

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
DISEÑO DE LA RED LAN Y WLAN PARA LA UNIDAD EDUCATIVA
PARTICULAR SANTA ANA USANDO UN MODELO JERÁRQUICO DE
CISCO**

**AUTOR:
SEGUNDO PAUL CAIZA QUISHPE**

**TUTOR:
LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN**

Quito, junio de 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Segundo Paul Caiza Quishpe con documentos de identificación N° 1722075882, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: DISEÑO DE LA RED LAN Y WLAN PARA LA UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SANTA ANA USANDO UN MODELO JERÁRQUICO DE CISCO, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Segundo Paul Caiza Quishpe

C.I. 1722075882

Quito, junio 2021

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo Lenin Wladimir Aucatoma Guamán declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, DISEÑO DE LA RED LAN Y WLAN PARA LA UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SANTA ANA USANDO UN MODELO JERÁRQUICO DE CISCO realizado por Segundo Paul Caiza Quishpe, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio 2021



Lenin Wladimir Aucatoma Guamán

CI: 1717985830

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada para mis padres por el interminable apoyo en todo momento por su enseñanza consejos y por su eterna paciencia y perdón ante todos mis errores.

Segundo Paul Caiza Quishpe

AGRADECIMIENTO

Gracias primero a Dios por darme la vida y después el amor de esta, mi familia.
Que me ha apoyado en momento difíciles y ha sonreído conmigo en los felices.
Te doy gracias Dios por dejarme vivir y a ustedes padres por enseñarme a llorar y reír.
Papá, Mamá nombres tan sencillos de pronunciar y con su ayuda mi meta alcanzar.

Segundo Paul Caiza Quishpe

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivo Específicos.....	2
1.4 Metodología.....	3
CAPÍTULO 2	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Descripción.....	4
2.2 Metodología de diseño.....	4
2.2.1 Metodología PPDIOO.....	4
2.3 Adquirir información.....	4
2.3.1 Línea base.....	4
2.3.2 Modelo OSI.....	4
2.3.3 Site survey.....	4
2.4 Diseño de redes.....	5
2.4.1 Modelo jerárquico empresarial.....	5
2.4.2 Núcleo colapsado.....	5
2.4.3 Red LAN.....	5
2.4.4 Red WLAN.....	5
2.4.5 Red convergente.....	5
2.4.6 Componentes de la red de campus.....	6

2.4.7 Seguridad ACL.....	6
2.4.8 Cableado estructurado	6
2.5 Calidad de servicio.....	6
2.5.2 Parámetros de rendimiento de la red.....	6
2.7 Análisis de costos.....	7
2.7.1 Costo-Beneficio.....	7
2.7.2 VAN.....	7
2.7.3 TIR.....	7
CAPÍTULO 3	8
LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE Y DISEÑO DE LA RED	8
3.1 Descripción de la Unidad Educativa	8
3.2 Cantidad de usuarios	8
3.3 Relación de modelo de referencia OSI con el levantamiento de línea base	8
3.3.1 Capa física.....	8
3.4 Capa de enlace	11
3.4.1 Segmentación (VLAN).....	11
3.5 Capa de red	11
3.5.1 Direccionamiento IP.....	11
3.5.2 Análisis Del tráfico de la red	11
3.6 Capa Sesión.....	13
3.7 Capa Aplicación.....	13
3.8 WLAN	13
3.8.1 Cobertura Inalámbrica	13
3.8.2 Mapas de Calor y relación señal ruido de la red inalámbrica (SNR)	14
3.8.3 Mapa de velocidad de datos	15
3.8.4 Análisis de frecuencia de la red de la Institución.....	16
3.9 Desempeño de la red actual UEPSA	16
3.9.1 Simulación de desempeño de la red actual	16
3.9.2 Retarde de la red actual	17
3.9.3 Tráfico generado por el servicio HTTP	18
3.10 Diseño de la red.....	19
3.11 Etapa de preparación y planificación del nuevo modelo.....	19
3.12 Etapa de diseño	19
3.12.1 Núcleo contraído	20
3.12.2 Capa de acceso	20
3.12.3 Cantidad de usuarios red LAN y WLAN.....	20

3.12.4 Dimensionamiento de la red WLAN	21
3.12.5 Dimensionamiento de la red LAN	22
3.12.6 Segmentación de la red.....	23
3.12.7 Modelo de direccionamiento IPv4.....	23
3.12.8 Selección de fabricante para el equipamiento	23
3.13 Red lógica WLAN.....	24
3.13.1 Tecnología a usar	24
3.13.2 Aplicaciones típicas que usan los usuarios	24
3.13.3 Número de Access Point	25
3.14 Red física WLAN.....	26
3.14.1 Equipamiento a usar	26
3.14.2 Controlador WLAN.....	26
3.14.3 WLAN acceso	27
3.14.4 Canales	27
3.14.5 Ubicación	28
3.15 Diseño físico LAN	29
3.15.2 Equipos núcleo contraído	30
3.15.3 Equipos de acceso	31
3.15.4 Transceptor.....	32
3.15.5 Cableado vertical.....	33
3.15.6 Cableado Horizontal.....	34
3.16 Diseño Lógico LAN.....	34
3.16.1 Ether Channel.....	34
3.16.2 Administración remota	35
3.16.3 Creación de redes de área local virtual	35
3.16.4 Protocolo VTP.....	35
3.16.5 Protocolo DHCP.....	35
3.16.7 Seguridad con listas de control de acceso	35
3.17 Ubicación de equipos	35
CAPÍTULO 4	37
SIMULACIÓN DE LA RED Y CALIDAD DE SERVICIO	37
4.1 Beneficios de la implementación de QoS.....	37
4.2 Proceso para el estudio de calidad de servicio en la UEPSA.....	37
4.3 Análisis de implementación de QoS.....	37
4.3.1 Estudio de Ancho de banda	37
4.3.2 Implementación de calidad de servicio.....	39

4.3.3 Mecanismo de encolamiento	43
4.3.4 Métodos seleccionados en el diseño de QoS	44
4.3.5 Implementación de QoS	44
4.3.6 Configuración de equipos.....	45
4.4 Frontera de confianza	49
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS	59
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Localización de la Unidad Educativa San Ana.	8
Figura 3. 2. Red actual Unidad Educativa Santa Ana	9
Figura 3. 3 Tráfico generado en la red LAN	12
Figura 3. 4 Tráfico generado en la red WLAN.....	13
Figura 3. 5. Infraestructura Civil de la UEPSA.	14
Figura 3. 6 Mapa de calor (SNR) de la red WLAN	15
Figura 3. 7 Velocidades de transmisión en cada bloque	15
Figura 3. 8 Censado de canales de la banda 2.4 GHz.	16
Figura 3. 9 Canales banda 2.4 GHz.	16
Figura 3. 10 Topología de la red UEPSA.	17
Figura 3. 11 Retardo de la red LAN.	17
Figura 3. 12 Retardo de la red WLAN.	18
Figura 3. 13 Tráfico generado HTTP de la red.....	18
Figura 3. 14 Ejemplo de distribución y canal asignado en la institución	27
Figura 3. 15 Posible mapa de calor para la Institución	29
Figura 4. 16 Grupos estándar de comportamiento por salto (PHB).....	42
Figura 4. 17. Configuración de ACLs para cada clase	46
Figura 4. 18 Configuración de clases para QoS en el software Packet tracer	46
Figura 4. 19 Configuración de políticas de QoS en packet tracer	47
Figura 4. 20 Resumen de la configuración del tráfico Docentes	47
Figura 4. 21 Frontera de confianza de la red U.E.P.S.A	50
Figura 4. 22 Topología de la red de campus UEPSA	51
Figura 4. 23 Topología de la Unidad Educativa Santa Ana	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. MikroTik CRS226-24G-2S + RM.....	9
Tabla 3. 2. Modem AP HUAWEI HG8045H.....	10
Tabla 3. 3. Switch Mikrotik	10
Tabla 3. 4. Características del AP	10
Tabla 3. 5. Direccionamiento IP de la red interna	11
Tabla 3. 6. Colores característicos de la potencia de la señal monitoreada.....	14
Tabla 3. 7. Proyección de usuarios	21
Tabla 3. 8. Dimensionamiento WLAN.....	22
Tabla 3. 9. Dimensionamiento LAN Alumnos	22
Tabla 3. 10. Dimensionamiento LAN docentes.....	22
Tabla 3. 11. Dimensionamiento LAN administrativos	22
Tabla 3. 12. Segmentación por medio de VLAN	23
Tabla 3. 13. Direccionamiento IPV4 Unidad Educativa Santa Ana	23
Tabla 3. 14. Aplicaciones comunes.....	24
Tabla 3. 15. Tabla de decisión del controlador inalámbrico	26
Tabla 3. 16. Tabla comparativa	27
Tabla 3. 17. Valores de Interferencia	28
Tabla 3. 18. Cantidad de Access Point	28
Tabla 4. 19. Aplicaciones UEPSA	39
Tabla 4. 20. Parámetros de calidad Video	39
Tabla 4. 21. Protocolos y puertos para video conferencia.	40
Tabla 4. 22. Protocolos y puertos de servicios de prioridad alta.....	40
Tabla 4. 23. Protocolos y puertos de servicios de prioridad media.....	41
Tabla 4. 24. Protocolos y puertos de servicios de prioridad baja.....	41
Tabla 4. 25. Marcaje en la clase de video.....	42
Tabla 4. 26. Marcaje en la clase de prioridad alta	42
Tabla 4. 27. Marcaje en la clase de prioridad media	43
Tabla 4. 28. Marcaje en la clase de prioridad baja	43
Tabla 4. 29. Porcentaje de reserva de cada clase	44
Tabla 4. 30. Método seleccionado en el diseño de QoS	44
Tabla 4. 31. Clasificación de clases según los valores DSCP, Colas, Umbral, Buffer.....	48
Tabla 4. 32. Costo de equipos activos y pasivos de la UEPSA	53
Tabla 4. 33. Costo total de implementación de la red de campus de la UEPSA.	54
Tabla 4. 34. Flujo de caja anual diferencia entre ingresos y egresos de la UEPSA	54

RESUMEN

En busca de un mejor desarrollo educativo de los jóvenes de la Unidad Educativa Santa Ana, es necesario reforzar sus estudios con el uso herramientas tecnológicas que facilitan el acceso a plataformas virtuales, tareas dirigidas, y búsqueda de información que refuerce los conocimientos de la comunidad educativa, por lo que se realiza este diseño de red, con la cual se cubrirá todos los requerimientos evidenciados dentro de la Institución.

El “Diseño de la Red de Campus para la Unidad Educativa Particular Santa Ana” usa el modelo jerárquico empresarial de Cisco, que es una forma profesional de realizar un diseño, se lo realiza bajo normas vigentes para un posible despliegue e instalación, además se efectúa en conjunto con los docentes y encargados del área de tecnología de la información, para cubrir las necesidades presentes en la institución.

El diseño tiene inicio con la recolección de la información mediante el levantamiento de línea base, estableciendo los requerimientos, necesidades, y problemas presentes para solucionarlos, en una segunda etapa se establece tablas de decisión para la elección de equipamiento que satisfagan todas las características tecnológicas, se dimensiona la cantidad de los mismos y los accesorios para su despliegue.

Una vez realizada el levantamiento de información, se dimensiona la red para que la puedan usar todas las personas que pertenezcan a la comunicada educativa, además se realiza el diseño lógico en un ambiente virtual, como lo es Cisco Packet Tracer, para evidenciar la convergencia total de la red, y finalmente comprobando los beneficios que se puede obtener mediante el despliegue de la red diseñada y la red actual en el software OPNET Modeler,

Finalmente se realiza el estudio económico mediante un análisis de costos del total que se invierte para el despliegue de la red, mediante indicativos como son el TIR, VAN, y el tiempo de recuperación de capital.

ABSTRACT

In search of a better educational development of the young people of the Santa Ana Educational Unit, it is necessary to reinforce their studies with the use of technological tools that facilitate access to virtual platforms, directed tasks, and search for information that reinforces the knowledge of the educational community, for which this red design is made, with which all the requirements evidenced within the Institution will be covered.

The "Design of the Campus Network for the Santa Ana Private Educational Unit" uses the hierarchical business model of Cisco, which is a professional way of making a design, it is carried out under current regulations for a possible deployment and installation, it is also carried out in conjunction with teachers and managers of the information technology area, to meet the needs of the institution.

The design begins with the collection of information by means of the baseline survey, establishing the requirements, needs, and present problems to solve them, in a second stage decision tables are established for the choice of equipment that satisfy all the technological characteristics, the quantity of the same and the accessory for their deployment is dimensioned.

Once the information has been collected, the network is dimensioned so that it can be used by all the people who belong to the educational communication, in addition, the logical design is carried out in a virtual environment, such as Cisco Packet Tracer, to demonstrate total convergence of the network, and finally verifying the benefits that can be obtained by deploying the designed network and the current network in the OPNET Modeler software,

Finally, the economic study is carried out through an analysis of the costs of the total invested for the deployment of the network, using indicators such as the IRR, NPV, and the capital recovery time.

INTRODUCCIÓN

El proyecto técnico para la Unidad Educativa Santa Ana tiene como objetivo un diseño de la red LAN y WLAN que ayude a la gestión administrativa y brinde una satisfacción para todos los requerimientos que la institución cuenta actualmente. Adicionalmente, el proyecto está dividido en los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Se detalla las justificaciones del proyecto con sus respectivos objetivos general y específico.

Capítulo 2: Marco teórico el cual nos da una idea de la terminología que se utilizara

Capítulo 3: Se realiza el estudio del estado actual de la infraestructura tecnológica por medio del levantamiento de línea base con el fin de identificar las necesidades de la institución y en base a la información obtenida diseñar la red LAN y WLAN con el modelo jerárquico empresarial de Cisco con una metodología del ciclo de vida de una red PPDIOO con el fin que garantice escalabilidad, QoS, seguridad y disponibilidad.

Capítulo 4: Se procede a la simulación de la red diseñada en los softwares especializados con el fin de analizar la viabilidad técnica y comprobar que la red es óptima, escalable, flexible con el fin de garantiza una buena experiencia para el usuario. Adicionalmente en la parte final se analiza los costos del diseño propuesto.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

La Unidad Educativa tiene un acceso digital limitado, presenta dificultades para el acceso a internet, problemas para la elaboración de consultas académicas dirigidas a los estudiantes, problemas en el acceso a aulas virtuales, clases online, tutorías en línea, no cuenta con herramientas de alto nivel para las actividades pedagógicas y administrativas como procesos que manejan docentes encargados del área.

La red actual no cuenta con la seguridad necesaria en los dispositivos de red e incluso para el ingreso de forma remota, se identifica la falta de compatibilidad con nuevos dispositivos debido a que ha expirado el tiempo de vida útil del cableado, presenta intermitencia en la red cableada, además la red no tiene una cobertura completa dentro de la infraestructura civil de la institución, se evidencia que se generan retardos en la entrega de paquetes debido saturación de red.

Actualmente la red de la institución no asegura la disponibilidad en el área inalámbrica los dispositivos que se conectan a los diferentes Access Point presentan intermitencia y retardos en la conexión, muestra saturación y pérdidas de datos con tiempos elevados de retardos y dispositivos que quedan sin servicio, la falta de servicio y las bajas velocidades de conexión y transmisión de datos dan una mala experiencia a los usuarios de la red, para lo cual el diseño de la red de campus combina varias características de los equipos sugeridos, una correcta gestión de los recursos permitirá cubrir todas estas deficiencias y así cumplir con requerimientos expuestos por los administradores de la red.

1.2 Justificación

El proyecto aportará a la reducción de los problemas de digitalización dentro de la institución, por ende se realiza el diseño una red que permita la comunicación entre diferentes áreas de la institución, para el mejorar el acceso a internet, consultas, aulas virtuales, clases online, tutorías en línea y compartir la información que generan de

forma rápida, mejorando y agilizando así tanto las actividades pedagógicas y administrativas.

Este proyecto técnico abarca una solución a los problemas presentes en la Unidad Educativa mediante la implementación de nuevas tecnologías y servicios tanto en la parte física que tendrá un tiempo de vida útil elevado, como en la parte lógica que ayudará a la red para una rápida gestión y administración.

El diseño de la red permitirá cubrir las diferentes necesidades tanto en la parte LAN y WLAN, además de solventar la falta de convergencia para la red LAN, la latencia y pérdida de paquetes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar la red LAN y WLAN en la Unidad Educativa Particular Santa Ana usando el diseño jerárquico empresarial de Cisco solucionando las necesidades digitales de la Institución.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Analizar la red actual de la Unidad Educativa Santa Ana para la determinación de la línea base mediante la recopilación de la información existente.
- Diseñar la red para la Unidad Educativa Santa Ana aplicando la arquitectura empresarial de Cisco con la metodología PPDIOO ciclo de vida de una red que garantice los requerimientos técnicos.
- Implementar políticas de QoS en la red diseñada para la comparación del tráfico de la red actual con el diseño propuesto.
- Analizar la factibilidad Costo-Beneficio de la implementación del diseño propuesto a través de la determinación de los rubros de los equipos utilizados del diseño.

1.4 Metodología

De manera general el método analítico es aplicable para el presente proyecto técnico porque implica en el análisis y la síntesis para una descomposición en partes principales como son el levantamiento de línea base, diseño y la factibilidad económica del proyecto y así analizar por partes cada uno de los procesos y poder cumplir con los objetivos planteados.

Lo primordial en esta metodología es conocer la naturaleza del fenómeno y del objetivo que se estudia para una apropiada investigación con el fin de comprender mejor su comportamiento, basado en una investigación de campo para obtener las causas y estado actual de la red, a continuación, se detalla las metodologías por actividad.

- Para la determinación de la línea base mediante la recopilación de la información existente se lo realizará por medio de la metodología analítica con la descomposición total estado real de la red.
- El Diseño la red se aplicará un método científico experimental enfocado en la manipulación de variables de diseño.
- Para las políticas de QoS se lo realizara en base a una metodología comparativa entre el tráfico de la red actual con el diseño propuesto.
- La viabilidad económica del proyecto propuesto se enfocará en un estudio de tipo no experimental con característica descriptiva a través de la determinación de los rubros de los equipos utilizados el diseño.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción

El capítulo contiene en términos teóricos conceptuales desarrollados de manera ordenada en función de cada objetivo planteado en el estudio.

2.2 Metodología de diseño

2.2.1 Metodología PPDIOO

Para diseños de redes a gran escala se lo realiza mediante un ciclo de vida para la red evitando excluir etapas lo cual genere errores en el diseño de la red.(Martínez Díez, 2015)

- **Preparar:** Analizar el estado actual de la infraestructura tecnológica.
- **Planificar:** Estrategia ordenada y óptima para el diseño.
- **Diseñar:** Diseño de manera jerarquía con todos los requerimientos estudiados.
- **Implementar:** Al haber ya corregido errores se procede a la implementación.
- **Operar:** Se analiza el funcionamiento y se realizar mejoras de calidad.
- **Optimizar:** Englobada en que la red sea optima.

2.3 Adquirir información

2.3.1 Línea base

Evaluación para un análisis a condiciones iniciales con el objetivo de recopilar y analizar la información para validar necesidades y prioridades. (Sánchez, 2015)

2.3.2 Modelo OSI

El modelo OSI se caracterizado por ser un modelo de referencia compuesto por capas mediante el cual los datos se empaquetan y se transmiten viajando a través de medios físicos hacia un receptor.(Hernández et al., 2017)

2.3.3 Site survey

Es un estudio para implementar una red inalámbrica, con la cual se tendrá un panorama para la identificación de áreas a dar cobertura y el análisis de posibles zonas donde ubicar Access Point.(Acrylicwifi, 2019)

2.4 Diseño de redes

2.4.1 Modelo jerárquico empresarial

Cisco posee un modelo que ayuda en el diseño e implementación de redes con el fin que garantice escalabilidad, redundancia y disponibilidad .(Pérez, 2018)

El diseño cuenta con 3 capas las cuales se detallan a continuación.

- Núcleo: Capa central y por donde pasa gran tráfico.
- Distribución: Punto de comunicación entre el acceso y el núcleo.
- Acceso: Controla de usuarios y grupos de trabajo

2.4.2 Núcleo colapsado

– Core-Distribución

Dispositivo se encarga de cumplir las funciones de núcleo y distribución en la red, posee la característica de proporcionar aislamiento para fallas en la red y brinda conectividad a alta velocidad, interactúa con la capa de acceso con la función de agregación de redes, proporcional disponibilidad y enlaces redundantes.(Cisco, 2018)

– Acceso

Es por donde entra o sale el tráfico y brinda conectividad a los dispositivos finales.(Cisco, 2018)

2.4.3 Red LAN

Son redes de área local que se caracterizan por dar servicio de cobertura a sitios concretos y específicos como son unidades educativas, empresas con la finalidad de conectar equipos informáticos dentro de la red.(Cisco, 2015)

2.4.4 Red WLAN

Se caracteriza por ser una red local inalámbrica, permite conectar dispositivos para transmitir y recibir datos sin la necesidad del uso de un cableado, además posee un beneficio de un menor costo que una red alámbrica.(Cisco, 2015)

2.4.5 Red convergente

Se enfoca en una red de múltiples servicios entre estos datos, voz, video a través de una misma infraestructura de red garantizando un buen servicio para cada operación. (Cisco, 2018)

2.4.6 Componentes de la red de campus

- **Fibra Óptica:** Actualmente la fibra óptica se la está utilizando con un medio de transmisión de datos, debido a que posee un filamento delgado de vidrio por el cual viajan pulsos de luz. (Optral, 2019)

Fibra monomodo: Su transmisión en un único modo de propagación de la luz.

Fibra multimodo: Permite que los haces de luz en diferentes modos y genera un mayor margen de error para largas distancias.

- **Rack de telecomunicaciones:** De manera general ayuda a la organización y ubicación de equipos de telecomunicaciones, existen diferentes tipos por ejemplo empotrados en pared, gabinetes de telecomunicaciones.

2.4.7 Seguridad ACL

Se enfoca en permisos o privilegios de acceso a cualquier elemento de una red. (Cisco, 2018)

2.4.8 Cableado estructurado

Se refiere a los sistemas de conectores, cables dispositivos y canalización para una infraestructura de red ya sea para un edificio o instituciones educativa, su estructura contiene una combinación de cables par trenzados, fibra óptica, su metodología es basado en estándares internacionales.(González, 2015)

- **Cableado Horizontal:** Tipo de cableado que conecta entre cuarto de equipos y área de trabajo, en base al estándar EIA/TIA 568.
- **Área de trabajo:** Lugar de trabajo de una persona o empresa.

