 20 ms en el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

$H_1: \mu < 20$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 20 ms del retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

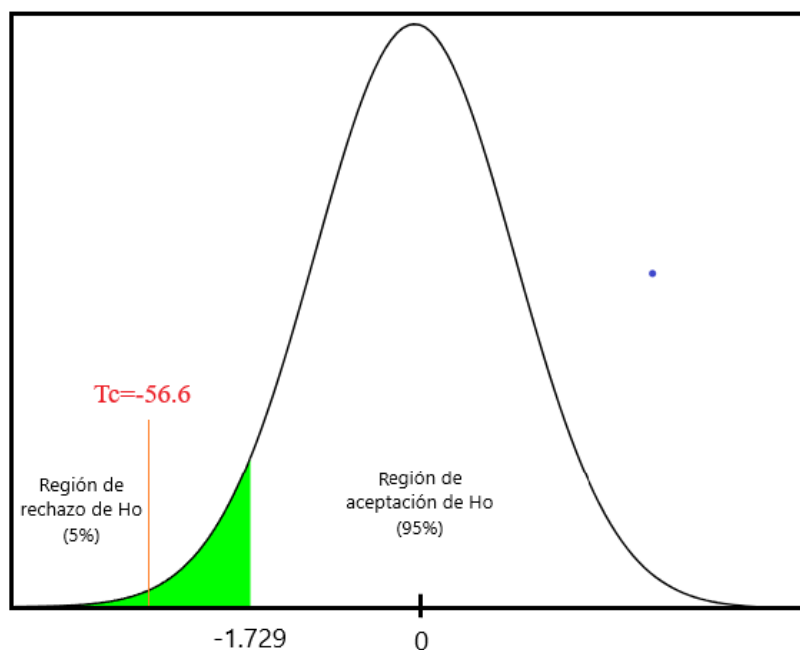
Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (12.0)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (20)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2 = 0.4$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) Prueba Estadística

$$t = \frac{12.0 - 20}{\frac{0.632}{\sqrt{20}}} = -56.6$$

f) **Región crítica**



g) **Conclusión.**

Dado que el valor del estadístico t calculado ($T_c = -56.6$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 20 ms del retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

5.2.4 Hipótesis específica Jitter

5.2.4.1 Huayllabamba

a) **Datos (obtenidos del Anexo B Tabla 47)**

Tabla 38 — Valores estadísticos Jitter para Huayllabamba

	Huayllabamba
Varianza	1.3
Promedio	7.1

Tabla 39 — Valoración de porcentajes de Jitter

NIVEL DE VALORACIÓN	JITTER (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 10	100
MUY BUENO	10 – 20	80
BUENO	20 – 30	60
MALO	30 – 40	40
PÉSIMO	40 – 50	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

b) Hipótesis estadística

Ho: $\mu = 10$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 10 ms en el jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

H1: $\mu < 10$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 10 ms del jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

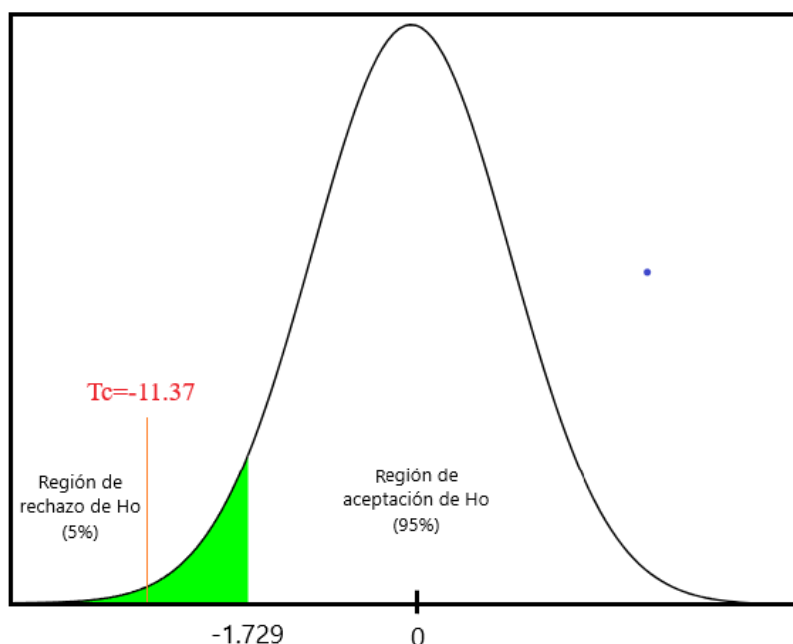
Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (7.1)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (10)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2 = 1.3$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) Prueba estadística

$$t = \frac{7.1 - 10}{\frac{1.140}{\sqrt{20}}} = -11.37$$

f) **Región crítica**



g) **Conclusión.**

Dado que el valor del estadístico t calculado ($T_c = -11.37$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 10 ms del Jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al Jitter en la categoría **EXCELENTE**.

5.2.4.2 **Pachachaca**

a) **Datos (obtenidos del Anexo B Tabla 48)**

Tabla 40 — Valores estadísticos Jitter para Pachachaca

	Pachachaca
Varianza	0.5
Promedio	3.4

Tabla 41 — Valoración de porcentajes de Jitter

NIVEL DE VALORACIÓN	JITTER (ms)	PORCENTAJE (%)
EXCELENTE	0 – 10	100
MUY BUENO	10 – 20	80
BUENO	20 – 30	60
MALO	30 – 40	40
PÉSIMO	40 – 50	20
FUENTE: Carrión, y otros, 2016		

b) Hipótesis estadística

Ho: $\mu = 10$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 10 ms en el Jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

H1: $\mu < 10$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 10 ms del Jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

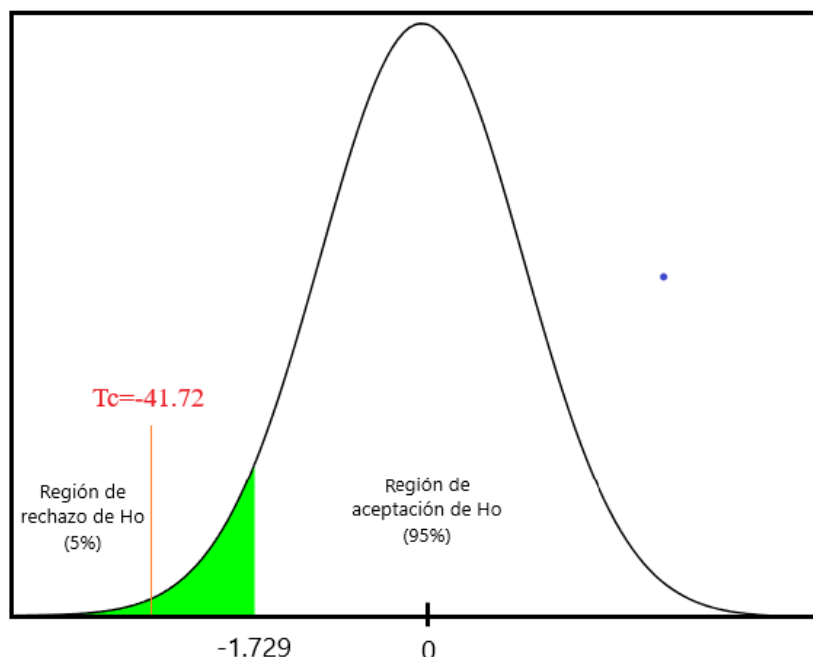
Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (3.4)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (10)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2 = 0.5$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) Prueba estadística

$$t = \frac{3.4 - 10}{\frac{0.7071}{\sqrt{20}}} = -41.72$$

f) **Región crítica**



g) **Conclusión.**

Dado que el valor del estadístico t calculado ($T_c = -41.72$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 10 ms del jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

5.2.5 Hipótesis específica perdida de paquetes

5.2.5.1 Huayllabamba

a) **Datos (Obtenidos del Anexo B Tabla 47)**

Tabla 42 — Valor estático perdida de paquetes en Huayllabamba

	Huayllabamba
Varianza	0
Promedio	0

Nota: V.E = Valor estadístico

Tabla 43 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes

NIVEL DE VALORACIÓN	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
EXCELENTE	0 – 2
MUY BUENO	2 – 4
BUENO	4 – 6
MALO	6 – 8
PÉSIMO	8 – 10
FUENTE: Carrión, y otros, 2016	

b) Hipótesis estadística

$H_0: \mu = 2$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

$H_1: \mu < 2$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba.

c) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) Estadístico

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (0)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (2)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2=0$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) Prueba Estadística

No se puede aplicar la prueba t de Student, ya que la **varianza de los datos es igual a cero**, lo cual impide calcular el estadístico t (división por cero). Esto indica que **todos los valores observados fueron constantes (0%)**, sin variación.

f) Conclusión.

Dado que todos los valores medidos de pérdida de paquetes fueron 0%, por lo tanto, implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

5.2.5.2 Pachachaca

a) Datos (Obtenidos del Anexo B Tabla 48)

Tabla 44 — V.E Pérdida de paquetes en Pachachaca

	Pachachaca
Varianza	0
Promedio	0

Nota: V.E = Valor estadístico

Tabla 45 — Valoración de porcentaje de pérdida de paquetes

NIVEL DE VALORACIÓN	PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PAQUETES (%)
EXCELENTE	0 – 2
MUY BUENO	2 – 4
BUENO	4 – 6
MALO	6 – 8
PÉSIMO	8 – 10
FUENTE: Carrión, y otros, 2016	

b) Hipótesis estadística

$H_0: \mu = 2$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es igual a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

$H_1: \mu < 2$ al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca.

c) **Nivel de significancia**

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

d) **Estadístico**

La fórmula de la prueba t de una muestra es:

$$t = \frac{\bar{x} - u_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $\bar{x}$ es la media muestral (0)
- u_0 es la media poblacional bajo la hipótesis nula (2)
- s es la desviación estándar muestral, que es la raíz cuadrada de la varianza $s^2=0$
- n es el tamaño de la muestra (20)

e) **Prueba estadística**

No se puede aplicar la prueba t de Student, ya que la **varianza de los datos es igual a cero**, lo cual impide calcular el estadístico t (división por cero). Esto indica que **todos los valores observados fueron constantes (0%)**, sin variación.

f) **Conclusión.**

Dado que todos los valores medidos de pérdida de paquetes fueron 0%. por lo tanto, implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

5.3 Discusión

Quispe en su proyecto Propuesta de Implementación de una Red Inalámbrica en el Centro Poblado Augusto B. Leguía del Distrito de Nuevo Imperial – Cañete, 2020. Se concluye que hay un alto nivel de insatisfacción con los servicios de red inalámbrica actuales (77.5%), mientras que el 100% de los encuestados expresa la necesidad de proponer la implementación de una red inalámbrica Wi-Fi viable financieramente y con una calidad de servicio aceptable para la implementación propuesta. Así como en el proyecto de Quispe se evidenció que una red inalámbrica puede ofrecer una calidad de servicio aceptable para una

comunidad, nuestro estudio también confirma que es posible alcanzar altos niveles de desempeño en redes inalámbricas destinadas a brindar servicios de Internet e IPTV/OTT. La comparación con nuestro proyecto demuestra que, con una implementación adecuada y pruebas consistentes, se puede cumplir el objetivo principal de garantizar una buena calidad de servicio de internet e IPTV/OTT. Esto se valida a través del análisis de los resultados obtenidos y su coherencia con la hipótesis planteada en nuestra investigación.

Farfán en su Proyecto Influencia del uso de un Sistema de Gestión de Red en la Calidad de Servicio de Internet Inalámbrico de la Empresa Fibertel en la Provincia de Andahuaylas. Se concluye que la implementación del sistema de gestión de red tuvo un impacto positivo en la calidad del servicio de Internet inalámbrica. Tal como se evidenció en el proyecto desarrollado por Farfán, una gestión de red eficiente, que incluye la configuración adecuada, el enrutamiento dinámico, la implementación de reglas avanzadas de firewall, el control de acceso y el balanceo de carga, etc. Permite lograr mejoras sustanciales en la calidad de servicio de Internet. En el presente trabajo, la red ha sido diseñada y configurada siguiendo estos principios, de modo que **soporta de manera óptima las exigencias técnicas** de los servicios de Internet e IPTV/OTT, garantizando un alto nivel de rendimiento y fiabilidad.

Rainer en su proyecto Análisis de tecnologías de redes inalámbricas para centros poblados rurales en el Perú. Se concluye que se resalta la viabilidad del diseño de una red inalámbrica para el centro poblado, empleando tecnologías inalámbricas. Tras un exhaustivo análisis, se determinó que Wi-Fi 802.11ac representa la opción más adecuada. Para evaluar la idoneidad de esta elección, se utilizaron herramientas como Radio Mobile, Airlink y Google Earth, las cuales facilitaron la simulación y medición de la calidad de las conexiones, asegurando la calidad de conexiones. Rainer concluyó, en su análisis de tecnologías de redes inalámbricas para centros poblados rurales en el Perú, que Wi-Fi 802.11ac es la opción más adecuada, utilizando simulaciones con Radio Mobile, Airlink y Google Earth para asegurar la calidad de las conexiones. En nuestro trabajo se verifica esta afirmación mediante pruebas reales en Huayllabamba (4 km) y Pachacha (2 km). En Huayllabamba, se obtuvo un CCQ de 90.55/97.05 y un SNR de 49.6. En Pachacha, el CCQ fue de 98.2/97.6 y el SNR de 61.9. Si bien Rainer se basó en simulaciones, nuestros datos empíricos de CCQ y SNR demuestran la viabilidad de Wi-Fi en entornos rurales. Los valores obtenidos, especialmente el alto SNR en ambas localidades, confirman la posibilidad de asegurar la calidad de las conexiones, tal como lo planteó Rainer.



Montoya en su trabajo Canales Eficientes de Internet en Zona Rural de Guateque y Sutatenza Boyacá en Bogotá Colombia, concluye que con la adquisición de equipos radio microondas de calidad garantiza la sostenibilidad y eficiencia de la tecnología de enlace de radio, cumpliendo con requisitos para la ampliación de Internet a velocidades de hasta 20 Mbps, Nuestro trabajo, con velocidades de 16.1 Mbps en Huayllabamba y 20.0 Mbps en Pachacha, confirma esta capacidad. Sin embargo, a diferencia de Montoya, nuestro estudio evalúa la calidad de servicio para IPTV, considerando retardo, jitter y pérdida de paquetes. Esta evaluación, crucial para aplicaciones de alto ancho de banda y baja latencia, complementa el enfoque de Montoya centrado en el ancho de banda, demostrando la idoneidad de la tecnología implementada para IPTV/OTT en entornos rurales.

Fierro en su proyecto Diseño de una red inalámbrica de banda ancha para proveer internet a la escuela Padre Celestial del distrito de Ahuac, provincia de Chupaca – 2023. Se concluye que el diseño de la red inalámbrica de banda ancha evaluada logró cumplir con los parámetros técnicos y normativos establecidos, obteniendo una transmisión eficiente y confiable. La modulación QAM aplicada permitió velocidades de 780 a 866.7 Mbps, superando ampliamente los mínimos requeridos. La selección cuidadosa de equipos garantizó una infraestructura robusta y escalable. En el subsistema lógico, la latencia promedio de 13.21 ms y la ausencia total de pérdida de paquetes (0%) aseguran una comunicación estable y fluida. Asimismo, el sistema de seguridad demostró un alto nivel de confiabilidad (99.86%) y resistencia ante ataques de fuerza bruta, con 0% de intrusiones exitosas. Finalmente, la red mostró velocidades promedio de carga y descarga de 190.43 Mbps y 275.42 Mbps, respectivamente, superando los límites mínimos normativos y ofreciendo una experiencia de usuario óptima. En nuestro proyecto de investigación, las mediciones se realizaron a partir de pruebas individuales, más que evaluando la capacidad máxima de la red. Sin embargo, los resultados obtenidos son suficientes para demostrar que una red inalámbrica puede ofrecer una calidad de servicio confiable para diversos tipos de aplicaciones. En particular, se registró una latencia o retardo de 12.9 ms en Huayllabamba y 12.0 ms en pachachaca, ligeramente mayor a la reportada en el estudio de Fierro, lo que corrobora que las tecnologías inalámbricas son capaces de cubrir eficientemente los requerimientos de infraestructura para la transmisión de servicios exigentes como IPTV/OTT.



Moreno en su trabajo estudió, análisis e implementación de una red inalámbrica comunitaria orientada al sector educativo rural del Cantón Chambo sustentada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se concluye que el diseño de la red inalámbrica comunitaria en el cantón Chambo, basado en el estándar 802.11 b/g y con equipos Mikrotik, fue adecuado por su alcance, bajo costo y facilidad de configuración. Se obtuvieron buenos resultados de rendimiento: una latencia de 63,7 ms, 0 % de pérdida de paquetes y un throughput de 1502 Kbps, los cuales están dentro de los valores recomendados por estudios previos. Sin embargo, el Jitter alcanzó un 1,6 % de pérdida de paquetes, superando el límite aceptable para aplicaciones en tiempo real, lo que puede afectar la calidad del streaming y otras comunicaciones sensibles a la latencia. En nuestra implementación, a diferencia del estudio de Moreno, es crucial que el Jitter no presente pérdida de paquetes, ya que la red inalámbrica también transporta servicios de IPTV/OTT, los cuales son especialmente sensibles a la calidad del servicio. En este sentido, las pruebas realizadas arrojaron un jitter de 7.1 ms en huayllabamba y 3.4 ms en Pachachaca sin pérdida alguna de paquetes, lo que demuestra que la red ofrece una calidad de servicio adecuada para la transmisión estable y eficiente de contenidos IPTV/OTT.

