



**Análisis de factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN
inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en base a VAL IT.**

Trujillo Torres, Tatiana Ivannova

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Gerencia de Sistemas

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Gerencia de Sistemas

Msc. Solis Acosta, Edgar Fernando

20 de diciembre 2021



Tesis Análisis Factibilidad Redes WAN Inteligentes.docx

Scanned on: 1:22 December 22, 2021 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	190
Words with Minor Changes	42
Paraphrased Words	86
Omitted Words	920



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR FERNANDO
SOLIS ACOSTA**



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “Análisis de factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en base a VAL IT.” fue realizado por la señorita Tatiana Ivannova Trujillo Torres el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 20 de Diciembre 2021

Firma:



EDGAR FERNANDO
SOLIS ACOSTA

Ing. Fernando Solis, Mgtr.

Director

C.C.: 1803005071



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION, INNOVACION Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA**

CENTRO DE POSGRADOS

RESPONSABILIDAD DE AUTORIA

Yo **Tatiana Ivannova Trujillo Torres**, con cédula de ciudadanía n° 1105162471, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Análisis de factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en base a VAL IT**. Es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolqui, 20 de Diciembre 2021

Tatiana Ivannova Trujillo Torres

C.C.: 1105162471



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
CENTRO DE POSGRADOS**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Tatiana Ivannova Trujillo Torres**, con cédula de ciudadanía n° 1105162471, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis de factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en base a VAL IT.** En el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 20 de Diciembre 2021

Tatiana Ivannova Trujillo Torres

C.C.:1105162471

AGRADECIMIENTO

A Dios por ponerme a personas y momentos que me han llevado donde estoy y a lograr mis metas.

Un sincero agradecimiento a todos mis compañeros que durante estos años de estudio hicieron el camino más corto y por todo su apoyo, a todos los docentes y coordinación de la Maestría en Gerencia de Sistemas.

Índice de Contenidos

Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablasxi
Índice de Figurasxii
Resumenxiv
Abstractxv
Capítulo I	16
Introducción	16
Antecedentes	16
Planteamiento del problema	17
Justificación.....	18
Objetivos	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
Hipótesis	19
Capítulo II	20
Marco teórico	20
Redes WAN	20
Generalidades	20
Componentes de interconectividad	21
Tipos de redes	22
Elementos de interconectividad	27
Red WAN inteligente.....	29

Segment Routing (SR)	30
Generalidades	30
Tipos.....	31
OSPF en SR-MPLS	32
VAL IT	34
Generalidades	34
Principios	36
Dominios y procesos.....	37
Capítulo III	40
Estado del arte.....	40
Antecedentes investigativos	40
Aspectos legales	44
Metodología de implementación.....	45
Capítulo IV	47
Análisis de la situación actual	47
Red inalámbrica actual de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE	
47	
Equipamiento y direcciones de la red WAN previo a MPLS	47
Red inalámbrica y velocidad de transmisión	51
Componentes de la red Inalámbrica.....	51
Tecnología red inalámbrica.....	53
Equipamiento red inalámbrica.....	56
Costos de proveedor de servicios red inalámbrica	57

Conexión y distribución de la red	57
Capítulo V	61
Simulaciones de una red Segment Routing	61
Requerimientos	61
Instalación GNS3.....	62
Instalación VMware.....	67
Diseño topología	69
Asignación de puertos	71
Configuración de equipos y pruebas de conectividad.....	71
Configuración OPSF en los Routers	72
Configuración Segment Routing	75
Pruebas de conectividad.....	80
Política SR-TE	82
Activar MPLS-TE enable.....	86
Desempeño de la red Segment Routing.....	90
Capítulo VI	92
Desarrollo del negocio en base a VAL IT	92
Elaboración de una hoja de datos	92
Análisis de alineación	94
Arquitectura de la red.....	94
Visión de la implementación	95
Análisis de beneficios financieros	96
Análisis de beneficios no financieros	102

Análisis de riesgos	102
Optimización del riesgo y rendimiento	103
Documentación detallada del caso de negocio.....	103
Resumen ejecutivo	103
Mantener el caso de negocio.....	113
Capítulo VII	114
Conclusiones y Recomendaciones	114
Conclusiones.....	114
Recomendaciones.....	115
Trabajos futuros	116
Bibliografía	117

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Elementos de interconectividad</i>	27
Tabla 2 <i>Tipos de enrutamiento de segmento</i>	31
Tabla 3 <i>Tipos de extensiones del segmento</i>	33
Tabla 4 <i>Principios Val IT</i>	36
Tabla 5 <i>Direcciones de la red WAN de la ESPE</i>	49
Tabla 6 <i>Componentes red inalámbrica – ESPE</i>	51
Tabla 7 <i>Equipamiento de red inalámbrica – ESPE</i>	56
Tabla 8 <i>Costos del proveedor de servicios de red inalámbrica – ESPE</i>	57
Tabla 9 <i>Instalación GNS3</i>	62
Tabla 10 <i>Puertos</i>	71
Tabla 11 <i>Desempeño de la red</i>	91
Tabla 12 <i>Hoja de datos</i>	92
Tabla 13 <i>Inversión</i>	96
Tabla 14 <i>Mano de Obra directa</i>	96
Tabla 15 <i>Costo servicio de internet</i>	97
Tabla 16 <i>Costo mantenimiento</i>	97
Tabla 17 <i>Costo depreciación equipos</i>	97
Tabla 18 <i>Resumen de costo total</i>	98
Tabla 19 <i>Precio</i>	98
Tabla 20 <i>Flujo de caja</i>	100
Tabla 21 <i>Flujo de caja escenario optimista</i>	107
Tabla 22 <i>Flujo de caja escenario pesimista</i>	108
Tabla 23 <i>Hitos del programa</i>	111

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Arquitectura de la Red de Área Amplia – WAN</i>	20
Figura 2 <i>Arquitectura de redes públicas conmutadas – RTPC</i>	23
Figura 3 <i>Arquitectura de redes públicas mediante líneas dedicadas</i>	24
Figura 4 <i>Arquitectura de redes X.25</i>	25
Figura 5 <i>Arquitectura de frame relay</i>	26
Figura 6 <i>Arquitectura de ATM</i>	27
Figura 7 <i>Arquitectura Red WAN Inteligente</i>	29
Figura 8 <i>Arquitectura Segment Routing</i>	30
Figura 9 <i>Arquitectura tipos de segmento</i>	32
Figura 10 <i>Marco de trabajo Val IT</i>	35
Figura 11 <i>Dominios Val IT</i>	37
Figura 12 <i>Equipamiento de red WAN previo a tecnología MPLS</i>	48
Figura 13 <i>Diagrama de red WAN previo a tecnología MPLS</i>	50
Figura 14 <i>Diagrama de red inalámbrica</i>	53
Figura 15 <i>Capa de red con tecnología MPLS – ESPE</i>	54
Figura 16 <i>Arquitectura de la red con tecnología MPLS – ESPE</i>	55
Figura 17 <i>Arquitectura del enlace WAN a antena CNT – ESPE</i>	58
Figura 18 <i>Diagrama de enlaces de red WAN – ESPE</i>	59
Figura 19 <i>Características de la GNS3 VM</i>	64
Figura 20 <i>Funcionamiento del servidor GNS3</i>	64
Figura 21 <i>Instalación de la aplicación CISCO IOS xRv en la máquina virtual</i>	65
Figura 22 <i>Routers disponibles</i>	65
Figura 23 <i>Routers disponibles para la simulación</i>	66
Figura 24 <i>Configuración Router Cisco IOSsxrv</i>	66
Figura 25 <i>Pantalla de instalación VMware</i>	68
Figura 26 <i>Instalación VMware</i>	68
Figura 27 <i>Diagrama de red WAN Inteligente (Segment Routing) simulado – ESPE70</i>	

Figura 28 <i>Diagrama de la configuración de prefix-SID en Segment Routing – ESPE</i>	76
Figura 29 <i>Configuración enrutadores con SRGB</i>	76
Figura 30 <i>Uso de configuración SRGB en OSPF</i>	77
Figura 31 <i>Configuración del protocolo Segment Routing</i>	77
Figura 32 <i>Capacidad de enrutamiento y Prefix-SID</i>	78
Figura 33 <i>Activación de Segment Routing en enrutador 2</i>	78
Figura 34 <i>Envío de 2SLA tipo 10 en enrutador 2</i>	79
Figura 35 <i>Reenvío de enrutamiento de segmentos</i>	79
Figura 36 <i>Reenvío SR en enrutador 5</i>	80
Figura 37 <i>Pruebas de bucle de retorno en los enrutadores</i>	81
Figura 38 <i>Prueba de ruta de paquete</i>	81
Figura 39 <i>Reenvío MPLS de las direcciones bucle invertido</i>	82
Figura 40 <i>Topología red completa</i>	84
Figura 41 <i>Configuración enrutador 2 con política SR-TE</i>	85
Figura 42 <i>Configuración enrutador 2 con política SR-TE</i>	85
Figura 43 <i>Verificación estado del túnel</i>	86
Figura 44 <i>Configuración enrutador 2</i>	87
Figura 45 <i>Comprobación estado del túnel nuevo</i>	88
Figura 46 <i>Envío de paquetes udp con etiquetas MPLS</i>	89
Figura 47 <i>Paquetes UDP capturados en router 1 y 2</i>	89
Figura 48 <i>Paquete UDP capturado en router 2 y 3</i>	90
Figura 49 <i>Desempeño de la red</i>	91
Figura 50 <i>Arquitectura red WAN Inteligente – Segment Routing (ESPE)</i>	95

Resumen

En el presente proyecto se ha realizado con el objetivo de analizar la factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN Inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Se inicio recabando información teórica respecto al tema en estudio con el fin de generar conclusiones que sirvan de soporte para la solución del problema; en este sentido además se fundamentó los aspectos legales, antecedentes de forma que se pueda tomar como marco de referencia para la investigación. Para ello se planteó como metodología de enfoque mixto, es decir; cuantitativo y cualitativo, a través de ello se realizó un estudio de velocidad, cantidad de equipos, costos de inversión y otros de la red que se pretende implementar. Por otra parte, se realizó la interpretación de la situación actual de la institución con respecto al factor tecnológico, identificándose que existe un problema en la red basada en tecnología MPLS que maneja la universidad. Se realiza una simulación para la utilización de la red WAN en base al segment routing, para ello se empezó con el detalle de los equipos necesarios para el funcionamiento, descarga e instalación del servidor y router necesario; posterior a ello se diseñó una topología, asignación de puertos, la configuración de la conectividad y análisis del desempeño de la red segment routing. Finalmente se determinó que la implementación de la red es factible, ya que se realizó el desarrollo del negocio, se describió la capacidad tecnológica, cooperativa, capacidad de negocio puesto que se obtienen flujos de retorno positivos, además con esto se mejora el aspecto de servicio al cliente, ya que la latencia, banda, ancho y calidad son los mejores comparado con la MPLS que se utilizaban anteriormente.