2.5 Calidad de servicio

Es la capacidad de una red para soportar las necesidades de la institución mediante la selección y marcaje del tráfico que generan además de cumplir con todas las exigencias de una red convergente moderna bien diseñada cumpliendo con características como seguridad, escalabilidad y tolerancia a fallos.(Salazar, 2016)

2.5.2 Parámetros de rendimiento de la red

- Transmisión de datos: Cantidad de datos que son transferidos con éxitos.
- Throughput: Medida en bps enfocada en la capacidad de transmisión
- Delay: Tiempo entre la solicitud de un host y la ejecución del proceso.

2.6 Análisis de tráfico

El análisis de tráfico tiene el objetivo de obtener la información de los paquetes que circulan en la red, esto es de gran utilidad para los administradores de red. Además, otorga la posibilidad de evaluar el tráfico de red y recolecta, analiza y genera informes sobre quiénes están usando.

– Wireshark

Analizador de protocolos encargado de capturar paquetes que circula por la red, cuenta con todos los estándares de un analizador de protocolo y analiza datos.(Roberto & Duarte, 2016)

2.7 Análisis de costos

2.7.1 Costo-Beneficio

Se caracteriza por ser una herramienta financiera que permite realizar una comparación del costo y el beneficio al implementar el proyecto, en la cual se maneja flujos tangibles e intangibles.

2.7.2 VAN

Valor actual neto es utilizado en propuestas de estudio a efectuarse a futuro, hay que tener en claro que todo proyecto se llevara a cabo si el VAN es positivo es decir $VAN > 0$.(Lledó, 2017)

2.7.3 TIR

Tasa interna de retorno relaciona con la estructura del flujo de fondos, si el TIR es mayor a la tasa de expectativa, se concluye el proyecto recibirá ingresos.(Lledó, 2017)

CAPÍTULO 3

LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE Y DISEÑO DE LA RED

3.1 Descripción del lugar de estudio

La Unidad Educativa Particular Santa Ana es del valle de los Chillos ubicada en el cantón Rumiñahui, Colon 1-32 y Bolívar, proporciona educación de calidad para niveles de inicial, preparatoria, bachillerato con el objetivo de formar seres humanos con excelencia humana y académica para transformar familias. En la figura 3.1 se detalla su ubicación con una altitud 2.525 m.

Figura 3. 1. Localización de la Unidad Educativa San Ana.



Ubicación geográfica latitud 0° 19' 34" S y Longitud 78° 26' 51" O. Elaborado por: Caiza Segundo

3.2 Cantidad de usuarios

Hay 425 estudiantes como se indica en la información detallada del Anexo 1, además hay alrededor de 50 personas entre personal administrativo y docentes.

No se cuenta con un registro de usuarios que usan la red inalámbrica, debido a que la institución no cuenta con herramientas administrativas o de gestión para el uso e identificación de usuarios, el manejo de la red inalámbrica se lo realiza mediante un router de gama baja entregado para un plan de internet para un domicilio particular.

3.3 Relación de modelo de referencia OSI

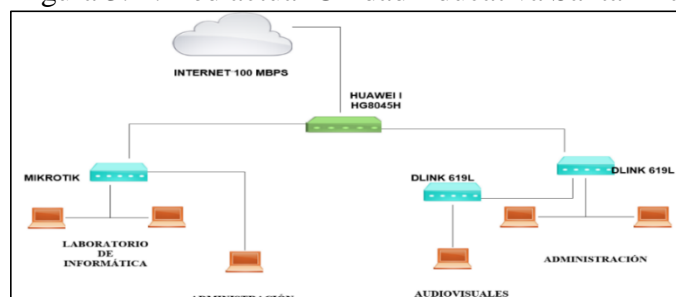
Para el levantamiento de información se empleó el modelo OSI, para tener una referencia ordenada para el análisis de cada una de las capas.

3.3.1 Capa física

La Unidad Educativa posee una red LAN cableada con categoría 5e tanto para el backbone horizontal como el vertical en toda la institución, para el acceso al servicio de internet es por medio de la empresa Fibramax con un ancho de banda de 100 megas

con velocidad simétrica. La topología de la red en la Unidad Educativa se muestra en la Figura 3.2, se observa que es de tipo estrella y en cascada, el punto central es el Modem HUAWEI HG8045H proporcionado por el proveedor de servicio y distribuye a toda la Institución. A continuación, se detalla en el anexo 2 el equipamiento y su área donde se ubica en la Institución con una pequeña descripción.

Figura 3. 2. Red actual Unidad Educativa Santa Ana



Topología estrella y en cascada de la red. Elaborado por: Caiza Segundo

La red LAN soporta alrededor de 22 dispositivos electrónicos (computadoras de escritorio y laptops del personal administrativo) por medio de un router MikroTik que permite administrarlo, pero la red es totalmente plana. Adicionalmente el cableado se encuentra deteriorado en algunos enlaces debido a que no posee ningún tipo de estudio. En la Tabla 3.1 se observa el switch que se encarga de proveer acceso a internet a los laboratorios y la parte administrativa por medio de enlaces cableados de tipo UTP.

Tabla 3. 1. MikroTik CRS226-24G-2S + RM

MikroTik	
Código de producto	CRS226-24G-2S + RM
Especificaciones	
PoE en	PoE pasivo
Cantidad de entradas DC	2 (conector DC, PoE-IN)
Ethernet	
Puertos Ethernet 10/100/1000	24

Características Mikrotik. Elaborado por: Caiza Segundo

Se determinó que no existe un departamento de soporte técnico ni personal capacitado.

3.3.1.1 Equipamiento

Como router principal es el modem AP HUAWEI HG8045H de 6 puertos cada uno con su conexión específica que se detalla en la Tabla 3.2, se encuentra ubicado en el edificio de administración y proporciona internet inalámbrico a esa área.

Tabla 3. 2. Modem AP HUAWEI HG8045H

	HUAWEI HG8546M	Características
	Conector	SC/APC
	Longitud de onda	Tx: 1310 nm Rx: 1490 nm
General	Máxima potencia	-8 dBm
	Puertos Ethernet	4
Wifi	Antena	2x2 5 dBi externa antena
	Wifi	802.11 b/g/n
	General	Interior
	Ancho de banda teórico	300 Mbps

Características modem. Elaborado por: Caiza Segundo

Se utilizan 3 puertos de los 4 que posee el equipo, distribuyendo internet hacia el laboratorio y el personal administrativo, en la Tabla 3.3 se detallan el equipo con su respectiva serie el cual proporciona internet alámbrico a los laboratorios.

Tabla 3. 3. Switch Mikrotik

Mikrotik	
Código de producto	CRS226-24G-2S + RM

Características modem. Elaborado por: Caiza Segundo

El puerto 2 y 3 del modem Huawei se conecta con el AP D LINK, estos dispositivos están ubicados en un área donde los docentes poseen sus reuniones académicas, en la Tabla 3.4 se detallan las características.

Tabla 3. 4. Características del AP

AP	
Características	DLINK DIR 619L
Interfaz	10/100 Base T

Características modem. Elaborado por: Caiza Segundo

3.3.1.2 Racks

En la Institución no posee una instalación de racks de telecomunicaciones debido a que el servicio de internet se lo realiza mediante una conexión directa al modem principal y se distribuyen hacia los tres restantes, es por esta razón que no posee un espacio designado para la administración de equipos de telecomunicaciones.

3.3.1.3 Cuarto de telecomunicaciones

La Institución carece de un espacio designado para el cuarto de telecomunicaciones y se observó que la institución no tiene una organización física de los equipos.

3.4 Capa de enlace

3.4.1 Segmentación (VLAN)

La institución no posee ningún tipo de segmentación la red totalmente plana, sin redes de área local virtual que le proporcione seguridad y mejor rendimiento.

3.5 Capa de red

En esta se verifica el enrutamiento de los paquetes, el dispositivo HUAWEI HG8045H, se configuró como router principal que distribuye puntos de red mediante el cableado a los diferentes bloques de la institución, usan un solo equipo como núcleo de la red y un SWITCH MIKROTIK CRS 226-24 GHz para el acceso a la red, y la distribución mediante cable UTP Cat. 5e en un laboratorio de informática que maneja 22 computadoras. No gestionan ningún protocolo de enrutamiento para dispositivos routers debido a que no existe más de un dispositivo para la administración.

3.5.1 Direccionamiento IP

Se verifica que, para acceder a los servicios de internet, el router ISP proveedor de servicios configuró la red interna con la distribución y direccionamiento especificado en la Tabla 3.5, no se verifica el uso de VLAN's para la segmentación de la red, se configura una red IP privada de clase tipo C con 254 usuarios disponibles.

Tabla 3. 5. Direccionamiento IP de la red interna

Tabla de direccionamiento	
Administración	Detalle
Dirección IP	192.168. 10. xx
Mascara	255.255.255.0
Gateway	192.168.10.1

Direccionamiento IP de la institución. Elaborado por: Caiza Segundo.

3.5.2 Análisis de tráfico

3.5.2.1 Tráfico red LAN

Dentro de la red se lo realizó mediante el programa especializado para el monitoreo de una red wireshark, tiene una herramienta para visualizar y recolectar información de los paquetes que se transmiten dentro de la red.

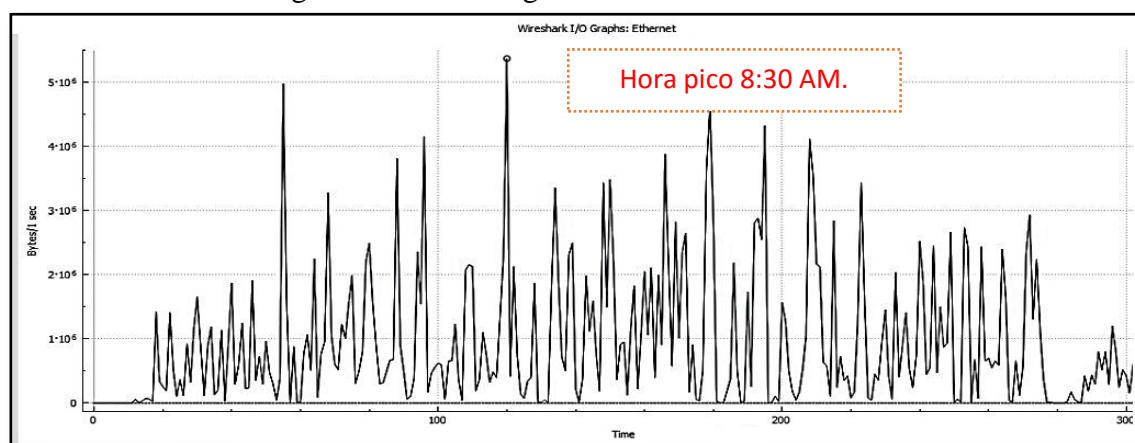
El uso de la red muestra que el mayor tráfico se genera al actualizar información o descargar archivos del internet a través de los dispositivos de la institución, se

selecciona una hora crítica las 8:30 AM., que es la hora que en regular los docentes y personal administrativo hace uso de la red. El primer día 03-02-2020, seleccionado para las pruebas y monitoreo de la red da como resultado un consumo promedio a través de dispositivos conectados a la red LAN.

Se lo ejecuta en un tiempo promedio de 5 días laborables y a las 8:30 AM, hora que se presente el uso crítico de la red y se registre el mayor tráfico de información, se identifica como hora crítica las 8:30 AM., se realiza en la fecha 03-02-2020 hasta la fecha 07-02-2020. En condiciones críticas el software identifico mayor uso de los recursos de la red al coincidir la hora de acceso al Laboratorio de informática media la red WLAN, se registró en esquemas gráficos el pico de tráfico generado en la fecha 04-02-2020.

En la Figura 3.3 se puede identificar que se tiene un consumo de hasta 5.3 Mbps en descarga, tomando en cuenta que cada usuario usa los servicios de internet para realizar consultas en línea, descargar de imágenes, archivos, y otro tipo de archivos, además de que el personal administrativo usa plataformas interactivas educativas que descarga cierto contenido multimedia que tarda en descargarse.

Figura 3. 3. Tráfico generado en la red LAN



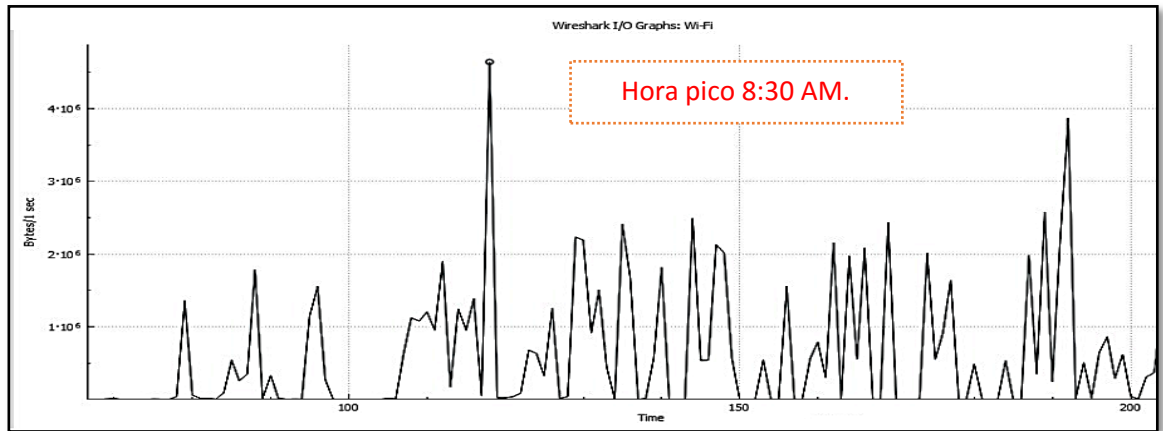
Tráfico de la red LAN que determina el consumo de ancho de banda determinado 20-01-2020 hasta la fecha 24-01-2020. Elaborado por: Caiza Segundo.

3.5.2.2 Tráfico Red WLAN

La institución tiene contratado un plan con el proveedor FIBRAMAX de 100 Mbps, maneja un dispositivo para el acceso a la red inalámbrica, no cubre toda la infraestructura civil de la institución, se monitorea el uso de un canal libre para la

transmisión configurado en el canal 11, se puede verificar 7 clientes conectados, y se detallan en la figura 3.4 el consumo de alrededor de 4.65 Mbps, monitoreado a la misma hora crítica que se usa la red WLAN, 8:30 AM.

Figura 3. 4. Tráfico generado en la red WLAN



Tráfico de la red WLAN que determina el consumo de ancho de banda en un tiempo determinado 20-01-2020 hasta la fecha 24-01-2020. Elaborado por: Caiza Segundo.

3.6 Capa Sesión

Se verifica que la red no tiene gestión de seguridad, no cuenta con un firewall, además carece de administración de acceso a la red mediante filtrado o configuración ACL's

3.7 Capa Aplicación

La Institución no tiene aplicaciones o servicios a través de servidores.

3.8 WLAN

Se determina el análisis de la cobertura inalámbrica con el software WiFi Visi WAVE determinando mediante mapas de calor las áreas con poca intensidad de señal.

3.8.1 Cobertura Inalámbrica

La cobertura inalámbrica especifica el área en el cual los dispositivos tienen la opción de conectarse a la red mediante un dispositivo móvil, una buena señal se determina una potencia de -65 dBm. A partir de una distancia de cobertura principal, la señal del dispositivo se degrada y no se podría presentar una buena calidad del servicio.

3.8.2 Mapas de Calor y relación señal ruido de la red inalámbrica (SNR)

Se verificó la potencia que brinda el dispositivo Access Point, al realizar el recorrido por el bloque principal que es el único que tiene instalado la infraestructura de una red inalámbrica, obteniendo valores de potencia de la señal con datos referenciales de -30 dB y -80 dB, al igual que en el análisis de la red ethernet, se identifica como hora crítica las 08:30 AM – 09:00 AM, se realiza el recorrido en la institución a la fecha 03-02-2020 hasta la fecha 07-02-2020, con condiciones ambientales de temperatura alrededor de los 21 °C, con clima cálido y parcialmente lluvioso, mediante este estudio se determinó las zonas en las que necesitan realizarse el ajustes de cobertura.

En la tabla 3.6 se puede ejemplificar con diferentes colores una buena potencia o baja potencia, para poder hacer una lectura de los colores del mapa de calor.

Tabla 3. 6. Referencia de colores de potencia de la señal monitoreada

Color Referencial	Potencia	
	-30 dBm	Eficiente
	-65 dBm	Media Alta
	-70 dBm	Media Baja
	-80 dBm	Sin servicio

Colores referenciales en el monitoreo de WLAN Elaborado por: Caiza Segundo.

En la Figura 3.5 se verifica la infraestructura civil de la institución, tomado en cuenta una vista superior, el bloque central que se conocerá en el proyecto como principal, es el único que cuenta con cableado de red, y dispositivos inalámbricos.

Figura 3. 5. Infraestructura Civil de la UEPSA.

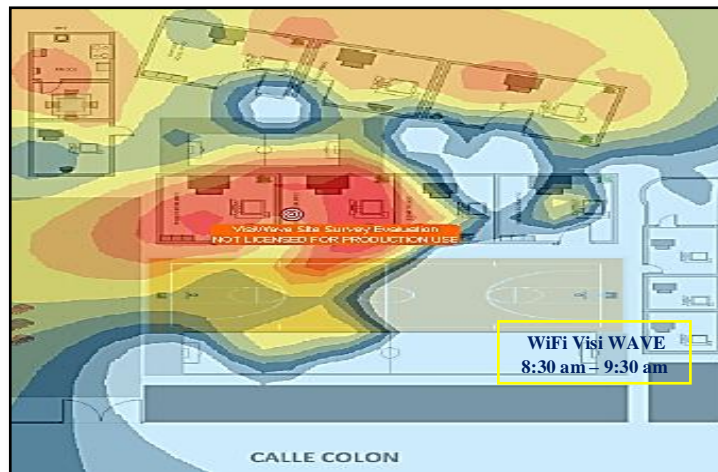


Bloques de la UEPSA. Elaborado por: Caiza Segundo.

Se observa en la Figura 3.6 la relación señal / ruido (SNR), valor positivo entre 0 dB y generalmente no más de -70 dB. Cuanto mayor es el valor, más fuerte es la señal. Se determinó que la red inalámbrica SANTA ANA cubre en su totalidad el departamento principal de alrededor 240 m² de construcción en el bloque principal que

cuenta con la infraestructura tecnológica, pero en lugares como los departamentos existe una menor potencia es decir una señal débil menor a -65 dB de potencia.

Figura 3. 6. Mapa de calor (SNR) de la red WLAN



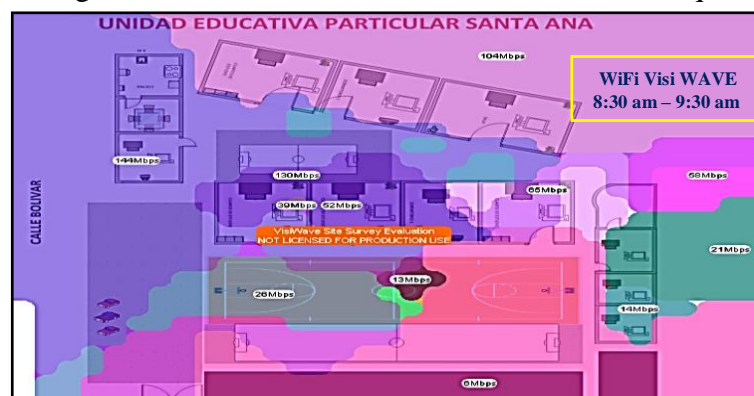
Color rojo como señal con buena potencia Elaborado por: Caiza Segundo.

3.8.3 Mapa de velocidad de datos

Se verifica que la velocidad de transmisión varía debido a la ubicación del receptor con respecto al AP, entre más cerca este al punto de acceso inalámbrico tendrá una cobertura más apropiada.

En las especificaciones del AP de la marca DLINK DIR 619L, posee un valor teórico de 100 Mbps, el plan contratado de 100 Mbps se distribuye en toda la red para el acceso al internet, pero también se debe tomar en cuenta los factores que degradan la señal, la distancia entre el dispositivo inalámbrico y el AP.

Figura 3. 7 Velocidades de transmisión en cada bloque



Hora de monitoreo 08:30 AM – 09:00 AM, recorrido en la institución a la fecha 03-02-2020 hasta la fecha 07-02-2020 con velocidades de transmisión en cada bloque. Elaborado por: Caiza Segundo.

3.8.4 Análisis de frecuencia de la red de la Institución

Mediante el análisis de la red WLAN de la institución se detectaron 22 redes inalámbricas cercanas como se observa en la figura 3.8 en la cual la red inalámbrica trabaja a 2.4 GHz en el canal 11.

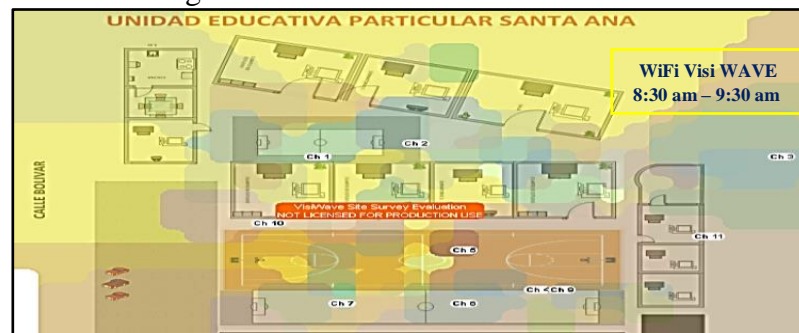
Figura 3. 8. Censado de canales de la banda 2.4 GHz.



Canales que se registran al usar la red inalámbrica. Elaborado por: Caiza Segundo.

Los Access Point tiene como característica poder transmitir en diferentes canales, nos conviene escoger aquella que presente una menor saturación en nuestro entorno más cercano, en la figura 5 se observa que existe interferencia co-canal con el canal 11 y 9 en el alrededor de la institución, pero podría generar interferencia.

Figura 3. 9. Canales banda 2.4 GHz.



Hora de monitoreo 08:30 AM – 09:00 AM, se realiza el recorrido fecha 03-02-2020 hasta la fecha 07-02-2020. Se verifica los canales que usa la red inalámbrica. Elaborado por: Caiza Segundo.