Carrión en su proyecto de implementación de un prototipo de Red Iptv (Internet Protocol Television) de Manera Inalámbrica en Riobamba. Se concluye que, mediante el uso de una red inalámbrica Wi-Fi, se logró obtener una media de resultados de las transmisiones que cumplen con los parámetros de calidad establecidos en la norma ITU-T Y.1541 para el medio inalámbrico. Se registraron un retardo de 3.4 milisegundos, un jitter de 0.364 milisegundos y una pérdida de paquetes del 0.118%. Estos resultados indican que la transmisión inalámbrica cumple con estándares aceptables de calidad de servicio. En contraste, nuestro trabajo se realizó con enlaces inalámbricos de larga distancia en entornos rurales, específicamente en Huayllabamba y Pachacha. En Huayllabamba, se obtuvo un retardo de 12.9 ms, un Jitter de 7.1 ms y una pérdida de paquetes de 0%. En Pachacha, se registró un retardo de 12.0 ms, un Jitter de 3.4 ms y una pérdida de paquetes de 0%. Si bien nuestros resultados muestran valores de retardo y Jitter superiores a los reportados por Carrión, la diferencia se atribuye principalmente a la naturaleza de las pruebas. Carrión realizaron sus pruebas en un ambiente controlado, presumiblemente una red Wi-Fi local con distancias cortas y mínima interferencia, mientras que nuestro trabajo se desarrolló en condiciones reales de campo, con enlaces de larga distancia (4 km en Huayllabamba y 2 km en Pachacha) y las inherentes complejidades de un entorno inalámbrico real, como la



atenuación de la señal, la interferencia de otras redes y las condiciones atmosféricas. A pesar de esto, nuestros resultados se encuentran dentro del rango "excelente" según nuestras tablas de referencia, y con 0% de pérdida de paquetes demostrando la viabilidad de la tecnología inalámbrica para IPTV/OTT incluso en entornos rurales y a distancias significativas, complementando así los hallazgos de Carrión.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se mejoró la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca alcanzando: En Huayllabamba, se alcanzó un ancho de banda de 16.1 Mps, Retardo de 12.9 ms, un Jitter de 7.1 ms, y pérdida de paquetes de 0%; y en Pachachaca, se alcanzó un ancho de banda de 21.0 Mps, Retardo de 12.0 ms, un Jitter de 3.4 ms, y pérdida de paquetes de 0%. Y teniendo las pruebas de hipótesis satisfactorias para cada valor: para el ancho de banda, retardo, Jitter y pérdida de paquete se realizó una prueba t de Student de una muestra ($\alpha = 0.05$) con la hipótesis nula de que el ancho de banda no era igual a 5.8 Mbps, el retardo era igual 20 ms, el Jitter era igual a 10 ms y la pérdida de paquetes es igual a 2 % lo cual se rechazó en ambas localidades. Se concluye que la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS cumplió así con los objetivos de esta investigación, que consistían en mejorar significativamente la calidad de los servicios de Internet e IPTV/OTT en ambas localidades.

Se mejoró el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachacha. En Huayllabamba, se alcanzó un ancho de banda de 16.1 Mbps. La prueba de hipótesis realizada t de Student arrojó un valor t calculado ($T_c = 22.47$) es **mayor** que el valor crítico t ($T_t = 1.7291$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia establecido $\alpha = 0.05$. De manera similar, en Pachacha se alcanzó un ancho de banda de 21.0 Mbps. La prueba de hipótesis t de Student arrojó un valor t calculado ($T_c = 17.54$) es **mayor** que el valor crítico t ($T_t = 1.7291$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia establecido $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es mayor a 5.8 Mbps del ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba y Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al Ancho de banda en la **categoría EXCELENTE**.



Se redujo el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachacha. En Huayllabamba, se alcanzó un retardo de 12.9 ms. La prueba de hipótesis realizada t de Student arrojó un valor t calculado ($T_c = -37.92$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. De manera similar, en Pachacha se alcanzó un retardo de 12.0 ms. La prueba de hipótesis t de Student arrojó un valor estadístico t calculado ($T_c = -56.60$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, al implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 20 ms del retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba y Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

Se redujo el Jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachacha. En Huayllabamba, se alcanzó un Jitter de 7.1 ms. La prueba de hipótesis realizada t de Student arrojó un valor t calculado ($T_c = -11.37$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. De manera similar, en Pachacha se alcanzó un retardo de 12.0 ms. La prueba de hipótesis t de Student arrojó un valor t calculado ($T_c = -41.72$) es menor que el valor crítico t ($T_t = -1.729$), se **rechaza la hipótesis nula** al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 10 ms del jitter de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba y Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica al retardo en la **categoría EXCELENTE**.

Se redujo la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en las zonas rurales de Huayllabamba y Pachacha. En Huayllabamba, se alcanzó una pérdida de paquetes del 0%. En prueba de hipótesis no se puede aplicar la prueba t de Student, ya que la **varianza de los datos es igual a cero**, lo cual impide calcular el estadístico t (división por cero). Esto indica que **todos los valores observados fueron constantes (0%)**, sin variación en ambas localidades. Por lo tanto, implementar una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces la media es menos a 2% en la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en la zona rural de Huayllabamba y Pachachaca. De acuerdo con los criterios establecidos para la evaluación del rendimiento de red, este resultado clasifica la Pérdida de Paquetes en la **categoría EXCELENTE**.



6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a las empresas de telecomunicaciones invertir en redes Wi-Fi rurales, tras una evaluación técnica. Esto generaría oportunidades de negocio y acceso a Internet, disminuyendo la brecha digital. Se sugieren incentivos monetarios y colaboración público-privada.
- Se recomienda desarrollar proyectos educativos con plataformas IPTV/OTT, incluyendo videoconferencias, clases grabadas, bibliotecas virtuales y capacitación docente, en colaboración con el Ministerio de Educación, instituciones educativas y proveedores.
- Se recomienda implementar programas de alfabetización digital en comunidades rurales, abordando el uso básico de Internet y dispositivos, plataformas online, comunicación y seguridad en línea, en colaboración con ONGs y entidades locales.
- Se recomienda establecer mecanismos de monitoreo y evaluación continua de la calidad del servicio para identificar mejoras, recopilar datos de impacto y garantizar el cumplimiento de estándares. Se sugiere más atención de Osiptel.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aplicación de la tecnología inalámbrica LMDS en el futuro, alternativas y opciones.

JIMÉNEZ, D. 1999. 1999, Revista Electrónica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela, pág. 5.

APPLE. 2023. Especificación de creación de HTTP Live Streaming (HLS) para dispositivos Apple. *Apple*. [En línea] 2023. [Citado el: 15 de 06 de 2023.]

<https://developer.apple.com/documentation/http-live-streaming/hls-authoring-specification-for-apple-devices>.

APPLE. 2023. Transmisión en vivo HTTP. *Documentación*. [En línea] 2023. [Citado el: 23 de Junio de 2023.] <https://developer.apple.com/documentation/http-live-streaming>.

ARÉVALO, C Y & FLORES, F. 2010. *Diseño de una red de video IP con arquitectura redundante para una empresa de CATV*. Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador : 2010.

ARÉVALO, Elizabeth Y BEJARANO, ángel. 2016. *Evaluación de los protocolos IGP IPv4 e IPv6 soportados por el IOS de CISCO enfocado a la prestación del servicio IPTV en la ESPOCH*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Informática y Electrónica, Ingeniería Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba, Riobamba, Ecuador : 2016.

AROTOMA, Miky. 2022. *Modelo de una red inalámbrica para la eficiencia en la transmisión de datos de la red de salud Acobamba - Huancavelica*. Univesidad Nacional del Centro del Perú, Huancavelica : 2022.

CARRIÓN, Marilin Y INTRIAGO, Diego. 2016. *“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED IPTV (INTERNET PROTOCOL TELEVISION) DE MANERA INALÁMBRICA EN RIOBAMBA*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA, ECUADOR : 2016.

CÁSERES, CLAUDIO. 2021. *Implementación de una red inalámbrica para proveer internet a las escuelas n° 31487 y José Gálvez de Perene, Chanchamayo - 2021*. Universidad Nacional del centro de Perú, Huancayo - Peru : 2021.



CEPAL. 2020. CEPAL propone garantizar y universalizar la conectividad y asequibilidad a las tecnologías digitales para enfrentar los impactos del COVID-19. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. [En línea] 26 de agosto de 2020. [Citado el: 25 de mayo de 2023.] <https://www.cepal.org/>.

CHAUCA, José. 2016. *Implementación de calidad de servicio en redes inalámbricas de área local, para la optimización del servicio de telefonía IP en Smart Phones con cliente SIP*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador : 2016.

CISCO. ¿Qué es wifi? *CISCO*. [En línea] [Citado el: 13 de Julio de 2023.] <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-wifi.html>.

CISCO. 2010. Nuevas Tecnologías Simplificadas [version DPF]. <https://www.cisco.com/>. [En línea] 2010.
https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/serviciospartners/otros_archivos/pdf/brochure_de_Lifecycle_Services_para_Grandes_Empresas.pdf.

CISCO SYSTEMS. 2005. Academia de Networking de Cisco Systems. Fundamentos de seguridad de redes: Especialista en Firewall Cisco. *Cisco Systems Pearson Educacion*. [En línea] 2005.

ELEMENTS, F. 2023. Productos. *RF ELEMENTS*. [En línea] 2023. [Citado el: 07 de Julio de 2023.] <https://rfelements.com/products>.

ESCOBEDO, David. 2019. *MUM in Peru*.

ESPINAL, Alejandro. 2018. *ALTERNATIVAS DE ACCESO A INTERNET PARA ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS RURALES OFICIALES SIN COBERTURA EN LOS MUNICIPIOS NO CERTIFICADOS EN ANTIOQUIA*. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, Medellín : 2018.

FARFAN, Felix. 2018. *Influencia del uso de un Sistema de Gestión de Red en la Calidad de Servicio de Internet Inalámbrico de la empresa Fibertel en la Póvincia de Andahuaylas*. Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas : 2018.

FEDERICO, Antonio. 2022. *Informacion y Telecomunicaciones*. Universidad Virtual de México, México : 2022.



FIERRO, Edwin. 2024. *Diseño de una red inalámbrica de banda ancha para proveer internet a la escuela Padre Celestial del distrito de Ahuac, provincia de Chupaca - 2023.* Universidad Continental, Huancayo : 2024.

GARCÍA, A Y CUELLAR, J. 2012. Calidad de servicio en proveedores de servicios IPTV [version PDF]. *Universidad Icesi.* [En línea] 2012.
https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/79547/1/cuellar_calidad_servicio_2012.pdf.

GOOGLE. 2023. Google maps. [En línea] 2023. [Citado el: 10 de 08 de 2023.]
https://www.google.com/maps/@-13.6446748,-72.8852027,7358m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDYwOC4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la investigacion.* Mexico : McGraw Hill Education, 2014.

I love my IPTV. **WALKO, J. 2005.** 6, 2005, IEEE Communications Engineer, Vol. 3, págs. 16-19.

INEI. 2024. Sistema de información geográfica. *Sistema de consulta de centros poblados.* [En línea] 2024. [Citado el: 12 de 09 de 2024.] <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>.

LLORET, J, GARCÍA, M. Y BORONAT, F. 2010. *IPTV: La televisión por internet.* Malaga, España : Vértice, 2010.

MÉNDEZ, C. 2011. *Redes de banda ancha: Televisión por protocolo internet.* Universidad de la Frontera, Temuco, Chile : 2011.

MERCADOIT. 2017. Análisis de red y gestión del tráfico. *MercadoIT.* [En línea] 2017. [Citado el: 23 de Junio de 2023.] <https://www.mercadoit.com/blog/analisis-opinion-it/analisis-de-red-y-gestion-del-trafico/>.

MIKROTIK. 2018. Manual:Nv2. *Mikrotik.* [En línea] 2018. [Citado el: 21 de Junio de 2023.] <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Nv2>.

MIKROTIK. 2024. Mikrotik. *RouterOS.* [En línea] 2024. [Citado el: 12 de 09 de 2024.] <https://help.mikrotik.com/docs/spaces/ROS/pages/19136707/Software+Specifications>.



MIKROTIK, T. 2023. Productos. *MIKROTIK*. [En línea] 2023. [Citado el: 07 de julio de 2023.] <https://mikrotik.com/product/>.

MIKROTIK, T. 2023. Sobre nosotros. *Mikrotik*. [En línea] 2023. [Citado el: 13 de Julio de 2023.] <https://mikrotik.com/aboutus>.

MOLINA, Juan. 2011. Ancho de banda, latencia y jitter. *La Neutralidad de Red*. [En línea] 2011. [Citado el: 26 de Junio de 2023.] <http://laneutralidadaddered.blogspot.com/2011/07/ancho-de-banda-latencia-y-jitter.html>.

MONTOYA, Juan, Y OTROS. 2022. *CANALES EFICIENTES DE INTERNET EN ZONA RURAL DE GUATEQUE Y SUTATENZA BOYACÁ*. UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, Bogotá : 2022.

MORENO, Daniel Y HARO, Monica. 2011. *Estudio, Analisis e implementación de una red inalámbrica comunitaria orientada al sector educativo rural del Canton Chambo*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador : 2011.

OEA. 2021. La CIDH y su RELE llaman a los Estados a adoptar medidas para reducir las brechas digitales de las personas mayores. *Organizacion de los Estados Americanos*. [En línea] 01 de octubre de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2023.] <https://www.oas.org/>.

OSIPTEL. 2023. Checa tu señal. *Checa tu señal*. [En línea] 2023. [Citado el: 15 de 09 de 2023.] <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>.

OSIPTEL. Checa tu señal. *Checa tu señal*. [En línea] [Citado el: 12 de 09 de 2024.] <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>.

OSIPTEL. 2022. OSIPTEL: más de 8 millones de hogares peruanos tienen acceso a internet. *Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones*. [En línea] 12 de julio de 2022. [Citado el: 26 de mayo de 2023.] <https://www.osiptel.gob.pe/>.

PADILLA, Jhon. 2007. *Contribución al soporte de Calidad del Servicio en Redes Móviles*. Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña : 2007.

QUISPE, Junior. 2020. *Propuesta de Implementación de una Red Inalámbrica en el Centro Poblado Augusto B. Leguía del Distrito de Nuevo Imperial - Cañete, 2020*. Universidad Católica los Ángeles Chimbote, Chimbote : 2020.



Rainer, RODRÍGUEZ. 2020. *Análisis de tecnologías de redes inalámbricas para centros poblados rurales en el Perú.* Universidad señor de sipán, Pimentel : 2020.

RAYMUNDO, ANGEL. 2020. *Implementación de un Diseño de Red de Acceso Inalámbrico Utilizando Tecnología Punto y Multipunto para el Anexo Pucarumi, del distrito de Ascensión, Huancavelica.* Universidad César Vallejo, Lima : 2020.

SÁENZ, MARTÍN. 2022. *Solución para Acceso de Internet de Banda Ancha para la Provincia de San Ignacio - Región Cajamarca.* Universidad Ricardo Palma, Lima : 2022.

SALAZAR, JORDI. 2016. *Redes Inalámbricas [version PDF]. Universidad Politécnica de catalunya.* [En línea] 2016.

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf.

SÁNCHEZ, E. 2008. *Implementación de IPTV a través de enlaces de internet de banda ancha (televisión sobre IP).* Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala : 2008.

Sistemas de Televisión sobre Infraestructura IP. **Villegas, E. 2011.** 44, 2011, Boletín de Informática y Telecomunicaciones, Vol. 9.

TIGRERO, Jessica. 2017. *Análisis y Diseño de Infraestructura de comunicaciones para la comuna Manantial de Guangala utilizando arquitectura punto-multipunto mediante comunicación satelital y Wireless.* Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador : 2017.

UBIQUITI. 2023. UISP Design Center. *ispdesign.* [En línea] 2023. [Citado el: 15 de 07 de 2023.] <https://ispdesign.ui.com/#>.

UIT. 2020. El acceso a Internet en los hogares de las zonas urbanas duplica el de las zonas rurales. *unión internacional de telecomunicaciones.* [En línea] 30 de 11 de 2020. [Citado el: 25 de mayo de 2023.] <https://www.itu.int>.

VALENZUELA, Sebastian. 2021. *DETERMINACIÓN DE PROVEEDORES IMPORTANTES EN EL MERCADO.* LIMA : OSIPTEL, 2021.

VALLEJO, Jorge. 2007. *Análisis y estudio de los requerimientos para la implementación de televisión sobre IP (IPTV).* Vallejo, Jorge, Quito, Ecuador : 2007.