Palabras clave:

- **RED WAN**
- **SEGMENT ROUTING**
- **INDICADORES**
- **SIMULACIÓN**

Abstract

The present project has been carried out with the objective of analyzing the technical-financial feasibility for the implementation of Intelligent WAN networks focused on Segment Routing for the communication between campuses of the University of the Armed Forces. The first step was to gather theoretical information on the subject under study in order to generate conclusions that would support the solution of the problem; in this sense, the legal aspects and background information were also provided so that they could be taken as a frame of reference for the research. For this purpose, a mixed approach methodology was used, i.e. quantitative and qualitative, through which a study of speed, amount of equipment, investment costs and other aspects of the network to be implemented was carried out. On the other hand, an interpretation of the current situation of the institution with respect to the technological factor was made, identifying that there is a problem in the network based on MPLS technology managed by the university. A simulation was carried out for the use of the WAN network based on segment routing, starting with the detail of the necessary equipment for the operation, download and installation of the necessary server and router; after that, a topology was designed, port assignment, connectivity configuration and analysis of the performance of the segment routing network. Finally it was determined that the implementation of the network is feasible, since the business development was carried out, the technological capacity, cooperative, business capacity was described since positive return flows are obtained, also with this the customer service aspect is improved, since the latency, band, width and quality are the best compared to the MPLS that were used previously.

Keywords:

- **WAN NETWORK**
- **SEGMENT ROUTING**
- **INDICATORS**
- **SIMULATION**

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

A finales de la década de los 90 creció la demanda de los proveedores de telecomunicaciones, que operaban en redes de alto coste y con una nula calidad de servicio que fueron reemplazados por una red conocida como Multi Protocol Label Switching (MPLS), que permitió utilizar el ancho de banda de una manera efectiva y soportando una gran carga de tráfico mediante el uso de protocolos que utilizan la mejor ruta para la transmisión de paquetes.

Las redes de transmisión de datos han experimentado cambios radicales en los últimos años para garantizar la innovación y la productividad, con la implementación de aplicaciones en la nube ya sea pública o privada, y el crecimiento en el uso de dispositivos móviles. En la mayoría de organizaciones las Redes de área extensa (WAN) se han visto obligadas a satisfacer el crecimiento de ancho de banda para todas las aplicaciones, además de gestionar todos los equipos de manera ágil, flexible y segura. Desde esta perspectiva se puede mencionar que las redes WAN Inteligentes permiten a las organizaciones garantizar el acceso a aplicaciones, sistemas y dispositivos con un alto ancho de banda de manera centralizada e inteligente donde el ancho de banda sea controlado de acuerdo a la demanda y además permite trabajar conjuntamente con el canal de Internet de manera segura estableciendo encriptación y protección contra amenazas. Dentro de las soluciones WAN Inteligentes tenemos las redes SD-WAN (Software Defined Wide Area Networks) que se enfocan en proporcionar enrutamiento de red basado en aplicaciones y ya no en paquetes lo que permite mejorar el rendimiento, utilizando la tecnología Segment Routing para la interacción más rápida con las aplicaciones y con una mejor calidad de servicio.

Según lo mencionado anteriormente en la presente investigación se pretende realizar un análisis de la viabilidad técnica y financiera para la toma de decisiones al momento de implementar una red basada en Segment Routing en lugar de red MPLS tradicional para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas utilizando VAL IT como caso de negocio para brindar soporte y orientación con la inversión de negocio en una nueva tecnología.

Planteamiento del problema

Las arquitecturas de las redes WAN han variado en los últimos años con Tecnologías como Frame Relay, ATM, MPLS, son la base fundamental para el crecimiento de las empresas. Las redes WAN deben asegurar conectividad y el rendimiento del tráfico de datos sin comprometer la seguridad y la confidencialidad al momento de la transmisión, según Microsoft asegura que el 20% de la infraestructura crítica a nivel mundial será migrada a la nube para lo que será necesario contar con tecnologías que permitan la transmisión de datos a altas velocidades.

Además se ha tenido la evolución de tecnologías WAN Inteligentes como MPLS que han ido adaptándose a este crecimiento, que permite priorizar el tráfico según la importancia de las aplicaciones y el consumo de tráfico brindando una alta calidad de servicio. Según un análisis del International Data Corporation indica que hasta el año 2021 la tecnología IWAN tenga un crecimiento del 70% y se tenga una inversión de más de 8 mil millones de dólares a nivel mundial.

En la actualidad la Universidad de las Fuerzas Armadas utiliza la tecnología MPLS tradicional, para la comunicación entre campus, dicha tecnología no fue diseñada para soportar aplicaciones en la nube y tiene un costo elevado de ancho de banda ya que se depende de un proveedor de servicios para su administración, y no se cuenta con un caso de negocio desarrollado para una futura implementación de una nueva tecnología.

Justificación

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un análisis técnico y financiero a nivel gerencial para la toma de decisiones al momento de decidir implementar una tecnología WAN Inteligente enfocada en Segment Routing para la comunicación entre los 13 campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

Para cumplir con los objetivos planteados en este proyecto se pretende realizar una simulación de una red basada en Segment Routing utilizando GNS3-VM-Alpha, donde se obtendrán algunos indicadores técnicos como latencia, ancho de banda y calidad de servicio; los mismo que servirán para realizar una comparativa con la tecnología que actualmente se encuentra siendo utilizada para la interconexión de los campus, adicional permitirá obtener un SLA actual que se comparará con el SLA actual.

Además de esto se pretende realizar un análisis económico de las redes basadas en Segment Routing en base a VAL IT, para realizar una validación tanto financiera como operativa de la inversión de una red WAN Inteligente, para lograr una propuesta de valor para la toma de decisiones sin afectar la inversión.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN Inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas, en base a VAL IT.

Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la tecnología WAN utilizada por Universidad de las Fuerzas Armadas.

- Realizar una simulación de una red basada en Segment Routing utilizando GNS3- VM-Alpha y analizar los resultados en base a indicadores como: latencia, ancho de banda y calidad de servicio.
- Desarrollar el caso de negocio en base a VAL IT, para la inversión de una red basada en Segment Routing.

Hipótesis

¿Qué tan viable es técnica y económicamente implementar una red basada con Segment Routing para la interconexión de campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas?

La implementación de redes WAN Inteligentes permiten la optimización de los recursos, un mayor tráfico de datos, mejor seguridad con reducción de costos, lo que brindaría muchos beneficios técnicos, VAL IT brindará una validación tanto técnica como financiera.

Capítulo II

Marco teórico

Redes WAN

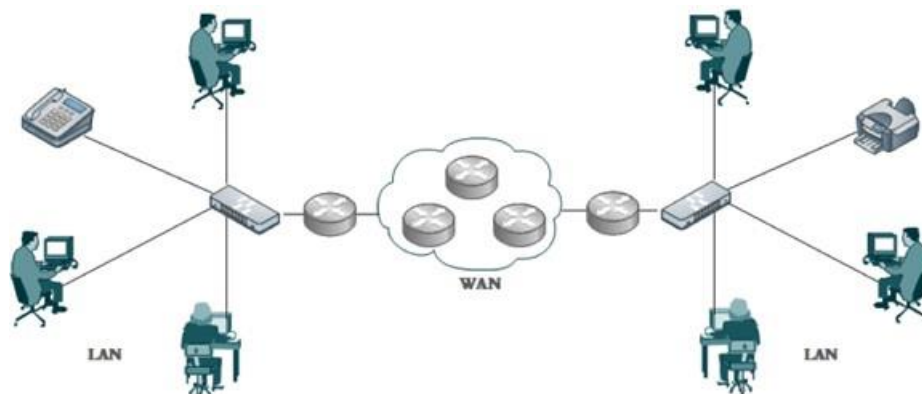
Generalidades

Según Angarita (2020) las redes WAN (*Wide Área Network*) o red de área amplia representa una manera para transporte de datos mediante zonas geográficas extensas, “la cual realiza la interconexión de diferentes LANs mediante un proveedor de servicios, por medio de líneas alquiladas, circuitos o paquetes conmutados” (p. 7), donde las líneas alquiladas tienen un alto nivel de seguridad debido a que eliminan los problemas en la conexión.

Por su parte, Hernández (2019) considera que utiliza diferentes enlaces y tiene una capacidad para abarcar hasta una distancia de 1.000km, redes privadas virtuales (VPN), inalámbricas, *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) e Internet con el fin de conectar en diferentes lugares. De tal modo que es una de las redes de mayor tamaño de tipo pública o privada, pues, tiene soporte de voz y datos. La arquitectura se observa en la Figura 1.

Figura 1

Arquitectura de la Red de Área Amplia – WAN



Tomado de: (Roso, 2019)

En cuanto a las características de las redes WAN, Liberatori (2018) destacan las siguientes:

- Tiene sub red para conectar entre varios hosts.
- Aplica equipos con gran potencia para lograr una conexión adecuada.
- Cuentan con fragmentaciones entre conmutadores, transmisores y enrutadores.
- La red WAN posee routers.
- Facilidad en la conmutación de datos.
- Empleo de fibra óptica o equipo satelital.
- Uso de software especializado y alta gama de equipos de telecomunicación.

Componentes de interconectividad

Los componentes para la interconexión de redes se refieren a los elementos utilizados para la transmisión de datos de un punto a otro de forma segura. Es así que se considera los equipos que transforman la información y envían a distintos sitios. Los componentes para la interconectividad de utilizan dependiendo del tipo de aplicación a emplear en la transmisión (Universidad Abierta y a Distancia de México [UNADM], 2020). Los medios de transmisión se detallan a continuación:

- Fibra óptica tanto para red privada como pública.
- Cobre para red pública conmutada.
- Transmisión de datos vía microonda.
- Transmisión de datos por satélite.

Mientras que los equipos de empleados en la interconectividad son los ruteadores, multiplexores, entre otros.

Tipos de redes

De acuerdo con Stallings (2011) los tipos de redes WAN son los siguientes:

- **Red WAN por paquetes:** Posee datos fraccionados en paquetes y cuando llega a su destino se integra de nuevo al mensaje inicial.
- **Red WAN por circuitos:** Representan a una red de discado telefónico, recepta señal en ancho de banda.
- **Red WAN por mensaje:** Formada por ordenadores que receptan el tráfico en las terminales y gestionan el flujo de datos a través de mensajes, estos pueden ser redireccionados, eliminados y respondidos de manera automática.