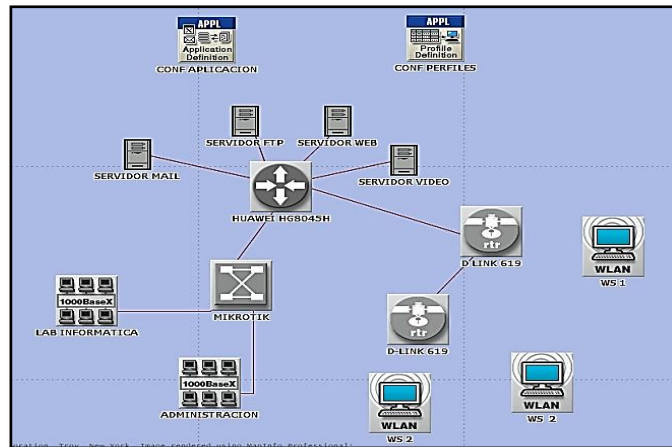
3.9 Desempeño de la red actual UEPSA

3.9.1 Simulación de desempeño de la red actual

Se verifica a través de la simulación de la red actual el desempeño de los dispositivos usando diferentes aplicaciones, se crean varios perfiles para representar el uso de los recursos de la red, el tiempo promedio de simulación es de 90 segundos. Se configuro el uso de la red WLAN con el protocolo 802.11 n, con una tasa de transmisión de 100

Mbps, los datos que se generan en la simulación se asemejan a la tasa aproximada de transmisión de información, retardos de la red LAN y WLAN. La topología para la red actual de la UEPSA, tiene una configuración en comparten un dispositivo principal como núcleo Huawei HG8045H, distribuye en cascada la red WLAN para agregar a la red computadoras del área de administración.

Figura 3. 10. Topología de la red UEPSA.

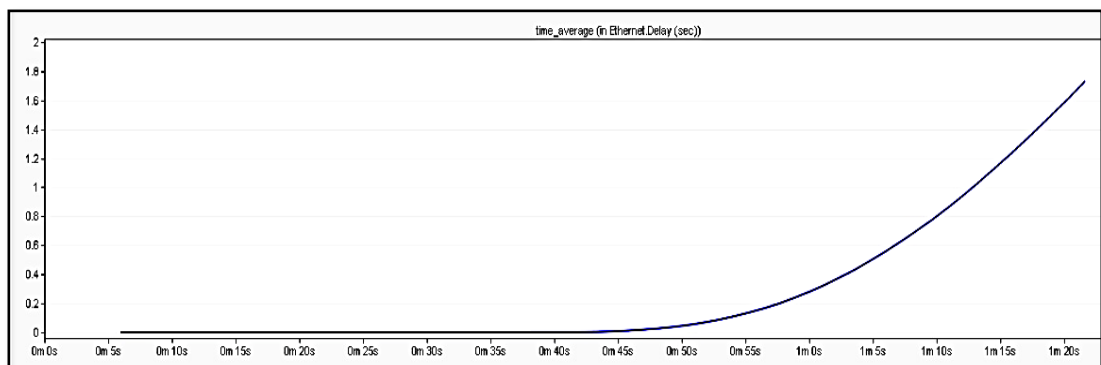


Topología en el software OPNET. Elaborado por: Caiza Segundo

3.9.2 Retarde de la red actual

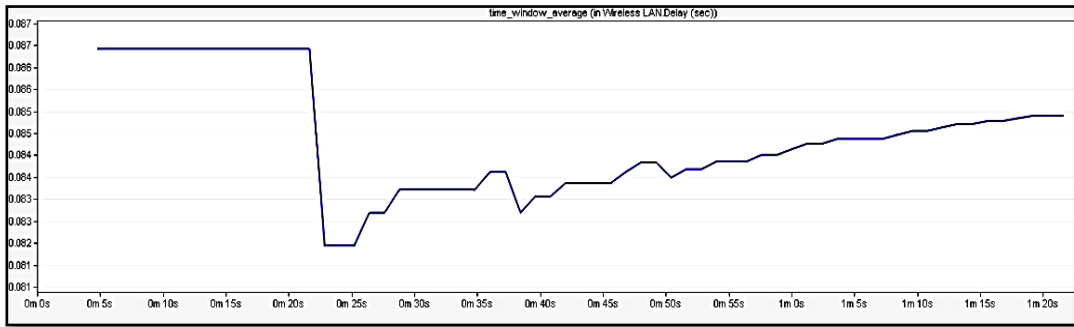
La red actual de la institución se configura con servicios FTP, WEB, MAIL, que son herramientas usadas en el uso frecuente de la red, en el retardo de la red LAN se verifica hasta un incremento de 1.8 segundos, ver figura 3.11, esto hace que la descarga de archivos, el uso del internet al abrir páginas web, o al abrir correos va a generar un retardo para poder visualizar la información,

Figura 3. 11. Retardo LAN.



Retardo en la red LAN en el software OPNET: Elaborado por: Caiza Segundo.

Figura 3. 12. Retardo WLAN.



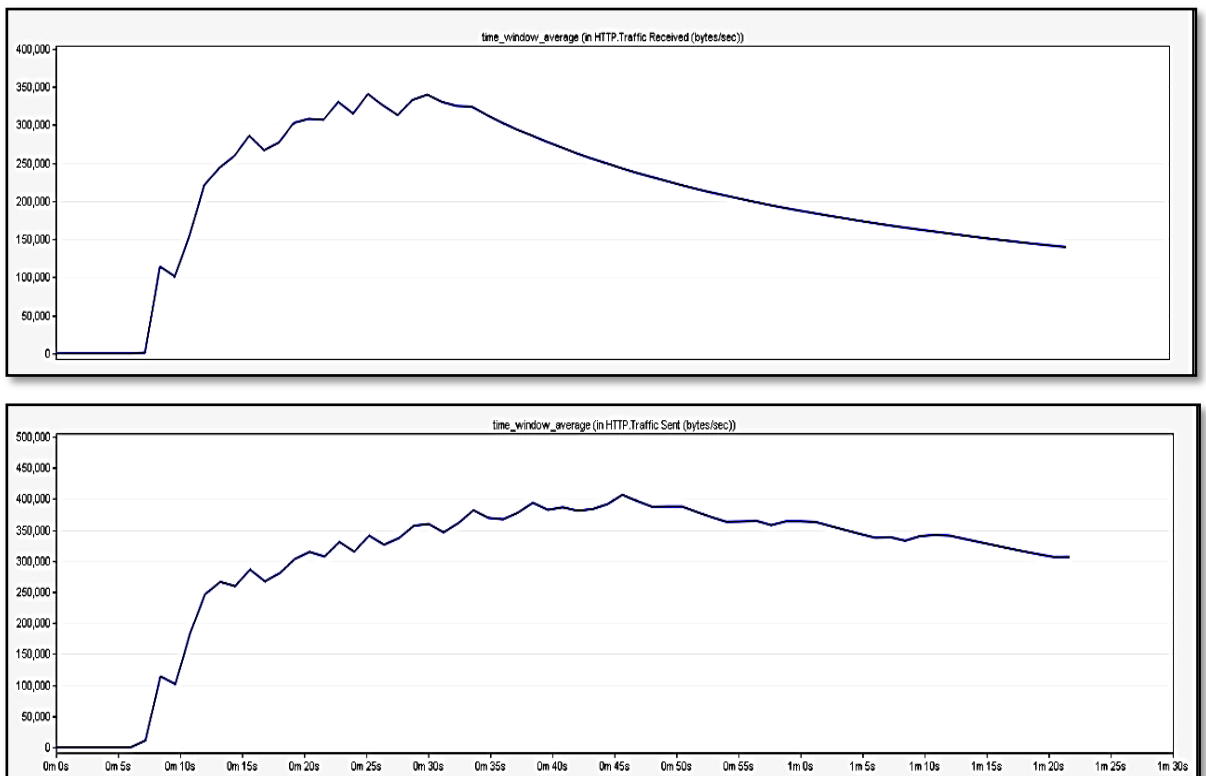
Retardo en la red LAN en el software OPNET: Elaborado por: Caiza Segundo

Las aplicaciones para probar el servicio son las mismas, se genera un retardo de 0.087 segundos, se verifica que se genera un pico máximo al comenzar la transmisión, pero al pasar 1 minuto el retardo se estabiliza alrededor de los 0.085 segundos.

3.9.3 Tráfico generado por el servicio HTTP

Se verifica la tasa de archivos que se envía con éxito y los paquetes que se pierden con el servicio HTTP, mostrando la tasa de paquetes enviados a través de la red, se determina la que el comportamiento actual con un tráfico HTTP y una tasa de 4500 bytes para el tráfico enviado.

Figura 3. 13. Tráfico generado HTTP de la red.



Simulación del tráfico HTTP en la red en el software OPNET: Elaborado por: Caiza Segundo.

3.10 Diseño de la red

Se establece como herramienta de diseño la metodología PPDIIO metodología que CISCO formaliza en el ciclo de la vida de la red, con el fin de definir las actividades y procesos mínimos requeridos para obtener una red con un óptimo desempeño, que para fines de este proyecto se enfoca en las 3 primeras fases preparar, planificar y diseñar, cada fase será detallada en los siguientes apartados, estableciendo un trabajo con secuencia y ordenado y así va complementando cada proceso expuesto.

3.11 Etapa de preparación y planificación del nuevo modelo

Se identifica esta fase con el levantamiento de la línea base, estableciendo las principales necesidades de la institución, identificando falencias del diseño actual de la red, se establece la instalación de equipamiento para la gestión y para el despliegue de la red, además que se debe implementar el uso de fibra óptica como medio de transmisión para la distribución del cableado vertical o backbone, que tiene varias ventajas sobre el tipo de cableado cat. 5e, que está instalado en la institución.

Se establece el uso de un dispositivo router encargado del enrutamiento, para la gestión y administración del tráfico que se genere dentro de la institución. Además, que se debe adquirir recursos tecnológicos para la implementación de la red inalámbrica como puntos de acceso, así cubrir áreas con baja señal de la red, haciendo operativa en su totalidad dentro del obra civil de la institución.

3.12 Etapa de diseño

El diseño se lo realiza en dos aspectos físico y lógico, físico con todo lo que es equipamiento cableado y demás dispositivos que sean tangibles o visibles, el diseño lógico es un diseño mediante software que se lo ejecuta en software especializado para el monitoreo y para tener la visión de que óptimo es nuestro diseño, se lo puede realizar para probar el desempeño de la red diseñada.

El diseño se establece con el uso de un espacio dentro del bloque principal destinado para el cuarto de equipos que desde este apartado será conocido como cuarto de telecomunicaciones, este espacio deberá cumplir con la normativa vigente tanto en el área optima de uso, como en el uso de equipamiento físico para la distribución de los medios de transmisión dispuestos para el cableado de fibra óptica para la distribución del backbone, y el cable Cat. 6A. para el acceso a la red.

La distribución se lo realizara instalando bandejas o escalerillas metálicas para no afectar con la infraestructura civil de la institución, la ventaja de usar las bandejas metálicas es la fácil distribución en espacios pequeños y además de ser el caso tendrá la posibilidad de llevar cable para la carga eléctrica y el cableado de la fibra óptica en la misma estructura metálica, ya que la fibra óptica no presentara atenuación por interferencia de cualquier veneno eléctrico que este a su alrededor.

3.12.1 Núcleo contraído

Se enfoca en ubicar en un solo nivel la capa de núcleo y distribución, permitiendo que un equipo combine estas dos capas en una única, con la característica de reducción de costos en equipamiento. Además, para seguridad de la red se implementa la característica de EtherChannel en cada enlace de la red, generando un enlace con redundancia en la parte lógica, los dispositivos que se usaran en el diseño tienen la opción de heredabilidad, manejo de vlans, administración, gestión, creación de políticas de seguridad atrases de la implementación de listas de control de acceso.

3.12.2 Capa de acceso

Permite a los dispositivos acceder a la red con conexión directa, los usuarios que se conectan a la red podrán usar los recursos tecnológicos de la institución con los respectivos permisos que el área de tecnología otorgue.

3.12.3 Cantidad de usuarios red LAN y WLAN

El procedimiento para obtener la cantidad de usuarios se determinó en base a un análisis de crecimiento poblacional de los últimos 11 años, en el cálculo matemático se obtiene una comparación entre el año 2009 – 2020 obteniendo una tasa de crecimiento del 7% como se detalla en el siguiente ítem.

$P_{inicial} = 210$ alumnos y docentes (2009)

$P_{final} = 475$ alumnos y docentes (2020)

taños = 11 años

r = Porcentaje de crecimiento

$P_t = P_0 (1 + r)^t$ Ecuación crecimiento poblacional Ec. (3. 1)

$475 = 210 (1 + r)^{11}$ Sustituyendo valores

$(1 + r)^{11} = 475 / 210$

$$1 + r = (475/210)^{1/11} \quad \text{Despejar } r \text{ (tasa de crecimiento población)}$$

$$r = 0.07$$

$$r = 7\%$$

Al obtener la tasa de crecimiento en los últimos 11 años de la institución, se determinó realizar un crecimiento del doble del análisis anterior en el mismo rango de tiempo, en la cual el diseño se enfocará a un crecimiento del 14% en 11 años.

$P_{\text{inicial}} = 475$ alumnos y docentes (2020) y $P_t =$ alumnos y docentes (2031)

$t = 11$ años y $r =$ tasa de crecimiento.

– **Resolución**

$$P_{\text{final}} = P_{\text{inicial}} (1 + r)^t \quad \text{Ecuación crecimiento poblacional Ec. (3. 2)}$$

$$P_{\text{final}} = 475 (1 + 14\%)^{11} \quad \text{Sustituyendo valores}$$

$$P_{\text{final}} = 2000 \text{ personas}$$

En la tabla 3.7 el valor de proyección al año 2031 es de alrededor de 2000 alumnos, este valor permitirá un dimensionamiento correcto de la red.

Tabla 3. 7. Proyección UESANA.

Proyección	Usuarios
Alumnos	1850
Docentes	75
Administrativos	25
Invitados	50
Total	2050

Elaborado por: Caiza Segundo

3.12.4 Dimensionamiento de la red WLAN

La métrica de América Latina y el Caribe enfocada en la transformación digital menciona que cada usuario puede usar 3 dispositivos terminales (laptop, smartphone y Tablet) para conectarse hacia el Internet, es por esta razón que el dimensionamiento cuenta con 3 dispositivos por cada usuario garantizando un ecosistema digital para la institución. (Telecom Advisory Services, 2017)

En la tabla 3.8 se detalla el ítem de invitados y hace referencia a personas que visitan la institución y puedan tener acceso al internet con aproximadamente 50 personas.

Tabla 3. 8. Dimensionamiento WLAN

Proyección de usuario que accedan a la red Inalámbrica	Cantidad de usuarios	Métrica 3 dispositivos por cada persona
Alumnos	1850	5550
Docentes	75	225
Administrativos	25	75
Invitados	50	150
Total	2000	6000

Elaborado por: Caiza Segundo

3.12.5 Dimensionamiento de la red LAN

El dimensionamiento de la red cableada se tomó en cuenta los puntos de datos distribuidos por cada segmentación alumnos, docentes y administrativos, para proporcionar acceso a internet de manera física como se observa en la tabla 3.9-11.

Tabla 3. 9. Dimensionamiento LAN Alumnos

Segmentación	Usuarios	Áreas	# Espacios	# Punto de datos	Total
Alumnos	1850	Laboratorio 1-6	6	30	180
		Aulas Elemental	5	2	10
		Aula Básica	12	2	24
		Aula Bachillerato	12	2	24
		Biblioteca	1	16	16
		Sala de video 1-2	3	5	15
		Total			

Elaborado por: Caiza Segundo

Tabla 3. 10. Dimensionamiento LAN docentes

Segmentación	Usuarios	Áreas	# Espacios	# Punto de datos	Total
Docentes	75	Sala de profesores	6	4	24
		Espacio de reuniones	2	4	8
		Atención a padres de familia	4	4	16
		Total			48

Elaborado por: Caiza Segundo

Tabla 3. 11. Dimensionamiento LAN administrativos

Segmentación	Usuarios	Áreas	# Espacios	# Punto de datos	Total
Administrativos	25	Rectorado	1	2	2
		Tesorería	1	2	2
		Secretaria	2	2	4
		Departamento medico	1	2	2
		Personal administrativo	4	2	8
		Inspección	3	2	6
		Total			24

Elaborado por: Caiza Segundo

3.12.6 Segmentación de la red

La red es segmentada en función de los roles que cumplen cada persona en la institución, ver tabla 3.12, con 4 tipos de segmentaciones por medio de VLAN (redes de área local virtual) con el objetivo de brindar una mejor seguridad y administración, la segmentación cuenta con un rol más de administración de equipos para el personal del departamento de tecnologías (vlan 90).

Tabla 3. 12. Segmentación por medio de VLAN

SEGMENTACIÓN IPV4 UNID SANTA ANA				
VLAN	SEGMENTACIÓN	HOST LAN	HOST WLAN	TOTAL, HOST
Vlan 10	ALUMNOS	269	5550	5819
Vlan 20	DOCENTES	48	225	273
Vlan 30	ADMINISTRATIVOS	24	75	99
Vlan 40	INVITADOS	0	150	150
vlan 90	ADMIN	25	0	25

Elaborado por: Caiza Segundo

3.12.7 Modelo de direccionamiento IPv4

El direccionamiento IPv4 es privada de clase B característico para medianas empresa e instituciones educativas, se encuentran asignadas las direcciones en función de la segmentación realizada anteriormente. El direccionamiento ver tabla 3.13, tiene un crecimiento a 11 años que puede tener la institución y con la métrica de América latina que cada usuario accede con 3 dispositivos a una red en una institución.

Tabla 3. 13. Direccionamiento IPv4 Santa Ana

DIRECCIONAMIENTO						
VLAN	ACRÓNIMO	HOST	DIRECCIÓN RED	MASCARA	1 ERA IP DISPONIBLE	ULTIMA IP DISPONIBLE
vlan 10	alumnos	5819	172.16.0.0 /19	255.255.224.0	172.16.0.1	172.16.31.254
vlan 20	docentes	273	172.16.32.0 /23	255.255.254.0	172.16.32.1	172.16.33.254
vlan 40	invitados	150	172.16.34.0 /24	255.255.255.0	172.16.34.1	172.16.34.254
vlan 30	administrativos	99	172.16.35.0 /25	255.255.255.128	172.16.35.1	172.16.35.126
vlan 90	Admin	25	172.16.35.128 /27	255.255.255.224	172.16.35.129	172.16.35.158
vlan 50	Server	25	172.16.35.160/27	255.255.255.224	172.16.35.161	172.16.35.190

Elaborado por: Caiza Segundo

3.12.8 Selección de fabricante para el equipamiento

El proceso para la selección optima del equipamiento en el diseño, es en base al cuadrante de gartner, empresa encargada realiza investigaciones analizando estándares de calidad enfocado en el marco tecnológico con características de adaptación de sus

equipos a entornos desfavorables. Adicionalmente se realiza una tabla de decisión con las características de los equipos, el valor de 3(bueno), 2 (regular) y 1(malo). El diagrama de gartner detallado en el anexo 3 se enfoca en el análisis de fabricantes para infraestructuras de acceso LAN y WLAN en el año 2019, en la cual Cisco se entra liderando el mercado muy cercano con la marca Aruba que se encuentra como segundo proveedor más grande en el mundo. (Gartner, 2019).

Este análisis en función del anexo 3 proporciona una clara idea de sugerencia para trabajar con la Marca cisco para el diseño, pero hay q tener en cuenta que al ser una red grande el costo del equipamiento activo será elevado, es por esta razón que se plantea una segunda opción de fabricante de la marca Tp-link con características cercanas a un costo menor y con excelente calidad.

3.13 Red lógica WLAN

3.13.1 Tecnología a usar

La tecnología en los dispositivos inalámbricos para diseño debe trabajar en la banda 2,4 GHz y 5 GHz es decir (Dual-Band) con el propósito de a futuro trasladarse a operar en una banda sin saturación y con más prestaciones con una buena experiencia al usuario final. Adicionalmente sea compatible con estándares IEEE 808.11 a, b, g, n y ac. Adicionalmente que posea un tipo de seguridad optimo (Wireless security), con la capacidad de genera redes de área local virtual para mejorar su administración.

3.13.2 Aplicaciones típicas que usan los usuarios

De manera general se toma el ancho de banda en base a una navegación principal que posee los usuarios con un total de 16,5 Mbps como se detalla en la tabla 3.14 estos datos se tomados de la Federal Communications Commission.

Tabla 3. 14. Aplicaciones comunes

Actividad	Velocidad [Mbps]
Navegación general y correo	1
Medios sociales	1
Descarga de video	3
Descarga de archivos	11
Total	16

Elaborado por: Caiza Segundo

3.13.3 Número de Access Point

Para el diseño de la red WLAN se tomó en cuenta ancho de banda que es usado por el personal administrativo, docentes y estudiantes, dimensionando que tengan acceso a páginas web, video conferencias, redes sociales con un total de 16 Mbps.

3.13.3.1 Usuarios

El número de usuarios se toma como referencia la tabla 3.8 y detalla la proyección dentro de 11 años que puede tener la Institución, el valor total es de 2050 personas.

3.13.3.2 Utilización

La utilización es del 64 % debido a que no todos los usuarios se conectan a la red inalámbrica al mismo tiempo y en algunos casos no posee un dispositivo electrónico (smartphone), para el acceso al internet este valor se obtuvo por medio del “*Institución Nacional de estadísticas y censos*” (INEC, 2017) en base a la información “*Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación*” en el apartado de porcentajes de personas que tienes un teléfono celular activado y en uso para acceso a Internet es del 64 % desde los 5 años en adelante en el Ecuador en el año 2017.(INEC, 2017)

3.13.3.3 Velocidad

Velocidad teórica del estándar 802.11 ac, n es de 867 Mbps y 450 Mbps respectivamente, en el diseño se toma de referencia el estándar 802.11 n con 300 Mbps debido a que es indispensable trabajar con valores no teóricos en el dimensionamiento.

3.13.3.4 Valores estimados

- Número de usuarios = 2050 personas.
- % Utilización= 64%
- Velocidad = 300 Mbps

$$\text{Cantidad de Access Point} = \frac{\text{Ancho de bada} * \# \text{ Usuarios} * \% \text{ Utilización}}{\text{Velocidad de propagación}} \quad \text{Ec. (3. 3)}$$

$$\text{Cantidad de Access Point} = \frac{16 * 2050 * 0.64}{300}$$

Cantidad de Access Point = 70 dispositivos.

En base a la utilización de la red inalámbrica se precisan de 70 dispositivos, su ubicación será en pasillos, aulas y lugares concurridos de la institución.

3.14 Red física WLAN

3.14.1 Equipamiento a usar

Previamente se hizo un análisis por medio del cuadrante de gartner, el fabricante Cisco fue el que proporciona mayores prestaciones, pero uno de los problemas es el alto costo de estos equipos y es por esto que se buscara una segunda marca que preste las mismas características a un menor precio con una buena calidad como el fabricante Tp-link.