VEGA, G, Y OTROS. 2019. *QoS en redes de Voz sobre IP*. Centro de Investigación y Desarrollo Profesional., Ecuador : 2019.

xxxx y ssss, ssss AASAS. [En línea]



ANEXOS



Anexo A

Tabla 46 — Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	MÉTODO
PROBLEMA GENERAL: ¿En cuánto la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS mejora la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca? PROBLEMAS ESPECIFICOS: • ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS mejora la velocidad de transferencia en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca? • ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS reduce el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?	OBJETIVO GENERAL: Mejorar la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS. OBJETIVO ESPECÍFICOS: •Mejorar la velocidad de transferencia en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS. •Reducir el retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.	HIPÓTESIS GENERAL: Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces mejora la calidad de servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca HIPÓTESIS ESPECIFICAS: •Sí implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces mejora la velocidad de transferencia en el ancho de banda de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca. •Sí implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces reduce el retardo los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS DIMENSIONES: Wi-Fi HLS VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad Servicios de internet e IPTV/OTT DIMENSIONES: Calidad de servicio QoS	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo-comparativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No Experimental POBLACIÓN: 684 MUESTRA: 40 TÉCNICA: •Observación •Medición INTRUMENTO: •Terminal de Windows •Excel

de Huayllabamba y Pachachaca? • ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS reduce la variación de retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca? • ¿En qué medida la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS reduce la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca?	•Reducir la variación de retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS. •Reducir la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca mediante la implementación de una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS.	•Sí implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces reduce la variación de retardo de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca. •Si implementamos una red inalámbrica con tecnología Wi-Fi y HLS entonces reduce la pérdida de paquetes de los servicios de Internet e IPTV/OTT en zonas rurales de Huayllabamba y Pachachaca.		•Parámetros de referencia
---	--	--	--	---

Anexo B

Tabla 47 — Resultados QoS para Huayllabamba

Resultados Generales Huayllabamba				
puntos	ANCHO DE BANDA Mbps	RETARDO ms	JITTER ms	PERDIDA DEPAQUETES %
P1	13.6	13.4	10.1	0
P2	14.1	11.9	7.3	0
P3	15.8	12.4	7.6	0
P4	15.7	13.9	6.9	0
P5	15.2	12.1	5.6	0
P6	19.2	12.9	6.4	0
P7	13.6	13.7	7.5	0
P8	16.8	12.1	5.9	0
P9	17.2	14.5	6.1	0
P10	17.6	12.9	6.3	0
P11	10.9	12.5	6.2	0
P12	18.0	11.3	5.9	0
P13	18.3	13.7	7.5	0
P14	17.5	13.9	5.9	0
P15	16.1	13.6	7.6	0
P16	18.3	14.2	7.2	0
P17	16.3	12.2	8.0	0
P18	18.0	12.7	8.0	0
P19	15.1	12.5	7.9	0
P20	15.0	13.1	8.6	0
Promedio	16.1	12.9	7.1	0
Varianza	4.0	0.8	1.3	0

Tabla 48 — Resultados QoS para Pachachaca

GENERAL				
puntos	ANCHO DE BANDA Mbps	RETARDO ms	JITTER ms	PERDIDA DEPAQUETES %
P01	22.7	12.2	3.2	0
P02	23.3	12.0	3.5	0
P03	22.4	12.0	3.4	0
P04	23.3	12.0	3.2	0
P05	25.7	10.9	2.9	0
P06	22.0	11.6	3.2	0
P07	23.3	11.7	2.7	0
P08	18.3	12.7	4.4	0
P09	20.9	11.8	2.9	0
P10	21.2	11.9	3.2	0
P11	23.8	12.3	3.2	0
P12	20.6	11.3	2.5	0
P13	25.3	11.3	2.8	0
P14	24.4	11.8	3.2	0
P15	19.7	13.8	5.2	0
P16	10.1	11.7	3.4	0
P17	20.2	12.1	3.1	0
P18	22.0	11.9	3.3	0
P19	16.9	12.9	4.5	0
P20	13.4	12.7	4.5	0
Promedio	21.0	12.0	3.4	0
Varianza	15.0	0.4	0.5	0

Datos (solo 3) de CCQ/SRN y el ancho de banda

	CCQ/SNR	Ancho de Banda
Punto 1	Tx/Rx Signal Strength: -56/-55 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch0: -57/-61 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch1: -63/-57 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch2: Tx/Rx Signal Strength Ch3: Noise Floor: -106 dBm Signal To Noise: 51 dB Tx/Rx CCQ: 91/97 % Overall Tx CCQ: Distance: 4 km RouterOS Version: 6.45.9	Direction: receive Connection Count: Local Tx Speed: Remote Tx Speed: ☐ Random Data User: admin Password: Lost Packets: 0 Tx/Rx Current: 0 bps/14.4 Mbps Tx/Rx 10s Average: 0 bps/14.4 Mbps Tx/Rx Total Average: 0 bps/13.6 Mbps
Punto 2	Tx/Rx Signal Strength: -56/-56 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch0: -57/-62 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch1: -62/-57 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch2: Tx/Rx Signal Strength Ch3: Noise Floor: -106 dBm Signal To Noise: 50 dB Tx/Rx CCQ: 87/100 % Overall Tx CCQ: Distance: 4 km RouterOS Version: 6.45.9	Direction: receive Connection Count: Local Tx Speed: Remote Tx Speed: ☐ Random Data User: admin Password: Lost Packets: 0 Tx/Rx Current: 0 bps/17.9 Mbps Tx/Rx 10s Average: 0 bps/16.3 Mbps Tx/Rx Total Average: 0 bps/14.1 Mbps
Punto 3	Tx/Rx Signal Strength: -56/-55 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch0: -57/-61 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch1: -63/-57 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch2: Tx/Rx Signal Strength Ch3: Noise Floor: -106 dBm Signal To Noise: 51 dB Tx/Rx CCQ: 82/99 % Overall Tx CCQ: Distance: 4 km RouterOS Version: 6.45.9	Direction: receive Connection Count: Local Tx Speed: Remote Tx Speed: ☐ Random Data User: admin Password: Lost Packets: 0 Tx/Rx Current: 0 bps/15.8 Mbps Tx/Rx 10s Average: 0 bps/15.8 Mbps Tx/Rx Total Average: 0 bps/15.8 Mbps

Figura 52 — CCQ/SNR y el ancho de banda en Huayllabamba

	CCQ/SNR	Ancho de Banda
Punto 1	Tx/Rx Signal Strength: -44/-44 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch0: -45/-48 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch1: -49/-46 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch2: Tx/Rx Signal Strength Ch3: Noise Floor: -106 dBm Signal To Noise: 62 dB Tx/Rx CCQ: 95/99 % Overall Tx CCQ: Distance: 2 km RouterOS Version: 6.45.9	Direction: receive Connection Count: Local Tx Speed: Remote Tx Speed: ☐ Random Data User: admin Password: Lost Packets: 0 Tx/Rx Current: 0 bps/23.3 Mbps Tx/Rx 10s Average: 0 bps/22.7 Mbps Tx/Rx Total Average: 0 bps/22.7 Mbps
Punto 2	Tx/Rx Signal Strength: -43/-45 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch0: -45/-47 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch1: -49/-47 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch2: Tx/Rx Signal Strength Ch3: Noise Floor: -107 dBm Signal To Noise: 62 dB Tx/Rx CCQ: 99/97 % Overall Tx CCQ: Distance: 2 km RouterOS Version: 6.45.9	Direction: receive Connection Count: Local Tx Speed: Remote Tx Speed: ☐ Random Data User: admin Password: Lost Packets: 0 Tx/Rx Current: 0 bps/24.4 Mbps Tx/Rx 10s Average: 0 bps/23.3 Mbps Tx/Rx Total Average: 0 bps/23.3 Mbps
Punto 3	Tx/Rx Signal Strength: -43/-45 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch0: -45/-49 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch1: -48/-47 dBm Tx/Rx Signal Strength Ch2: Tx/Rx Signal Strength Ch3: Noise Floor: -106 dBm Signal To Noise: 61 dB Tx/Rx CCQ: 99/97 % Overall Tx CCQ: Distance: 2 km RouterOS Version: 6.45.9	Direction: receive Connection Count: Local Tx Speed: Remote Tx Speed: ☐ Random Data User: admin Password: Lost Packets: 0 Tx/Rx Current: 0 bps/22.4 Mbps Tx/Rx 10s Average: 0 bps/22.4 Mbps Tx/Rx Total Average: 0 bps/22.4 Mbps

Figura 53 — CCQ/SNR y el ancho de banda en Pachachaca

Anexo 1: Datos (solo 3) de resolución y códec KODI/VLC

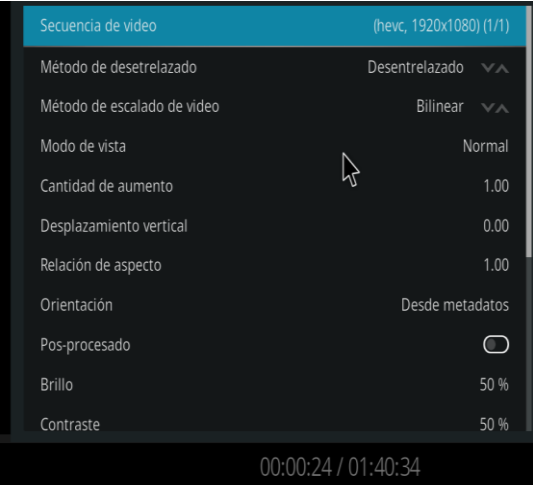
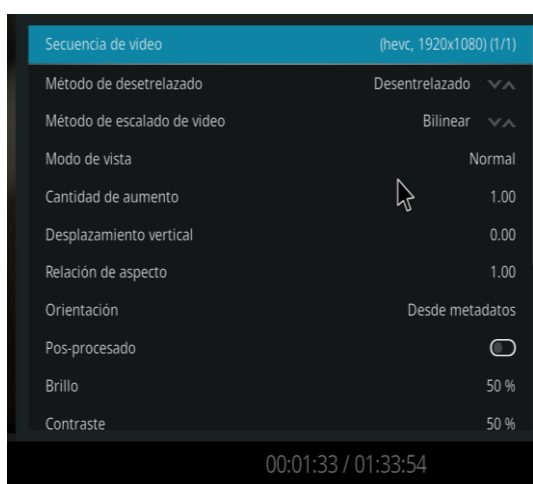
	IPTV Resolución/Códec	OTT Resolución/Códec
Punto 1	 Emisión 0 Código: MPEG-H Part2/HEVC (H.265) (hevc) Tipo: Vídeo Resolución de vídeo: 1920x1080 Dimensiones del «buffer»: 1920x1088 Tasa de fotogramas: 30 Formato decodificado: Planar 4:2:0 YUV Orientación: Arriba-Izquierda Colores primarios: ITU-R BT.709 Función de transferencia de color: ITU-R BT.709 Espacio de color: RangoITU-R BT.709 Localización de chroma: Izquierda Emisión 1 Código: ADTS Tipo: Audio Canales: Estéreo Tasa de muestra: 44100 Hz Bits por muestra: 32 Lugar: http://10.0.30.168/0.m3u8	 Configuración de vídeo Secuencia de vídeo (hevc, 1920x1080) (1/1) Método de desentrelazado Desentrelazado Método de escalado de vídeo Bilinear Modo de vista Normal Cantidad de aumento 1.00 Desplazamiento vertical 0.00 Relación de aspecto 1.00 Orientación Desde metadatos Pos-procesado ☐ Brillo 50 % Contraste 50 % 00:00:14 / 01:44:27
Punto 2	 Emisión 0 Código: MPEG-H Part2/HEVC (H.265) (hevc) Tipo: Vídeo Resolución de vídeo: 1920x1080 Dimensiones del «buffer»: 1920x1088 Tasa de fotogramas: 30 Formato decodificado: Planar 4:2:0 YUV Orientación: Arriba-Izquierda Colores primarios: ITU-R BT.709 Función de transferencia de color: ITU-R BT.709 Espacio de color: RangoITU-R BT.709 Localización de chroma: Izquierda Emisión 1 Código: ADTS Tipo: Audio Canales: Estéreo Tasa de muestra: 44100 Hz Bits por muestra: 32 Lugar: http://10.0.30.168/0.m3u8	 Secuencia de vídeo (hevc, 1920x1080) (1/1) Método de desentrelazado Desentrelazado Método de escalado de vídeo Bilinear Modo de vista Normal Cantidad de aumento 1.00 Desplazamiento vertical 0.00 Relación de aspecto 1.00 Orientación Desde metadatos Pos-procesado ☐ Brillo 50 % Contraste 50 % 00:00:24 / 01:40:34
Punto 3	 Emisión 0 Código: MPEG-H Part2/HEVC (H.265) (hevc) Tipo: Vídeo Resolución de vídeo: 1920x1080 Dimensiones del «buffer»: 1920x1088 Tasa de fotogramas: 30 Formato decodificado: Planar 4:2:0 YUV Orientación: Arriba-Izquierda Colores primarios: ITU-R BT.709 Función de transferencia de color: ITU-R BT.709 Espacio de color: RangoITU-R BT.709 Localización de chroma: Izquierda Emisión 1 Código: ADTS Tipo: Audio Canales: Estéreo Tasa de muestra: 44100 Hz Bits por muestra: 32 Lugar: http://10.0.30.168/0.m3u8	 Secuencia de vídeo (hevc, 1920x1080) (1/1) Método de desentrelazado Desentrelazado Método de escalado de vídeo Bilinear Modo de vista Normal Cantidad de aumento 1.00 Desplazamiento vertical 0.00 Relación de aspecto 1.00 Orientación Desde metadatos Pos-procesado ☐ Brillo 50 % Contraste 50 % 00:01:33 / 01:33:54

Figura 54 — Resolución y códec Huayllabamba

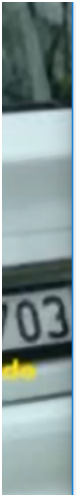
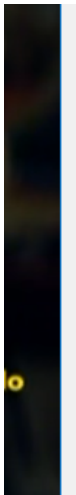
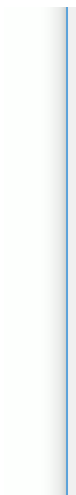
	IPTV Resolución/Códec	OTT Resolución/Códec
Punto 1	 Emisión 0 Códec: MPEG-H Part2/HEVC (H.265) (hevc) Tipo: Vídeo Resolución de vídeo: 1920x1080 Dimensiones del «buffer»: 1920x1088 Tasa de fotogramas: 30 Formato decodificado: Planar 4:2:0 YUV Orientación: Arriba-Izquierda Colores primarios: ITU-R BT.709 Función de transferencia de color: ITU-R BT.709 Espacio de color: RangoITU-R BT.709 Localización de chroma: Izquierda Emisión 1 Códec: ADTS Tipo: Audio Canales: Estéreo Tasa de muestra: 44100 Hz Bits por muestra: 32 Lugar: http://10.0.30.168/0.m3u8	Secuencia de vídeo (hevc, 1920x1080) (1/1) Método de desentrelazado Desentrelazado Método de escalado de vídeo Bilinear Modo de vista Normal Cantidad de aumento 1.00 Desplazamiento vertical 0.00 Relación de aspecto 1.00 Orientación Desde metadatos Pos-procesado Brillo 50 % Contraste 50 % 00:00:26 / 01:47:38
Punto 2	 Emisión 0 Códec: MPEG-H Part2/HEVC (H.265) (hevc) Tipo: Vídeo Resolución de vídeo: 1920x1080 Dimensiones del «buffer»: 1920x1088 Tasa de fotogramas: 30 Formato decodificado: Planar 4:2:0 YUV Orientación: Arriba-Izquierda Colores primarios: ITU-R BT.709 Función de transferencia de color: ITU-R BT.709 Espacio de color: RangoITU-R BT.709 Localización de chroma: Izquierda Emisión 1 Códec: ADTS Tipo: Audio Canales: Estéreo Tasa de muestra: 44100 Hz Bits por muestra: 32 Lugar: http://10.0.30.168/0.m3u8	Secuencia de vídeo (hevc, 1920x1080) (1/1) Método de desentrelazado Desentrelazado Método de escalado de vídeo Bilinear Modo de vista Normal Cantidad de aumento 1.00 Desplazamiento vertical 0.00 Relación de aspecto 1.00 Orientación Desde metadatos Pos-procesado Brillo 50 % Contraste 50 % 00:00:33 / 02:01:49
Punto 3	 Emisión 0 Códec: MPEG-H Part2/HEVC (H.265) (hevc) Tipo: Vídeo Resolución de vídeo: 1920x1080 Dimensiones del «buffer»: 1920x1088 Tasa de fotogramas: 30 Formato decodificado: Planar 4:2:0 YUV Orientación: Arriba-Izquierda Colores primarios: ITU-R BT.709 Función de transferencia de color: ITU-R BT.709 Espacio de color: RangoITU-R BT.709 Localización de chroma: Izquierda Emisión 1 Códec: ADTS Tipo: Audio Canales: Estéreo Tasa de muestra: 44100 Hz Bits por muestra: 32 Lugar: http://10.0.30.168/0.m3u8	Configuración de vídeo Secuencia de vídeo (hevc, 1920x1080) (1/1) Método de desentrelazado Desentrelazado Método de escalado de vídeo Bilinear Modo de vista Normal Cantidad de aumento 1.00 Desplazamiento vertical 0.00 Relación de aspecto 1.00 Orientación Desde metadatos Pos-procesado Brillo 50 % Contraste 50 % 00:00:28 / 01:47:38