Además, se tienen las redes públicas conmutadas, líneas dedicadas, X.25 y frame relay, tal como se muestra a continuación:

- **Redes públicas conmutadas**

Se refiere al mecanismo para la transmisión y conmutación, es decir, para el intercambio de datos mediante el uso de equipos telefónicos. Esto significa la obtención de conexión entre usuarios de la red (Vazart, 2017). Como plantea:

El objetivo fundamental de la Red telefónica conmutada es conseguir la conexión entre conmutada es conseguir la conexión entre todos los usuarios de la red, a nivel geográfico todos los usuarios de la red, a nivel geográfico local, nacional e internacional. (Vazart, 2017, p. 2).

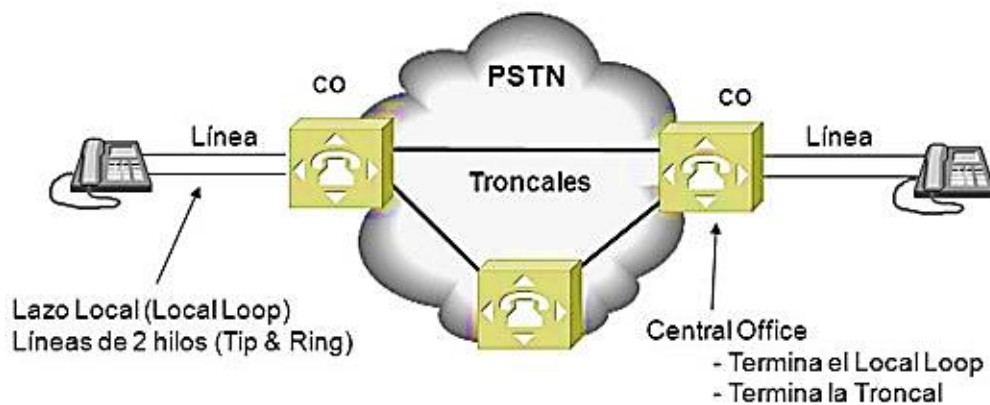
Los elementos esenciales de la comunicación basada en esta red se relacionan con la conmutación (procesa señales), señalización (comunicación), transmisión (conduce señales de voz y datos), gestión (configura red), datos (revisión comportamiento de los equipos), equipos terminales (teléfono, fax, sistema

PBX), servicios (larga distancia, operadoras, internet) y tecnología inalámbrica (Vazart, 2017).

La arquitectura de esta red se muestra a continuación en la Figura 2:

Figura 2

Arquitectura de redes públicas conmutadas – RTPC



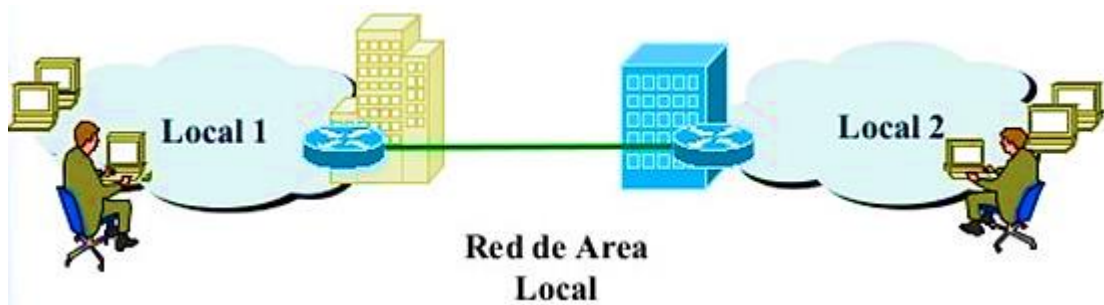
Tomado de: (Vazart, 2017)

- **Redes públicas mediante líneas dedicadas**

Estas redes son utilizadas por un solo usuario de forma privada, por lo que cancela el servicio mensualmente al proveedor. Para la conexión se necesita equipos de transmisión de datos con el fin de que el usuario acceda a la red de manera privada (Stallings, 2011).

Figura 3

Arquitectura de redes públicas mediante líneas dedicadas



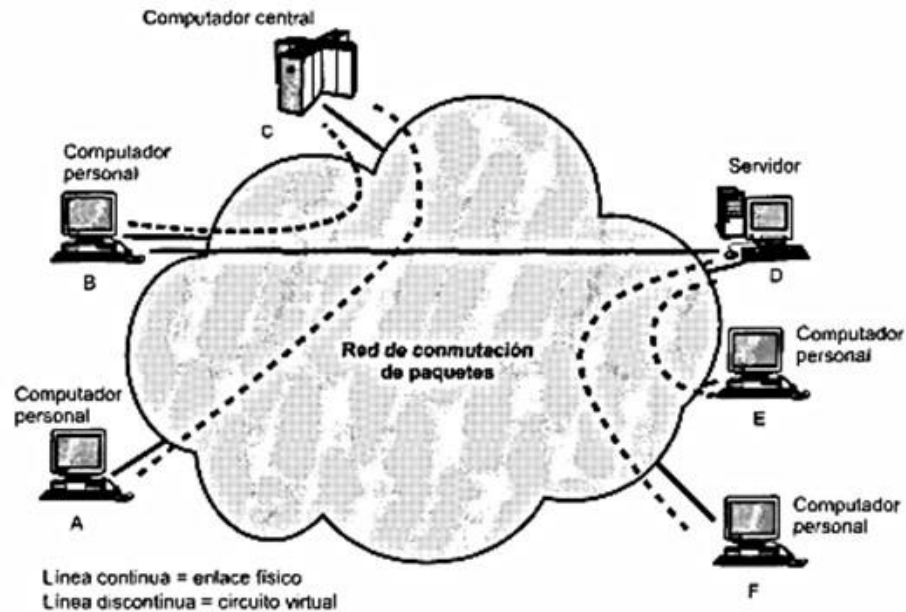
Tomado de: (Stallings, 2011)

- **Redes X.25**

Se refiere a la interfaz entre el equipo de terminal y circuito de datos que funciona en modo de paquete. Permite la conexión a redes públicas a través de líneas dedicadas, empleando el servicio en modalidad de conexión. La conexión se efectúa por la red de datos conmutados de paquetes y el sistema remoto (línea no conmutada y conmutada), soportando uno o más circuitos virtuales (Stallings, 2011). Esto se aprecia en la Figura 4.

Figura 4

Arquitectura de redes X.25



Tomado de: (Stallings, 2011)

Los circuitos virtuales pueden soportar varias sesiones de la arquitectura de red de sistemas, conexión con sistema primario o control de una red, dispositivo asincrónico y sistema de comunicación asíncronas a través de la emulación del ensamblador – desensamblador. Además, tiene soporte para la comunicación determinada por el usuario, enlace TCP-IP a un nodo IP pasarela (dispositivo de conexión entre dos sistemas) (IBM Corporation, 2015).

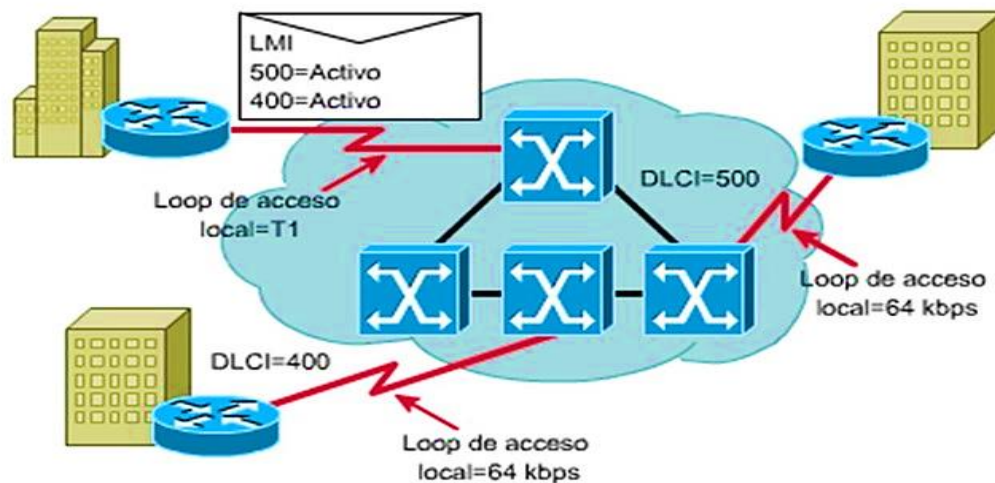
- **Redes frame relay**

De acuerdo con Saavedra y Saavedra (2017) se trata de una red basada en conmutación de paquetes que se envían sobre LAN o WAN. La conmutación se presenta en la red que genera una ruta de datos virtuales en cada estación, empleando enlaces digitales para el transporte de información. Sobre una red WAN se aplica la conmutación a través de la división en paquete de datos para enviar de

forma individual cada paquete por la ruta más adecuada. Cuando se utiliza el circuito virtual permanente para la misma ruta ayuda que la transmisión de datos sea a mayor velocidad, sin necesidad de realiza el desensamblado. La arquitectura se aprecia en la Figura 5.

Figura 5

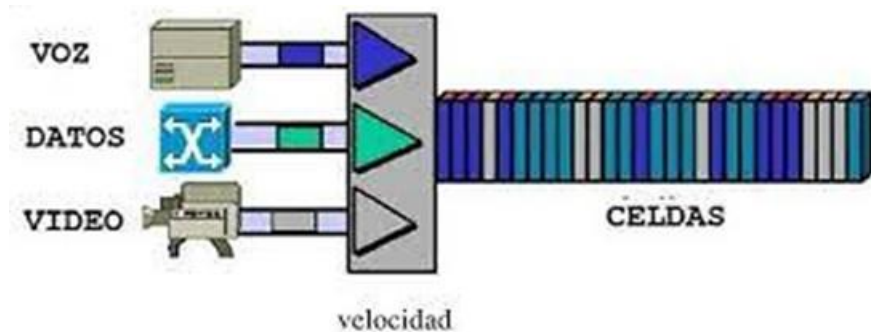
Arquitectura de frame relay



Tomado de: (Saavedra & Saavedra, 2017)

- **Modo de transferencia asincrónico – ATM**

El ATM se trata de una red de conmuta los paquetes para enviar mediante WAN o LAN, utiliza tecnología de telecomunicación y componente básico (switch electrónico), este dispositivo soporta una conexión de 16 y 32 nodos. En la conexión entre nodos y switch se emplean hilos de fibra óptica. El método de acceso a esta red es de punto a punto para transmitir celdas a una velocidad de transferencia de 155 – 622 Mbps. Aplicados para transferir datos de audio, video, voz e imágenes en tiempo real (Condori & Laguna, 2017). La arquitectura se tiene en la Figura 6.


Figura 6*Arquitectura de ATM*

Tomado de: (Condori & Laguna, 2017)

Elementos de interconectividad

Según Stallings (2011) los elementos de interconectividad son los módems, multiplexores, PADS, DSU/CSU y puentes digitales. Estos se describen a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1*Elementos de interconectividad*

Elementos	Características
<p>Módems</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la conexión de dos ordenadores remotos. • Utiliza línea telefónica. • Incluye transmisor y receptor. • Posibilidad de bajar información de la red.
<p>DSU/CSU (Unidad de servicio de canal/Unidad de servicio de datos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conversión trama de datos de LAN en trama para WAN. • DSU gestiona control de la red para transformar en entrada y salida de tramas.