3.14.2 Controlador WLAN

El controlador inalámbrico es idóneo para la administración centralizada de una red inalámbrica, el equipo a usar se lo escogió por medio de dos análisis, el primero por el cuadrante de gartner, en la cual se determinó dos fabricantes Cisco 3504 como líderes y Tp-link AC-500 como Nichos. La segunda forma es una comparación de características que se encuentran en el anexo 4, en base a esta se realizó la tabla de decisión y se detallan en la tabla 3.15, los parámetros comparados es la cantidad de dispositivos a gestionar, recopilación datos de los usuarios, dispositivos y aplicaciones, seguridad, puertos, tecnología. Adicionalmente un diferenciador principal fue el costo del dispositivo activo como se detalla en el anexo 5.

El diferenciador principal es el costo entre los dos fabricantes, pero Cisco tiene características adicionales de la serie 3504 como Multigigabit Ethernet, tecnología SD-Access encargada de la automatización de redes, gestión de RF proporcionando la identificación de interferencias en tiempo real de señal para un mejor rendimiento, cuenta con video de alto rendimiento con tecnología de Cisco VideoStream.

Tabla 3. 15. Tabla de decisión del controlador inalámbrico

Características	Cisco 3504	Tp-link AC-500
Máximo de AP	2	3
Tecnología Multigigabit	3	1
Interfaces Gigabit	2	3
Clientes Simultáneos	2	3
WIFI de Alta Calidad	3	3
Throughput	2	3
VLAN	3	3
Admite POE	3	3
Protocolo de transporte	3	2
Autenticación	3	3
Valor	1	3
Total	27	30

Elaborado por: Caiza Segundo

El dispositivo a usar en el diseño es del fabricante AP Tp-link AC-500 por poseer características idénticas a cisco a un menor precio.

3.14.3 WLAN acceso

Para la selección del AP se compararon las características de dos fabricantes uno de un costo alto y otro de menor valor, el requerimiento es que los dos se encuentren en el cuadrante de gartner, el gran diferenciador fue el costo ya que los dos fabricantes de Access Point poseían características de alta velocidad y un acceso seguro, posee conectividad Gigabit Ethernet y portal cautivo y se detallan en la tabla 3.16.

El AP Tp-link es escogido para el diseño de la red, esta proporciona conectividad inalámbrica 802.11ac hasta tres veces la velocidad 802.11n, posee interfaz LAN Gigabit Ethernet con Power over Ethernet. Adicionalmente, tiene tecnología de entrada múltiple, salida múltiple (MU-MIMO) para alcanzar el máximo rendimiento. Las características comparativas con detalle del AP se encuentran en el anexo 6-7.

Tabla 3. 16. Tabla comparativa

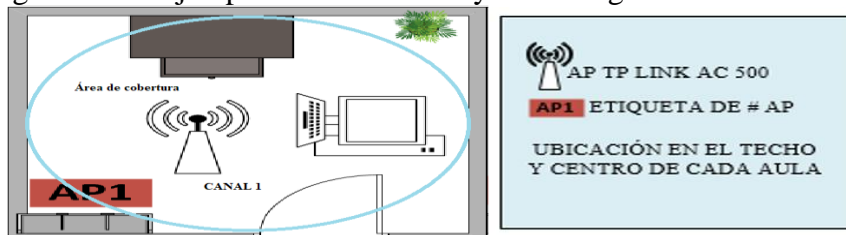
Características	AP WAPP371	EAP245
Ambientes	Interior	Interior
Velocidad en 2,4 GHz	450 Mbps	450 Mbps
Velocidad en 5 GHz	1.3 Gbps	1.3 Gbps
Modo POE	Si	Si
Precio	\$ 291	\$110

Elaborado por: Caiza Segundo

3.14.4 Canales

Para la selección del canal es recomendable trabajar en el canal 1, 6 y 11 debió a que no se superpone entre si es por esta razón que posee esta disposición en el caso de estudio, cabe mencionar que el punto de acceso Tp-Link posee un censado automático de canal y permite escoger el canal menos congestionado.

Figura 3. 14. Ejemplo de distribución y canal asignado en la institución



Elaborado por: Caiza Segundo

3.14.5 Ubicación

En base a la visita técnica que se realizó se identificó los diferentes obstáculos que la Institución posee como ventanas, puertas concreto, las mismas ocasionan una degradación de la señal inalámbrica, en la tabla 3.17 se muestra los materiales principales que la institución posee con su respectiva atenuación.

Tabla 3. 17. Valores de Interferencia

Material	Atenuación
Cristal	2dB
Madera	3dB
Bloque hormigón	5dB
Muro de cemento	10-15dB

Fuente: (Martínez, 2013)

Una correcta instalación y ubicación permite un desempeño óptimo en la señal inalámbrica, se determinó en el techo la ubicación y el montaje de los AP's, permitiendo una vista sin obstrucciones hacia los clientes inalámbricos. Al distribuir los AP's de manera uniforme en un techo proporciona niveles de señal muy uniformes para todos los dispositivos cliente a nivel del piso.

En la tabla 3.18 se detallan la cantidad de Access Point con su respectiva ubicación en cada bloque con un total de 38 AP de los 70 AP diseñados debido a que los restantes son para el crecimiento que la Institución podrá tener a futuro en un rango de 11 años.

Tabla 3. 18. Cantidad de Access Point

Cantidad de AP			Área	# Piso
AP 1	AP 6	AP 11	Bloque A	Piso 1
AP 2	AP7	AP 12		
AP 3	AP8	AP 13		
AP 4	AP 9			
AP 5	AP 10			
AP14	AP 17	AP 20	Bloque B	Piso 1
AP 15	AP 18	AP 21		
AP 16	AP 19	AP 22		
AP 23	AP 26	AP 29	Bloque A	Piso 2
AP 24	AP 27	AP 30		
AP 25	AP 28			
AP 31	AP 34	AP 37	Bloque A	Piso 3
AP 32	AP 35	AP 38		
AP 33	AP 36			

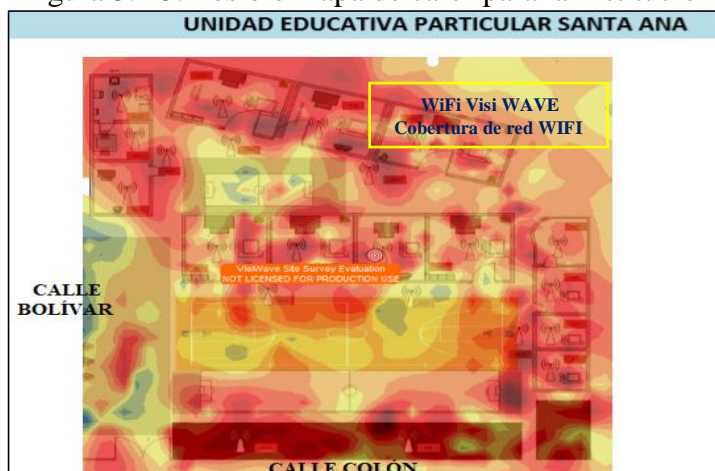
Elaborado por: Caiza Segundo

Se observa en el anexo 8-11 de manera general la ubicación de los AP's con su respectiva simbología en cada aula y pasillo permitiendo dar cobertura inalámbrica a

toda la institución, en cada anexo cuenta con el bloque A, B, además de la primera, segunda y tercera planta.

Mediante el software VisiWave se realizó posibles mapas de calor con la cobertura que puede tener la institución, la misma se observa en la tabla 3.15 en la cual se trabajó con un access point de casa HUAWEI HG8045H con tecnología 802.11 n y se recorrió por la institución y se ubicó en lugares donde se diseñó, en base a esto se logró determinar un posible mapa de calor con una cobertura excelente debido a que el color rojo y amarillo representa una señal eficiente como se detalla en la tabla 3.6.

Figura 3. 15. Posible mapa de calor para la Institución



Elaborado por: Caiza Segundo

3.15 Diseño físico LAN

3.15.1 Selección de Equipamiento

Para la selección del equipamiento en la parte de la red por cable o red LAN se usan tablas de decisión comparando las principales características de 3 marcas reconocidas en el área de telecomunicaciones y que se detallan en el anexo 12, se eligió la tecnología MikroTik, marca reconocida por manufacturar equipamiento tecnológico versátil y reconocido en el mercado mundial, la marca se eligió porque tiene como punto diferenciador el precio de su tecnología en los equipos a comparación de los equipos de CISCO o ARUBA que ofrecen las mismas características pero a mayor precio, las tablas comparativas sirven para tomar la decisión crítica entre tecnología-precio, se utiliza un dispositivo que se ajusta a las necesidades de la institución, de gama alta para soportar las tecnologías futuras, con herramientas de gestión y administración para ajustar los parámetros del equipo de forma que cubra todos los requerimientos tecnológicos de seguridad, segmentación, y velocidad que la institución solicita y con un precio accesible.

MikroTik cumple con las características de disponibilidad y heredabilidad propias para la institución, Mikro Tik al igual que CISCO tienen diferentes características en cuanto a tecnología, pero el principal diferenciador es el precio y compatibilidad con los dispositivos de otras marcas tecnológicas. ARUBA presenta menos diferenciadores en cuanto a características de sus equipos, pero el rendimiento del equipo y sus garantías son mayores, pero no llegan a ser un diferenciador para que se seleccionen estos equipos para el diseño del proyecto.

3.15.2 Equipos núcleo contraído

En la parte de selección de equipos se realizó una tabla de decisión para comparar las diferentes características de los equipos seleccionados, se muestra en la tabla 3.19, que se da un valor numérico de 5 como puntaje más alto y 1 en el más bajo, el equipo que se elige por mayor porcentaje es un equipo MikroTik CCR1072-1G-24S+ con un valor de 58/60, varias de las características presentadas son características necesarias para cumplir con los requerimientos de la institución, el diferenciador principal que se presenta es el precio de los equipos con equipos de similares características, las hojas de datos y características se las muestra en el anexo 12.

Cisco tiene la configuración de pila o stack para usar varias unidades como si fuera una sola en la capa de núcleo, proporcionando un respaldo de equipos, pero este tipo de configuraciones se usa para implementaciones de centro de datos y apilamiento de servidores usados en grandes empresas, lo que sería sobre dimensionar la tecnología del diseño sumando más costos al proyecto.

MikroTik al igual que ARUBA maneja puertos SFP + a 10 Gbps, la cantidad que maneja es diferentes, en primer lugar, la marca MikroTik tiene disponible 24 puertos, mientras que la otra marca dispone de 4 puertos con las mismas características que servirán para desplegar el cableado vertical en la institución que debe transmitir la información con la mayor velocidad disponible en la red.

Característica adicional de MikroTik es el manejo de la memoria RAM que cuenta con 16 Gb, a diferencia de CISCO y ARUBA que manejan menor memoria, con un total de 120 millones de paquetes por segundo disponibles para procesar y transmitir.

Tabla 3. 19. Tabla de decisión Sw3 núcleo contraído

TABLA DE DECISIÓN SW3				
EQUIPO	Marca	Cisco	HPE Aruba	MikroTik
	Modelo	3850-48XS-S	G2030-24G	CCR1072-1G-24S+
GENERAL	VLAN	5	5	5
	Memoria RAM	4	3	5
	Memoria flash	5	2	4
	QoS	5	5	5
	Precio	2	1	5
REDES	Protocolo enrutamiento	4	4	5
	Gestión remota	5	3	5
PUERTOS	Tipo RJ45	5	5	5
	Cantidad	5	5	5
PUERTOS SFP	Cantidad	4	3	5
SEGURIDAD	Redundancia	5	3	4
	ACLs	5	5	5
TOTAL		54	44	58

Tabla de decisión Sw3, con características de cada equipo seleccionado Elaborado por: Caiza Segundo

– **Justificación de equipo elegido**

Se determina el uso del dispositivo MikroTik CCR1072-1G-24S+ como núcleo contraído por las características de seguridad, la posibilidad de adaptarse a nuevas tecnologías de velocidad según el equipamiento de fibra óptica que se use hasta 10 Gb, cumple con la función de segmentación uso de VLAN, gestión y administración de la red, se puede configurar enlaces redundantes porque tiene la capacidad de manejar puertos con la característica de EtherChannel que nos ayuda a crear enlaces redundantes e incluso aumentar la velocidad de transmisión de datos y así obtener un puerto con alta capacidad.

3.15.3 Equipos de acceso

Se utiliza el método de tabla de decisión para comparar 3 diferentes dispositivos en la parte de acceso a la red detallado en el anexo 13, el equipo seleccionado es el equipo MikroTik CRS226-24G-2S+RM con un valor de 39/40 detallado en la tabla 3.20, al ser compatible con la tecnología óptica con el dispositivo de núcleo contraído, puede heredar la misma gestión y control de tráfico generado dentro de la institución, con las principales características de crear redes VLAN, marcaje de paquetes, configurar protocolos, compatible con protocolo IPv6 para nuevas tecnologías, con la posibilidad

de usar 24 puertos Giga Ethernet, y dos puertos SFP para los enlaces principales, uso de puertos Giga Ethernet con tecnología PoE.

La principal característica de MikroTik sobre las marcas CISCO y ARUBA es que manejan puertos PoE pasivos, tienen las mismas características tecnológicas en cuanto al manejo de VLAN que se usan para la segmentación de la red y cuentan con enlaces de fibra óptica para conectarse al equipo de núcleo contraído.

– **Justificación del equipo elegido**

Se determinó el uso del dispositivo MikroTik CRS226-24G-2S+RM como dispositivo de acceso a la red para equipos finales y para distribuir puntos de acceso a la red en toda la institución, su uso se basa en las características de seguridad, la posibilidad de conectarse a el equipo de núcleo contraído mediante fibra óptica con una velocidad según el equipamiento de fibra óptica que se use hasta 10 Gb., segmentación de la red mediante VLAN, tiene la capacidad de manejar puertos con la característica de EtherChannel que nos ayuda a crear enlaces redundantes e incluso aumentar la velocidad de transmisión de datos mediante puertos troncales con alta capacidad. Cuenta con la característica de gestión remota mediante el protocolo VRRP.

Tabla 3. 20. Tabla de decisión

Tabla de decisión capa 2			
Marca	Cisco	MikroTik	Aruba
Modelo	SG 220-26	CRS 226-24 G	2530-48G (J9775A)
VLAN	4	4	4
Memoria flash	2	2	4
Puertos	5	5	5
Cantidad	5	4	3
Algoritmos de seguridad	5	5	5
ACLS	5	5	3
Rendimiento	4	4	5
POE	2	5	2
Precio	1	5	1
TOTAL	33	39	32

Tabla de decisión Sw2, con características de cada equipo seleccionado Elaborado por: Caiza Segundo

3.15.4 Transceptor

El dispositivo de núcleo contraído depende del dispositivo transceptor que va a ser uno de los determinantes para la velocidad, el dispositivo S+31DLC10D, usa un láser de características detalladas en la tabla 3.21, permiten extender la distancia y el flujo de

información dentro de la fibra óptica, la velocidad máxima de transmisión es de 10 Gbps.

Tabla 3. 2.1 Características de Transceptor

Características S+31DLC10D	
MARCA	MikroTik
Tipo de conector:	Dual LC UPC
Velocidad de transferencia:	10 Gbps
Dimensiones	Dimensiones (H x W x D): 8,5 x 13,4 x 56,5 mm
Láser	IEC 60825-1
Protocolo de interconexión:	10 gigabit Ethernet

Tabla de características de transceptor. Elaborado por: Caiza Segundo

3.15.5 Cableado vertical

En el cableado vertical o cableado de backbone se usa como medio de transmisión la F.O con las especificaciones de baja atenuación mostradas en la tabla 3.22, las principales características de la fibra que selecciono es de tipo monomodo que permite transmitir datos en un amplio ancho de banda y a grandes distancias, con la posibilidad de uso para instalación en interiores Monomodo OS1.

El diseño óptico debe seguir las especificaciones de la norma G652 D con el más bajo coeficiente de atenuación, la principal característica de la fibra óptica seleccionada es cubrir grandes distancias mayores a 100 metros que limita la comunicación por cable UTP, con la opción de manejar diferentes velocidades según el transceptor que se conecte al medio de transmisión y usando un enlace dedicada o redundante pobra cubrir las necesidades de conexión dentro de los dispositivos de la UEPSA.

Tabla 3. 22. características de Fibra Óptica

FIBRA ÓPTICA MONOMODO		
CARACTERÍSTICAS DE LA FO	G. 652 D	
Coeficiente de Atenuación (dB/Km)	1310 nm	<= 0,35
	1383 nm	<= 0,35
	1460 nm	<= 0,25
	1550 nm	<= 0,21
Dispersión Cromática (ps/nm Km)	1285 - 1330 nm	<= 3
	1550 nm	<= 18

Tabla de características de atenuación de fibra óptica Elaborado por: Caiza Segundo

La fibra óptica para el despliegue del cableado vertical es de tipo monomodo OS1 con especificación G652D. que tiene la capacidad de actualizar la velocidad de la transmisión de información cada tiempo que el usuario modifique el tipo de transceptor

en los equipos de núcleo y acceso, este medio de transmisión conecta el cuarto de telecomunicaciones con los diferentes dispositivos de acceso.

3.15.6 Cableado Horizontal

Para el cableado vertical se usa el cable de cobre UTP Cat 6A. se implementa en el diseño para conectar los dispositivos finales, se usa en la distribución de cableado en los organizadores o patch panel hacia el SW de acceso, se usa para el despliegue del cableado de red dentro de la institución para ubicar los puntos de red en cada área, en el cableado para conectar los Access Point, para conectar dispositivos finales como lectores biométricos, cámaras, alarmas.

El cableado del diseño será cable UTP Cat. 6A. con apantallamiento global de tipo FTP, que tiene protección contra carga electromagnética, y que puede cubrir un recorrido de hasta 100 metros, se usa en cada extremo conectores de tipo RJ-45, y se distribuye dentro de las bandejas que recorren los principales pasillos de la institución.

Se detalla características de cable categoría 6 A, ver tabla 3.23 se verifica que el tipo de construcción, atenuación, tasa de transmisión de información.

Tabla 3. 23. Características de Fibra Óptica

CABLEADO HORIZONTAL	
ESPECIFICACIONES	CATEGORÍA 6A
Frecuencia	500 MHz
Máxima tasa de datos	10 Gbase-T
Precio rollo	\$220

Tabla de características de atenuación de fibra óptica Elaborado por: Caiza Segundo

3.16 Diseño Lógico LAN

La lógica se especifica las diferentes herramientas, el direccionamiento lógico esta ya detallado en el apartado de Modelo de direccionamiento IPv4, tal segmentación permite dividir a los diferentes usuarios de la red en grupos o bloques que reducen el tráfico que se genera, se puede gestionar el tipo de información que está disponible.

3.16.1 Ether Channel

En el caso de la red de la institución se usa en la capa de núcleo colapsado, sirve para la agrupación de dos o más puertos físicos y generar un solo puerto lógico troncal, con

la opción de ser redundante que permite tener respaldo de que si un enlace falla tiene la opción de seguir operativa la red con un solo enlace de los dos por respaldo.

3.16.2 Administración remota

Se implementa el protocolo SSH con privilegio 15 para el dispositivo SW3, para poder administrar de forma remota desde una estación alejada de los dispositivos.

3.16.3 Creación de VLAN

Permiten segmentar la red, organizar en grupos para otorgar permisos requeridos por cada área y configurados por el personal de administración de la red, los grupos creados son: ALUMNOS, DOCENTES, ADMINISTRATIVOS, INVITADOS, ADMIN.

3.16.4 Protocolo VTP

Se configura para que se herede los cambios generados en el servidor VTP y los tomen automáticamente los usuarios VTP, se lo usa para no realizar la configuración individual de los dispositivos.

3.16.5 Protocolo DHCP

Encargada de la asignación dinámica de direcciones IP habilitadas para el uso de la red, se configura para la asignación de la IP sin duplicar ninguna dirección y no generar algún conflicto de red, el tiempo de arrendamiento de dirección es 24 horas.

3.16.7 Seguridad

Se configura seguridad en la red, para asignar los diferentes tipos de tráfico a las diferentes subredes, tiene la opción de permitir el tráfico o denegarlo contenidos innecesarios para los diferentes grupos de red, puede realizar un incluso un filtrado de usuarios que ingresan a usar los recursos de la red otorgando permisos básicos sin privilegios a la red “invitados”, incluso limitando el uso de los recursos de la red.

3.17 Ubicación de equipos

Se determina el espacio físico para la instalación del equipo activo SW3 núcleo colapsado, que debe ubicarse de preferencia en la parte céntrica de la infraestructura

civil de la institución, los equipos de distribución SW2 se ubicaran en los espacios determinados para los cuartos de equipos alrededor de la institución con ubicación estratégica al igual que el SW3.

La distribución de los dispositivos se lo detalla en la anexa 14, que muestra según la segmentación de la institución separada por bloques, se identifica el número de usuarios que debe manejar cada área y así especificamos el dispositivo de acuerdo al número de puertos que maneja. Cada equipo dispondrá de puertos libre para futuras conexiones en las diferentes áreas.

En el anexo 15 se especifica la ubicación por cada bloque de la institución, detallando el número de host que deben soportar los dispositivos con los AP que se conectaran a los equipos de acceso, el dispositivo de núcleo tendrá conexión directa con los equipos SW2, mediante fibra óptica con la característica de EtherChannel, cada dispositivo final o de acceso se conectara equipos finales a la red mediante cable UTP Cat. 6 A.

CAPÍTULO 4

SIMULACIÓN DE LA RED Y CALIDAD DE SERVICIO

4.1 Implementación de QoS

Esta permite tener diferentes niveles de servicio con el objetivo de asegurar el tráfico. Al aplicar calidad de servicio en la red garantizamos la disponibilidad en aplicaciones críticas.

4.2 Proceso para el estudio de calidad de servicio en la UEPSA

1. Contar con un plan por parte del ISP que asegure un ancho de banda ideal.
2. Identificar el tipo de tráfico y los requerimientos
3. Dividir tráfico y clasificar por aplicaciones con diferentes prioridades, marcando los paquetes con etiquetas que garanticen un tráfico diferenciado.
4. Definir políticas de QoS para cada clase

4.3 Análisis de implementación de QoS

4.3.1 Estudio de ancho de banda

– Navegación web y redes sociales

La Institución utiliza la red diariamente por aproximadamente 8 horas (6 los estudiantes y 8 horas los docentes, personal administrativo).

- Ancho de banda navegación general y correo: 1 Mbps
- Ancho de banda de redes sociales: 1 Mbps

La cantidad de usuarios se toma en base a los siguientes datos:

- Cantidad de alumnos y docentes en el año 2020 con su porcentaje de utilización del 64% este valor se obtuvo por medio del Institución Nacional de estadísticas y censos (INEC) en base a la información Nacional TIC en el apartado de porcentajes de personas que tienen un teléfono celular o computadora.