Figura 55 — Resolución y códec Pachachaca

Anexo C

Configuración del router núcleo

/interface bridge
add name=IPTV
add name=loopback
/interface ethernet
set [find default-name=ether1] comment=Wan1
set [find default-name=ether6] comment=Servidor
/interface pppoe-client
add add-default-route=yes disabled=no interface=ether1 name=pppoe-out_wan1 \
password=speedy user=speedy
/interface vpls
add disabled=no l2mtu=1500 name=vpls1 \
remote-peer=10.0.0.50 vpls-id=0:10
add disabled=no l2mtu=1500 name=vpls_Alexander \
remote-peer=10.0.22.2 vpls-id=0:14
/interface vlan
add interface=ether7 name=vlan_principal vlan-id=1
add interface=ether7 name=vlan_pachachaca vlan-id=2
/interface list
add name=LAN
add name=WAN
/interface wireless security-profiles
set [find default=yes] supplicant-identity=Balanceo
add kind=pcq name=Stream pcq-classifier=dst-address pcq-dst-address6-mask=64 \
pcq-rate=5M pcq-src-address6-mask=64 pcq-total-limit=20000KiB
/queue tree
add limit-at=5M max-limit=5M name=iptv_Alexander packet-mark=iptv parent=\
vpls_Alexander priority=3 queue=Stream
/routing ospf instance
set [find default=yes] distribute-default=if-installed-as-type-1 \
redistribute-connected=as-type-1 redistribute-static=as-type-1 router-id=\
10.0.0.1
/interface bridge filter
add action=mark-packet chain=forward in-interface=ether6 new-packet-mark=iptv
/interface bridge port
add bridge=IPTV interface=ether6
add bridge=IPTV interface=vpls_Alexander
/ip neighbor discovery-settings
set discover-interface-list=!dynamic
/interface list member
add interface=ether5 list=LAN



add interface=pppoe-out_wan1 list=WAN
add interface=ether2 list=WAN
/ip address
add address=10.0.0.1 comment=LOOPBACK interface=loopback network=10.0.0.1
add address=10.0.30.1/24 comment=Servidor interface=ether6 network=10.0.30.0
add address=10.0.10.13/30 comment="Administrador Pachachaca" interface=\
vlan_pachachaca network=10.0.10.12
add address=10.0.10.1/30 interface=ether8 network=10.0.10.0
/ip firewall address-list
add address=172.17.0.0/24 list=ClienteIPTV
add address=192.168.10.10 list=to_ips1
add address=192.168.10.150 disabled=yes list=to_ips2
add address=10.0.0.0/8 list=RFC1918
add address=172.16.0.0/12 list=RFC1918
add address=192.168.0.0/16 list=RFC1918
add address=192.168.10.147 disabled=yes list=to_ips2
add address=192.168.10.148 disabled=yes list=to_ips2
add address=192.168.10.141 disabled=yes list=to_ips2
add address=192.168.10.125 disabled=yes list=to_ips2
add address=192.168.10.100-192.168.10.150 list=to_ips1
add address=172.16.0.0/24 comment="Administrador Abancay" list=to_ips1
add address=192.168.60.0/24 comment="Administrador Abancay" list=to_ips1
add address=192.168.9.0/24 comment="Administrador Pachachaca" list=to_ips1
add address=172.16.2.0/24 comment="Administrador Pachachaca" list=to_ips1
add address=192.167.10.57 list=ClienteIPTV
/ip firewall filter
add action=accept chain=forward comment=\
"Permitir a Servidor IPTV desde la Red Interna" dst-address=10.0.30.11 \
dst-port=400 in-interface-list=LAN protocol=tcp src-address-list=\
ClienteIPTV
add action=accept chain=forward comment=\
"Permitir a Servidor IPTV desde la Red Interna" dst-address=10.0.30.11 \
dst-port=22 in-interface-list=LAN protocol=tcp src-address-list=\
ClienteIPTV
add action=drop chain=forward connection-state=invalid
add action=accept chain=forward connection-state=established,related
add action=drop chain=forward connection-nat-state=!dstnat connection-state=\
new in-interface=pppoe-out_wan1
add action=reject chain=input dst-port=53 protocol=udp reject-with=\
icmp-port-unreachable
add action=reject chain=input dst-port=53 protocol=tcp reject-with=\
icmp-port-unreachable



add action=reject chain=forward comment=\
"Rechazamos el resto de las conexiones hacia el servidor" disabled=yes \
in-interface-list=LAN out-interface=IPTV reject-with=\
icmp-network-unreachable
add action=reject chain=forward disabled=yes in-interface=IPTV \
out-interface-list=LAN reject-with=icmp-network-unreachable
/ip firewall mangle
add action=accept chain=prerouting dst-address-list=RFC1918 src-address-list=\
RFC1918
add action=mark-routing chain=prerouting new-routing-mark=to-ips1 \
passthrough=no src-address-list=to_ips1
add action=mark-routing chain=prerouting disabled=yes new-routing-mark=\
to-ips2 passthrough=no src-address-list=to_ips2
/ip firewall nat
add action=masquerade chain=srcnat out-interface-list=WAN
/ip route
add distance=1 gateway=pppoe-out_wan1 routing-mark=to-ips1
add distance=1 gateway=192.168.1.1 routing-mark=to-ips2
/ip service
set telnet disabled=yes
set ftp disabled=yes
set www disabled=yes
set ssh disabled=yes
/mpls interface
set [find default=yes] mpls-mtu=1596
/mpls ldp
set enabled=yes lsr-id=10.0.0.1 transport-address=10.0.0.1
/mpls ldp interface
add interface=vlan_pachachaca
add interface=vlan_principal
/routing ospf interface
add interface=vlan_pachachaca network-type=point-to-point
add interface=vlan_principal network-type=point-to-point
/routing ospf network
add area=backbone network=10.0.0.1/32
add area=backbone network=10.0.10.0/30
add area=backbone network=10.0.10.12/30
/system clock
set time-zone-name=America/Lima
/system ntp client
set enabled=yes primary-ntp=159.148.60.11 secondary-ntp=200.188.185.33
/tool romon
set enabled=yes



Configuración del router distribución

/interface bridge
add name=Red_Clientes
add name=loopback
/interface vlan
add interface=Red_Clientes name=vlan_alexander vlan-id=2
add interface=ether1 name=vlan_balanceo vlan-id=2
/interface wireless security-profiles
set [find default=yes] supplicant-identity=MikroTik
/ip pool
add name=pool_pachachaca ranges=172.16.2.2-172.16.2.254
/ppp profile
add address-list=plan_5megas_G01 local-address=172.16.2.1 name=plan_5M_G01 \
remote-address=pool_pachachaca
/queue tree
add max-limit=300M name=DescargaTotal parent=global
add limit-at=60M max-limit=120M name=Descarga_Plan5M parent=DescargaTotal
add max-limit=100M name=SubidaTotal parent=ether1
add limit-at=50M max-limit=52M name=Subida_Plan5M parent=SubidaTotal
add limit-at=5M max-limit=6M name=Subida_plan_5megas_G01 parent=Subida_Plan5M
add limit-at=10M max-limit=12M name=Descarga_plan_5megas_G01 parent=\
Descarga_Plan5M
/queue type
add kind=pcq name=PCQ_Descarga pcq-classifier=dst-address \
pcq-dst-address6-mask=64 pcq-src-address6-mask=64 pcq-total-limit=\
20000KiB
add kind=pcq name=PCQ_Subida pcq-classifier=src-address \
pcq-dst-address6-mask=64 pcq-src-address6-mask=64 pcq-total-limit=\
20000KiB
add kind=pcq name=pcq-upload-1M pcq-classifier=src-address pcq-rate=512k \
pcq-total-limit=20000KiB
add kind=pcq name=pcq-download-10M pcq-classifier=dst-address pcq-rate=10M \
pcq-total-limit=20000KiB
/routing ospf area
add area-id=0.0.0.6 default-cost=1 inject-summary-lsas=yes name=pachachaca \
type=stub
/routing ospf instance
set [find default=yes] redistribute-connected=as-type-1 \
redistribute-static=as-type-1 router-id=10.0.0.11



/interface bridge port
add bridge=Red_Clientes interface=ether2
add bridge=Red_Clientes interface=ether4
add bridge=Red_Clientes interface=ether3
/ip neighbor discovery-settings
set discover-interface-list=!dynamic
/interface pppoe-server server
add disabled=no interface=Red_Clientes max-mru=1480 max-mtu=1480 \
one-session-per-host=yes service-name=service_lan
/ip address
add address=10.0.10.14/30 interface=vlan_balanceo network=10.0.10.12
add address=10.0.0.11 interface=loopback network=10.0.0.11
add address=172.30.3.1/24 interface=Red_Clientes network=172.30.3.0
add address=172.23.4.5/30 interface=vlan_alexander network=172.23.4.4
/ip dns
set allow-remote-requests=yes servers=200.48.225.130,200.48.225.146
/ip firewall address-list
add address=www.youtube.com disabled=yes list=Videos
add address=www.facebook.com disabled=yes list=Redes_Sociales
add address=www.facebook.com list=Redes_Sociales
add address=es-la.facebook.com list=Redes_Sociales
add address=web.whatsapp.com list=Redes_Sociales
add address=www.instagram.com list=Redes_Sociales
/ip firewall filter
add action=fasttrack-connection chain=forward dst-port=53 protocol=tcp
add action=fasttrack-connection chain=forward dst-port=53 protocol=udp
/ip firewall mangle
add action=add-src-to-address-list address-list=Videos address-list-timeout=\
8h chain=forward in-interface=ether1 protocol=udp src-address-list=\
!Videos src-port=443
add action=mark-connection chain=prerouting comment="Plan 5M G01" \
new-connection-mark=plan_5megas_G01_conn passthrough=yes \
src-address-list=plan_5megas_G01
add action=mark-packet chain=prerouting connection-mark=plan_5megas_G01_conn \
new-packet-mark=plan_5megas_G01_pkt_resto passthrough=no
/ip service
set telnet disabled=yes
set ftp disabled=yes
set ssh disabled=yes
/mpls interface
set [find default=yes] mpls-mtu=1596
/mpls ldp
set enabled=yes lsr-id=10.0.0.11 transport-address=10.0.0.11



/mpls ldp advertise-filter
add prefix=10.0.0.0/16
add advertise=no
/mpls ldp interface
add interface=vlan_balanceo
add interface=vlan_alexander
/ppp secret
add name=ALEXANDER password=ALEXANDER profile=plan_7M_G01 \
service=pppoe
/routing ospf area range
add area=pachachaca range=172.16.2.0/24
/routing ospf interface
add passive=yes
add interface=vlan_balanceo network-type=point-to-point
add interface=vlan_alexander network-type=point-to-point
/routing ospf network
add area=backbone network=10.0.0.11/32
add area=backbone network=10.0.10.12/30
add area=pachachaca network=172.16.2.0/24
add area=pachachaca network=172.23.4.4/30
/system clock
set time-zone-name=America/Lima
/system identity
set name="Administrador Pachachaca"
/tool romon
set enabled=yes

Configuración del router de acceso (Ap)

/interface bridge
add name=bridge1
/interface wireless
set [find default-name=wlan1] adaptive-noise-immunity=ap-and-client-mode \
band=5ghz-n/ac basic-rates-a/g="" country=no_country_set disabled=no \
frequency=5170 frequency-mode=superchannel ht-basic-mcs=\
mcs-0,mcs-4,mcs-10 ht-supported-mcs=mcs-0,mcs-4,mcs-10 installation=\
outdoor mode=ap-bridge nv2-cell-radius=15 nv2-preshared-key=12345 \
nv2-security=enabled rate-set=configured rx-chains=0,1 ssid=tecsfronApP \
supported-rates-a/g="" tx-chains=0,1 wireless-protocol=nv2
/interface wireless security-profiles
set [find default=yes] supplicant-identity=MikroTik
/interface bridge port
add bridge=bridge1 interface=ether1
add bridge=bridge1 interface=wlan1



/system identity
set name="Ap Pachachaca"
/tool romon
set enabled=yes

Configuración del router cliente

/interface bridge
add name=bridge1
/interface wireless
set [find default-name=wlan1] adaptive-noise-immunity=ap-and-client-mode \
band=5ghz-onlyn basic-rates-a/g="" country=no_country_set disabled=no \
frequency=auto frequency-mode=superchannel ht-basic-mcs=\
mcs-0,mcs-4,mcs-10 ht-supported-mcs=mcs-0,mcs-4,mcs-10 mode=\
station-bridge nv2-preshared-key=12345 nv2-security=enabled rate-set=\
configured scan-list=default,5100-5300 ssid=tectsfronApP \
supported-rates-a/g="" wireless-protocol=nv2
/interface wireless security-profiles
set [find default=yes] supplicant-identity=MikroTik
/ip hotspot profile
set [find default=yes] html-directory=flash/hotspot
/interface bridge port
add bridge=bridge1 interface=wlan1
add bridge=bridge1 interface=ether1
/system identity
set name=ClienteAlexander
/tool romon
set enabled=yes

Anexo D

Tabla 49 — Resultados latencia y jitter para Huayllabamba de OTT

RESULTADOS LATENCIA Y JITTER PARA OTT EN MILLISEGUNDOS																																								
Numero	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		P16		P17		P18		P19		P20	
	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter		
1	10	-	9	-	9	-	12	-	32	-	12	-	18	-	21	-	17	-	10	-	8	-	13	-	15	-	13	-	13	-	13	-	6	-	10	-	22	-	9	-
2	10	0	18	9	12	3	13	1	15	17	14	2	15	3	6	15	33	16	14	4	13	5	9	4	8	7	12	1	15	2	13	0	11	5	8	2	11	11	9	0
3	11	1	27	9	11	1	26	13	15	0	10	4	19	4	6	0	21	12	27	13	19	6	10	1	6	2	14	2	19	4	9	4	11	0	8	0	10	1	11	2
4	35	24	8	19	8	3	11	15	14	1	12	2	22	3	7	1	14	7	14	13	8	11	12	2	7	1	13	1	9	10	24	15	13	2	7	1	9	1	36	25
5	8	27	8	0	54	46	21	10	36	22	14	2	16	6	8	1	14	0	15	1	24	16	14	2	10	3	15	2	15	6	14	10	9	4	10	3	17	8	13	23
6	10	2	22	14	11	43	14	7	14	22	14	0	14	2	7	1	19	5	17	2	13	11	9	5	7	3	13	2	28	13	12	2	27	18	11	1	9	8	10	3
7	8	2	9	13	12	1	12	2	10	4	11	3	12	2	10	3	12	7	10	7	13	0	11	2	18	11	17	4	15	13	14	2	8	19	8	3	7	2	22	12
8	12	4	9	0	15	3	23	11	14	4	15	4	9	3	7	3	33	21	8	2	13	0	11	0	12	6	23	6	13	2	57	43	10	2	7	1	10	3	23	1
9	10	2	8	1	7	8	15	8	11	3	25	10	10	1	9	2	16	17	11	3	21	8	11	0	9	3	12	11	11	2	15	42	19	9	9	2	6	4	10	13
10	8	2	11	3	28	21	16	1	11	0	16	9	12	2	9	0	18	2	17	6	19	2	8	3	7	2	16	4	16	5	14	1	18	1	10	1	13	7	12	2
11	32	24	7	4	11	17	15	1	16	5	20	4	27	15	6	3	46	28	17	0	11	8	13	5	9	2	19	3	12	4	10	4	9	9	13	3	11	2	9	3
12	15	17	35	28	19	8	14	1	29	13	12	8	18	9	11	5	15	31	18	1	21	10	15	2	11	2	15	4	12	0	11	1	33	24	17	4	10	1	8	1
13	7	8	9	26	12	7	26	12	12	17	26	14	14	4	12	1	16	1	36	18	10	11	11	4	10	1	28	13	9	3	11	0	7	26	7	10	9	1	8	0
14	15	8	8	1	9	3	10	16	34	22	11	15	15	1	10	2	17	1	15	21	19	9	21	10	7	3	23	5	13	4	27	16	11	4	24	17	12	3	11	3
15	9	6	7	1	9	0	10	0	14	20	20	9	12	3	32	22	19	2	15	0	17	2	8	13	18	11	17	6	29	16	12	15	8	3	17	7	20	8	11	0
16	17	8	10	3	5	4	15	5	13	1	19	1	28	16	11	21	17	2	15	0	16	1	25	17	9	9	14	3	11	18	12	0	19	11	32	15	7	13	7	4
17	8	9	9	1	8	3	19	4	15	2	10	9	13	15	15	4	19	2	13	2	23	7	11	14	35	26	20	6	39	28	11	1	15	4	7	25	11	4	8	1
18	7	1	16	7	8	0	13	6	10	5	11	1	11	2	9	6	14	5	15	2	16	7	14	3	14	21	12	8	8	31	10	1	11	4	12	5	91	80	10	2
19	9	2	7	9	15	7	16	3	13	3	20	9	20	9	14	5	25	11	11	4	12	4	16	2	10	4	13	1	7	1	11	1	9	2	23	11	9	82	13 0	12 0
20	26	17	11	4	9	6	10	6	9	4	12	8	14	6	18	4	20	5	13	2	13	1	15	1	11	1	16	3	15	8	19	8	9	0	16	7	20	11	10	0
21	16	10	17	6	7	2	19	9	14	5	16	4	50	36	18	0	19	1	8	5	21	8	31	16	11	0	14	2	13	2	18	1	9	0	8	8	7	13	20	10
22	8	8	16	1	19	12	10	9	10	4	13	3	14	36	15	3	12	7	21	13	14	7	20	11	7	4	15	1	24	11	10	8	34	25	7	1	7	0	16	4
23	19	11	7	9	9	10	26	16	11	1	20	7	16	2	26	11	22	10	25	4	16	2	12	8	15	8	11	4	15	9	17	7	8	26	12	5	10	3	11	5
24	11	8	12	5	11	2	21	5	18	7	20	0	10	6	14	12	26	4	10	15	9	7	18	6	17	2	29	18	15	0	24	7	16	8	11	1	72	62	23	12
25	8	3	17	5	9	2	27	6	12	6	14	6	18	8	25	11	15	11	19	9	13	4	13	5	29	12	12	17	20	5	16	8	8	8	10	1	18	54	10	13