Multiplexores

Sharings – puentes
digitales

Routers



Brouters



Gateways

- CSU recepta y transmite señal hasta la red WAN.
- Es un circuito para controlar el flujo de la información.
- Conversión de la entrada de datos a serie.
- Divide la transmisión en varios canales (frecuencia, tiempo, código y longitud de onda) para la comunicación al mismo tiempo de los nodos.
- Conecta redes de ordenadores que opera en nivel de enlace de datos.
- Evita tráfico de datos a través de la división de la red.
- Realiza filtrado de tramas.
- Empleado en la interconexión de redes.
- Utiliza múltiples redes para empaquetar paquetes.
- Filtrado y aislamiento de tráfico.
- Interconecta redes como puente y enrutador.
- Para protocolo actúa como router y puente para el resto.
- Transfiere información entre redes.
- Representa punto de entrada para las demás redes.
- Interconexión de redes con arquitectura y



PADS (*Packet Assembler/Disassembler*)



protocolos.

- Traduce datos del protocolo de una red a otra.
- Permite interconectar redes WAN.
- Rutean datos en X.25 y Frame Relay.
- Ensambla datos derivados de un canal asincrónico.

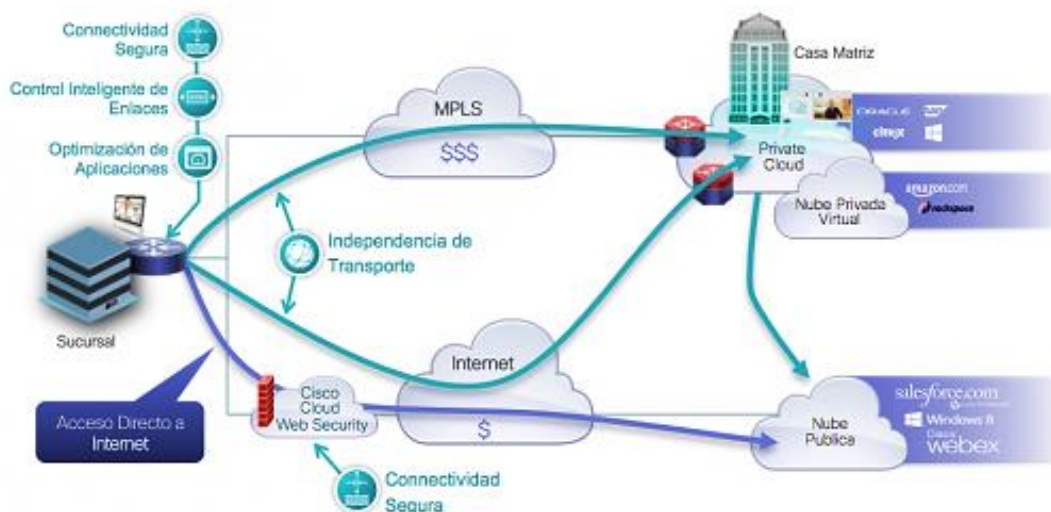
Tomado de: (Stallings, 2011)

Red WAN inteligente

Una red WAN inteligente ayuda a que las organizaciones a mejora la conexión, adaptando la misma a través del transporte de WAN que es de menor costo sin afectar el rendimiento (Cisco, 2013). La arquitectura se tiene en la Figura 7.

Figura 7

Arquitectura Red WAN Inteligente



Tomado de: (O'Kon, 2014)

La red WAN inteligente ayuda a mejorar la conectividad, pues, posee un ancho de banda óptimo para las necesidades enfocadas en el uso de dispositivos móviles, internet de las cosas, entre otros. Es decir, se controla y automatiza las conexiones.

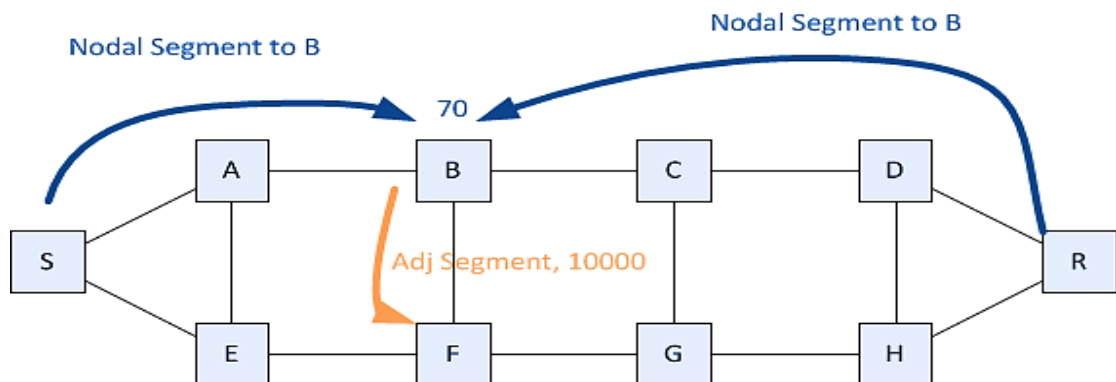
Segment Routing (SR)

Generalidades

De acuerdo con Paredes (2021) el enrutamiento de segmento representa un protocolo aplicado en la conmutación de paquetes, empleando el ruteo. Este segmento ayuda a dividir la red con el fin de asignar identificadores, por lo que en conjunto con los nodos se organizan en listas que generan instrucciones y parámetros con el propósito de determinar el flujo de latencia, ancho de banda, equilibrio de tráfico, entre otros (Figura 8).

Figura 8

Arquitectura Segment Routing



Tomado de: (Huawei, 2021)

Las características del enrutamiento del segmento se describen a continuación:

- Para una adecuada mejora de la red emplean extensiones de protocolos.
- Mejora la red hacia SDN.

- Necesita elementos de transporte para gestionar la información.
- Permite controlar las rutas para reenviar instrucciones de la red.
- Elimina los protocolos innecesarios.
- Presenta flexibilidad y reducción de costos debido a que el estado se flujo se encuentra en el nodo de entrada.
- Se ejecuta en datos IPv6 o MPLS.
- Muestra migración sencilla porque coexiste con la red LDP.
- Cuando se presenta fallas en el nodo o enlace tiene la capacidad de restablecerse en 50 milisegundos (Cisco Systems, 2021).

Tipos

El enrutamiento del segmento se clasifica en tres tipos, estos se detallan de la siguiente forma (Tabla 2):

Tabla 2

Tipos de enrutamiento de segmento

Tipos	Características
Segmento prefijo	<ul style="list-style-type: none"> • Aplica el método de configurado manual. • Permite identificar la dirección destino (16001, 16002, 16003). • Se identifica a través del prefijo SID. • Emplea SRGB para obtener los valores de la etiqueta.
Segmento nodo	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza el método de configuración manual. • Identifica nodo (101, 102, 103) y prefijo SID es el nodo. • Representan prefijos especiales.

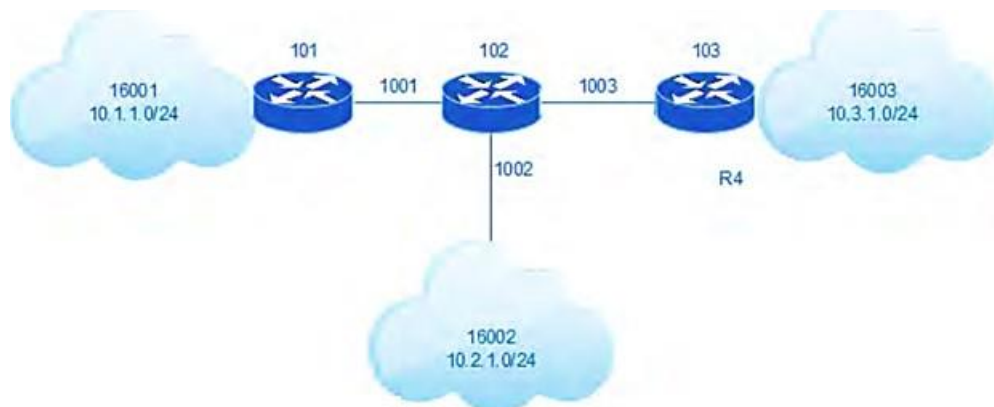
- Cuando existen dos rutas se realiza balanceo.
- Segmento de adyacencia
- Utiliza el método asignado de forma dinámica por un protocolo o configuración manual.
 - Identificación de adyacencia (1001, 1002, 1003).
 - Cada valor asignado se encuentra fuera del rango SRGB.

Tomado de: (Huawei, 2019)

El enrutamiento del segmento emplea la conmutación de paquetes, lo cual ayuda a crear el listado de etiquetas mientras que la etiqueta externa se elimina según vaya por la red. Aspecto que permite habilitar los servicios para un adecuado control de los parámetros y equilibrio del tráfico. A continuación, se muestra la arquitectura de los tipos de segmento (Figura 9).

Figura 9

Arquitectura tipos de segmento



Tomado de: (Paredes, 2021)

OSPF en SR-MPLS

El enrutamiento del segmento aplica IGP con el fin de señalar los datos de la tipología prefija, por lo que IGP debe extender las capacidades. Además, OSPF

utiliza LSA tipo 10 que permite cumplir con lo requerido por el enrutamiento del segmento. Las extensiones se basan en TLVs y Sub TLVs, estos ayudan a intercambiar la información del segmento. A continuación, en la Tabla 3 se detalla los tipos de extensiones:

Tabla 3

Tipos de extensiones del segmento

Tipos	Sub tipos	Características
TVL	TLV de Algoritmo SR	Anuncia el algoritmo empleado con LSA tipo 10 (opaco).
	TLV de Rango de Etiquetas/SID	Anuncia el alcance SR-MPLS SID o SRGB con LSA tipo 10 (opaco).
	TLV de preferencia SRMS	Anuncia la prioridad del servidor de mapeo SR con LSA tipo 10.
Sub TVL	SID / Etiqueta Sub-TLV	Anuncia SR-MPLS SID o etiquetas MPLS.
	Prefix SID Sub-TLV	SID / rango de etiquetas TLV. Anuncia el prefijo SR-MPLS SID.
	Adj-SID Sub-TLV	Prefijo extendido OSPFv2 Opaco TLV y LSA. Anuncia los SID de adyacencia SR-MPLS en una red P2P.
	LAN Adj-SID Sub-TLV	OSPFv2 Extended Link Opaco LSA y TLV Anuncia los SID de adyacencia SR-MPLS en una LAN.

OSPFv2 Extended Link Opaco LSA y
TLV.