Usuarios = 475 personas* 64% utilización

Usuarios = 304 personas

TA= [(usuarios* Navegación)]* horas Ec. (3. 4)

TA= [(304 usuarios * 1 Mb)* 8 horas

TA=2432 Mb

$$AB = \frac{TA}{8 \text{ horas}} * \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ Byte}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}} \quad \text{Ec. (3. 5)}$$

$$AB = \frac{2432 \text{ Mb}}{8 \text{ horas}} * \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ Byte}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}}$$

$$AB = 675.5 \text{ kbps}$$

- Tráfico de aplicaciones previsto a 11 años con crecimiento anual del 14%

$$ABc1 = AB + (AB * 11 \text{ años} * 14\%) \quad \text{Ec. (3. 6)}$$

$$ABc1 = 675.5 \text{ Kbps} + (675.5 \text{ Kbps} * 11 \text{ años} * 0.14)$$

$$ABc1 = 1.71577 \text{ Mbps}$$

- **Ancho de banda de correo electrónico**

Actualmente se estima que el personal administrativo y profesores acceden a sus correos a enviar aproximadamente 50 correos. Para el análisis se toma los 50 correos y tamaños de 450 Kbyte.

$$AB = \frac{450 \text{ Kb}}{1 \text{ página}} * \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ Byte}} * \frac{50 \text{ correos}}{3600 \text{ segundos}} \quad \text{Ec. (3. 7)}$$

$$AB = 50 \text{ Kbps}$$

- Tráfico de aplicaciones previsto a 11 años con crecimiento anual del 14%

$$ABc2 = AB + (AB * 11 \text{ años} * 14\%) \quad \text{Ec. (3. 8)}$$

$$ABc2 = 50 \text{ Kbps} + (50 \text{ Kbps} * 11 \text{ años} * 0.14)$$

$$ABc2 = 127 \text{ kbps}$$

- **Ancho de Banda para video conferencia**

El personal administrativo de la institución requiere realizar video conferencias para reuniones con entidades educativas manejando entre 50 llamadas diarias teniendo en cuenta que a un futuro mejorara la brecha digital y por ende se trabaja con plataformas de video. En base a la Tabla 3.14 se tomarán los siguientes datos:

- Ancho de banda de video conferencia: 3 Mbps

$$AB = 50 \text{ llamadas} * 3 \text{ Mbps}$$

$$AB = 150 \text{ Mbps}$$

- Tráfico de aplicaciones previsto a 11 años con crecimiento anual del 14%

$$ABc3 = AB + (AB * 11 \text{ años} * 14\%) \quad \text{Ec. (3. 9)}$$

$$ABc3 = 150 \text{ Mbps} + (150 \text{ Mbps} * 11 \text{ años} * 0.14)$$

$$ABc3 = 381 \text{ Mbps}$$

– **Cálculo de bandwidth mínimo que se requiere en la Institución**

$$AB_{total} = ABc1 + ABc2 + ABc3$$

$$AB_{total} = 1.71577 \text{ Mbps} + 127 \text{ kbps} + 381 \text{ Mbps}$$

$$AB_{total} = 382.84 \text{ Mbps}$$

El proveedor de servicio a contratar por la Institución es un plan mínimo de 400 Mbps para que lleve a cabo sus procesos de manera normal sin ningún percance.

4.3.2 Implementación de calidad de servicio.

4.3.2.1 Análisis del tipo de tráfico

Con el análisis realizado en el capítulo 3 del tráfico generado dentro de la Unidad Educativa se describe a continuación las siguientes aplicaciones.

Tabla 4. 19. Aplicaciones UEPSA

Descripción	Aplicación
Video conferencia	Skype
	Webex
	Zoom
HTTP	Pag. Institución,
CORREO	Correo institucional, Gmail, Hotmail

Aplicaciones comunes de la institución. Elaborado por: Caiza Segundo

- **Requerimiento de la clase video conferencia.**

Para el tipo de tráfico de video conferencia se debe eliminar los tres problemas más frecuentes, las cuales son: la pérdida de paquetes, latencia y jitter, ya que este tipo de problemas provoca que la video conferencia sea entrecortada y se degrade durante su transcurso. En la tabla 4.20 se determina los parámetros que debe cumplir para mantener una calidad alta en video conferencia.

Tabla 4. 20. Parámetros de calidad Video

Parámetros	Valor
Pérdidas de Paquetes	< 0,1 – 1 %
Latencia	< 200 – 400 ms
Jitter	< 30 – 50 ms

Elaborado por: Caiza Segundo

Por sus requerimientos, ver tabla 4.21 esta es la clase con máxima prioridad a ser considerada en el proceso de implementación QoS.

Tabla 4. 21. Protocolos y puertos para video conferencia.

Servicio	Aplicación	Protocolos	Puertos
VIDEO CONFERENCIA	Skype	TCP	8801,8802
		HTTP	8080
		HTTPS	443
		UDP	3478,3479
	Microsoft Teams	TCP	443
		UDP	3478, 3479, 3480, 3481
	Zoom	TCP	80, 443, 8801, 8802
		UPD	3478, 3479, 8801 – 8810

Protocolos y puertos. Elaborado por: Caiza Segundo.

– **Clase de servicios de prioridad alta**

Son servicios con prioridad alta de la institución, estos requisitos están enfocan en eliminar el retraso en la entrega de información, ya que puede afectar directamente al servicio. En cuanto al ancho de banda, el sistema financiero requiere un ancho de banda de 1.6 Mbps, los últimos días del mes se requiera más por el cierre del área contable, para el correo electrónico se requiere ancho de banda de 127 kbps.

Tabla 4. 22. Protocolos y puertos de servicios de prioridad alta

Servicio	Aplicación	Protocolos	Puertos
SISTEMA FINANCIERO	Sistema Financiero integrado	TCP	58080
			59080
			8093
			60080
CORREO ELECTRÓNICO	Correo Institucional	pop3	110
		smtp	25
		imap	143
	Gmail	pop3	995
		smtp	465
		imap	993
	Hotmail	pop3	995
		imap	993
	smtp	587	

Protocolos y puertos. Elaborado por: Caiza Segundo.

– **Clase de servicios de prioridad media**

Están son aplicaciones tolerantes al retardo que se utilizan diariamente en la institución, pero no ocupan mayor ancho de banda, se seleccionó como prioridad media el uso del portal web institucional, el mismo se encuentra accesible para todos

los usuarios que usen la red, en cuanto al ancho de banda en navegación web es de 1.71577 Mbps.

Tabla 4. 23. Protocolos y puertos de servicios de prioridad media

Servicio	Aplicación	Protocolos	Puertos
PÁGINAS WEB	Página Institucional	TCP	80
			443
	YouTube	TCP	80,443

Protocolos y puertos. Elaborado por: Caiza Segundo.

– **Aplicaciones de prioridad baja**

El tráfico que no sea ni voz ni video tiene un comportamiento que puede ser susceptibles a retardo para lo cual se estima como SSH, TELNET, SNMP con una prioridad y descarte bajos, ver tabla 4.24, teniendo en cuenta que el impacto del retardo no afectaría a las funciones normales de la red.

Tabla 4. 24. Protocolos y puertos de servicios de prioridad baja

Servicio	Aplicación	Protocolos	Puertos
RED	ADMINISTRACIÓN	SSH	22
		TELNET	23
		SNMP	161, 162

Protocolos y puertos. Elaborado por: Caiza Segundo.

– **Requerimientos de la Clase de defecto**

Para servicios que no requieran QoS, se considera como tráfico por defecto.

4.3.2.2 Marcaje en las clases de trafico

Se tiene 2 modelos de QoS para una red convergente, cada una de ellas se caracteriza por su forma de operar y ambas arquitecturas trabajan con tecnología IP se detallan a continuación. IntServ (Integrated Services): Método poco utilizado y DiffServ (Differentiated Services): Servicios diferenciado debido a que es el modo más utilizado en redes, ofreciendo una alta flexibilidad y escalabilidad en la implementación de QoS.

El modelo con el que se va a trabajar es DiffServ debido a sus ventajas como su flexibilidad, escalabilidad y sobre todo la distinción de diferentes clases de servicio.

- EF: Tipo de reenvío urgente en esta se tiene perdidas mínimas y el servicio es garantizado de un extremo al otro.

- AF: Tipo reenvió asegurado con clasificación de prioridades como video conferencia y datos de misión crítica de alta prioridad en clase 4 y 3.
- DE: Característica por defecto.
-

Figura 4. 16. Grupos estándar de comportamiento por salto (PHB)

PHB		DSCP	Maps to IP Precedence
Default (Best Effort)		0	0
Scavenger (Less-than-Best-Effort)		8	1
Assured Forwarding			
	Low Drop Pref.	Med Drop Pref.	High Drop Pref.
Class 1	AF11	AF12	AF13
Class 2	AF21	AF22	AF23
Class 3	AF31	AF32	AF33
Class 4	AF41	AF42	AF43
Expedited Forwarding	EF		

Elaborado por: Caiza Segundo

Tabla 4. 25. Marcaje en la clase de video

Clase de Trafico	Aplicaciones UEPSA	Valores de marcaje			
		CAPA 3	DSCP (PHB)	CAPA 2	CoS
CLASE VIDEO	Skype	34- (AF41)	100010	4	
	Microsoft Teams	34- (AF41)	100010	4	
	Zoom	34- (AF41)	100010	4	

Marcaje en QoS. Elaborado por: Caiza Segundo.

En la tabla 4.25 se encuentra el marcaje de cada aplicación de video conferencia con el marcaje de DSCP de tipo AF (PHB), para el marcaje de Skype, Microsoft Teams y Zoom se lo realiza con la clase estándar de AF41 – 34 (DSCP) (100010), por lo que garantiza el ancho de banda y el reenvío asegura, por lo que los 3 bit primeros representan el valor cuatro en IP Precedence que identifica prioridad alta y los siguientes 2 bit representan el valor 1 que significa probabilidad mínima de descarte.

Tabla 4. 26 Marcaje en la clase de prioridad alta

Clase de Trafico	Aplicaciones UEPSA	Valores de marcaje		
		CAPA 3	DSCP (PHB)	CAPA 2 CoS
SERVICIOS DE PRIORIDAD ALTA	Sistema financiero	26- (AF31)	011010	3
	Correo institucional	26- (AF31)	011010	3
	Correo Gmail	26- (AF31)	011010	3
	Correo Homail	26- (AF31)	011010	3

Marcaje en QoS. Elaborado por: Caiza Segundo.

En la tabla 4.26 se encuentra el marcaje del Sistema Financiero con la clase estándar de AF31 – 26 (DSCP) (011010), garantizando el ancho de banda y el reenvío, por lo que los 3 bit primeros representan el valor cuatro en IP Precedence que identifica prioridad media-alta y los siguientes 2 bit representan el valor 1 con probabilidad

mínima descarte. Para el marcaje del Correo Institucional, Gmail y Hotmail se lo realiza con la clase estándar de AF31 – 26 (DSCP) (011010), por lo que los 3 bit primeros representan el valor cuatro en IP Precedence que identifica prioridad media alta y los siguientes 2 bit representan el valor 1 con probabilidad mínima descarte.

Tabla 4. 27. Marcaje en la clase de prioridad media

Clase de Trafico	Aplicaciones UEPSA	Valores de marcaje		
		CAPA 3 DSCP (PHB)		CAPA 2 CoS
SERVICIOS DE PRIORIDAD MEDIA	Página Institucional	18- (AF21)	010010	2
	YouTube	18- (AF21)	010010	2

Marcaje en QoS. Elaborado por: Caiza Segundo.

En la tabla 4.27 se encuentra el marcaje Pagina Institucional e YouTube se lo realiza con la clase estándar de AF21 – 18 (DSCP) (010010), por lo que garantiza el ancho de banda y el reenvío asegurado, los 3 bit primeros representan el valor cuatro en IP Precedence que identifica prioridad media y los siguientes 2 bit representan el valor 1 que significa probabilidad mínima descarte

Tabla 4. 28. Marcaje en la clase de prioridad baja

Clase de Trafico	Aplicaciones UEPSA	Valores de marcaje	
		CAPA 3 DSCP (PHB)	CAPA 2 CoS
SERVICIOS DE PRIORIDAD BAJA	SHH, TELNET, SNMP	10- (AF11) 001010	1

Marcaje en QoS. Elaborado por: Caiza Segundo.

En la tabla 4.28 para este tipo de marcaje se lo realiza con la clase estándar de AF11 – 10 (DSCP) (001010), por lo que garantiza el ancho de banda y el reenvío asegura, por lo que los 3 bit primeros representan el valor cuatro en IP Precedence que identifica prioridad baja y los siguientes 2 bit representan el valor 1 que significa probabilidad mínima descarte. Para la clase de servicio por defecto se asignará el valor de 0 para un comportamiento Best Effort (000000).

4.3.3 Mecanismo de encolamiento

Al haber ya realizado la identificación de cada una de las clases de tráfico que tendrá la institución y el marcaje para cada uno, se escogió el mecanismo de encolamiento CBWFQ, este utiliza class map para realizar la clasificación y asignación es por medio de porcentajes de BW disponible en cada interfaz. El BW que asigna CBWFQ para reserva es únicamente el 75% es por esto por lo que se determina para cada clase en función de su importancia un determinado valor de porcentaje.

Tabla 4. 29. Porcentaje de reserva de cada clase

CBWFQ	Clases de tráfico	Porcentaje de reserva
75%	Clase de video	20%
	Clase de servicios de prioridad alta	40%
	Clases de servicio de prioridad media	10%
	Clases de servicio de prioridad baja	5%
25%	Clase de servicios por defecto	25%

Elaborado por: Caiza Segundo.

4.3.4 Métodos seleccionados en el diseño de QoS

A continuación, se describe en la siguiente tabla un resumen del proceso para la aplicación de la calidad de servicio en la institución educativa.

Tabla 4. 30. Método seleccionado en el diseño de QoS

Modelo	Diffserv
Clasificación	PRIORIDAD DEL SERVICIO
	Clase de Video
	Clase de Servicios de Prioridad Alta
	Clase de Servicios de Prioridad Media
	Clase de Servicios de Prioridad Baja
	Clase por Defecto
Marcaje	DSCP (diferenciar la calidad de servicios)
Mecanismo encolamiento	CBWFQ
Configuración	MQC(ACLs y Class MAP)

Elaborado por: Caiza Segundo.

4.3.5 Implementación de QoS

Para la implementación se seleccionó la configuración MQC el siguiente proceso

1. Mapa de clases: se lo realiza por medio de las ACLs como se detalla a continuación:

Clase de video conferencia
ip access-list extended ACL_VIDEO
permit tcp any any eq 8801
permit tcp any any eq 8802
permit tcp any any eq 8080
permit udp any any eq 3478
permit udp any any eq 3479
permit udp any any range 3480 3481

Clase de servicios de prioridad alta
ip access-list extended ACL_ALTA
permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 58080
permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 59080
permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 8093
permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 60080
permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 110
permit tcp any any eq 25
permit tcp any any eq 143
permit tcp any any eq 995
permit tcp any any eq 465
permit tcp any any eq 993

Clase de servicios de prioridad media
ip access-list extended ACL_MEDIA
permit tcp any any eq 80
permit tcp any any eq 443
permit tcp any any eq 8080

Clase de servicios prioridad baja
ip access-list extended ACL_BAJA
permit tcp any any eq 22
permit tcp any any eq 23
permit tcp any any eq 161
permit tcp any any eq 162

2. Mapa de políticas: Se configura los parámetros de calidad de servicio que contiene cada clase

Clase Video

```
class-map match-all VIDEO_IN
match access-group name ACL_VIDEO
class-map match-all VIDEO_OUT
match access-group name ACL_VIDEO
```

Clase prioridad alta

```
class-map match-all ALTA_IN
match access-group name ACL_ALTA
class-map match-all ALTA_OUT
match access-group name ACL_ALTA
```

Clase prioridad media

```
class-map match-all MEDIA_IN
match access-group name ACL_MEDIA
class-map match-all MEDIA_OUT
match access-group name ACL_MEDIA
```

Clase prioridad baja

```
class-map match-all BAJA_IN
match access-group name ACL_BAJA
class-map match-all BAJA_OUT
match access-group name ACL_BAJA
```

3. Políticas de servicio: se configura las políticas a las interfaces

```
policy-map QOS-IN
class VIDEO_IN
set ip dscp af41
class ALTA_IN
set ip dscp af31
class MEDIA_IN
set ip dscp af21
class BAJA_IN
set ip dscp af11
class class-default
set ip dscp default
policy-map QOS-OUT
class VIDEO_OUT
set ip dscp af41
priority percent 20
class ALTA_OUT
set ip dscp af31
bandwidth percent 40
class MEDIA_OUT
set ip dscp af21
bandwidth percent 10
class BAJA_OUT
set ip dscp af11
bandwidth remaining percent 5
class class-default
fair-queue
```

4.3.6 Configuración de dispositivos activos

Se detalla las diferentes configuraciones que se realizó en la red LAN tanto en la parte del switch capa 3 y 2. Para la implementación de QoS en la Unidad educativa se configura con MQC creando clases y políticas teniendo en cuenta las distintas prioridades en función de cada protocolo dependiendo de las aplicaciones.

Configuración del switch capa 3 Cisco 3550

1. Se configura la lista de control de acceso extendida por medio de los siguientes comandos.

Figura 4. 17. Configuración de ACLs para cada clase

```
Extended IP access list ACL_VIDEO
 10 permit tcp any any eq 8801
 20 permit tcp any any eq 8802
 30 permit tcp any any eq 8080
 40 permit udp any any eq 3478
 50 permit udp any any eq 3479
 60 permit udp any any range 3480 3481
Extended IP access list ACL_ALTA
 10 permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 58080
 20 permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 59080
 30 permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 8093
 40 permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq 60080
 50 permit tcp 172.16.32.0 0.0.1.255 any eq pop3
 60 permit tcp any any eq smtp
 70 permit tcp any any eq 143
 80 permit tcp any any eq 995
 90 permit tcp any any eq 465
 100 permit tcp any any eq 993
Extended IP access list ACL_MEDIA
 10 permit tcp any any eq www
 20 permit tcp any any eq 443
 30 permit tcp any any eq 8080
Extended IP access list ACL_BAJA
 10 permit tcp any any eq 22
 20 permit tcp any any eq telnet
 30 permit tcp any any eq 162
```

Elaborado por: Caiza Segundo.

Se crean las clases con distintas prioridades una de ellas relacionada con las listas de control de acceso configuradas anteriormente.

Figura 4. 18. Configuración de clases para QoS en el software Packet tracer

```
SW3_C_TEL_5_ANA#show class-map
Class Map match-any class-default (id 0)
  Match any
Class Map match-all VIDEO_IN (id 1)
  Match access-group name ACL_VIDEO
Class Map match-all VIDEO_OUT (id 2)
  Match access-group name ACL_VIDEO
Class Map match-all ALTA_IN (id 3)
  Match access-group name ACL_ALTA
Class Map match-all ALTA_OUT (id 4)
  Match access-group name ACL_ALTA
Class Map match-all MEDIA_IN (id 5)
  Match access-group name ACL_MEDIA
Class Map match-all MEDIA_OUT (id 6)
  Match access-group name ACL_MEDIA
Class Map match-all BAJA_IN (id 7)
  Match access-group name ACL_BAJA
Class Map match-all BAJA_OUT (id 8)
  Match access-group name ACL_BAJA
```

Elaborado por: Caiza Segundo.

A continuación, se configura las políticas para cada clase teniendo así prioridades altas, medias y bajas.

Figura 4. 19. Configuración de políticas QoS packet tracer

```
SW3_C_TEL_S_ANA#show policy-map
Policy Map QOS-IN
Class VIDEO_IN
  set ip dscp af41
Class ALTA_IN
  set ip dscp af31
Class MEDIA_IN
  set ip dscp af21
Class BAJA_IN
  set ip dscp af11
Class class-default
  set ip dscp default
Policy Map QOS-OUT
Class VIDEO_OUT
  Strict Priority
  Bandwidth 20 (%)
  set ip dscp af41
Class ALTA_OUT
  Bandwidth 40 (%) Max Threshold 64 (packets)
  set ip dscp af31
Class MEDIA_OUT
  Bandwidth 10 (%) Max Threshold 64 (packets)
  set ip dscp af21
Class BAJA_OUT
  set ip dscp af11
Class class-default
  Flow based Fair Queueing
  Bandwidth 0 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
```

Elaborado por: Caiza Segundo.

En la interfaz se asigna la política teniendo en cuenta cómo van a circular los flujos de datos en la red.

Figura 4. 20. Resumen de la configuración del tráfico Docentes

```
SW3_C_TEL_S_ANA(config)#interface port-channel 1
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#ser
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy in
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy input QOS-IN
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#exit
SW3_C_TEL_S_ANA(config)#inter
SW3_C_TEL_S_ANA(config)#interface gi
SW3_C_TEL_S_ANA(config)#interface gigabitEthernet 1/0/23
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#ser
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policyou
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy ou
SW3_C_TEL_S_ANA(config-if)#service-policy output QOS-OUT
```

Elaborado por: Caiza Segundo.

Configuración switch capa 2 2960

Para la configuración en el equipo de capa 2 “ACCESO”, se muestra una guía de la configuración que se debe realizar en el equipo real, debido que en la simulación en el software Packet Tracer no tiene integrado estos comandos para poder configurarlos.

A continuación, se configura las políticas para cada clase CoS teniendo así prioridades altas, medias y bajas.

Tabla 4. 31. Clasificación de clases según valores DSCP, Colas, Umbral, Buffer.

CLASES	VALORES DSCP	COLAS	UMBRAL	BUFFER	AB
CLASE VIDEO	dscp AF41 (34) cos 5	1	3	20	20
SERVICIOS DE PRIORIDAD ALTA	dscp AF31 (26) cos 3	2	3	40	40
SERVICIOS DE PRIORIDAD MEDIA	dscp AF21 (18) cos 2	3	3	15	15
SERVICIOS DE PRIORIDAD BAJA	dscp AF11 (10) cos 1	3	3		
Clase por Defecto	dscp default (0) cos 0	4	3	25	25
		4	2		

Elaborado por: Caiza Segundo.

En la tabla 4.31 se verifica la relación entre las diferentes clases de prioridades de CoS y los valores de DSCP, colas, umbral, buffer y ancho de banda. Cada valor asignado en el apartado de umbral determina el BW se asigna para cada aplicación, en el caso de CoS 3 con cola 2 y umbral 3 hace referencia a que en esa clase de SERVICIOS DE PRIORIDAD ALTA tendrá asignado mayor ancho de banda al manejar aplicaciones críticas que exigen ese ancho de banda sin pérdidas de paquetes, así que se asigna un BW del 40% de la interfaz, en casos de sobrecargar de la red o congestión se garantiza que estos paquetes no se retiren, también se configurará el uso del BW para cada cola cuya suma no superara el 100%, este valor está dividido en las diferentes clases de prioridad creadas anteriormente.