26	17	9	11	6	14	5	26	1	11	1	11	3	17	1	14	11	17	2	8	11	15	2	60	47	13	16	14	2	28	8	15	1	8	0	17	7	11	7	16	6
27	13	4	14	3	8	6	14	12	13	2	23	12	13	4	15	1	14	3	10	2	14	1	16	44	11	2	11	3	33	5	15	0	18	10	31	14	16	5	20	4
28	9	4	9	5	6	2	13	1	23	10	17	6	12	1	13	2	13	1	14	4	16	2	9	7	14	3	33	22	17	16	20	5	16	2	9	22	18	2	8	12
29	9	0	6	3	7	1	15	2	12	11	14	3	16	4	13	0	23	10	25	11	23	7	6	3	13	1	21	12	12	5	12	8	8	8	21	12	18	0	8	0
30	7	2	34	28	12	5	22	7	14	2	11	3	12	4	14	1	30	7	17	8	18	5	7	1	14	1	16	5	19	7	19	7	18	10	7	14	7	11	10	2
31	7	0	9	25	21	9	14	8	36	22	12	1	37	25	42	28	10	20	10	7	15	3	7	0	27	13	23	7	17	2	20	1	10	8	13	6	8	1	39	29
32	25	18	14	5	17	4	51	37	12	24	9	3	16	21	18	24	13	3	12	2	12	3	8	1	15	12	21	2	13	4	17	3	10	0	14	1	9	1	10	29
33	17	8	8	6	7	10	13	38	12	0	15	6	15	1	31	13	11	2	19	7	13	1	14	6	16	1	29	8	10	3	16	1	7	3	6	8	21	12	11	1
34	17	0	14	6	8	1	12	1	13	1	13	2	10	5	11	20	11	0	9	10	18	5	6	8	11	5	31	2	20	10	40	24	17	10	7	1	18	3	13	2
35	12	5	7	7	13	5	15	3	11	2	10	3	20	10	16	5	14	3	15	6	10	8	8	2	15	4	13	18	14	6	11	29	9	8	36	29	11	7	10	3
36	8	4	9	2	11	2	9	6	26	15	10	0	22	2	14	2	18	4	22	7	15	5	24	16	13	2	12	1	19	5	15	4	33	24	8	28	9	2	8	2
37	8	0	10	1	8	3	13	4	13	13	13	3	15	7	34	20	14	4	14	8	14	1	19	5	13	0	18	6	10	9	33	18	18	15	10	2	9	0	6	2
38	12	4	7	3	10	2	12	1	13	0	15	2	27	12	17	17	19	5	10	4	16	2	8	11	16	3	32	14	12	2	16	17	17	1	7	3	9	0	23	17
39	8	4	10	3	8	2	14	2	16	3	15	0	8	19	11	6	21	2	15	5	15	1	9	1	17	1	38	6	20	8	24	8	7	10	29	22	8	1	7	16
40	16	8	7	3	7	1	20	6	11	5	18	3	15	7	19	8	13	8	20	5	38	23	15	6	15	2	18	20	16	4	18	6	12	5	8	21	10	2	10	3
41	9	7	9	2	8	1	10	10	15	4	13	5	16	1	13	6	22	9	12	8	12	26	21	6	15	0	10	8	14	2	25	7	7	5	9	1	8	2	8	2
42	8	1	7	2	9	1	14	4	18	3	20	7	16	0	19	6	16	6	9	3	10	2	11	10	35	20	30	20	31	17	13	12	9	2	7	2	9	1	11	3
43	12	4	12	5	16	7	7	7	16	2	22	2	26	10	14	5	10	6	11	2	12	2	11	0	13	22	13	17	12	19	18	5	11	2	35	28	9	0	9	2
44	18	6	8	4	9	7	14	7	14	2	23	1	15	11	10	4	21	11	13	2	14	2	16	5	18	5	14	1	15	3	13	5	12	1	9	26	11	2	10	1
45	9	9	13	5	15	6	15	1	23	9	15	8	12	3	10	0	14	7	16	3	16	2	9	7	18	0	29	15	13	2	17	4	10	2	9	0	11	0	9	1
46	9	0	6	7	13	2	12	3	19	4	16	1	25	13	23	13	13	1	11	5	15	1	9	0	14	4	24	5	32	19	13	4	36	26	17	8	8	3	9	0
47	10	1	11	5	11	2	15	3	18	1	22	6	15	10	24	1	12	1	11	0	15	0	11	2	15	1	19	5	25	7	13	0	8	28	9	8	11	3	9	0
48	12	2	8	3	10	1	13	2	11	7	12	10	15	0	13	11	15	3	5	6	15	0	12	1	19	4	26	7	20	5	11	2	10	2	7	2	10	1	9	0
49	8	4	10	2	15	5	13	0	15	4	17	5	16	1	15	2	30	15	10	5	12	3	14	2	25	6	12	14	14	6	22	11	11	1	30	23	11	1	20	11
50	8	0	7	3	13	2	18	5	15	0	11	6	16	4	34	19	13	17	9	1	13	8	26	12	18	7	13	1	17	3	17	5	10	1	8	22	7	4	11	9
P	12.	6.	11.	6.	12.	6.	16.	6.	16.	6.	15.	4.	17.	7.	15.	7.	18.	7.	14.	5.	15.	5.	14.	6.	14.	5.	18.	7.	17.	7.	17.	7.	13.	8.	13.	9.	14.	9.	15.	10.
	3	3	5	6	1	2	2	9	0	8	3	8	1	6	7	4	1	3	4	7	4	3	1	9	5	7	5	1	0	6	1	8	4	1	3	1	1	2	0	9

Nota: P=Promedio, - = El jitter se calcula desde el siguiente dato

Tabla 50 — Resultados de latencia y jitter para Huayllabamba de IPTV

RESULTADOS LATENCIA Y JITTER PARA IPTV EN MILLISEGUNDOS																																								
Numero	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		P16		P17		P18		P19		P20	
	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter		
1	7	-	11	-	9	-	8	-	6	-	6	-	17	-	5	-	24	-	6	-	5	-	7	-	22	-	7	-	5	-	15	-	10	-	8	-	15	-	7	-
2	9	2	25	14	8	1	9	1	9	3	7	1	18	1	9	4	18	6	9	3	5	0	6	1	22	0	18	11	11	6	7	8	19	9	10	2	6	9	9	2
3	9	0	9	16	16	8	12	3	14	5	5	2	7	11	8	1	6	12	6	3	6	1	5	1	9	13	7	11	63	52	31	24	15	4	20	10	14	8	26	17
4	6	3	13	4	6	10	9	3	4	10	41	36	22	15	6	2	6	0	8	2	9	3	6	1	17	8	9	2	5	58	6	25	8	7	18	2	17	3	10	16
5	8	2	15	2	17	11	25	16	14	10	6	35	5	17	6	0	7	1	7	1	5	4	5	1	7	10	6	3	8	3	8	2	9	1	9	9	7	10	9	1
6	6	2	14	1	9	8	7	18	5	9	31	25	6	1	11	5	6	1	6	1	22	17	7	2	19	12	6	0	15	7	12	4	6	3	10	1	10	3	7	2
7	7	1	20	6	8	1	14	7	5	0	6	25	6	0	13	2	6	0	32	26	13	9	6	1	8	11	9	3	14	1	7	5	11	5	15	5	6	4	8	1
8	6	1	6	14	10	2	7	7	13	8	5	1	8	2	4	9	6	0	11	21	14	1	6	0	7	1	6	3	5	9	7	0	6	5	9	6	6	0	10	2
9	33	27	7	1	11	1	16	9	9	4	6	1	6	2	14	10	22	16	9	2	17	3	9	3	6	1	5	1	5	0	9	2	42	36	11	2	12	6	7	3
10	11	22	6	1	19	8	6	10	14	5	6	0	8	2	8	6	23	1	17	8	5	12	7	2	7	1	14	9	7	2	7	2	6	36	8	3	18	6	7	0
11	9	2	23	17	10	9	9	3	9	5	18	12	23	15	8	0	10	13	5	12	8	3	7	0	31	24	7	7	6	1	8	1	28	22	9	1	27	9	6	1
12	7	2	42	19	8	2	12	3	6	3	8	10	5	18	14	6	5	5	5	0	20	12	6	1	8	23	8	1	18	12	7	1	9	19	10	1	8	19	8	2
13	6	1	9	33	6	2	6	6	18	12	8	0	14	9	5	9	10	5	8	3	13	7	15	9	8	0	8	0	10	8	10	3	6	3	7	3	7	1	20	12
14	14	8	15	6	10	4	54	48	15	3	8	0	29	15	7	2	6	4	7	1	5	8	8	7	7	1	7	1	6	4	8	2	7	1	9	2	6	1	28	8
15	8	6	8	7	6	4	7	47	5	10	22	14	9	20	8	1	8	2	6	1	6	1	7	1	7	0	9	2	5	1	5	3	5	2	19	10	6	0	16	12
16	16	8	6	2	7	1	10	3	6	1	23	1	5	4	7	1	9	1	52	46	7	1	15	8	16	9	18	9	9	4	43	38	14	9	7	12	14	8	9	7
17	5	11	7	1	5	2	8	2	9	3	9	14	6	1	19	12	17	8	33	19	23	16	6	9	9	7	7	11	5	4	14	29	6	8	12	5	7	7	10	1
18	5	0	7	0	8	3	7	1	9	0	9	0	5	1	17	2	6	11	18	15	6	17	7	1	17	8	5	2	7	2	10	4	6	0	7	5	17	10	7	3
19	160	155	6	1	36	28	9	2	9	0	5	4	7	2	5	12	16	10	33	15	5	1	6	1	8	9	8	3	4	3	24	14	16	10	22	15	8	9	8	1
20	13	147	6	0	87	51	10	1	5	4	9	4	6	1	9	4	18	2	9	24	8	3	30	24	9	1	6	2	5	1	16	8	10	6	8	14	10	2	10	2
21	5	8	21	15	5	82	10	0	5	0	16	7	7	1	8	1	7	11	18	9	5	3	17	13	13	4	13	7	28	23	15	1	8	2	8	0	37	27	8	2
22	9	4	41	20	8	3	9	1	6	1	7	9	17	10	16	8	20	13	23	5	11	6	7	10	6	7	10	3	18	10	7	8	5	3	8	0	6	31	7	1
23	5	4	8	33	6	2	9	0	25	19	5	2	5	12	5	11	10	10	9	14	25	14	10	3	7	1	5	5	6	12	10	3	9	4	41	33	6	0	17	10
24	14	9	6	2	5	1	19	10	5	20	5	0	12	7	8	3	8	2	7	2	7	18	6	4	8	1	6	1	7	1	9	1	6	3	12	29	6	0	11	6
25	24	10	17	11	10	5	7	12	4	1	36	31	15	3	7	1	7	1	7	0	5	2	6	0	7	1	15	9	14	7	14	5	6	0	7	5	6	0	7	4
26	8	16	8	9	7	3	7	0	4	0	4	32	7	8	7	0	10	3	19	12	5	0	6	0	7	0	7	8	6	8	7	7	8	2	9	2	6	0	7	0
27	8	0	7	1	12	5	6	1	5	1	5	1	17	10	25	18	10	0	7	12	38	33	5	1	7	0	5	2	10	4	15	8	11	3	10	1	7	1	9	2
28	21	13	5	2	5	7	14	8	6	1	6	1	9	8	6	19	6	4	9	2	5	33	5	0	10	3	6	1	14	4	8	7	16	5	9	1	7	0	18	9

29	67	46	13	8	28	23	6	8	7	1	7	1	6	3	6	0	7	1	7	2	3	2	7	2	8	2	10	4	6	8	9	1	30	14	17	8	7	0	18	0
30	8	59	5	8	17	11	8	2	6	1	6	1	7	1	5	1	21	14	9	2	7	4	24	17	26	18	15	5	5	1	8	1	7	23	6	11	7	0	7	11
31	6	2	6	1	6	11	9	1	9	3	5	1	10	3	15	10	9	12	6	3	5	2	5	19	39	13	6	9	8	3	16	8	7	0	7	1	22	15	10	3
32	9	3	17	11	6	0	8	1	6	3	21	16	6	4	7	8	8	1	14	8	6	1	9	4	6	33	8	2	7	1	9	7	7	0	9	2	7	15	11	1
33	15	6	29	12	15	9	6	2	7	1	5	16	8	2	9	2	10	2	6	8	8	2	7	2	15	9	6	2	32	25	18	9	6	1	20	11	7	0	23	12
34	6	9	6	23	5	10	16	10	20	13	7	2	33	25	9	0	8	2	6	0	7	1	5	2	7	8	8	2	7	25	7	11	11	5	8	12	8	1	7	16
35	17	11	6	0	5	0	7	9	8	12	14	7	6	27	8	1	8	0	8	2	6	1	6	1	10	3	11	3	7	0	6	1	5	6	8	0	8	0	9	2
36	7	10	7	1	9	4	7	0	6	2	8	6	9	3	5	3	16	8	19	11	32	26	13	7	7	3	7	4	7	0	19	13	20	15	7	1	7	1	8	1
37	7	0	7	0	6	3	7	0	4	2	7	1	6	3	16	11	8	8	6	13	6	26	8	5	5	2	6	1	5	2	9	10	26	6	7	0	8	1	7	1
38	22	15	6	1	10	4	10	3	6	2	5	2	6	0	6	10	11	3	6	0	4	2	6	2	9	4	10	4	6	1	8	1	6	20	25	18	8	0	13	6
39	5	17	6	0	22	12	9	1	7	1	5	0	6	0	6	0	7	4	6	0	18	14	23	17	7	2	7	3	6	0	9	1	5	1	21	4	8	0	6	7
40	6	1	11	5	19	3	11	2	5	2	6	1	5	1	5	1	18	11	9	3	5	13	4	19	28	21	19	12	7	1	11	2	4	1	7	14	9	1	9	3
41	13	7	9	2	8	11	8	3	5	0	20	14	14	9	6	1	14	4	6	3	5	0	6	2	9	19	5	14	5	2	15	4	16	12	16	9	40	31	7	2
42	16	3	26	17	5	3	7	1	7	2	8	12	5	9	7	1	5	9	5	1	6	1	6	0	6	3	6	1	6	1	10	5	6	10	6	10	6	34	6	1
43	13	3	9	17	7	2	21	14	7	0	11	3	5	0	4	3	6	1	6	1	9	3	5	1	17	11	5	1	20	14	7	3	6	0	9	3	7	1	10	4
44	7	6	7	2	10	3	37	16	16	9	25	14	29	24	5	1	10	4	5	1	5	4	6	1	17	0	8	3	8	12	6	1	14	8	9	0	15	8	19	9
45	10	3	9	2	8	2	17	20	8	8	7	18	5	24	8	3	11	1	8	3	8	3	4	2	9	8	16	8	4	4	8	2	6	8	17	8	10	5	6	13
46	8	2	19	10	15	7	13	4	9	1	5	2	7	2	5	3	7	4	15	7	10	2	5	1	9	0	6	10	9	5	17	9	21	15	6	11	10	0	9	3
47	10	2	6	13	9	6	13	0	4	5	6	1	6	1	4	1	7	0	12	3	4	6	10	5	75	66	9	3	6	3	9	8	7	14	22	16	7	3	6	3
48	15	5	16	10	33	24	9	4	6	2	7	1	10	4	6	2	9	2	7	5	4	0	19	9	8	67	8	1	5	1	6	3	5	2	16	6	7	0	46	40
49	8	7	14	2	30	3	16	7	9	3	6	1	18	8	6	0	16	7	6	1	5	1	10	9	8	0	17	9	16	11	7	1	15	10	17	1	24	17	7	39
50	8	0	6	8	7	23	8	8	6	3	7	1	9	9	8	2	17	1	6	0	9	4	6	4	9	1	31	14	13	3	6	1	8	7	7	10	7	17	6	1
P	14.4	13.9	12.2	8.0	12.7	8.9	11.6	6.9	8.2	4.4	10.4	7.9	10.3	7.3	8.4	4.3	10.8	4.9	11.3	6.9	9.5	7.1	8.5	4.8	12.9	9.2	9.2	4.7	10.2	7.6	11.2	6.5	10.9	7.9	12.0	6.8	10.8	6.6	11.1	6.2