Tomado de: (Huawei Technologies Co, 2020)

VAL IT

Generalidades

Val IT se trata de una iniciativa del IT *Governance Institute*, creada con el fin de optimizar el proceso de inversiones en tecnologías de la información de las organizaciones. Con esto las empresas generan un valor agregado en las inversiones, empleando un mecanismo de trabajo basado en prácticas adecuadas, tanto en los procesos como actividades (Figuroa & Hinojosa, 2018).

Por lo tanto, esta iniciativa se deriva de experiencias y prácticas existentes, donde las organizaciones han adaptado Val IT para mejorar las inversiones y transformación en los procesos que desean implementar.

Val IT representa un framework que permite que los gerentes o representantes de una empresa conozcan el valor adecuado de las inversiones en tecnologías de información, considerando costos asequibles y nivel de riesgo bajo o aceptable (Figuroa & Hinojosa, 2018).

El objetivo principal de Val IT es garantizar que las organizaciones obtengan un valor adecuado en el proceso de inversión en TI, considerando un costo no elevado y aceptable, especialmente aplicable en las decisiones de inversión para el crecimiento y mantenimiento de proceso para general valor agregado (Morales & Sucuzhañay, 2010).

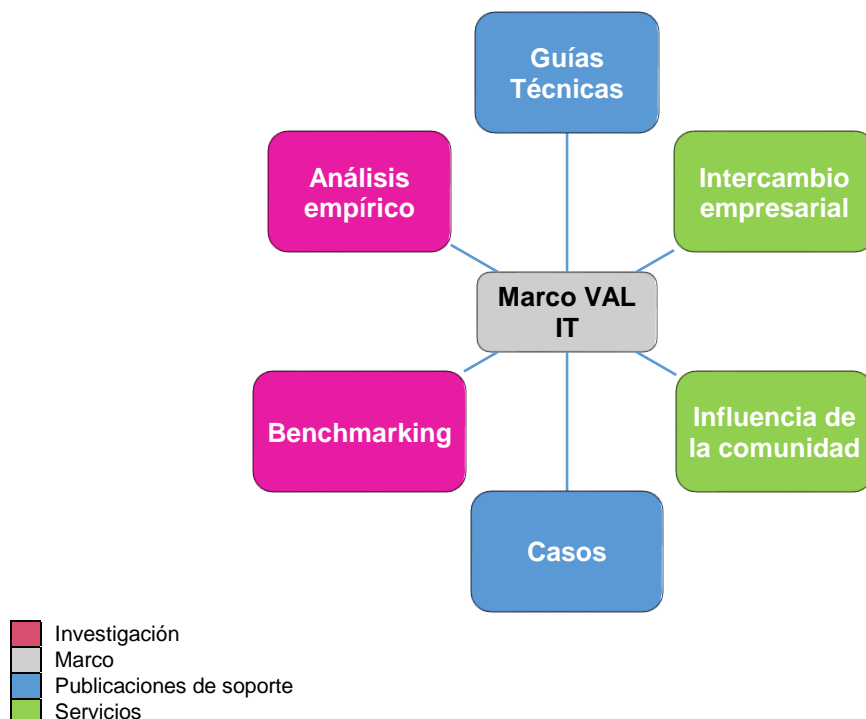
El marco de trabajo de Val IT está conformado por investigaciones, publicaciones de soporte y servicios. En el primero se encuentra el análisis empírico y benchmarking o evaluación de los procesos y/o productos que se toman como

referencia en futuras acciones. Las publicaciones de soporte son las guías, técnicas y casos. Mientras que los servicios de soporte se enfocan en el intercambio empresarial y la influencia de la comunidad (Ramírez et al., 2012).

Con esto se pretende que la alta dirección utilice herramientas adecuadas para atraer la atención de los colaboradores, clientes, proveedores, entre otros. El marco de este framework se presenta de la siguiente manera:

Figura 10

Marco de trabajo Val IT



Tomado de: (Ramírez, et al., 2012)

Las características de este framework se detallan de la siguiente forma:

- Incrementa la posibilidad de escoger inversiones con mayor potencial para obtener beneficios o rentabilidad.
- Disminuye el riesgo del fracaso en las inversiones en tecnologías de

la información.

- Incrementa la posibilidad de lograr éxito en las inversiones establecidas para mejorar la rentabilidad.
- Disminuye costos innecesarios.
- Genera valor agregado del negocio.
- Entrega a tiempo de TI establecida como servicio para una organización.
- Mejora el conocimiento sobre los costos, riesgos y beneficios para toma de decisiones.

Principios

Los principios de Val IT se enfocan en las inversiones y las prácticas en la

Tabla 4:

Tabla 4

Principios Val IT

Tipos	Principios
Inversiones por TI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestionada como cartera de inversiones. 2. Alcance de actividades para lograr un valor comercial. 3. Gestión del ciclo de vida económico.
Prácticas de entrega de valor	<ol style="list-style-type: none"> 4. Reconocimiento de las categorías de inversiones a evaluar y gestionar de forma distinta. 5. Definición y monitoreo de métricas para responder al cambio. 6. Involucra a las partes interesadas y asignación de responsabilidades para entregar capacidades y generación de beneficios. 7. Monitorización, evaluación y mejora continua.

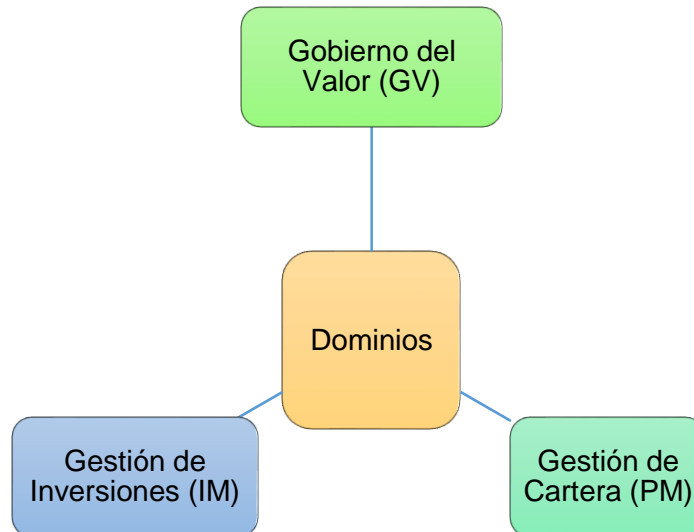
Tomado de: (Morales & Sucuzhañay, 2010)

Dominios y procesos

Los dominios de Val IT son los siguientes (Figura 11):

Figura 11

Dominios Val IT



Tomado de: (Ramírez, et al., 2012)

- **Gobierno del valor (GV)**

Este dominio permite realizar prácticas de gestión de valores de TI, considerando el monitoreo y control de las inversiones (Ramírez, Rodríguez, & Pérez, 2012). Los procesos de gobierno de valor se enfocan en:

- Determinar marco para el control y monitoreo.
- Establecer el direccionamiento estratégico.
- Definir las características de PM.

- **Gestión de cartera (PM)**

El segundo dominio abarca la generación de valor adecuado para las inversiones de TI en el ciclo de vida económico, estos deben vincularse con el

objetivo. En los programas de gestión de cartera es importante definir claramente, evaluar, priorizar, seleccionar y gestionar los mismos (Morales & Sucuzhañay, 2010). Los procesos de PM son los siguientes:

- Identificar las inversiones.
- Determinar principios.
- Evaluar, priorizar y seleccionar el aplazamiento o rechazo de la inversión.
- Gestionar PM.
- Revisar y presentar informes del rendimiento de PM.
- **Gestión de inversiones (IM)**

El tercer dominio permite que las inversiones establecidas aporten de forma adecuada en la mejora de la organización, es decir, para obtener un costo económico oportuno (Morales & Sucuzhañay, 2010). Los procesos de IM se detallan a continuación:

- Identificar las necesidades.
- Comprender los programas de inversión.
- Analizar la mejor alternativa para inversión.
- Definir programa y la documentación de forma detallada.
- Determinar y asignar responsabilidad.
- Gestionar el programa en el ciclo económico.
- Monitorear y presentar informes.

Para la gestión de inversiones se debe considerar tres componentes claves como desarrollo del caso de negocio, gestión de programas y realización de

beneficios. El primer componente hace referencia a la selección adecuada de los programas en los que se quiere invertir, considerando la capacidad técnica, operativa y de negocio para conseguir los resultados deseados en un proyecto de inversión en TI, por lo que es importante realizar monitoreo y control (Ramírez et al, 2012).

El segundo componente ayuda en la gestión para la ejecución de los programas de inversión seleccionadas. En el último componente se gestiona la obtención de beneficios, considerando la relación con los usuarios y el servicio otorgado por la organización, por lo que se coordina con todas las áreas que se vinculan de forma directa con el cliente (Ramírez et al., 2012).

Para evitar problemas como la falta de involucramiento de directivos, tiempo excesivo en la implementación del servicio, integración de múltiples o demasiados proveedores, entre otros, es importante que la organización controle y efectúe monitoreo constante del servicio. Por otra parte, el caso de negocio de VAL IT permite medir los resultados, cambios en distintos niveles como los procesos, competencias, tecnología y riesgos. Los pasos de un caso de negocio son:

- 1) Elaboración de una hoja de datos.
- 2) Análisis de alineación.
- 3) Análisis financiero basado en el incremento de los flujos de caja descontados o beneficios financieros.
- 4) Análisis de beneficios no financieros.
- 5) Análisis de riesgos,
- 6) Evaluación y optimización del riesgo/ retorno de la inversión posibilitada por TI.
- 7) Registro estructurado de los pasos anteriores y documentación detallada

del caso de negocio.

8) Mantener el caso de negocio.

Capítulo III

Estado del arte

Antecedentes investigativos

En cuanto a los estudios relacionados con temas relacionados con los propuesto en este proyecto, por lo que se considera los siguientes:

La investigación realizada por Silva (2016) se basa en que la comunicación juega un papel importante en el cumplimiento de la escalabilidad, disponibilidad y seguridad. Las tecnologías actuales basadas en el protocolo de Internet (IP) y la conmutación de capas multiprotocolo (MPLS) han podido satisfacer estas necesidades. Sin embargo, las redes IP tradicionales son difíciles de administrar y diseñar soluciones que permitan el uso eficiente de los recursos y que permitan una comunicación resistente. Por otro lado, MPLS tiene problemas de escalabilidad debido al uso de protocolos complejos como RSVP-TE. Las redes definidas por software (SDN) prometen resolver estos problemas mediante la ejecución de aplicaciones en el controlador teniendo una vista centralizada de la red, lo que facilita la búsqueda de soluciones de gestión de red (Silva, 2016).