Con la siguiente configuración se realiza la asignación de los valores dscp y cos a las colas con los umbrales según cuadro de valores que se tiene en la tabla anterior.

```
#mls qos srr-queue output dscp-map queue 1 threshold 3 34
#mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 3 26
#mls qos srr-queue output dscp-map queue 3 threshold 3 18 10
#mls qos srr-queue output dscp-map queue 4 threshold 2 0

#mls qos srr-queue output cos-map queue 1 threshold 3 5
#mls qos srr-queue output cos-map queue 2 threshold 3 3
#mls qos srr-queue output cos-map queue 3 threshold 3 2
#mls qos srr-queue output cos-map queue 4 threshold 2 0
#mls qos srr-queue output cos-map queue 4 threshold 3 0
```

Con el siguiente comando se realiza la asignación de los buffers de las colas según la tabla 4.31.

```
#mls qos queue-set output 1 buffers 20 40 15 25
```

Como se puede identificar en la tabla 4.31, la cola 1 CLASE VIDEO tiene asignado el tráfico de la clase de voz y video, por ello, se debe atender como prioritaria o prioridad alta y vaciarse antes de comenzar con las siguientes colas. El siguiente comando permite asignar como prioridad a la cola 1 dentro de cada una de las interfaces.

```
#interface gigabitEthernet 0/1  
#queue-set 1  
#priority-queue out
```

De la misma manera en la cola 2 SERVICIOS DE PRIORIDAD ALTA tiene asignado el tráfico de la clase sistema financiero, correo electrónico, por ello, se debe atender prioridad alta y vaciarse antes las colas siguientes. Se logra configurar como cola 2 con los siguientes comandos.

```
#interface gigabitEthernet 0/1  
#queue-set 2  
#priority-queue out
```

También la cola 3 SERVICIOS DE PRIORIDAD MEDIA tiene asignado el tráfico de la clase páginas web, por ello, se debe atender prioridad media y vaciarse antes de comenzar con colas siguientes. Se logra configurar como cola 3 con los siguientes comandos.

```
#interface gigabitEthernet 0/1  
#queue-set 3  
#priority-queue out
```

Finalmente, en la cola 4 SERVICIOS DE PRIORIDAD BAJA tiene asignado el tráfico de la clase red y administración, por ello, se debe atender prioridad baja y vaciarse. Se logra configurar como cola 4 con las siguientes líneas de código.

```
#interface gigabitEthernet 0/1  
#queue-set 4  
#priority-queue out
```

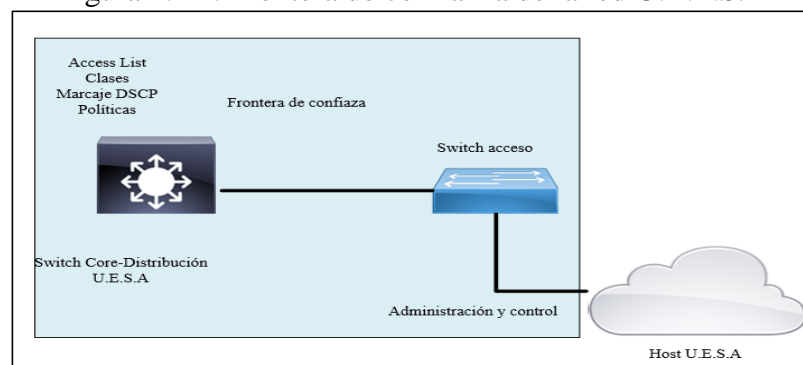
4.4 Frontera de confianza

Para la ejecución de las políticas de calidad de servicio se determinó la frontera de confianza de la red, la misma está en el punto más cercano de la fuente de tráfico y es el lugar donde el switch creara el etiquetado QoS, por lo tanto, en este lugar todos los paquetes son tratados en base a su marcado que tengan.

– Implementación de políticas

Para la configuración de las políticas de QoS se lo realiza en los equipos que están dentro del intervalo de confianza por lo cual se podrá seleccionar, diferenciar y aplicar políticas de prioridad en la red de la Unidad Educativa Santa Ana. Se detalla en la figura 4.21 la frontera de confianza que comprenderá entre el switch de núcleo-distribución y acceso. En el switch de núcleo-distribución se efectuará el filtrado, clasificación, marcaje conjuntamente con la ejecución de las políticas para la red Santa ANA y en el switch de acceso.

Figura 4. 21. Frontera de confianza de la red U.E.P.S.A



Elaborado por: Caiza Segundo

Las políticas se las ejecuto en el Switch configurado como frontera y acceso. El proceso de configurar la calidad de servicio se lo realizo mediante el marcaje, creación de clases y dando prioridad para cada clase en el equipo de núcleo colapsado.

4.5 Características de QoS en equipo de núcleo colapsado

Se tomo como criterio principal el uso de un equipo de núcleo colapsado para evitar el aumento de costos en equipamiento para la institución, el uso de un solo equipo administrable y de gestión completa para efectuar las políticas en la infraestructura de red de la institución, se verifico un dispositivo que cumpla las características mínimas necesarias, el equipo seleccionado es un dispositivo SW3 swtich de capa 3, con el manejo de las características del dispositivo se puede implementar en un solo equipo la opción de marcaje y priorizar el tráfico.

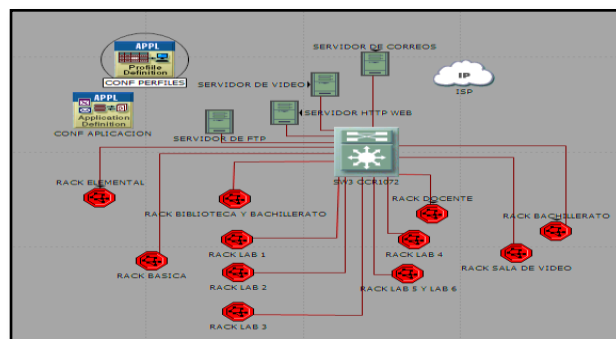
En el dispositivo de núcleo colapsado se pudo optimizar el BW de los servicios de nuestra red diseñada y se gestionó para que exista control de tráfico, mediante el uso de diferentes políticas para cada tipo de tráfico a través de la clasificación, marcaje, priorización.

4.7 Simulación en el software OPNET para el desempeño de la red

Mediante el uso del software OPNET Modeler se realizar un bosquejo de la topología de la red diseñada, para una visión didáctica que se asemeja a la realidad y así se verificar los valores obtenidos, datos generados, graficas de los principales parámetros de comparación como son retardos en la red LAN y WLAN.

En la figura 4.22, se verifica la simulación de la red con una topología estrella extendida, separadas los departamentos dentro de la institución por subredes y en cada subred se verifica los equipos finales, cada perfil de configuración el uso de los diferentes protocolos, la topología dentro de la subred se puede verificar en el anexo 16, se la realizo con un router principal en capa 3, y de la misma manera en cada subred se tiene insertado un router en capa 2 para el acceso a los equipos finales.

Figura 4. 22. Esquema de la red de campus UEPSA



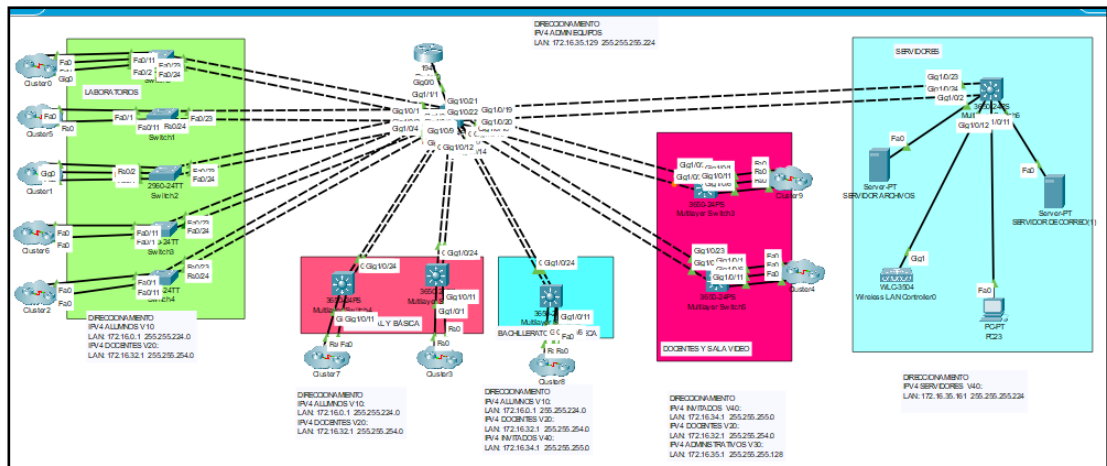
Simulación OPNET Modeler red de campus: Elaborado por: Caiza Segundo.

En el anexo 17 se tiene cada una de las gráficas que garantiza que la red cumple con un desempeño optimo teniendo el delay, throughput y QoS óptimos comparados con la red actual

4.8 Simulación en el software Packet tracer

Se observa en la Figura 4.23 la topología simulada en el software Packet Tracer teniendo una arquitectura de núcleo colapsado con una topología en estrella extendida.

Figura 4. 23. Topología de la Unidad Educativa Santa Ana



Topología de la red. Elaborado por: Caiza Segundo

Además, en el anexo 18 se detalla cada una de las configuraciones realizadas en la topología por medio del software packet tracer.

4.9 Técnica de análisis de viabilidad

Se realiza un estudio de los costos del diseño de la red de campus, se basa este análisis en el precio del equipamiento, costo de su implementación, costo de configuración y soporte de los equipos, la instalación de los equipos y el despliegue de la red dentro de la infraestructura civil de la UEPSA, este análisis sirve como complemento para el estudio de viabilidad del diseño del proyecto y el análisis de los principales indicadores como son: TIR, VAR, y PRC.

4.10 Análisis de precio de equipos activos y pasivos

El análisis y selección de equipamiento se complementa junto con el capítulo del diseño de la red en el apartado de selección de equipos, el costo de los dispositivos depende de las características que posean y a la vez mediante tablas comparativas se verifica la mejor opción entre 3 marcas importante de equipos de telecomunicaciones, el equipamiento que se eligió como factor determinante se verifica que el precio de cada uno con el detalle que no sea excesivo su precio.

Cada dispositivo cumple con los requerimientos de la institución y garantiza el despliegue completo de la red de campus de la UEPSA, tanto en la red LAN y WLAN, en este análisis se verifica el costo total del equipamiento tanto en dispositivos activos y pasivos, este valor nos ayuda para realizar el cálculo de los indicadores de viabilidad, la tabla 4.20 es realizada en base a valores del equipamiento de empresas de Ecuador con valores online desde su paginas oficiales como se detalla en el anexo 19.

Tabla 4. 32. Costo de equipos activos y pasivos de la UEPSA

PRECIO DE DISPOSITIVOS PARA LA RED DE CAMPUS UEPSA				
NO.	LISTA DISPOSITIVOS ACTIVOS	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Switch SW3 CCR1072-1G-24S+	1	\$3.050,00	\$3.050,00
2	Cisco Wireless Controller 3504	1	\$1.776,00	\$1.776,00
3	Tp-link EAP245	38	\$87,00	\$3.306,00
NO.	LISTA DISPOSITIVOS PASIVOS	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
4	Switch SW2 CRS326-24G-2S+RM	3	\$189,00	\$567,00
5	Switch SW3 CRS354-48G-2Q+RM	8	\$499,00	\$3.992,00
6	SFP S+31DLC10D	22	\$149,00	\$3.278,00
TOTAL, PRECIO INCLUYE IVA				\$15.969,00

Tabla de costos de equipo de red de la UEPSA Elaborado por: Caiza Segundo

4.11 Valores por implementación de la red de campus de la UEPSA

Se analiza la posibilidad del despliegue de la red de campus en la UEPSA, por lo cual se verifica los valores o remuneraciones por los servicios de personal especializado en telecomunicaciones, cada valor se calculará con el número de horas invertido en cada actividad y el valor por cada hora de trabajo realizado.

El cálculo del costo de cada hora se realiza en base a la remuneración mínima que se especifica en salarios mínimos sectoriales y tarifas del Ecuador en 2019

Se lo realiza en varias etapas, con personal de diferentes áreas en diferentes tareas, el proyecto especifica la duración de un mes desde su desarrollo e implementación. Desde el diseño hasta el soporte de los equipos ya instalados en la UEPSA, en el anexo 20 se detalla el costo por cada actividad específica en horas para la entrega del proyecto con un valor de \$5.960,00 desde la fase de configuración, administración fase de pruebas de

4.12 Cálculo del costo total del e implementación de la red de campus de UEPSA

En este apartado se puede especificar el costo total del proyecto incluyendo costo de equipos e implementación, instalación de equipos, configuración, soporte y despliegue completo de la red de campus.

Cada valor podría cambiar dependiendo la tabla de remuneración básica que rige en el país, y el costo de cada área o personal a cargo de las diferentes actividades, esto puede incrementar el costo final del diseño de la red, igual tomando en cuenta que los equipos de telecomunicaciones pueden cambiar el costo cada cierto tiempo.

Tabla 4. 33. Costo total de implementación de la red de campus de la UEPSA.

COSTO TOTAL DE LA RED DE LA UEPSA.		
N.	Descripción	TOTAL
1	Costo por equipos activos y pasivos	\$15.969,00
2	Costo por instalación	\$5.960,00
TOTAL, PRECIO INCLUYE IVA		\$21.929,00

Tabla de costos por implementación del diseño de la red de campus. Elaborado por: Caiza Segundo

4.13 Valor actual neto VAN.

El primer indicador que se calcula es el valor actual neto VAN, con los valores ya especificados de los ingresos y egresos se calcula al día 7-09-2020, este indicador nos ayuda a verificar la viabilidad del servicio, verificando si es rentable o no la inversión mediante la siguiente tabla que se encuentra en el anexo 21.

Se especifica la fórmula para el cálculo del valor actual neto donde:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Se detalla en el anexo 22 la fórmula del VAN donde cada termino tiene su especificación.

Se verifica mediante la publicación mensual del banco central el porcentaje anual para la inversión pública en el sector de educación, este valor sirve para el cálculo de VAN. Además, se verifica el flujo de cada que la UEPSA genera anualmente, se lo realiza con una diferencia entre los ingresos y los egresos, el detalle de la ingresos y egresos se lo puede verificar en el anexo 23.

Tabla 4. 34. Flujo de caja anual diferencia entre ingresos y egresos UEPSA

FLUJO DE INGRESOS Y EGRESOS DE LA UEPSA.		
N.	Descripción	TOTAL
1	Ingresos Aproximados	\$39.420,00
2	Egresos Aproximados	\$32.150,00
3	Flujo de caja mensual aproximado	\$7.270,00
FLUJO DE CAJA ANUAL APROXIMADO		\$72.700,00

Tabla de ingresos y egresos de la UEPSA Elaborado por: Caiza Segundo

$$VAN = -21.929,00 + \frac{72.700,00}{1 + 0.0942}$$

$$VAN = 44512.23$$

En conclusión, el VAN es mas de cero determina que el proyecto es rentable.

4.13 Tasa interna de retorno (TIR)

Es objetivo del cálculo de la tasa interna de retorno es verificar si el proyecto es viable con un porcentaje de beneficio o pérdida, al realizar una inversión para el despliegue e implementación.

En el siguiente apartado se verifica la fórmula de cálculo y se detalla cada valor para poder calcular el TIR, en el anexo 24 valores de TIR para la viabilidad del proyecto.

$$TIR = \frac{Fn - Io}{Io}$$

Donde:

Fn: Flujo Neto

Io: Inversión Inicial

$$TIR = \frac{72.700,00 - 21.929,00}{21.929,00}$$

$$TIR = 2.3152$$

$$TIR = 23.52\%$$

En conclusión, al obtener un valor TIR de 2,31, se verifica que el proyecto es viable y la inversión garantiza que la institución no generara pérdidas al realizar implementar la red de campus.

4.14 Periodo de recuperación del capital (PRC)

Se determina el cálculo del PCR, que nos da el estimado de recuperación que será cubierta por los movimientos de caja de la institución

Se verifica para el proceso del periodo de recuperación detallando cada termino en el siguiente apartado.

$$PCR = \frac{Io}{Fm}$$

Fm: Flujo de caja mensual

Io: Inversión Inicial

$$PCR = \frac{21.929,00}{7.270,00}$$

$$PCR = 3.016$$

El tiempo de recuperación de capital se calcula en 3 meses, y la inversión volvería al flujo de caja de la institución en este periodo de tiempo.

En conclusión, el análisis de los indicadores en este análisis de costos, VAN, TIR, y PCR, detalla que el proyecto sería viable, y con un tiempo de recuperación corto. Tomando en cuenta los indicadores en 3 meses la inversión que se realizaría para ejecutar el proyecto será regresado al flujo de cada de la institución.

CONCLUSIONES

Según el estudio realizado conjuntamente con el levantamiento de línea base realizado en la Institución se determinó las diferentes carencias que tenía la red actual estableciendo que posee una red plana, con una gran cantidad de zonas sin cobertura inalámbrica, la tecnología que posee conjuntamente con sus equipos era obsoleto, entre sus principales problemas fue el desempeño de la red con retardos y bajos tiempos de respuesta de 1.8 segundos valor que se encuentra fuera del rango sugerido por la ITU.

El diseño de la red se basó en un modelo jerárquico empresarial con característica de núcleo o colapsado, en base a esto permite una administración y fácil implementación con una escalabilidad lógica en IPv4 y físicas en equipamiento para 5 años, el estudio tiene la cualidad de tolerancia a fallos con los enlaces redundantes de fibra óptica por medio de reserva de hilos ópticos.

El diseño inalámbrico se realizó en base al análisis de los mapas de calor permitiendo así cubrir en su totalidad todas las áreas en la institución y por medio de la WLC un control total de acceso.

Mediante el diseño de QoS basado en el modelo Diffserv con cinco clasificaciones de diferentes prioridades, con el encolamiento CBWFQ y la configuración MQC por medio de ACL en toda la frontera de confianza, se establece prioridades a cada tráfico generado en la institución detallado en tabla 4.29 que indica el porcentaje de reserva de cada clase en donde las aplicaciones de video conferencia tienen mayor prioridad, garantizando que no haya pérdida de paquetes.

El análisis económico permitió ver por medio de métricas características la viabilidad de la ejecución, con un VAN positivo y TIR de 2,31 que el proyecto es viable y la inversión garantiza que la institución no generara pérdidas al realizar la implementación de la red de campus con un total de \$21.929,00 dólares en su ejecución.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la adquisición de un firewall de próxima generación (NGFW) para la parte de frontera de la institución con el objetivo de tener control de todo el tráfico de la red tanto de ingreso o salida de información con el objetivo de la reducción de riesgos cibernéticos, evitar vulnerabilidades con un bloqueo oportuno de manera rápida y automatizar las políticas de seguridad.

Se sugiere poner énfasis en un estudio acerca de la alimentación eléctrica a la institución conjuntamente con un sistema de aterrizaje para todos los equipos electrónicos para evitar daños por problemas de variación de voltaje más aun al realizar una inversión tan grande en el ámbito tecnológico en la institución.

REFERENCIAS

- Acrylicwifi. (2019). *Scanner WiFi para windows*.
<https://www.acrylicwifi.com/programas-software-herramientas-wifi/escaner-wifi-acrylic-wifi-gratuito/>
- Cisco. (2015). Redes empresariales. *Redes Empresariales*, 0(46), 115–118.
<https://doi.org/10.16921/chasqui.v0i46.689>
- Cisco. (2018). Resumen de diseño. *Cisco*, 3–10.
https://www.cisco.com/c/dam/r/es/la/internet-of-everything-ioe/assets/pdfs/en-05_campus-wireless_wp_cte_es-xl_42333.pdf
- Gartner. (2019). *Cuadrante Mágico de Gartner para redes LAN y WLAN 2019*.
<https://www.tecnzero.com/wifi/cuadrante-magico-de-gartner-para-infraestructuras-de-red-cableadas-e-inalambricas-2019/>
- González, R. (2015). *Sistemas de Cableado Estructurado Definiciones de SCS*.
https://moodle.asignaturas.usb.ve/pluginfile.php/23521/mod_resource/content/1/Clase3_CableadoEstructuradovCorta.pdf
- Hernández, E., Bautista, J., & Guerrero, A. (2017). *Comparativa entre los modelos OSI y TCPIP - ASO*. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/article/download/2461/2468?inline=1>
- INEC. (2017). Formación y tecnologías de la información y la comunicación. *Tecnologías de La Información y Comunicaciones*.
- Lledó, P. (2017). *Comparación entre criterios de decisión VAN, TIR y PRI*. 1–9.
- Martínez Díez, I. (2015). *Metodología de diseño de red*.
https://www.imd.guru/redes/cisco/certificaciones/ccda/ccda-01-metodologia_de_diseno_de_red.html
- Martínez, T. (2013). *Diseño de redes WiFi de interior - Telequismo*.
<https://www.telequismo.com/2013/11/disenio-wifi.html/>
- Optral. (2019). *Fibra Óptica*.
[https://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Alcance fo.pdf](https://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Alcance%20fo.pdf)

- Pérez, J. A. (2018). *El modelo jerárquico de 3 capas de Cisco*.
<https://red10education.com/blog/el-modelo-jerarquico-de-3-capas-de-cisco/>
- Roberto, B., & Duarte, F. (2016). *Análisis del uso que hacen los usuarios conectados a un punto de acceso inalámbrico, sin autenticación, con conexión a Internet, ubicado en el edificio CIDS de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (Unan-León), en el período comprendido entre el d. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*.
- Salazar, G. (2016). *Fundamentos de QoS - Calidad de Servicio Cisco Community*.
<https://community.cisco.com/t5/blogs-routing-y-switching/fundamentos-de-qos-calidad-de-servicio-en-capa-2-y-capa-3/ba-p/3103715>
- Sánchez, A. (2015). Construcción de una línea de base. *Universidad Nacional Autónoma de México*.
http://data.evalua.cdmx.gob.mx/docs/gral/taller2016/LB_ARMANDO.pdf
- Telecom Advisory Services. (2017). *Hacia la transformación digital de América Latina y el Caribe: El Observatorio CAF del Ecosistema Digital*. 216.
[http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1059/Observatorio CAF del ecosistema digital.pdf?sequence=7&isAllowed=y](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1059/Observatorio%20CAF%20del%20ecosistema%20digital.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

ANEXOS

Anexo 1 : Listado de los estudiantes de la UEPSA

UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SANTA ANA	
Listado de estudiantes	
Niñas 4 años	7
Niños 4 años	9
Niñas de primer año de Educación Básica	10
Niños de primer año de Educación Básica	9
Niñas de segundo año de Básica	8
Niños de segundo año de Básica	11
Niñas de tercer año de Educación Básica	10
Niños de tercer año de Educación Básica	15
Niñas de cuatro años de Educación Básica	21
Niños de cuatro años de Educación Básica	20
Niñas de quinto año de Educación Básica	18
Niños de quinto año de Educación Básica	13
Niñas de sexto año de Educación Básica	16
Niños de sexto año de Educación Básica	8
Niñas de séptimo año de Educación Básica	18
Alumnos de séptimo año de Educación Básica	13
Alumnas de octavo año de Educación Básica	16
Alumnos de octavo año de Educación Básica	13
Alumnas de noveno año de Educación Básica	13
Alumnos de noveno año de Educación Básica	22
Alumnas de décimo año de Educación Básica	19
Alumnos de décimo año de Educación Básica	20
Alumnas de primer año bachillerato	16
Alumnos de primer año bachillerato	26
Alumnas de segundo año bachillerato	22
Niños de segundo año bachillerato	18
Alumnas de tercero año bachillerato	20
Alumnos de tercero año bachillerato	14
TOTAL	425

Elaborado por: Caiza Segundo.