Nota: P=Promedio, - = El jitter se calcula desde el siguiente dato

Tabla 51 — Resultados de latencia y jitter para Pachachaca de OTT

RESULTADOS LATENCIA Y JITTER PARA OTT EN MILLISEGUNDOS																																								
Numero	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		P16		P17		P18		P19		P20	
	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter
1	13	-	8	-	12	-	11	-	9	-	12	-	13	-	14	-	11	-	8	-	12	-	11	-	9	-	11	-	13	-	12	-	10	-	10	-	10	-	23	-
2	15	2	17	9	11	1	10	1	15	6	12	0	13	0	11	3	8	3	15	7	16	4	12	1	17	8	12	1	15	2	14	2	11	1	12	2	11	1	12	11
3	12	3	18	1	10	1	11	1	10	5	18	6	11	2	13	2	12	4	11	4	12	4	10	2	12	5	12	0	19	4	13	1	14	3	11	1	12	1	12	0
4	10	2	12	6	10	0	11	0	19	9	11	7	12	1	11	2	9	3	13	2	11	1	11	1	10	2	19	7	9	10	10	3	15	1	10	1	11	1	12	0
5	13	3	9	3	10	0	12	1	10	9	16	5	9	3	9	2	24	15	14	1	10	1	12	1	10	0	11	8	15	6	11	1	17	2	18	8	8	3	17	5
6	10	3	13	4	13	3	10	2	9	1	10	6	9	0	19	10	10	14	10	4	14	4	14	2	15	5	16	5	28	13	18	7	9	8	11	7	14	6	11	6
7	11	1	10	3	10	3	12	2	8	1	11	1	11	2	12	7	10	0	17	7	16	2	10	4	14	1	15	1	15	13	8	10	9	0	12	1	17	3	11	0
8	10	1	10	0	11	1	11	1	10	2	12	1	10	1	10	2	21	11	12	5	16	0	10	0	15	1	10	5	13	2	13	5	12	3	24	12	12	5	11	0
9	12	2	12	2	14	3	11	0	10	0	9	3	11	1	14	4	9	12	10	2	14	2	13	3	14	1	19	9	11	2	12	1	11	1	14	10	11	1	19	8
10	14	2	9	3	18	4	17	6	9	1	8	1	12	1	11	3	8	1	12	2	18	4	10	3	16	2	11	8	16	5	17	5	14	3	15	1	8	3	12	7
11	8	6	11	2	13	5	10	7	16	7	10	2	14	2	23	12	10	2	16	4	22	4	12	2	14	2	9	2	12	4	10	7	10	4	11	4	11	3	11	1
12	11	3	11	0	10	3	9	1	12	4	11	1	13	1	14	9	12	2	14	2	12	10	11	1	20	6	8	1	12	0	18	8	14	4	12	1	11	0	17	6
13	9	2	9	2	26	16	12	3	10	2	10	1	11	2	9	5	13	1	11	3	13	1	11	0	10	10	14	6	9	3	10	8	9	5	12	0	8	3	13	4
14	11	2	11	2	12	14	19	7	15	5	12	2	12	1	9	0	10	3	10	1	10	3	11	0	11	1	10	4	13	4	10	0	9	0	9	3	13	5	10	3
15	11	0	9	2	15	3	11	8	14	1	9	3	14	2	9	0	12	2	15	5	11	1	9	2	12	1	11	1	29	16	17	7	11	2	12	3	8	5	19	9
16	10	1	11	2	19	4	12	1	12	2	11	2	11	3	12	3	13	1	11	4	11	0	12	3	14	2	13	2	11	18	12	5	9	2	11	1	10	2	12	7
17	13	3	15	4	15	4	15	3	17	5	15	4	14	3	26	14	22	9	12	1	11	0	12	0	9	5	11	2	39	28	20	8	12	3	14	3	9	1	10	2
18	13	0	11	4	10	5	12	3	11	6	12	3	23	9	9	17	15	7	14	2	20	9	17	5	17	8	13	2	8	31	8	12	12	0	14	0	13	4	13	3
19	14	1	12	1	11	1	7	5	11	0	11	1	12	11	17	8	13	2	13	1	13	7	12	5	9	8	11	2	7	1	10	2	13	1	11	3	13	0	12	1
20	10	4	12	0	11	0	12	5	9	2	18	7	10	2	12	5	13	0	11	2	17	4	11	1	13	4	11	0	15	8	13	3	12	1	14	3	10	3	16	4
21	10	0	12	0	14	3	12	0	9	0	13	5	11	1	12	0	12	1	14	3	18	1	15	4	13	0	10	1	13	2	12	1	14	2	12	2	32	22	12	4
22	9	1	11	1	15	1	15	3	13	4	13	0	12	1	11	1	12	0	11	3	10	8	12	3	11	2	11	1	24	11	13	1	14	0	12	0	14	18	11	1
23	10	1	10	1	9	6	9	6	12	1	9	4	13	1	14	3	11	1	9	2	13	3	11	1	10	1	14	3	15	9	13	0	10	4	12	0	12	2	13	2
24	14	4	12	2	9	0	12	3	14	2	11	2	11	2	21	7	13	2	13	4	12	1	15	4	13	3	13	1	15	0	9	4	12	2	20	8	18	6	22	9
25	10	4	13	1	15	6	15	3	14	0	22	11	13	2	7	14	26	13	12	1	16	4	13	2	12	1	13	0	20	5	14	5	11	1	10	10	13	5	15	7
26	12	2	12	1	10	5	17	2	9	5	13	9	15	2	13	6	16	10	10	2	11	5	10	3	9	3	11	2	28	8	13	1	16	5	10	0	11	2	14	1
27	10	2	11	1	29	19	11	6	11	2	19	6	12	3	11	2	13	3	12	2	15	4	19	9	10	1	10	1	33	5	10	3	12	4	8	2	13	2	16	2
28	11	1	13	2	13	16	9	2	20	9	18	1	7	5	16	5	13	0	10	2	15	0	14	5	11	1	14	4	17	16	13	3	21	9	12	4	12	1	14	2
29	13	2	14	1	13	0	13	4	10	10	13	5	11	4	14	2	15	2	10	0	13	2	10	4	11	0	16	2	12	5	14	1	13	8	12	0	24	12	10	4
30	11	2	14	0	12	1	10	3	13	3	12	1	13	2	12	2	15	0	15	5	13	0	12	2	14	3	15	1	19	7	10	4	13	0	12	0	14	10	10	0
31	16	5	12	2	11	1	9	1	12	1	13	1	12	1	10	2	13	2	12	3	14	1	12	0	13	1	15	0	17	2	22	12	13	0	13	1	12	2	10	0

32	13	3	14	2	16	5	9	0	12	0	12	1	10	2	14	4	14	1	12	0	12	2	14	2	13	0	11	4	13	4	12	10	11	2	17	4	15	3	11	1
33	11	2	13	1	12	4	12	3	12	0	10	2	18	8	13	1	12	2	9	3	19	7	9	5	12	1	18	7	10	3	13	1	15	4	13	4	12	3	11	0
34	12	1	19	6	12	0	11	1	12	0	15	5	12	6	14	1	11	1	10	1	13	6	13	4	13	1	10	8	20	10	12	1	13	2	13	0	11	1	11	0
35	10	2	12	7	11	1	12	1	10	2	13	2	13	1	47	33	12	1	17	7	12	1	9	4	14	1	13	3	14	6	10	2	12	1	12	1	14	3	8	3
36	13	3	12	0	15	4	12	0	13	3	9	4	13	0	9	38	11	1	10	7	12	0	11	2	11	3	14	1	19	5	12	2	12	0	19	7	18	4	14	6
37	27	14	12	0	11	4	42	30	11	2	19	10	13	0	26	17	16	5	13	3	18	6	11	0	9	2	12	2	10	9	10	2	19	7	13	6	14	4	11	3
38	12	15	13	1	17	6	13	29	9	2	12	7	14	1	15	11	15	1	14	1	12	6	13	2	11	2	15	3	12	2	10	0	11	8	11	2	14	0	9	2
39	9	3	15	2	10	7	11	2	12	3	7	5	9	5	13	2	9	6	9	5	13	1	11	2	11	0	15	0	20	8	10	0	15	4	11	0	15	1	13	4
40	11	2	13	2	12	2	11	0	10	2	15	8	13	4	15	2	14	5	14	5	11	2	13	2	9	2	13	2	16	4	8	2	12	3	15	4	15	0	12	1
41	11	0	11	2	13	1	13	2	9	1	17	2	11	2	17	2	12	2	14	0	11	0	9	4	13	4	20	7	14	2	10	2	11	1	12	3	13	2	8	4
42	13	2	11	0	13	0	14	1	13	4	10	7	10	1	11	6	10	2	13	1	17	6	17	8	11	2	16	4	31	17	7	3	10	1	10	2	11	2	11	3
43	10	3	7	4	14	1	11	3	11	2	13	3	11	1	8	3	11	1	11	2	11	6	8	9	12	1	12	4	12	19	10	3	14	4	11	1	20	9	10	1
44	13	3	14	7	9	5	12	1	7	4	18	5	12	1	10	2	10	1	15	4	13	2	12	4	12	0	13	1	15	3	8	2	13	1	10	1	13	7	12	2
45	10	3	13	1	12	3	14	2	12	5	13	5	12	0	12	2	8	2	20	5	13	0	10	2	10	2	14	1	13	2	10	2	12	1	11	1	18	5	11	1
46	14	4	20	7	13	1	11	3	11	1	8	5	9	3	15	3	14	6	10	10	13	0	11	1	14	4	10	4	32	19	11	1	12	0	15	4	13	5	36	25
47	13	1	10	10	20	7	11	0	11	0	18	10	12	3	16	1	18	4	12	2	10	3	15	4	10	4	13	3	25	7	11	0	11	1	10	5	12	1	11	25
48	14	1	12	2	15	5	12	1	8	3	11	7	12	0	9	7	19	1	9	3	16	6	12	3	12	2	11	2	20	5	13	2	13	2	17	7	13	1	10	1
49	17	3	11	1	15	0	9	3	12	4	12	1	15	3	16	7	10	9	18	9	8	8	9	3	11	1	17	6	14	6	13	0	11	2	12	5	11	2	9	1
50	14	3	14	3	12	3	13	4	10	2	10	2	17	2	16	0	16	6	11	7	12	4	18	9	13	2	15	2	17	3	8	5	14	3	10	2	11	0	18	9
P	12.1	2.7	12.2	2.4	13.3	3.8	12.4	3.6	11.6	3.0	12.7	3.9	12.2	2.3	14.0	6.0	13.1	3.7	12.4	3.3	13.5	3.2	12.0	2.9	12.2	2.5	13.0	3.0	17.0	7.6	11.9	3.5	12.5	2.6	12.6	3.1	13.2	3.8	13.1	4.1

Nota: P=Promedio, - = El jitter se calcula desde el siguiente dato

Tabla 52 — Resultados de latencia y jitter para Pachachaca de IPV

RESULTADOS LATENCIA Y JITTER PARA IPTV EN MILLISEGUNDOS																																								
Numero	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		P16		P17		P18		P19		P20	
	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter	Latencia	Jitter		
1	12	-	12	-	13	-	9	-	9	-	7	-	13	-	16	-	9	-	10	-	15	-	10	-	9	-	7	-	12	-	14	-	23	-	10	-	13	-	22	-
2	9	3	8	4	11	2	12	3	9	0	9	2	17	4	17	1	14	5	9	1	14	1	7	3	9	0	11	4	16	4	13	1	8	15	8	2	14	1	24	2
3	9	0	16	8	19	8	19	7	12	3	9	0	9	8	15	2	9	5	12	3	12	2	7	0	9	0	9	2	9	7	18	5	11	3	13	5	8	6	11	13
4	12	3	11	5	11	8	14	5	11	1	16	7	10	1	12	3	14	5	9	3	8	4	8	1	19	10	9	0	12	3	11	7	16	5	11	2	9	1	17	6
5	11	1	13	2	12	1	8	6	10	1	10	6	10	0	9	3	9	5	8	1	11	3	9	1	9	10	15	6	11	1	9	2	12	4	12	1	13	4	13	4
6	7	4	8	5	9	3	9	1	13	3	10	0	12	2	9	0	13	4	12	4	8	3	8	1	9	0	6	9	7	4	10	1	13	1	25	13	19	6	12	1
7	12	5	11	3	10	1	14	5	10	3	9	1	9	3	9	0	8	5	13	1	14	6	13	5	12	3	13	7	17	10	17	7	9	4	12	13	9	10	11	1
8	23	11	9	2	20	10	9	5	14	4	18	9	9	0	12	3	12	4	13	0	8	6	9	4	19	7	8	5	17	0	10	7	13	4	9	3	13	4	11	0
9	9	14	10	1	9	11	10	1	10	4	8	10	19	10	16	4	13	1	9	4	14	6	12	3	12	7	9	1	10	7	18	8	17	4	15	6	9	4	15	4
10	11	2	13	3	15	6	6	4	14	4	9	1	12	7	10	6	14	1	8	1	17	3	9	3	8	4	14	5	9	1	13	5	14	3	11	4	14	5	9	6
11	11	0	10	3	9	6	13	7	13	1	9	0	12	0	13	3	11	3	6	2	8	9	8	1	10	2	12	2	9	0	9	4	10	4	9	2	20	6	14	5
12	29	18	9	1	9	0	12	1	11	2	10	1	17	5	12	1	14	3	7	1	9	1	9	1	8	2	10	2	10	1	9	0	9	1	10	1	13	7	7	7
13	14	15	10	1	9	0	14	2	9	2	10	0	14	3	13	1	10	4	18	11	17	8	10	1	6	2	13	3	19	9	8	1	13	4	12	2	26	13	10	3
14	11	3	10	0	6	3	10	4	10	1	8	2	10	4	9	4	10	0	10	8	8	9	10	0	11	5	9	4	14	5	26	18	8	5	11	1	9	17	10	0
15	10	1	12	2	11	5	10	0	8	2	8	0	14	4	20	11	8	2	11	1	8	0	10	0	12	1	17	8	7	7	10	16	8	0	17	6	14	5	8	2
16	11	1	9	3	14	3	8	2	7	1	14	6	8	6	10	10	9	1	12	1	12	4	16	6	10	2	8	9	7	0	9	1	10	2	9	8	9	5	21	13
17	17	6	12	3	8	6	10	2	9	2	10	4	9	1	11	1	7	2	9	3	8	4	12	4	6	4	12	4	9	2	12	3	14	4	12	3	9	0	12	9
18	20	3	20	8	12	4	9	1	17	8	10	0	8	1	14	3	13	6	10	1	9	1	13	1	12	6	12	0	8	1	11	1	18	4	11	1	10	1	10	2
19	11	9	10	10	9	3	18	9	8	9	14	4	9	1	10	4	12	1	11	1	8	1	12	1	9	3	9	3	13	5	18	7	10	8	9	2	11	1	12	2
20	13	2	9	1	12	3	11	7	10	2	11	3	12	3	13	3	13	1	18	7	13	5	10	2	9	0	8	1	9	4	10	8	12	2	9	0	13	2	9	3
21	11	2	10	1	9	3	14	3	9	1	7	4	10	2	10	3	11	2	9	9	15	2	13	3	7	2	10	2	14	5	10	0	12	0	9	0	10	3	8	1
22	11	0	13	3	11	2	10	4	17	8	9	2	12	2	11	1	13	2	12	3	10	5	11	2	9	2	9	1	8	6	10	0	18	6	8	1	18	8	9	1
23	9	2	11	2	9	2	10	0	8	9	9	0	9	3	10	1	11	2	13	1	9	1	14	3	8	1	10	1	10	2	12	2	7	11	9	1	17	1	10	1
24	20	11	8	3	12	3	9	1	12	4	10	1	9	0	11	1	9	2	16	3	16	7	12	2	9	1	14	4	11	1	12	0	10	3	11	2	14	3	10	0
25	11	9	9	1	12	0	13	4	14	2	14	4	15	6	11	0	8	1	10	6	8	8	12	0	11	2	14	0	11	0	15	3	11	1	11	0	7	7	24	14
26	11	0	14	5	10	2	17	4	11	3	10	4	10	5	10	1	9	1	10	0	11	3	8	4	9	2	10	4	9	2	15	0	8	3	18	7	10	3	9	15
27	11	0	12	2	17	7	9	8	9	2	15	5	8	2	8	2	9	0	11	1	9	2	13	5	10	1	10	0	11	2	10	5	12	4	9	9	10	0	10	1
28	12	1	19	7	9	8	12	3	8	1	11	4	7	1	9	1	10	1	8	3	9	0	11	2	16	6	10	0	12	1	8	2	16	4	11	2	13	3	9	1
29	10	2	9	10	11	2	10	2	10	2	14	3	10	3	18	9	10	0	12	4	13	4	9	2	10	6	6	4	10	2	12	4	14	2	8	3	11	2	8	1
30	9	1	16	7	8	3	12	2	9	1	10	4	9	1	8	10	13	3	14	2	9	4	10	1	8	2	9	3	8	2	9	3	9	5	13	5	11	0	23	15
31	15	6	22	6	8	0	10	2	15	6	10	0	10	1	10	2	12	1	10	4	9	0	13	3	9	1	16	7	8	0	9	0	10	1	11	2	31	20	10	13