Afortunadamente el protocolo Segment Routing (SR), permite la centralización lógica ofrecida por un SDN en un entorno de red MPLS. Segment routing es similar a MPLS ya que utiliza segmentos como etiquetas y se intercambia paquetes basadas en etiquetas que son administrados por conmutadores, la diferencia es que no necesita protocolos complejos, lo que simplifica la gestión de la red y al utilizar una forma de enrutamiento de origen facilita su integración (Silva, 2016).

Mejía et al (2006) en su estudio realizado sobre el incremento de prestaciones de Ethernet usando Segment Routing, este algoritmo de encaminamiento obtiene prestaciones sin necesidad de canales virtuales, que soporta cualquier tecnología mejorando las prestaciones que brinda STP (Mejía, et al., 2006).

En el trabajo desarrollado por Kushwaha et al (2012) considera que SR representa una innovación tecnológica para grandes proveedores, pues, posee similar potencial al IPV6 y ayuda a encaminar la implantación de SDN, por lo que se debe aplicar técnicas para codificación de etiquetas.

. Por su parte, Pereira et al (2017) utilizaron SR combinando los protocolos de Link-State con MPLS, esto con el fin de descomponer las rutas en segmentos para optimizar los recursos de la red. Es así que aplica SDN (Software-defined Network), pues, ayuda a configurar la conmutación de las etiquetas. SR configura de forma adecuada la distribución del tráfico, optimizando la congestión y los parámetros determinados a cada nodo.

De igual modo, en un estudio reciente presentado por Reinoso (2021) se evidenció que el uso de segment routing en SR-MPLS y SRv6 mediante la emulación resultó factible para los service providers, esto significa que es adecuado para dar soporte a las tecnologías que necesitan altas velocidades de conmutación y su respectivo procesamiento de datos.

Aunque MPLS es un tecnología que brinda soporte de tráfico pero es necesario mejorar a través de empleo de un nuevo mecanismo como SR-MPLS para optimizar MPLS (Reinoso, 2021).

Respecto a la implementación de redes WAN, Angarita (2020) considera que existen beneficios derivadas del uso de tecnologías que ayudan a configurar los

routers, rack, entre otros con el fin de enrutar los datos para el diseño de la red WAN, generando eficiencia y gestión adecuada de los puertos y enlaces.

En una investigación presentada por Romero (2020) destaca que la red WAN mejora el rendimiento de la conectividad en la empresa, pues, los usuarios pueden acceder a la información de forma segura y eficaz. Concluyendo que es un éxito para la gestión de datos, empleando SD-WAN para la modernizar los servicios hacia los nuevos cambios y necesidades tecnológicas. Al implementar esta red se redujo el riesgo tecnológico, maximizando los beneficios con equipamiento moderno.

Similar criterio destaca Bermeo y Cuenca (2020) debido a que las red SD-WAN es más flexible, óptima, ágil y permite mejor control que las redes tradicionales. La empresa donde se implementó la nueva red tenía un esquema tradicional con dos enlaces (activo -inactivo), provocando gastos. Para mejorar esta situación plantearon la implementación de SD-WAN, utilizando equipos Fortinet, lo que permitió optimizar los enlaces y balanceo del tráfico, ahorrando en 33% los gastos derivados de la tecnología de comunicación y una adecuada experiencia para los usuarios de la red.

Otra investigación efectuada por Sambrano (2020) menciona que la tecnología SD-WAN se implementó en hardware, donde la codificación ayudó a evaluar los proveedores en base a aplicaciones utilizadas por los usuarios. Con la red SD-WAN se balanceó el tráfico a partir de la capa 3 hasta la 7, por lo que es importante establecer políticas de rendimiento con el fin de seleccionar el enlace, evitando latencia, pérdida de paquetes y jitter.

Por otro lado, también se indagó sobre estudios relacionados con Val IT como el presentado por López y Maiguel (2012), quienes mencionan que este marco de trabajo ayudó a gestionar y valorar las TI para tomar decisiones de inversión.

Para Gómez (2015) el uso de mecanismos para decidir invertir en tecnologías de información puede ser Cobit o Val IT, por lo que establecieron una guía que asegure que las partes interesadas realicen seguimientos de las decisiones de inversión en TI, constituyendo un aporte a los directivos de las organizaciones.

Según Cordero (2015) el marco de trabajo Val IT se puede aplicar en distintos contextos organizacionales, pues, permite valorar y optimizar las prácticas de inversión en TI, estos son beneficiosos cuando existe participación de las partes interesadas en el proceso, siendo esencial tomar en cuenta los principios, dominios y procesos.

Mientras que en el estudio presentado por Heredia (2017) considera que los marcos de trabajo como Val It y Cobit para analizar la decisión de inversión en tecnologías necesita que la participación de las partes interesadas, cumplimiento de procesos y determinación de la tecnología a implementar con sus respectivos costos.

En el estudio planteado por Colina (2019) se enfoca en la revisión bibliográfica del marco de trabajo de gobierno corporativo apoyado con la inteligencia de negocios, donde se tiene marcos de trabajo como Val IT para la toma de decisiones adecuadas de los directivos de las organizaciones así como las partes interesadas al momento de invertir en TI, por lo que complementan con el uso de inteligencia basado en Big Data, minería de datos, entre otros.

Con la indagación efectuada de las investigaciones previas respecto al tema sobre análisis de factibilidad técnica-financiera para la implementación de redes WAN inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas en base a Val IT se evidenció que existen varios estudios que se enfocan en Segment Routing, WAN y Val IT.

Esto significa que la mayoría de investigaciones basan en un aspecto en particular, por ende, son mínimos o nulos trabajos que complementan las redes WAN inteligentes con segment routing y marco de trabajo Val IT. De tal modo que el presente trabajo complementa las redes inteligentes para la conectividad de manera eficiente con el fin de satisfacer a los usuarios de la red. En este caso, beneficia la comunicación eficaz en el campus de la institución.

Aspectos legales

En la Constitución de la República del Ecuador (2008) tipificado en el Art. 17 destaca que el Estado debe garantizar la asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico y acceso a bandas libres que faciliten la explotación de redes inalámbricas.

De acuerdo con la Ley Orgánica de Telecomunicaciones tipificado en el Art. 9, donde se detalla el despliegue de las redes como mecanismo de transmisión, emisión y recepción de datos, cumpliendo las normas técnicas y políticas del país. Adicionalmente, en los Arts. Del 10 al 13 describe sobre el diseño de red abierta, implementación para servicios de telecomunicación pública y las redes privadas, en ambos casos se encuentra controlado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).

En la misma Ley se establece en el Capítulo II sobre la prestación de servicios de telecomunicaciones en el Art. 17, donde se detalla respecto a las comunicaciones internas, pues, cuando el servicio sea a nivel interno no necesita de título habilitante para la implementación o instalación de redes. En los Arts. Del 18 al 20 explica respecto al uso y explotación del espectro radioeléctrico, domicilio, obligaciones y limitaciones.

Metodología de implementación

Este proyecto tiene un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). A nivel cuantitativo se conoce la velocidad, cantidad de equipos, costos de inversión, entre otros. Mientras que con el enfoque cualitativo se interpreta la situación actual del problema presentado en la red basada en tecnología MPLS de la universidad.

El tipo de investigación es descriptivo porque se detalla las características de la red actual de la institución con el fin de conocer la situación actual de la conectividad del servicio de comunicación de tecnología MPLS. Además, se utilizó la investigación bibliográfica documental para sustentar la base teórica del proyecto.

Para el desarrollo del presente proyecto se consideró las siguientes etapas de metodología de implementación:

Análisis situacional:

Se aplica un estudio de la situación actual de la red de telecomunicación que posee la institución, específicamente la tecnología MPLS. Por lo que se presenta la descripción del funcionamiento de la red, los equipos utilizados, la velocidad en la transmisión de datos, topología, entre otros.

Simular una red basada en Segment Routing.

Se realiza el diseño de la red WAN Inteligente basado en segment routing, por lo que se realiza el diseño de la topología física y lógica, equipos, asignación de puertos, configuración de equipos, pruebas de conectividad y desempeño de red segment routing.

Desarrollo el caso de negocio en base a VAL IT.

Se aplica el marco de trabajo Val IT para tomar de decisiones de inversión, por lo que se determina los costos requeridos para la inversión, operación y mantenimiento.

Capítulo IV

Análisis de la situación actual

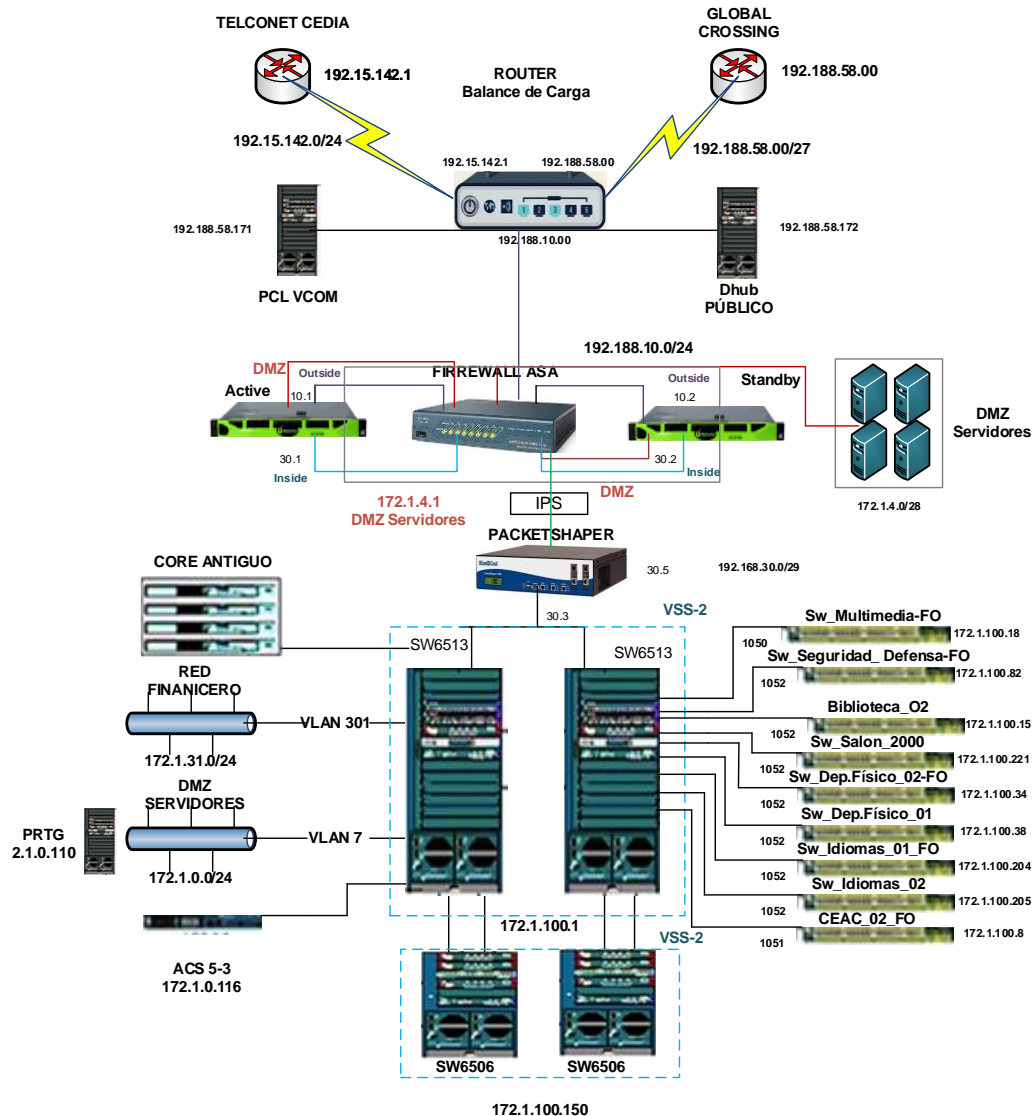
Red inalámbrica actual de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Equipamiento y direcciones de la red WAN previo a MPLS

En el campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas cuenta con equipamiento, detallando con sus respectivas direcciones IP (las cuales por motivos de seguridad son similares), tal como se aprecia en la Figura 12.