Anexo 2 Ubicación de los equipos en la Institución por cada área

EQUIPAMIENTO DE LA DE LA INSTITUCIÓN							
N.	Área de ubicación	Descripción	Cantidad	Marca	Modelo	Puertos	Equipamiento que carece
1	Bloque de Administración	Router entregado por el ISP	1	HG8045H	HUAWEI	4	Regleta de poder, rack, UPS, patch panel y organizador
		Equipo de acceso	1	DIR 619L	DLINK	4	Regleta de poder, rack, UPS, patch panel y organizador
2	Laboratorio Informática L1	Equipo de acceso para el laboratorio	1	CRS226-24G-2S + RM	Mikrotik	24	Regleta de poder, rack, UPS, patch panel y organizador
3	Audiovisuales	Equipo de acceso	1	DIR 619L	DLINK	4	Regleta de poder, rack, UPS, patch panel y organizador

Elaborado por: Caiza Segundo.

Anexo 3 Cuadrante de gartner equipos LAN y WLAN



Fuente:(Gartner, 2019)

Anexo 4 Cisco Wireless Controller 3504 y Tp-link AC-500

Equipos	Características	Detalles	Equipo	Detalles
Cisco Wireless Controller 3504	Licencias (Máximo de AP)	Permanentes & Basado en Tiempo, hasta 150 AP	Tp-link AC-500	500 AP
	Tecnología Multigigabit	1 interface que puede soportar hasta 5 Gigabit Ethernet		No
	Interfaces Gigabit	4 interfaces a 1 Gigabit Ethernet		5 Gigabit Ethernet
	Clientes Simultáneos	Hasta 3000 clientes & dispositivos		Hasta 4000 clientes & dispositivos
	WIFI de Alta Calidad	Alto Performance con Tecnología 802.11 ac		802.11 ac
	Throughput	4 Gbps		2 Gbps
	VLAN	4096 VLAN		4096 VLAN
	Admite POE	Si		Si
	Protocolo de transporte	TCP/IP, UDP/IP, ICMP/IP, ARP, BOOTP, DHCP		TCP/IP, UDP/IP, ICMP/IP, DHCP
	Autenticación	RADIUS, TACACS, Extensible Authenticatio)		Autenticación de portal cautivo Autenticación

Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/3504-wireless-controller/datasheet-c78-738484.html> Fuente: <https://www.tp-link.com/uk/business-networking/wireless-controller/ac500/#specifications>

Anexo 5 Precio de referencia de los controladores inalámbricos

Equipos	Fabricante	Serie	Precio
WLC	Cisco	3504	\$ 1050
WLC	Tp-link	AC-500	\$ 310

Anexo 6 Punto de acceso Cisco WAP371

Equipo	Características	Detalles
Cisco WAP371	Banda de radio	2.4 GHz. 450 Mbps/ 5 GHz 1,3 Gbps
	Máxima potencia de tx	+ 23dBm
	MIMO	3*3
	Estandar	a-b-g-n-ac
	Antenas	Pila fija
	Interfaz de Red	10/100/1000 Base Tx 1x
	Alimentación	48 V 802.3 af-205.3 at
	Clientes	240
	BSSID	16
	Ganancia	2 dBi

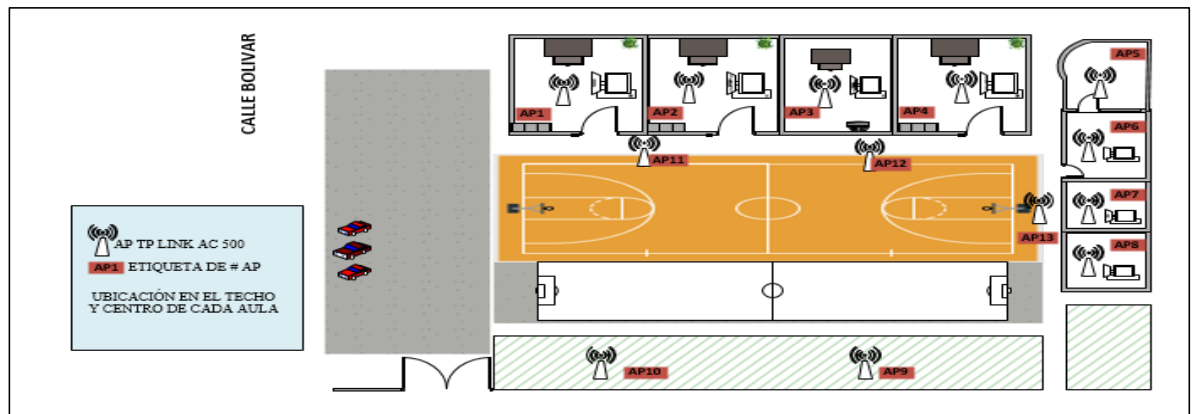
Fuente: <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/wireless/small-business-300-series-wireless-access-points/datasheet-c78-732143-esxl.pdf>

Anexo 7 Tp-link EAP245

Equipo	Características	Detalles
Tp-link EAP245	Banda de radio	2.4 GHz. 450 Mbps/ 5 GHz 1,3 Gbps
	Máxima potencia de tx	+ 23dBm
	MIMO	2 MU-MIMO
	Wi-Fi Standards	IEEE 802.11ac/n/g/b/a
	Antenas	Omnidireccional
	Interfaz de Red	10/100/1000 Base Tx 1x
	Alimentación	48 V 802.3 af-205.3 at
	Clientes	180
	BSSID	16
Ganancia	2.4 GHz: 3* 3.5 dBi, 5 GHz: 3*4 dBi	

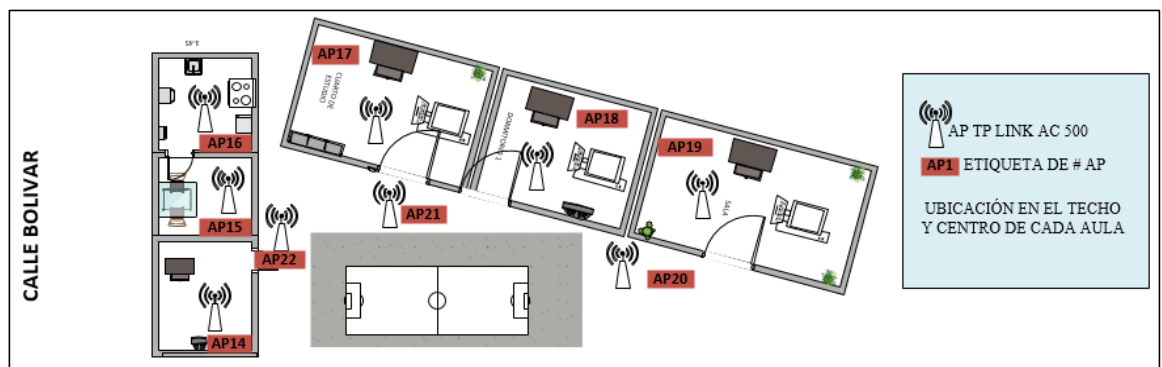
Fuente: <https://www.tp-link.com/es/business-networking/ceiling-mount-ap/eap245/#specifications>

Anexo 8 Bloque A primera planta



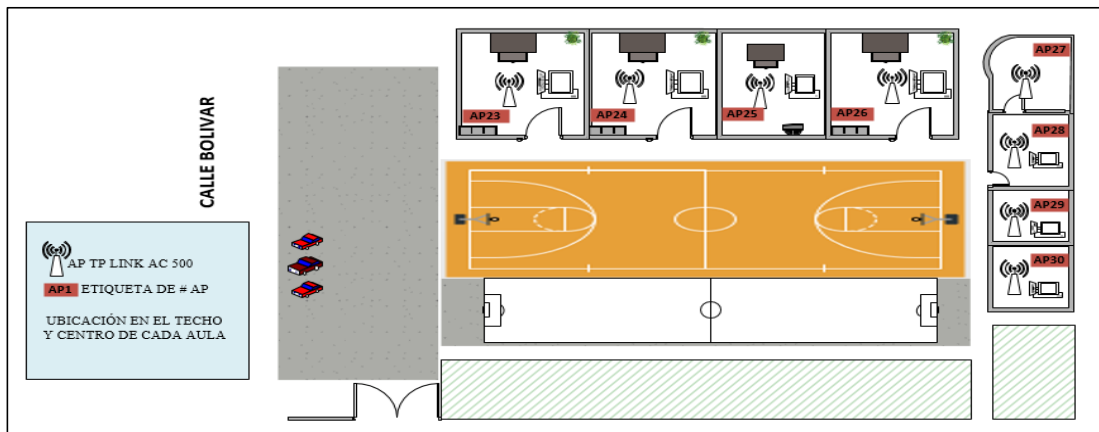
Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 9 Bloque B primera planta



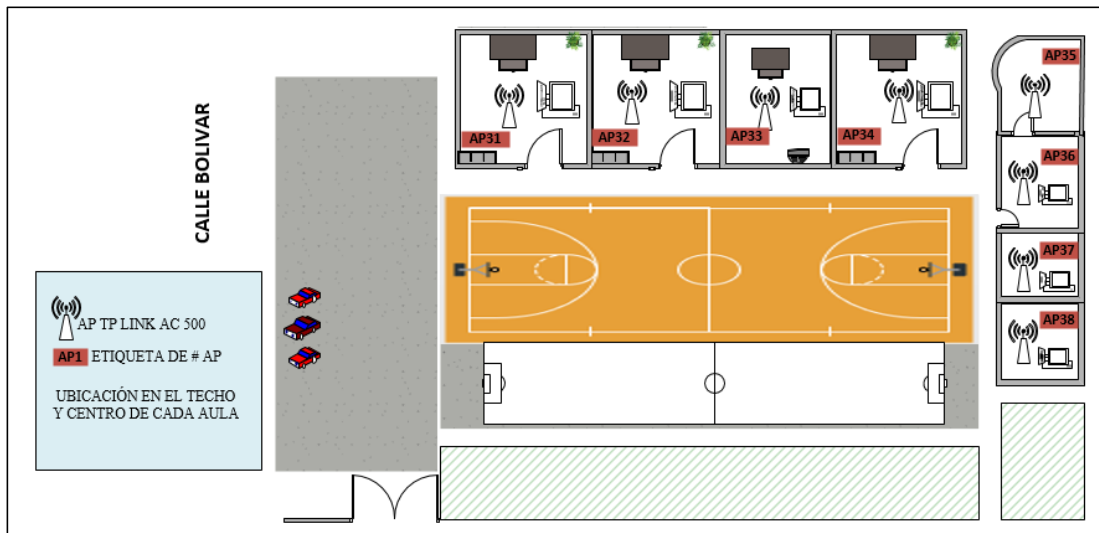
Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 10 Bloque A segunda planta



Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 11 Bloque A tercera planta



Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 12 Características de SW· núcleo contraído

NÚCLEO CONTRAÍDO				
EQUIPO	Marca	Cisco	Aruba	MikroTik
	Modelo	3850-48 XS-S	G 2030-24 G	CCR1072-1G-8S+
GENERAL	VLAN	Si	si	si
	método de autenticación	Kerberos, RADIUS, Secure Shell (SSH)	Autenticación AAA, RADIUS	SSH
	Memoria RAM	8 GB	512 MB	16 GB
	Memoria flash	8 GB	512 MB	128 MB (Expandir)
	Características	Autenticación 802.1x, inspección ARP, compatibilidad con ARP,	STP (IEEE 802.1d), RSTP	Ipssec, certificate or PSK, AH and ESP security protocols
REDES	Protocolo de enrutamiento	BGP-4, EIGRP, EIGRP para IPv6, IGMP,	Ruta estática, RIPv1 / v2, RIPng, OSPF	RIP v1 and v2, OSPF v2, BGP / s RIPng,
	Protocolo de gestión remota y seguridad	CLI, RMON 1, RMON 2,	Autenticación AAA, autenticación,	• Winbox GUI over IP and MAC • CLI with Telnet
	Tipo	1 gigabit / 10 Gigabit SFP +	48 * puertos SFP GE, 2 de los cuales son 10/100 / 1000	1 puerto 10/100/1000 Ethernet
INTERFAZ	Cantidad	48	48	1
	Tipo	40 gigabit QSFP + (enlace ascendente)	4 * 10 GE puertos SFP +	Puertos 10 gigas Ethernet SFP+
	Cantidad	4	4	24
SEGURIDAD	ACLS	si	si	si
	PRECIO	\$5.790	\$7.245	\$3.500

Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 13 Características de SW· acceso

SW2 ACCESO			
Marca	Cisco	MikroTic	HPE Aruba
Modelo	SG220-50P	CRS226-24G-2S+RM	2530-48G (J9775A)
VLAN	si (256)	si	si (4094)
Puertos	Gigabit Ethernet (10/100/1000)	10/100/1000 Ethernet	Ehernet 10/100/1001
Cantidad	48	24	48
Puertos	SFP	SFP+ cages	SFP
Cantidad	2	2	4
ACLS	si	si	si
POE	No	PoE pasivo	si
Precio	\$979	\$ 299.00	\$1436

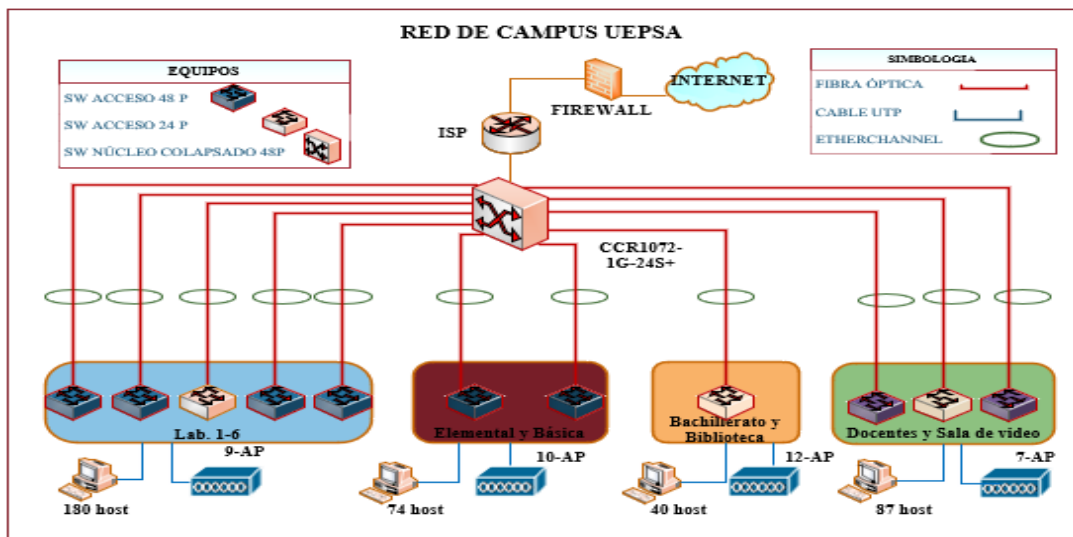
Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 14. Distribución de equipos en la institución

Distribución de Equipos en la Institución						
Segmentación	Áreas	Número espacios	Número de punto	Total	SW2 24 puertos	SW2 48 puertos
Alumnos	Laboratorio 1-6	6	30	180	1	4
	Aulas Elemental	5	2	10		1
	Aula Básica	12	2	24		
	Aula Bachillerato	12	2	24		1
	Biblioteca	1	16	16		
	Sala de video 1-2	3	5	15	1	
Docentes	Sala de profesores	6	4	24		1
	Espacio de reuniones	2	4	8		
	Atención a padres de familia	4	4	16	1	
Administrativos	Rectorado	1	2	2		1
	Tesorería	1	2	2		
	Secretaria	2	2	4		
	Departamento medico	1	2	2		
	Personal administrativo	4	2	8		
	Inspección	3	2	6		
Total				341	3	8

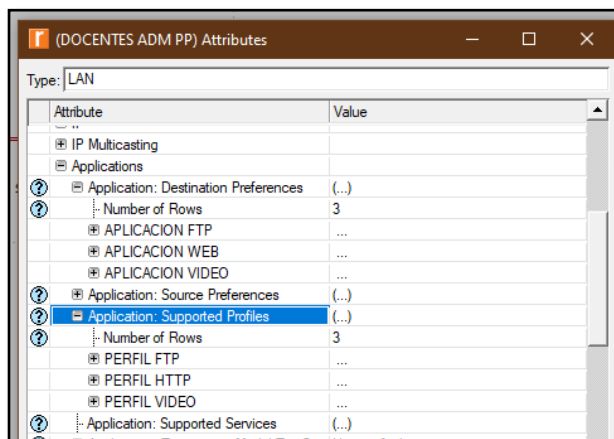
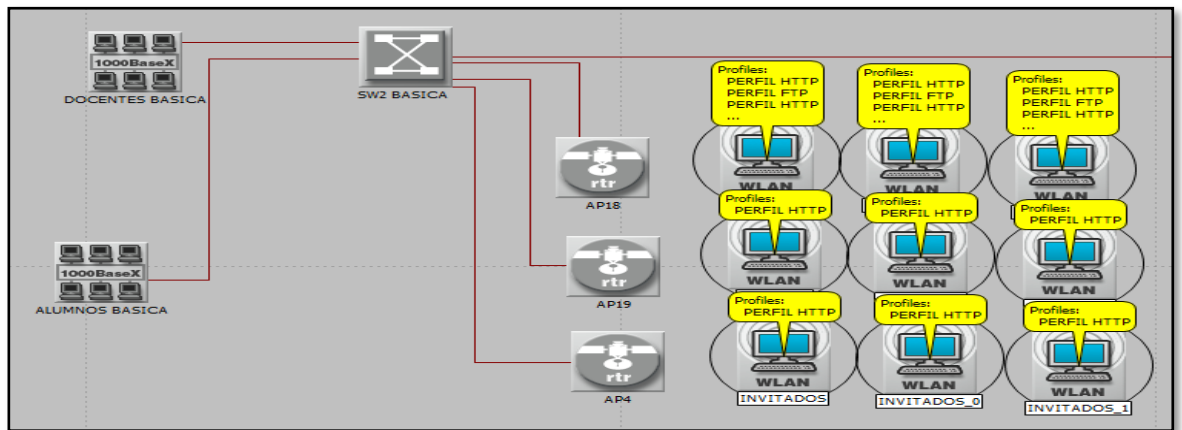
Tabla de distribución de equipos en la infraestructura civil de la institución por: Caiza Segundo

Anexo 15 Topología de la red de Campus UEPSA



Distribución de los dispositivos alrededor de la institución Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 16 Perfiles de configuración de la red diseñada.



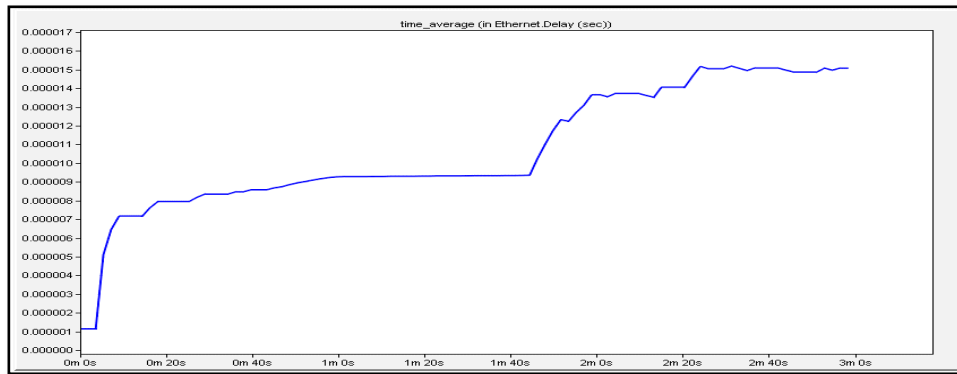
Simulación de Perfiles De Configuración dentro de la subred Bachillerato: Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 17 Simulación en el software Opnet

Retardo en la red LAN comparando diseño actual vs. la red de campus

En este apartado se toma en cuenta que en la red LAN actual se verificó un retardo de 1.8 seg, este valor fue tomando al realizar el análisis de la red actual y se detalla en la Figura, a comparación de la red de diseño se obtiene un promedio de 0,015 ms, tomado en cuenta que se configura las mismas aplicaciones, obteniendo una respuesta con mayor velocidad, además se añadió a la configuración el cambio en el medio de transmisión para que se pueda usar un valor promedio de tráfico de 1 Gbps, que se asemejan con la velocidad del medio de tx y la velocidad que maneja él equipos SW3.

Figura. Retardo de la red LAN diseñada



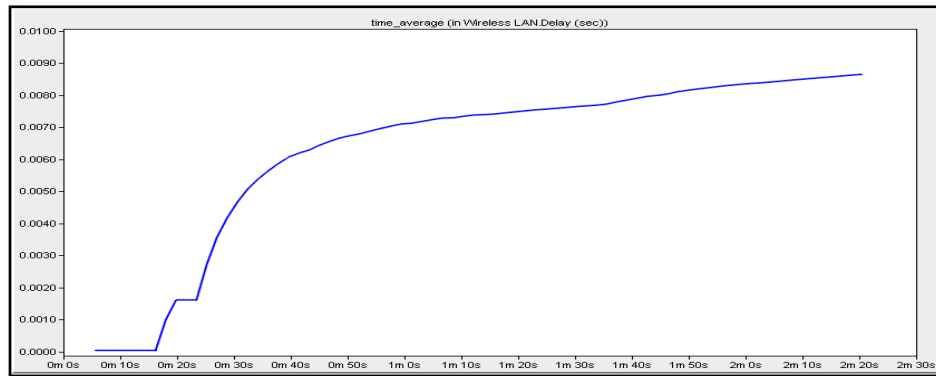
Simulación de la red LAN retardo: Elaborado por: Caiza Segundo.