32	11	4	9	13	8	0	11	1	7	8	12	2	15	5	10	0	9	3	20	10	9	0	9	4	7	2	7	9	8	0	9	0	9	1	10	1	11	20	13	3
33	9	2	8	1	9	1	12	1	11	4	11	1	9	6	10	0	7	2	18	2	10	1	8	1	11	4	9	2	10	2	9	0	10	1	9	1	12	1	11	2
34	17	8	22	14	12	3	13	1	11	0	10	1	10	1	10	0	10	3	10	8	18	8	8	0	8	3	18	9	10	0	12	3	9	1	22	13	10	2	9	2
35	11	6	7	15	9	3	13	0	9	2	9	1	16	6	9	1	10	0	9	1	19	1	9	1	8	0	13	5	10	0	13	1	10	1	12	10	11	1	11	2
36	11	0	11	4	12	3	10	3	9	0	8	1	9	7	11	2	9	1	9	0	10	9	12	3	17	9	8	5	10	0	12	1	9	1	9	3	15	4	10	1
37	11	0	9	2	9	3	11	1	10	1	8	0	8	1	9	2	11	2	11	2	10	0	9	3	8	9	10	2	18	8	12	0	10	1	9	0	10	5	10	0
38	10	1	16	7	8	1	10	1	6	4	11	3	9	1	9	0	11	0	10	1	12	2	13	4	10	2	11	1	9	9	8	4	9	1	9	0	16	6	10	0
39	13	3	9	7	9	1	12	2	10	4	9	2	11	2	11	2	9	2	10	0	6	6	10	3	13	3	9	2	9	0	7	1	8	1	11	2	9	7	12	2
40	12	1	8	1	9	0	11	1	9	1	10	1	11	0	9	2	10	1	9	1	11	5	13	3	10	3	10	1	7	2	9	2	10	2	14	3	31	22	8	4
41	10	2	12	4	9	0	11	0	9	0	11	1	8	3	9	0	10	0	12	3	11	0	16	3	8	2	12	2	10	3	13	4	12	2	13	1	9	22	13	5
42	9	1	14	2	11	2	10	1	9	0	8	3	12	4	17	8	8	2	12	0	11	0	9	7	11	3	13	1	13	3	10	3	11	1	9	4	10	1	9	4
43	11	2	10	4	10	1	8	2	13	4	11	3	9	3	9	8	10	2	10	2	11	0	11	2	9	2	9	4	13	0	7	3	9	2	13	4	10	0	21	12
44	9	2	12	2	12	2	11	3	10	3	10	1	12	3	10	1	12	2	18	8	9	2	11	0	10	1	10	1	8	5	9	2	10	1	8	5	11	1	10	11
45	9	0	20	8	11	1	10	1	10	0	10	0	9	3	11	1	9	3	12	6	8	1	13	2	12	2	9	1	10	2	9	0	16	6	10	2	9	2	22	12
46	12	3	11	9	9	2	13	3	9	1	9	1	16	7	8	3	11	2	7	5	9	1	11	2	10	2	10	1	11	1	15	6	11	5	10	0	10	1	12	10
47	17	5	9	2	9	0	16	3	9	0	9	0	14	2	16	8	13	2	10	3	10	1	11	0	17	7	7	3	8	3	10	5	18	7	8	2	11	1	10	2
48	14	3	11	2	10	1	18	2	8	1	13	4	11	3	13	3	10	3	10	0	9	1	10	1	12	5	12	5	9	1	12	2	10	8	8	0	8	3	17	7
49	13	1	18	7	9	1	13	5	6	2	17	4	10	1	11	2	9	1	15	5	14	5	10	0	12	0	10	2	10	1	10	2	18	8	13	5	11	3	9	8
50	13	0	9	9	9	0	11	2	9	3	10	7	16	6	10	1	10	1	11	4	12	2	9	1	11	1	14	4	12	2	10	0	9	9	8	5	10	1	10	1
P	12.3	3.7	11.8	4.6	10.6	2.9	11.5	2.8	10.2	2.7	10.5	2.5	11.1	3.1	11.4	2.8	10.5	2.1	11.3	3.1	11.0	3.2	10.6	2.1	10.4	3.1	10.6	3.3	10.6	2.8	11.5	3.3	11.7	3.6	11.2	3.4	12.6	5.1	12.3	4.8

Nota: P=Promedio, - = El jitter se calcula desde el siguiente dato

Anexo 2

Promedio general de calidad de servicio para OTT e IPTV

Tabla 53 — Promedios generales de calidad de servicio para OTT e IPTV en Huayllabamba

OTT					IPTV					Resultados Generales Huayllabamba				
puntos	ANCHO DE BANDA	RETARDO	JITTER	PERDIDA DE PAQUETES	puntos	ANCHO DE BANDA	RETARDO	JITTER	PERDIDA DE PAQUETES	puntos	ANCHO DE BANDA	RETARDO	JITTER	PERDIDA DE PAQUETES
P1	13.6	12.3	6.3	0	P1	13.6	14.4	13.9	0	P1	13.6	13.4	10.1	0
P2	14.1	11.5	6.6	0	P2	14.1	12.2	8	0	P2	14.1	11.9	7.3	0
P3	15.8	12.1	6.2	0	P3	15.8	12.7	8.9	0	P3	15.8	12.4	7.6	0
P4	15.7	16.2	6.9	0	P4	15.7	11.6	6.9	0	P4	15.7	13.9	6.9	0
P5	15.2	16	6.8	0	P5	15.2	8.2	4.4	0	P5	15.2	12.1	5.6	0
P6	19.2	15.3	4.8	0	P6	19.2	10.4	7.9	0	P6	19.2	12.9	6.4	0
P7	13.6	17.1	7.6	0	P7	13.6	10.3	7.3	0	P7	13.6	13.7	7.5	0
P8	16.8	15.7	7.4	0	P8	16.8	8.4	4.3	0	P8	16.8	12.1	5.9	0
P9	17.2	18.1	7.3	0	P9	17.2	10.8	4.9	0	P9	17.2	14.5	6.1	0
P10	17.6	14.4	5.7	0	P10	17.6	11.3	6.9	0	P10	17.6	12.9	6.3	0
P11	10.9	15.4	5.3	0	P11	10.9	9.5	7.1	0	P11	10.9	12.5	6.2	0
P12	18	14.1	6.9	0	P12	18	8.5	4.8	0	P12	18.0	11.3	5.9	0
P13	18.3	14.5	5.7	0	P13	18.3	12.9	9.2	0	P13	18.3	13.7	7.5	0
P14	17.5	18.5	7.1	0	P14	17.5	9.2	4.7	0	P14	17.5	13.9	5.9	0
P15	16.1	17	7.6	0	P15	16.1	10.2	7.6	0	P15	16.1	13.6	7.6	0
P16	18.3	17.1	7.8	0	P16	18.3	11.2	6.5	0	P16	18.3	14.2	7.2	0
P17	16.3	13.4	8.1	0	P17	16.3	10.9	7.9	0	P17	16.3	12.2	8.0	0

P18	18	13.3	9.1	0	P18	18	12	6.8	0	P18	18.0	12.7	8.0	0
P19	15.1	14.1	9.2	0	P19	15.1	10.8	6.6	0	P19	15.1	12.5	7.9	0
P20	15	15	10.9	0	P20	15	11.1	6.2	0	P20	15.0	13.1	8.6	0
Promedio	16.1	15.1	7.2	0.0	Promedio	16.1	10.8	7.0	0.0	Promedio	16.1	12.9	7.1	0

Tabla 54 — Promedios generales de OTT e IPTV pachachaca

OTT					IPTV					Resultados Generales Pachachaca				
puntos	ANCHO DE BANDA	RETARDO	JITTER	PERDIDA DE PAQUETES	puntos	ANCHO DE BANDA	RETARDO	JITTER	PERDIDA DE PAQUETES	puntos	ANCHO DE BANDA	RETARDO	JITTER	PERDIDA DE PAQUETES
P01	22.7	12.1	2.7	0	P01	22.7	12.3	3.7	0	P01	22.7	12.2	3.2	0
P02	23.3	12.2	2.4	0	P02	23.3	11.8	4.6	0	P02	23.3	12.0	3.5	0
P03	22.4	13.3	3.8	0	P03	22.4	10.6	2.9	0	P03	22.4	12.0	3.4	0
P04	23.3	12.4	3.6	0	P04	23.3	11.5	2.8	0	P04	23.3	12.0	3.2	0
P05	25.7	11.6	3	0	P05	25.7	10.2	2.7	0	P05	25.7	10.9	2.9	0
P06	22	12.7	3.9	0	P06	22	10.5	2.5	0	P06	22.0	11.6	3.2	0
P07	23.3	12.2	2.3	0	P07	23.3	11.1	3.1	0	P07	23.3	11.7	2.7	0
P08	18.3	14	6	0	P08	18.3	11.4	2.8	0	P08	18.3	12.7	4.4	0
P09	20.9	13.1	3.7	0	P09	20.9	10.5	2.1	0	P09	20.9	11.8	2.9	0
P10	21.2	12.4	3.3	0	P10	21.2	11.3	3.1	0	P10	21.2	11.9	3.2	0
P11	23.8	13.5	3.2	0	P11	23.8	11	3.2	0	P11	23.8	12.3	3.2	0
P12	20.6	12	2.9	0	P12	20.6	10.6	2.1	0	P12	20.6	11.3	2.5	0
P13	25.3	12.2	2.5	0	P13	25.3	10.4	3.1	0	P13	25.3	11.3	2.8	0
P14	24.4	13	3	0	P14	24.4	10.6	3.3	0	P14	24.4	11.8	3.2	0
P15	19.7	17	7.6	0	P15	19.7	10.6	2.8	0	P15	19.7	13.8	5.2	0
P16	10.1	11.9	3.5	0	P16	10.1	11.5	3.3	0	P16	10.1	11.7	3.4	0
P17	20.2	12.5	2.6	0	P17	20.2	11.7	3.6	0	P17	20.2	12.1	3.1	0
P18	22	12.6	3.1	0	P18	22	11.2	3.4	0	P18	22.0	11.9	3.3	0
P19	16.9	13.2	3.8	0	P19	16.9	12.6	5.1	0	P19	16.9	12.9	4.5	0
P20	13.4	13.1	4.1	0	P20	13.4	12.3	4.8	0	P20	13.4	12.7	4.5	0
Promedio	21.0	12.9	3.6	0.0	Promedio	21.0	11.2	3.3	0	Promedio	21.0	12.0	3.4	0

Promedio General para HLS

Tabla 55 — Promedio general para HLS de Huayllabamba y Pachachaa

[illegible]

Anexo 4
Promedio general para WiFi

Tabla 56 — promedio general para WiFi de Huayllabamba y Pachachaa

HUAYLLABAMBA																							Promedio
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
WiFi	COBERTURA	dB	51	50	51	51	51	51	48	49	49	50	50	47	49	49	49	49	50	50	49	49	49.6
	CALIDAD	%	91/9	87/10	82/9	91/9	92/97	92/9	89/9	95/9	89/9	93/9	100/9	90/9	94/10	97/9	89/9	93/9	94/9	86/9	85/9	82/9	90.55/97.0
PACHACHACA																							
			P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	
WiFi	COBERTURA	dB	62	62	61	63	63	62	61	62	62	62	62	62	62	62	61	61	61	63	62	62	61.9
	CALIDAD	%	95/9	99/97	99/9	98/9	100/9	99/9	98/9	98/9	98/9	98/9	99/99	99/9	96/95	97/9	99/9	97/9	98/9	99/9	99/9	99/9	98.2/97.6

Anexo F

Datos (solo 1) de Wireshark

PUNTO 1

IPTV				OTT			
Intervalo				Intervalo			
Primer paquete:		2024-07-11 09:40:50		Primer paquete:		2024-07-11 09:29:08	
Último paquete:		2024-07-11 09:42:45		Último paquete:		2024-07-11 09:31:07	
Transcurrido:		00:01:55		Transcurrido:		00:01:59	
Captura				Captura			
Hardware:		Intel(R) Core(TM) i5-3320M CPU @ 2.60GHz (with SSE4.2)		Hardware:		Intel(R) Core(TM) i5-3320M CPU @ 2.60GHz (with SSE4.2)	
SO:		64-bit Windows 10 (1709), build 16299		SO:		64-bit Windows 10 (1709), build 16299	
Aplicación:		Dumpcap (Wireshark) 4.2.5 (v4.2.5-0-g4aa814ac25a1)		Aplicación:		Dumpcap (Wireshark) 4.2.5 (v4.2.5-0-g4aa814ac25a1)	
Interfaces				Interfaces			
<u>Interfaz</u>		<u>Paquetes perdidos</u>		<u>Interfaz</u>		<u>Paquetes perdidos</u>	
Ethernet		0 (0.0%)		Ethernet		0 (0.0%)	
		<u>Filtro de captura</u>				<u>Filtro de captura</u>	
		host 10.0.30.168				host 10.0.30.11	
Estadísticas				Estadísticas			
<u>Medida</u>		<u>Capturado</u>		<u>Medida</u>		<u>Capturado</u>	
Paquetes		16172		Paquetes		14924	
Espacio de tiempo, s		115.099		Espacio de tiempo, s		119.650	
Promedio pps		140.5		Promedio pps		124.7	
Promedio de tamaño de paquete, B		1281		Promedio de tamaño de paquete, B		1215	
Bytes		20713350		Bytes		18138930	
Promedio de bytes/s		179 k		Promedio de bytes/s		151 k	
Promedio de bits/s		1439 k		Promedio de bits/s		1212 k	

PUNTO 1

IPTV				OTT			
Intervalo				Intervalo			
Primer paquete:		2024-07-11 17:26:50		Primer paquete:		2024-07-11 17:31:45	
Último paquete:		2024-07-11 17:28:43		Último paquete:		2024-07-11 17:33:45	
Transcurrido:		00:01:52		Transcurrido:		00:01:59	
Captura				Captura			
Hardware:		Intel(R) Core(TM) i5-3320M CPU @ 2.60GHz (with SSE4.2)		Hardware:		Intel(R) Core(TM) i5-3320M CPU @ 2.60GHz (with SSE4.2)	
SO:		64-bit Windows 10 (1709), build 16299		SO:		64-bit Windows 10 (1709), build 16299	
Aplicación:		Dumpcap (Wireshark) 4.2.5 (v4.2.5-0-g4aa814ac25a1)		Aplicación:		Dumpcap (Wireshark) 4.2.5 (v4.2.5-0-g4aa814ac25a1)	
Interfaces				Interfaces			
<u>Interfaz</u>		<u>Paquetes perdidos</u>		<u>Interfaz</u>		<u>Paquetes perdidos</u>	
Ethernet		0 (0.0%)		Ethernet		0 (0.0%)	
		<u>Filtro de captura</u>				<u>Filtro de captura</u>	
		host 10.0.30.168				host 10.0.30.11	
Estadísticas				Estadísticas			
<u>Medida</u>		<u>Capturado</u>		<u>Medida</u>		<u>Capturado</u>	
Paquetes		16880		Paquetes		19595	
Espacio de tiempo, s		112.608		Espacio de tiempo, s		119.935	
Promedio pps		149.9		Promedio pps		163.4	
Promedio de tamaño de paquete, B		1175		Promedio de tamaño de paquete, B		1168	
Bytes		19829094		Bytes		22888637	
Promedio de bytes/s		176 k		Promedio de bytes/s		190 k	
Promedio de bits/s		1408 k		Promedio de bits/s		1526 k	
		<u>Mostrado</u>				<u>Mostrado</u>	
		16880 (100.0%)				19595 (100.0%)	
		112.608				119.935	
		149.9				163.4	
		1175				1168	
		19829094 (100.0%)				22888637 (100.0%)	
		176 k				190 k	
		1408 k				1526 k	