Figura 12

Equipamiento de red WAN previo a tecnología MPLS



Tomado de: ESPE, 2020

Previo a la implementación de la tecnología MPLS, el equipamiento de la red WAN es un router que obtiene servicio de Internet de Telconet y comunicaciones por parte de Global Crossing. Además, de equipos como Firewall, standby, active, servidores DMZ, packet shaper, core antiguo, entre otros.

A continuación, en la Tabla 5 se encuentra las direcciones de la red WAN de la ESPE utilizadas antes de implementar el protocolo MPLS.

Tabla 5*Direcciones de la red WAN de la ESPE*

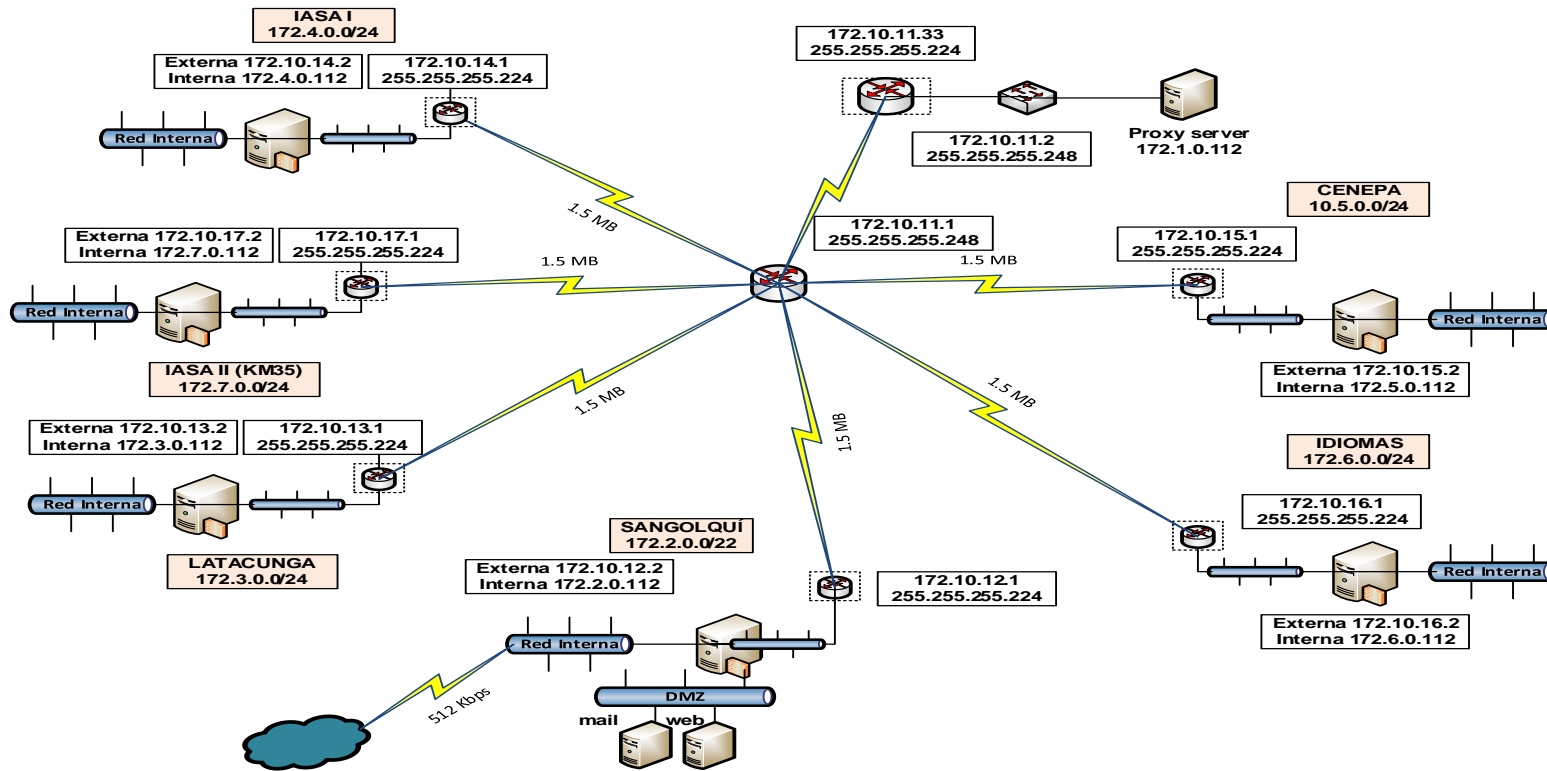
Lugar	Red	Router		Red	
		IP	MASC	Interna	Externa
IASA I	172.4.0.0/24	172.10.14.1	255.255.255.224	172.4.0.112	172.10.14.2
IASA II	172.7.0.0/24	172.10.17.1	255.255.255.224	172.7.0.112	172.10.17.2
Latacunga	172.3.0.0/24	172.10.13.1	255.255.255.224	172.3.0.112	172.10.13.2
Sangolquí	172.2.0.0/24	172.10.12.1	255.255.255.224	172.2.0.112	172.10.12.2
Idiomas	172.6.0.0/24	172.10.16.1	255.255.255.224	172.6.0.112	172.10.16.2
Cenepa	172.5.0.0/24	172.10.15.1	255.255.255.224	172.5.0.112	172.10.15.2
Router core		172.10.11.1	255.255.255.248		
Proxy		172.1.0.112	255.255.255.224		172.10.11.33
Server			255.255.255.248	172.10.0.112	

Tomado de: ESPE, 2020

De igual modo, en la Figura 13 se presenta el diagrama de Red WAN de la ESPE según las direcciones de los sitios donde se ubica la red interna de la institución, lo cual se observa a continuación

Figura 13

Diagrama de red WAN previo a tecnología MPLS



Tomado de: ESPE, 2020

Red inalámbrica y velocidad de transmisión

Actualmente, el campus matriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas cuenta con una red inalámbrica unificada, lo cual ayuda en la centralización de un sistema de gestión automática de la red. Con esta red se puede visualizar y monitorear los AP (Access Point) en tiempo real, así como asignar de forma automática las frecuencias, potencias y cargas de los puntos de acceso.

En cuanto a la velocidad de transmisión de la red se conoce que está entre los 11 - 54 Mbps. Incluso se identificó que la velocidad de transmisión máximo teórico es de 600 Mbps. Para la implementación de esta red se consideró el estándar IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11n.

Componentes de la red Inalámbrica

La infraestructura o los componentes de la red inalámbrica de la institución se describe a continuación (Tabla 6):

Tabla 6

Componentes red inalámbrica – ESPE

Componentes	Descripción
Controlador de Red Inalámbrica(CISCO WIS-M2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite gestionar y procesar Access Point. • Configura las redes independientes. • Sistema flexible y escalable. • Posibilidad de añadir nuevos servicios.
Software de gestión de red (CISCO PRIME INFRASTRUCTURE)	<ul style="list-style-type: none"> • Permite planificar, configurar y dar seguimiento de la red. • Permite conocer el estado de los dispositivos y canales. • Identifica los usuarios conectados. • Identifica los usuarios por radiofrecuencia en tiempo real.



- Permite optimizar los recursos humanos y técnicos.

Access Point ligeros (Cisco 3502, 3602, 1552)



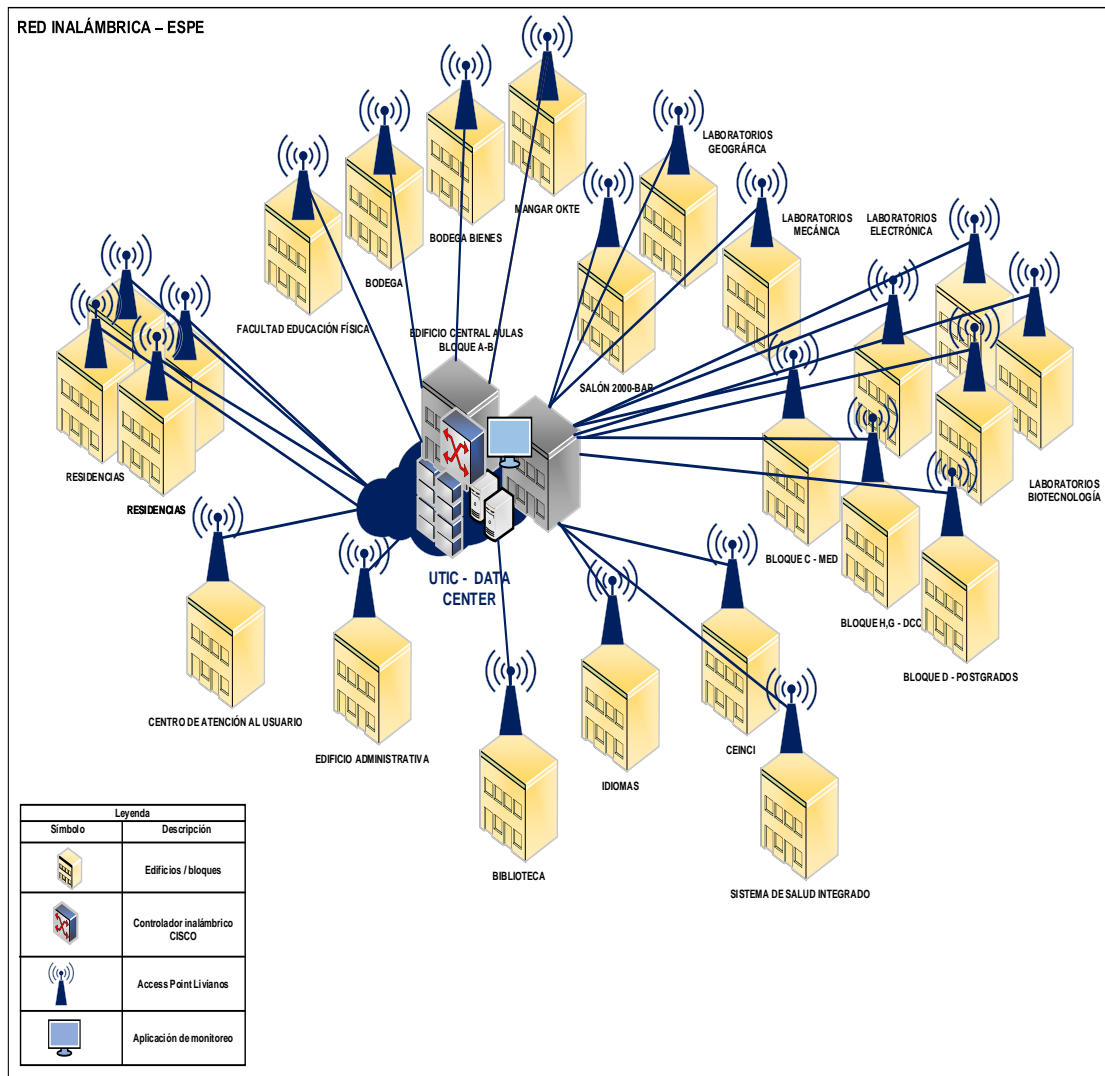
- Dispositivos que ayudan a acceder a los recursos de la red a los usuarios de forma segura.
- Ayuda a la conexión de controlador LAN.