El valor obtenido en el retardo de la red está dentro del parámetro de la ITU G114 que sugiere tener un retardo más bajo de 400 ms para no afectar el desempeño, además se verifica que el retardo al usar la red LAN disminuye a comparación de la red actual al usar servicios FTP, WEB, MAIL, esto ayuda a generar descargas más rápidas, transferencia de archivos sin pérdida de paquetes, mayor velocidad al abrir páginas web de la institución, mayor rapidez al subir archivos a una plataforma de estudio.

Retardo en la red WLAN comparando diseño actual vs. la red de campus

En la Figura, se verifica que el retardo puede elevarse hasta un valor de 0.0087 seg pero es muchísimo menor este valor comparado al obtenido en la red actual con un retardo de 0.087 seg, generando un pico máximo al comenzar la transmisión de paquetes, pero al pasar 1 min el retardo se estabiliza alrededor de los 0.085 segundos este valor se tiene en la Figura 3.12 del apartado de levantamiento de línea base. En base a esto se muestra como en la red WLAN diseñada se reduce el retardo, incluso con el uso de todos los perfiles creados FTP, HTTP, MAIL, video. La mejora en la red WLAN ayudara a los dispositivos móvil acceder más rápido a los recursos de la red de la UEPSA, y adicional al verificar que se usan todos los perfiles de configuración se comprueba que la transmisión de paquetes sin retardo es más efectiva.

Figura Retardo de la red diseñada WLAN

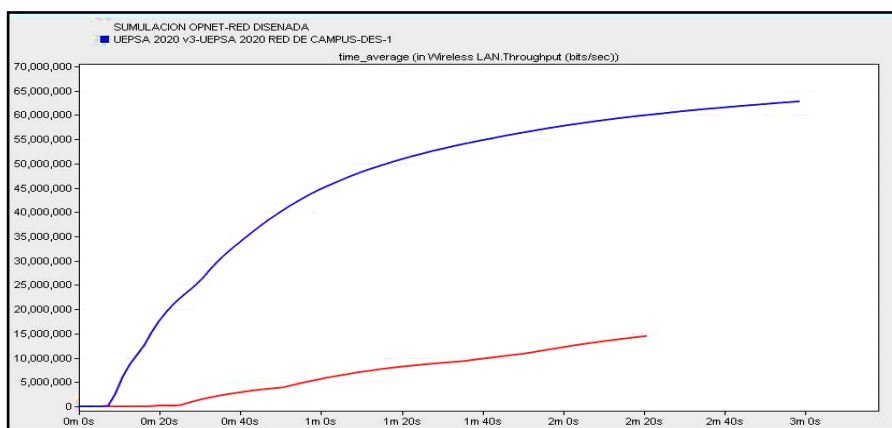


Simulación de la red WLAN retardo: Elaborado por: Caiza Segundo

Throughput de la red WLAN red actual vs. diseño de la red de campus

Se verifica que la red diseñada tiene mayor tasa de transferencia de paquetes con éxito a comparación de la red actual, este análisis se compara con el mismo número de equipos conectados a los puntos de acceso y con todos los perfiles creados para los dispositivos finales, pero con mayor velocidad y mayor BW que manejan los dispositivos que se conectan a la red wifi.

Figura Throughput WLAN diseñada

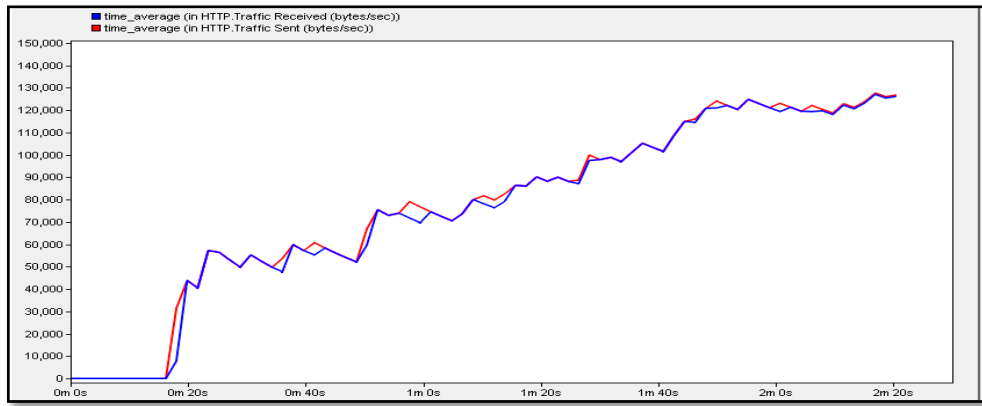


Simulación del Throughput actual vs red diseñada WLAN: Elaborado por: Caiza Segundo

Tráfico generado por un dispositivo que usa servicio http

Se identifica en un dispositivo final en la subred de Bachillerato, en el cual se puede visualizar el promedio de paquetes que requiere al usar el internet usando el protocolo HTTP, se confirma que el valor promedio es de 450 Kbps de paquetes enviados, no se verifica pérdida de paquetes y se tiene como recibidos en la tasa promedio parecida.

Figura Tráfico generado HTTP de la red.



Simulación del tráfico HTTP en la red diseñada: Elaborado por: Caiza Segundo

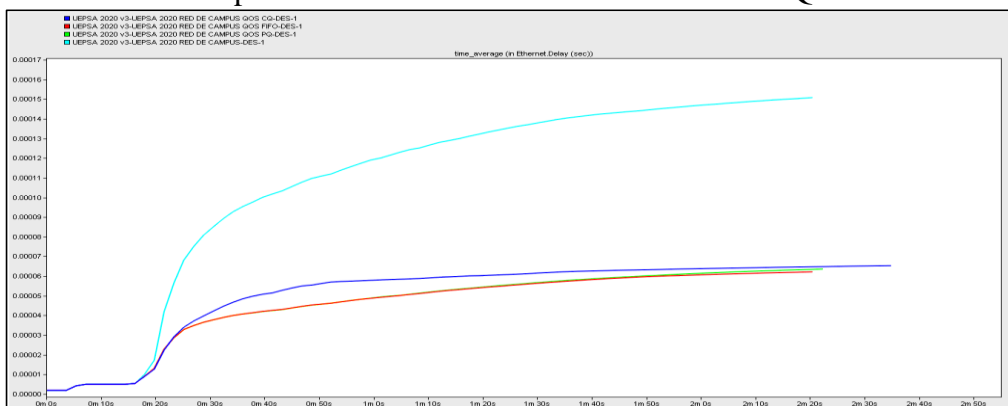
Calidad de servicio

Para la simulación de QoS en la red diseñada se configura los servicios diferenciados DiffServ con un tipo de marcaje y etiquetado para la diferenciación de paquetes con la política de control Priority Queuing (PQ)

Delay de la red diseñada sin QoS vs. con QoS

El comportamiento con las distintas políticas de control de QoS como FIFO (rojo), Custom Queuing (Azul), Priority Queuing (verde), sin QoS (cian), teniendo que posee un mejor desempeño con un mejor retardo Priority Queuing debido a su configuración de encolamiento con prioridad alta, media, norma y baja en la red garantizando una buena experiencia con un retardo de 0.00005 seg en comparación con 0.00016 seg de la red diseñada sin QoS.

Comparación del retardo de la red diseñada con QoS



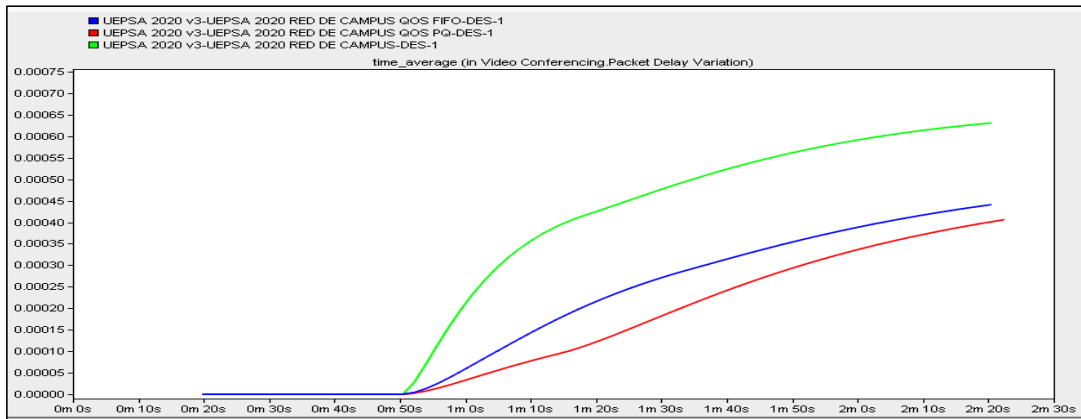
Elaborado por: Caiza Segundo

Delay de video conferencia configurando QoS

El mecanismo de cola QoS utilizado es Priority Queuing (PQ) permitiendo un aseguramiento en el tráfico que tiene un orden de importancia como video conferencia, con un retardo mínimo para que llegue a cada punto red de manera instantánea, es por esto que en la figura se observa para video conferencia un delay

bajo al aplicar encolamiento PQ garantizando a la institución a un acceso optimo a video. Conferencia

Configuración de QoS en video conferencia

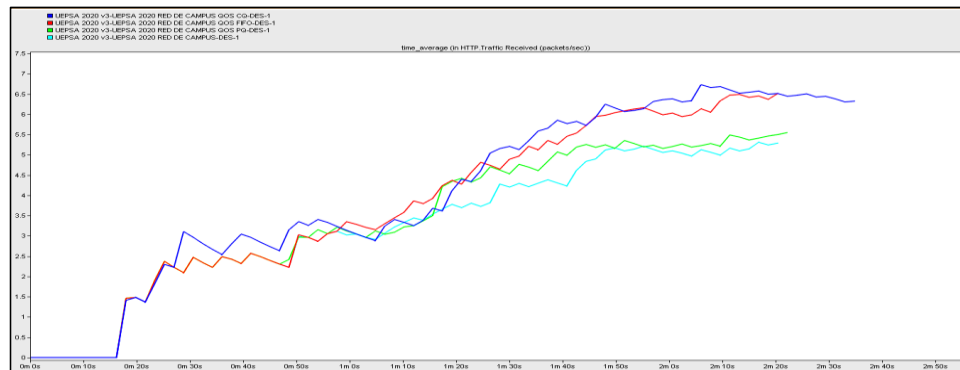


Verde (Sin QoS), azul (QoS-FIFO) y rojo (QoS-PQ). Elaborado por: Caiza Segundo

Tráfico recibido en HTTP con QoS

En la figura al tener un mecanismo de encolamiento Priority Queuing (PQ) y al haber configurado como prioridad baja a la navegación web en comparación con video conferencia que tiene una prioridad alta se observa la red está saturada por la gran cantidad de paquetes esta podrá dejar fuera del servicio por un tiempo a estos paquetes que no son tan necesarios en la institución

Tráfico de http con calidad de servicio



Verde (QoS-PQ), azul (QoS-CQ), rojo (QoS-FIFO) y Cian (Sin QoS). Elaborado por: Caiza Segundo.

Anexo 18 Configuración en el software packet tracer

Configuración básica y administración remota

En el switch capa 3 cumple la función de Core y distribución con el switch de acceso se proporciona una configuración básica para el acceso con nombre de usuario,

contraseñas enable, banner informativo y un tipo de encriptación, la clave para el acceso es UESA2020T.

Configuración básica

```
service password-encryption
!
hostname SW3_C_TEL_S_ANA
!
!
enable secret 5 $1$mERr$bv9gHPXT4TxFPuI3d7a3m/
!
```

Configuración Switch capa 3. Elaborado por: Caiza Segundo

Cada equipo posee una administración remota por medio de SSH con una contraseña encriptada para su administración desde cualquier lugar por parte del personal de TI, su configuración está a continuación.

Configuración SSH y encriptación

```
banner motd ^C ACCESO RESTRICTO A PERSONAL DE SOPORTE TECNICO AL
SWITCH CORE Y DISTRIBUCION U.E.S.A ^C
!
!
!
!
!
!
line con 0
password 7 0814697D284B5545423F
!
line aux 0
!
line vty 0 4
password 7 0814697D284B5545423F
login local
transport input ssh
line vty 5 15
password 7 0814697D284B5545423F
login local
transport input ssh
```

Configuración en equipo activo. Elaborado por: Caiza Segundo

Configuración del protocolo VTP

Protocolo de capa 2 maneja las VLANs desde el dispositivo Core-Distribución de manera automática sin necesidad de configurar dispositivo a dispositivo permitiendo tener una manera idónea y rápida de actualizar o configurar como se detalla en la figura.

Configuración VTP

```
VTP Version capable          : 1 to 2
VTP version running         : 2
VTP Domain Name             : SANTAANA.com
VTP Pruning Mode            : Disabled
VTP Traps Generation        : Disabled
Device ID                   : 0001.42C9.00D0
Configuration last modified by 0.0.0.0 at 3-1-93 00:00:00
Local updater ID is 172.16.0.1 on interface V110 (lowest numbered
VLAN interface found)

Feature VLAN :
-----
VTP Operating Mode          : Server
Maximum VLANs supported locally : 1005
Number of existing VLANs    : 11
Configuration Revision      : 34
```

Configuración Switch capa 3. Elaborado por: Caiza Segundo

Creación de VLAN

Se crearon las 4 VLAN para la Unidad Educativa Santa Ana y se agregan 2 VLAN una para los servidores y otra para la administración de equipos, al haber configurado previamente VTP se crean automáticamente las VLAN en cada dispositivo de acceso (switch) como se observa en la Figura

Creación de VLAN para la Unidad Educativa

VLAN NAME	Status	Ports
1 default	active	Po10, Gig1/0/23, Gig1/0/24, Gig1/1/1
10 alumnos	active	Gig1/1/3, Gig1/1/4
20 docentes	active	
30 administrativo	active	
40 invitados	active	
50 server	active	
90 admin	active	Gig1/1/2,

Creación de VLAN en el switch Core-distribución. Elaborado por: Caiza Segundo

Configuración de DHCPv4

Este protocolo es configurado en función de los bloques que posee la institución permitiendo proporcionar una asignación dinámica a cada host que se conecten a la red, la configuración tiene un arrendamiento de 24 horas, se excluyen 10 direcciones primera para la asignación del Gateway y equipos como impresoras servidores entre otros equipos que se realizara una asignación estática, la Configuración DHCP para la red en la Institución educativa se detalla en la figura

Configuración DHCP para la red en la Institución educativa

```
ip dhcp excluded-address 172.16.0.1 172.16.0.10
ip dhcp excluded-address 172.16.32.1 172.16.32.10
ip dhcp excluded-address 172.16.34.1 172.16.34.10
ip dhcp excluded-address 172.16.35.1 172.16.35.10
!
ip dhcp pool alumnos
network 172.16.0.0 255.255.224.0
default-router 172.16.0.1
dns-server 8.8.8.8
ip dhcp pool docentes
network 172.16.32.0 255.255.254.0
default-router 172.16.32.1
dns-server 8.8.8.8
ip dhcp pool invitados
network 172.16.34.0 255.255.255.0
default-router 172.16.34.1
dns-server 8.8.8.8
ip dhcp pool administrativos
network 172.16.35.0 255.255.255.128
default-router 172.16.35.1
dns-server 8.8.8.8
```

Configuración del pool de direcciones en la Institución. Elaborado por: Caiza Segundo

Configuración de ACLs

Se configuro un servidor de trasferencia de archivos que permitirá facilitar él envío y compartición de información dentro de la red interna de la UEPSA.

Configuración FTP

The screenshot shows the 'FTP' configuration page. The 'Service' is set to 'On'. Under 'User Setup', there are input fields for 'Username' (COLEGIOSANTAANA) and 'Password' (UESA2020T). Below these are checkboxes for 'Write', 'Read', 'Delete', 'Rename', and 'List', all of which are checked. A table lists the configured users:

Username	Password	Permission
1 COLEGIOSANTA.	UESA2020T	RWDNL
2 cisco	cisco	RWDNL

Buttons for 'Add', 'Save', and 'Remove' are visible on the right side of the table.

Servidor de archivos. Elaborado por: Caiza Segundo

Se configuro el protocolo SMTP encargado de la trasferencia de correo, con esto tendrá una facilidad para el personal administrativo de envío y recepción de correo o documentación, se detalla en el anexo 20 su respectiva configuración

Ethernet Channel

Uno de los parámetros importantes a la hora del diseño es tener enlaces redundantes es por esta razón que se implementó ethernet channel entre el dispositivo de capa 3 con el switch, en esta se realizó una agrupación lógica de los enlaces físicos con el beneficio de balance de carga y convertirlo en uno solo canal de alta disponibilidad.

Configuración de Ethernet Channel

```
interface Port-channel1
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface Port-channel2
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface Port-channel3
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface Port-channel4
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
!
interface Port-channel5
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
```

Enlaces redundantes. Elaborado por: Caiza Segundo

Port Security

Se configuró el tipo de seguridad en capa 2 que permite limitar la direcciones MAC en la cual solo permite grabarse una sola dirección MAC para el acceso a la red.

Configuración SMTP

SMTP Service: ON OFF

POP3 Service: ON OFF

Domain Name: SANTAANA.com [Set]

User Setup

User: ADMINISTRACION Password: UESA2020T

ADMINISTRACION
CONTABILIDAD
RECAUDACION







Servidor de correo. Elaborado por: Caiza Segundo

Configuración de Port Security

```
interface FastEthernet0/1
switchport access vlan 10
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
!
interface FastEthernet0/2
switchport access vlan 10
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
!
interface FastEthernet0/3
switchport access vlan 10
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
!
interface FastEthernet0/4
switchport access vlan 10
switchport mode access
switchport port-security
switchport port-security mac-address sticky
```

Seguridad capa 2. Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 19 valores online desde su paginas oficiales

Precio del equipo	Equipo	Empresa distribuidora
 <p>AIR-CT3504-K9 ★★★★★ 4.9/5.0 11 Review(s) Model: AIR-CT3504-K9 - Cisco WLAN Controller Detail: Cisco 3504 Wireless Controller List Price: US\$5,562.00 Price: USD ~ \$1,776.00 You save: US\$3,786.00 (68% OFF) Coupon: \$5 New User \$10 Order - \$500 Get Now Condition: Brand New Sealed Availability: IN STOCK Shipping: Express Shipping to Ecuador 2-4 Days, via DHL, FedEx, EMS, etc. Related: AIR-CT5508-12-K9 AIR-CT2504-25-K9 AIR-CT5520-K9</p>	Cisco Wireless Controller 3504 Amazon	Amazon
 <p>TP-LINK EAP245 Nuevo Tp-link Eap245 De Acceso Inalámbrico De Banda Dual Ac1750 U\$S 86⁹⁹ Pago a acordar con el vendedor Entrega a acordar con el vendedor Color: Blanco Cantidad: 1 Unidad</p>	TP-link EAP245 Mercado libre	Mercado libre Aristocrat Ecuador
 <p>CCR1072-1G-8S+ 1U rackmount, 1x Gigabit Ethernet, 8xSFP+ cages, LCD, 72 cores x 1GHz CPU, 16GB RAM, up to 120 million packets per second, 80Gbps throughput, RouterOS L6 \$3050.00</p>	CCR1072-1G-24S+	Mikrotik Products Ecuador
 <p>CRS326-24G-2S+IN NEW 24 Gigabit ports, 2 SFP+ cages and a desktop case – server room power for your home! \$189.00</p>	CRS326-24G-2S+RM	Mikrotik Products Ecuador
 <p>CRS354-48G-4S+2Q+RM Best price and best performance on the market – this 48 port switch will rock any setup, including 40 Gbps devices! \$499.00</p>	CRS354-48G-2Q+RM	Mikrotik Products Ecuador
 <p>S+31DLC10D SFP+ (10Gbit) module, Long range 10km, Single Mode \$149.00</p>	S+31DLC10D	Mikrotik Products Ecuador

Anexo 20 Costo por cada actividad especificado por horas

PRECIO DE DISPOSITIVOS EN EL DISEÑO DE LA RED DE CAMPUS UEPSA					
N.	ADMINISTRACION DE DISPOSITIVOS	OPERADORES	CANTIDAD (horas)	PRECIO	TOTAL
1	Administración de los equipos LAN y WLAN configuración	1	120	\$30,00	\$3.600,00
2	Fase de pruebas en equipo activo		50	\$30,00	\$1.500,00
3	Técnicos de instalación y pruebas de equipo activo	2	40	\$15,00	\$600,00
4	Entrega y soporte de equipos		20	\$13,00	\$260,00
TOTAL, PRECIO INCLUYE IVA					\$5.960,00

Tabla de costos por implementación de equipo de red de la UEPSA Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 21 Valor VAN característicos

Valor actual neto VAN	
Valor de VAN	Conclusión
VAN<0	NO es rentable
VAN=0	SI es rentable
VAN >0	SI es rentable

Tabla de interpretación del VAN para el diseño de red de campus de la UEPSA Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 22 Terminología VAN

I₀: Valor calculado del diseño

F_t: Flujo de caja en un año

n: Numero de periodos de tiempo especificado para un año

k: Tasa de descuento anual para proyecto de educación

Anexo 23 Interpretación TIR

Tasa interna de retorno (TIR)	
Valor de TIR	Conclusión
TIR<0	NO es viable
TIR=0	SI es viable
TIR >0	SI es viable

Tabla de interpretación del TIR para el diseño de red de campus de la UEPSA Elaborado por: Caiza Segundo

Anexo 24 Flujo de Caja mensual ingresos y egresos de la UEPSA

TABLA DE INGRESOS Y EGRESOS					
N.	Ingresos	No. PERSONAS	CALCULO	PRECIO	TOTAL
1	Numero de cursos	18	438	\$90,00	\$39.420,00
2	Número de alumnos	438			
3	Pensión por alumno	90			
N.	Egresos	No. PERSONAS	HORAS	PRECIO	TOTAL
4	Salarios profesores	25	120 horas	\$750,00	\$18.750,00
5	Salarios personales administrativo	8	120 horas	\$650,00	\$5.200,00
6	Salarios personas de aseo	4	120 horas	\$500,00	\$2.000,00
7	Salario guardias	2	120 horas	\$600,00	\$1.200,00
8	Otros gastos varios	1	1	\$5.000,00	\$5.000,00
					\$32.150,00
FLUJO MENSUAL					\$7.270,00

Tabla de ingresos y egresos de la UEPSA Elaborado por: Caiza Segundo