Figura 57 — Datos de Wireshark para la perdida de paquetes Pachachaca

Anexo G
Configuración KODI para OTT

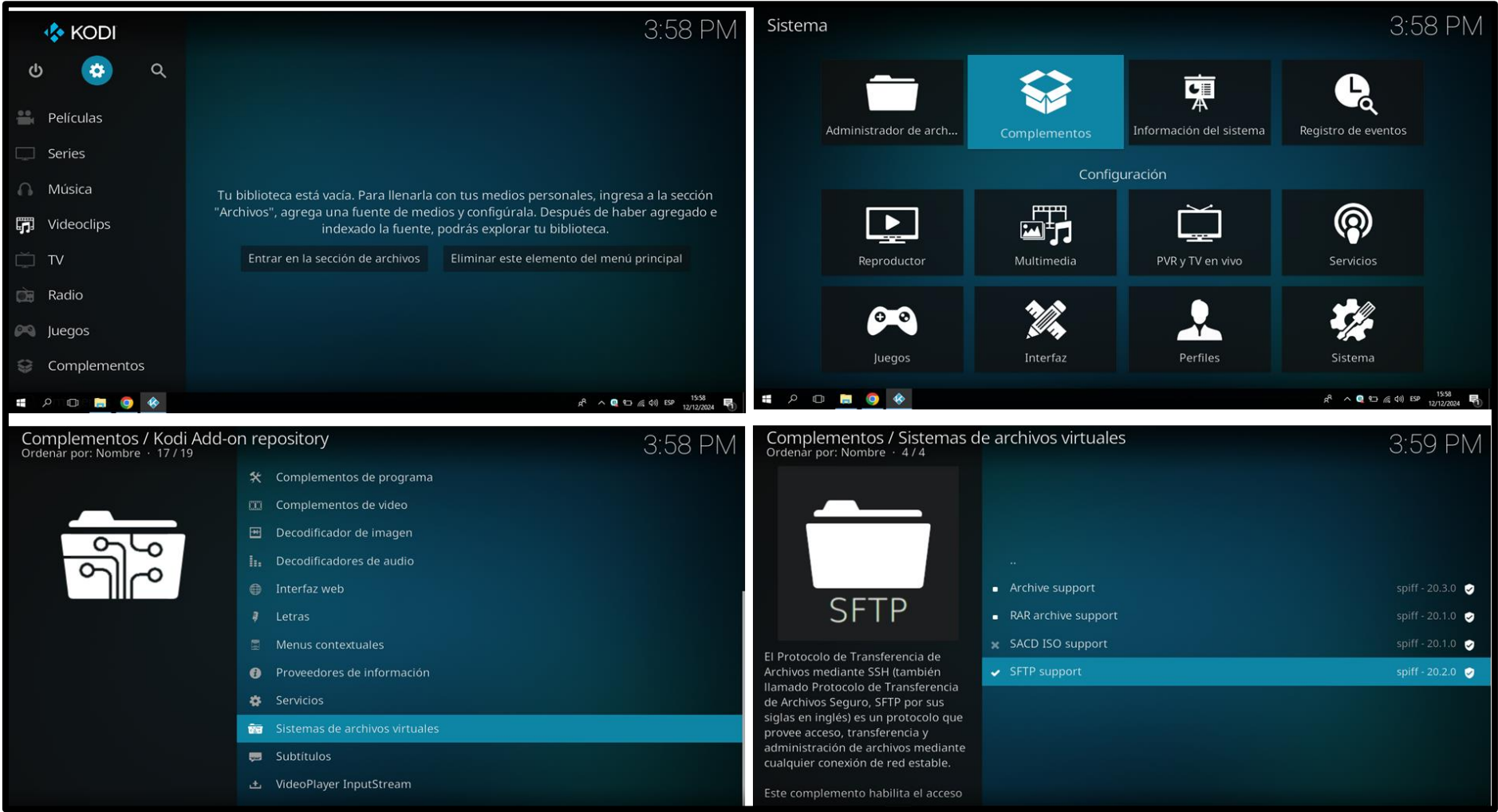


Figura 58 — Configuración KODI para OTT parte 1

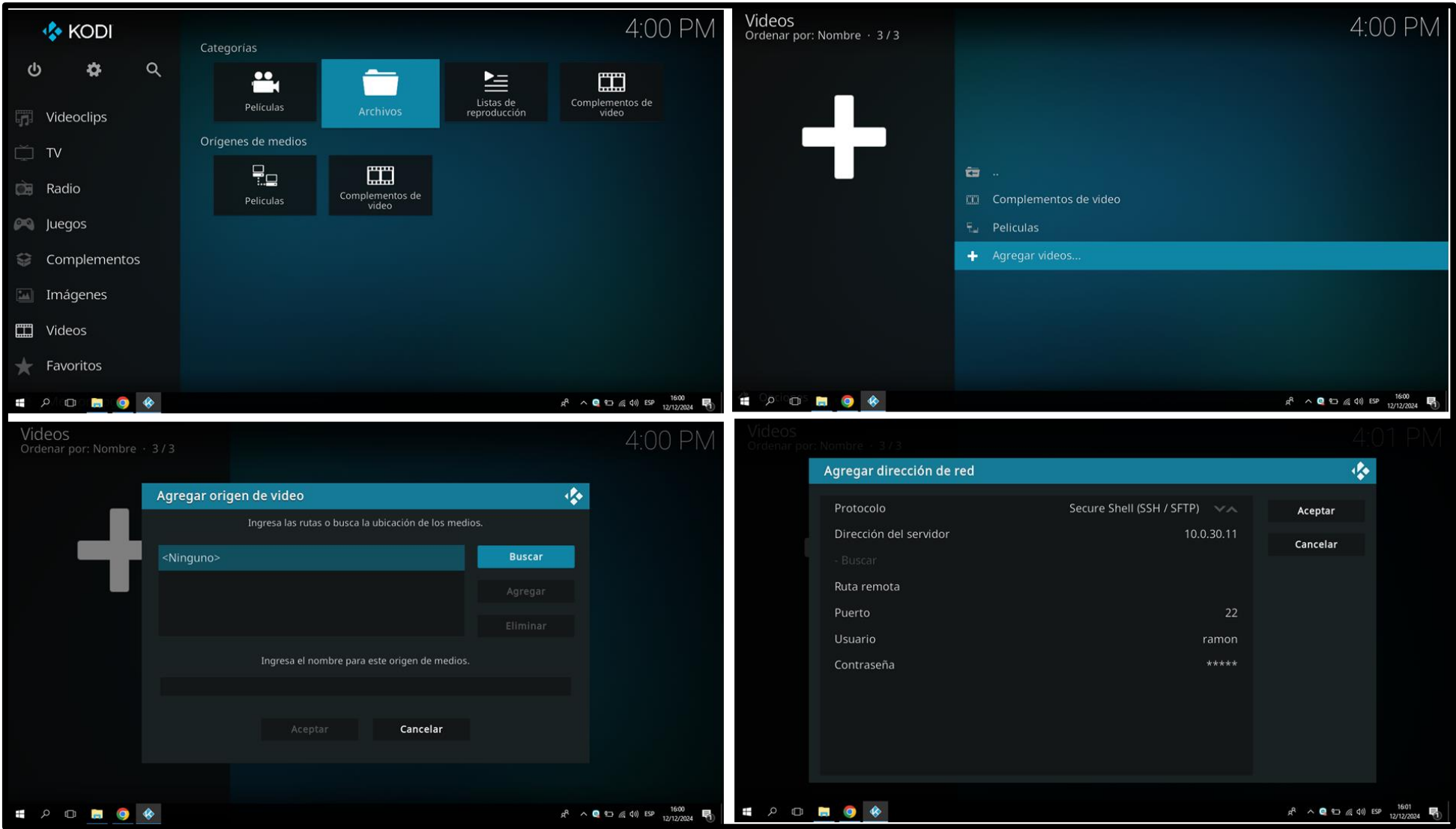


Figura 59 — Configuración KODI para OTT parte 2

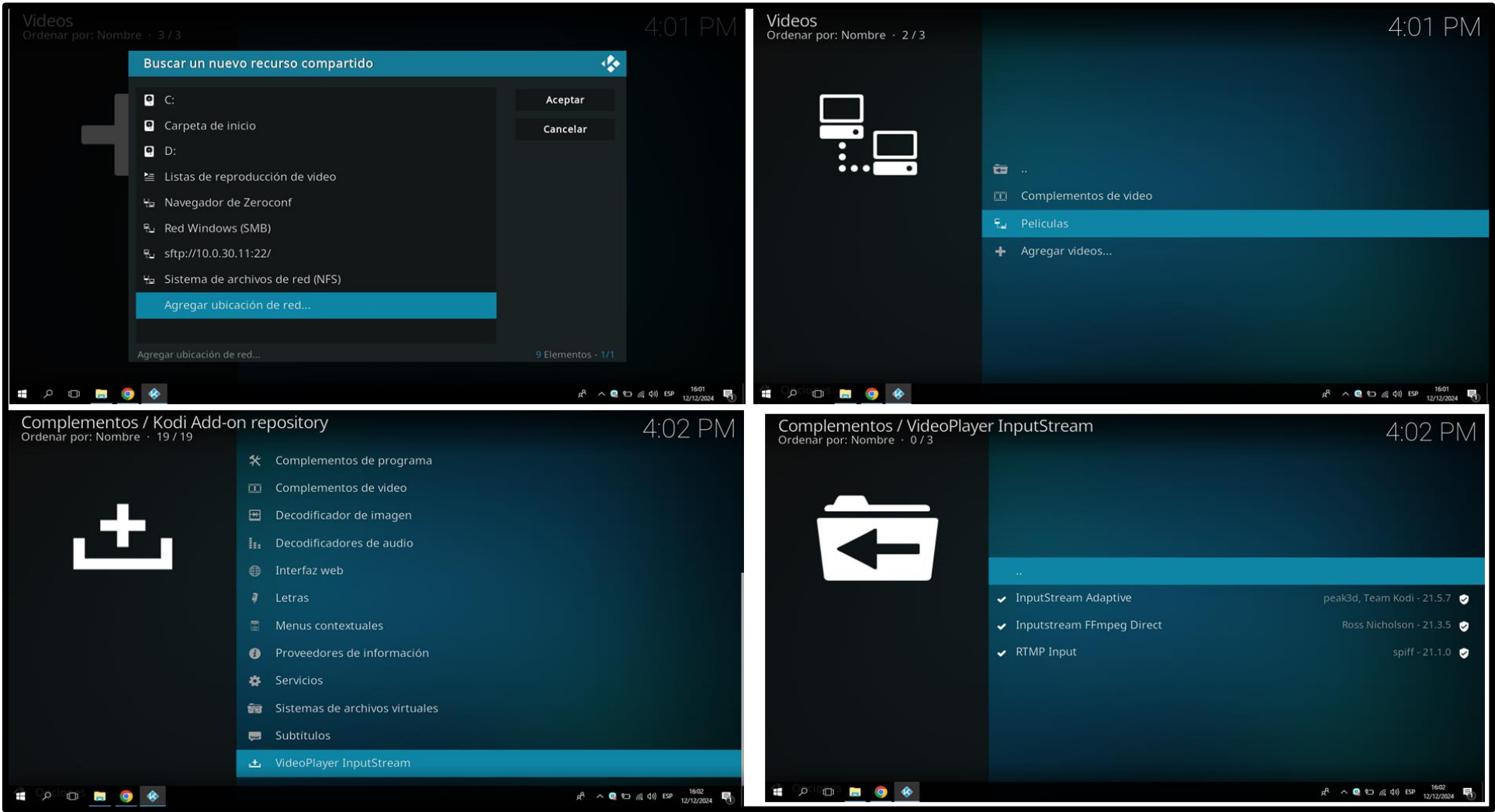


Figura 60 — Configuración KODI para OTT parte final

Anexo H

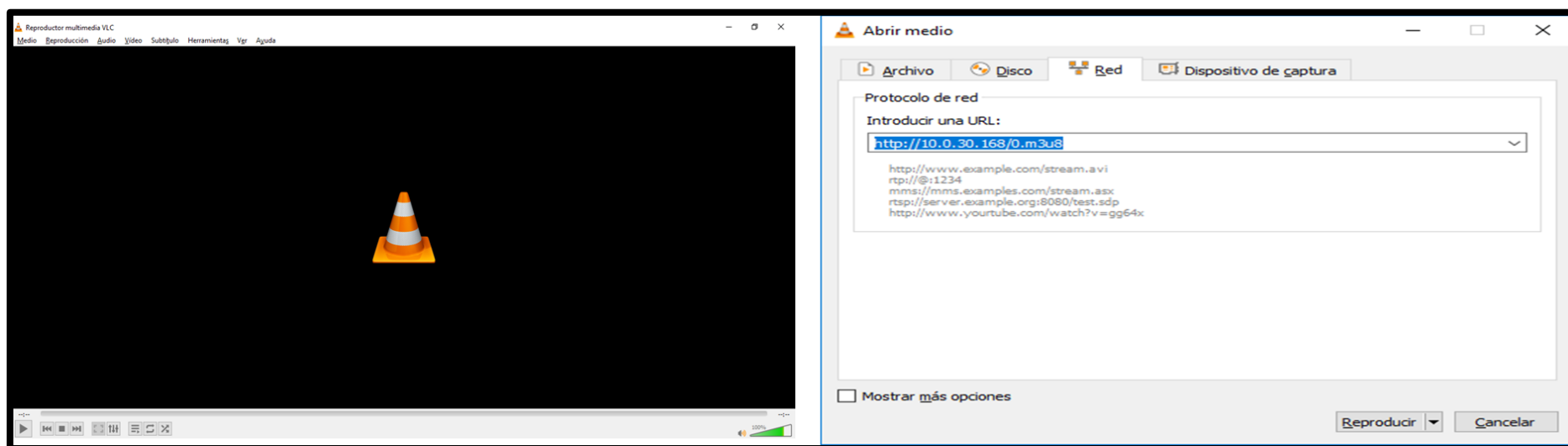


Figura 61 — Configuración VLC para IPTV

Anexo I

The screenshot displays the Wireshark network traffic analysis tool. The main window shows a packet capture of an HTTP 1949 Continuation response. The packet list table is as follows:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
2	0.000000	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
3	0.000227	192.168.13.254	10.0.30.168	TCP	54	63617 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=2881 Win=528 Len=0
4	0.001195	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
5	0.001195	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
6	0.011451	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
7	0.011451	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
8	0.011451	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
9	0.011950	192.168.13.254	10.0.30.168	TCP	54	63617 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=2881 Win=528 Len=0
10	0.012974	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
11	0.021792	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
12	0.021792	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
13	0.021884	192.168.13.254	10.0.30.168	TCP	54	63617 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=2881 Win=528 Len=0
14	0.027020	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
15	0.031087	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
16	0.031292	192.168.13.254	10.0.30.168	TCP	54	63617 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=2881 Win=528 Len=0
17	0.041706	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
18	0.041706	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
19	0.050371	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
20	0.050371	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
21	0.050371	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
22	0.050522	192.168.13.254	10.0.30.168	TCP	54	63617 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=2881 Win=528 Len=0
23	0.051745	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
24	0.062076	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation
25	0.062076	10.0.30.168	192.168.13.254	HTTP	1494	Continuation

The 'Wireshark - Opciones de captura' dialog box is open, showing the 'Entrada' (Input) tab. The selected interface is 'eth0'. The capture filter is set to 'host 10.0.30.168 or host 10.0.30.11'. The dialog also shows the 'Activar modo promiscuo en todas las interfaces' (Activate promiscuous mode on all interfaces) checkbox, which is checked. The 'Filtro de captura para interfaces seleccionados' (Capture filter for selected interfaces) field is empty. The 'Administrar interfaces...' (Manage interfaces...) button is visible. The 'Cerrar' (Close) and 'Ayuda' (Help) buttons are at the bottom right.

The packet details pane shows the structure of the first packet:

- Frame 1: 1494 bytes on wire (11952 bits), 1494 bytes captured (11952 bits) on interface eth0
- Ethernet II, Src: Routerboardc_7e:ff:46 (48:8f:5a:7e:ff:46), Dst: 192.168.13.254
- Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.30.168, Dst: 192.168.13.254
- Transmission Control Protocol, Src Port: 80, Dst Port: 63617, Seq: 1, Len: 0
- Hypertext Transfer Protocol

Figura 62 — Configuración de host en wireshark

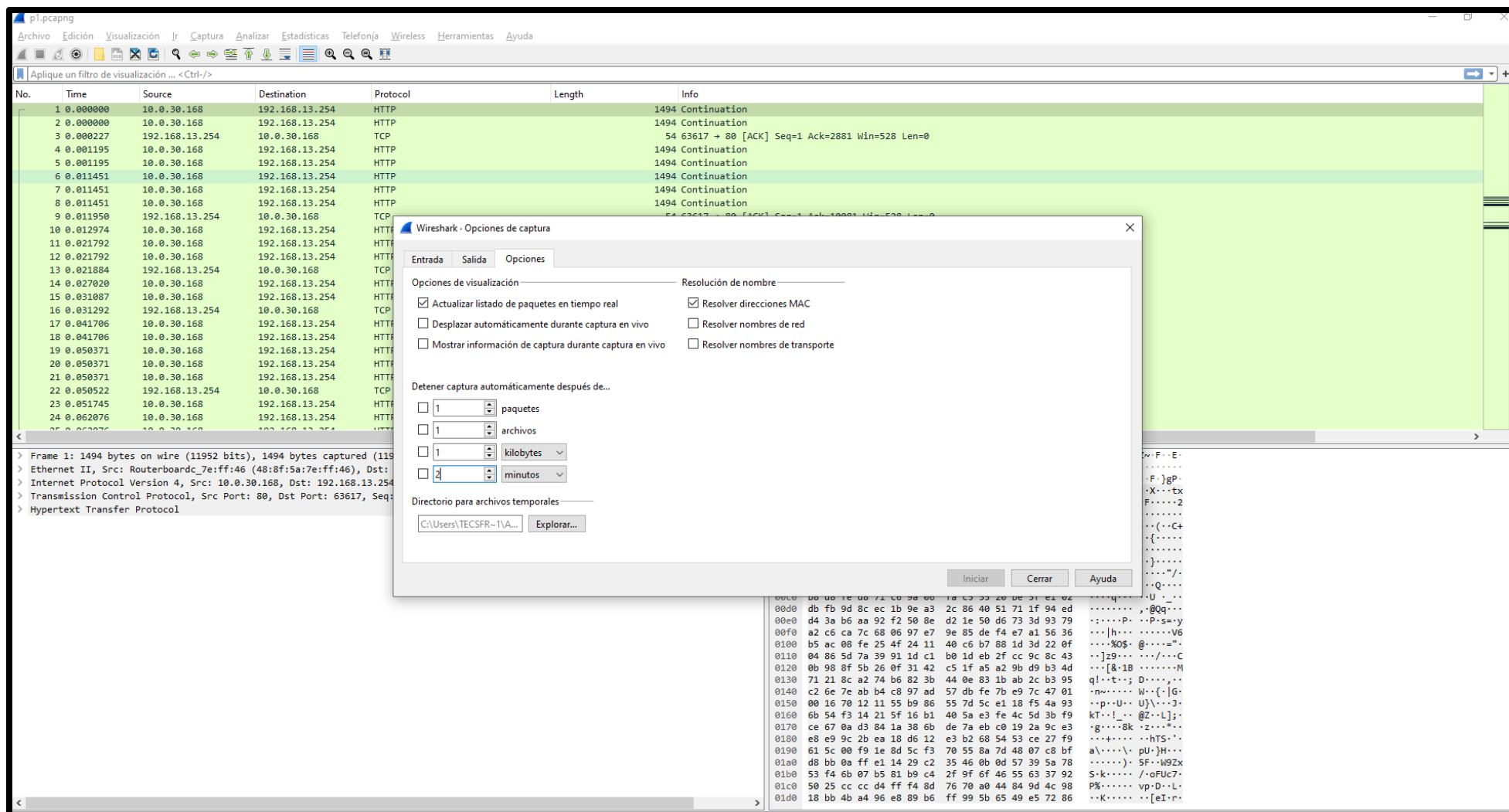


Figura 63 — Configuración de tiempo en wireshark