Tomado de: (Cisco Networking Academy, 2020)

La distribución de los equipos inalámbricos AP en el campus matriz de la universidad se presenta en la Figura 14.

Figura 14

Diagrama de red inalámbrica



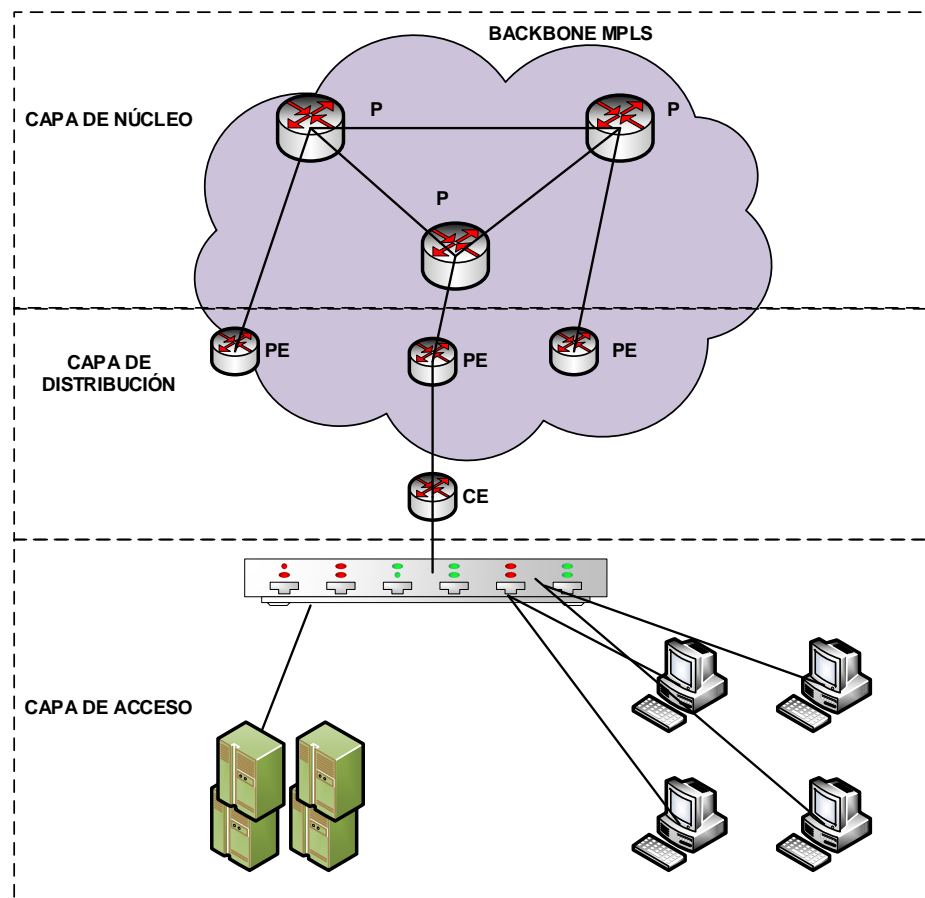
Tomado de: ESPE, 2020

Tecnología red inalámbrica

La institución utiliza la tecnología MPLS para gestionar la red y brindar servicio a los usuarios de la misma. Esta tecnología se encuentra distribuida en capas y el núcleo formado por routers (P) o etiquetadores (LSR) para el equilibrio de carga. La capa de distribución está formada por routers (PE) o LERs. Mientras que en la capa de acceso está distribuida la red LAN de la institución (Figura 15).

Figura 15

Capa de red con tecnología MPLS – ESPE

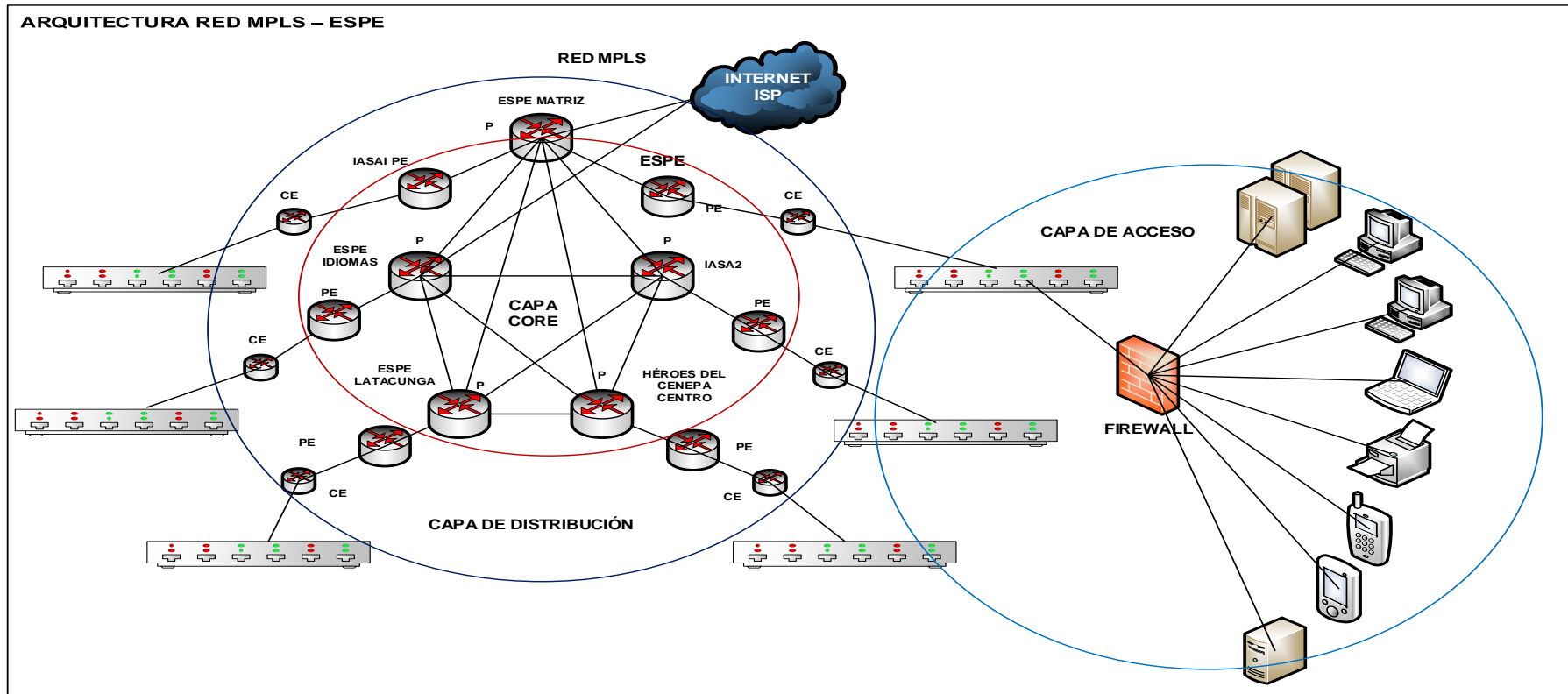


Tomado de: ESPE, 2020

En la Figura 16 se presenta la arquitectura de la red actual con tecnología MPLS de la institución, donde se tiene controlador inalámbrico en la capa core de las distintas sedes y extensiones, así como en la distribución. En cambio, en la capa de acceso se cuenta con un software para brindar seguridad en la entrada y salida de datos desde los dispositivos.

Figura 16

Arquitectura de la red con tecnología MPLS – ESPE



Tomado de: ESPE, 2020

Equipamiento red inalámbrica

El campus matriz de la universidad dispone de una variedad de switches como 3Com, HP y CISCO, estos forman parte de la red con el fin de brindar acceso a los servicios. Entre estos se destaca switch de Core, distribución y acceso. Esto se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Equipamiento de red inalámbrica – ESPE

Capa	Cantidad	Marca	Modelo
Switch de Core	2	CISCO	Catalyst 6513-E
	2	CISCO	Catalyst 6506-E
Switch de	1	CISCO	Catalyst 2960
distribución	1	3COM	5500
	21	CISCO	Catalyst 3960
	14	CISCO	Catayst 2960
	39		4500
	6		5500
Switch de acceso	5		4200
	2	3COM	4210
	5		4250
	2		3250
	1		2226
	3	HP	Procurve
Total	104		

Tomado de: ESPE, 2020

Por lo tanto, la red inalámbrica consta de 104 switches de tres marcas y 14 modelos diferentes utilizados en las tres capas de la misma. En la capa de Core dispone de dos switches, en la de distribución con 4 switches y en el acceso posee 98 switches.

Costos de proveedor de servicios red inalámbrica

El proveedor de servicios de Internet es la empresa Telconet, lo cual ayuda al funcionamiento de la red basada en metodología MPLS, esto se describe en la Tabla 8.

Tabla 8

Costos del proveedor de servicios de red inalámbrica – ESPE

Proveedor de servicios de Internet	Costo de instalación (\$)	Costo mensual (\$)
Telconet	11.000	8.400

Tomado de: ESPE, 2020

Para la implementación de servicios de la red se necesitan Internet, donde el costo de la instalación fue de \$11.000 y el costo mensual llega a \$8.400, lo que significa un costo anual de \$100.800.

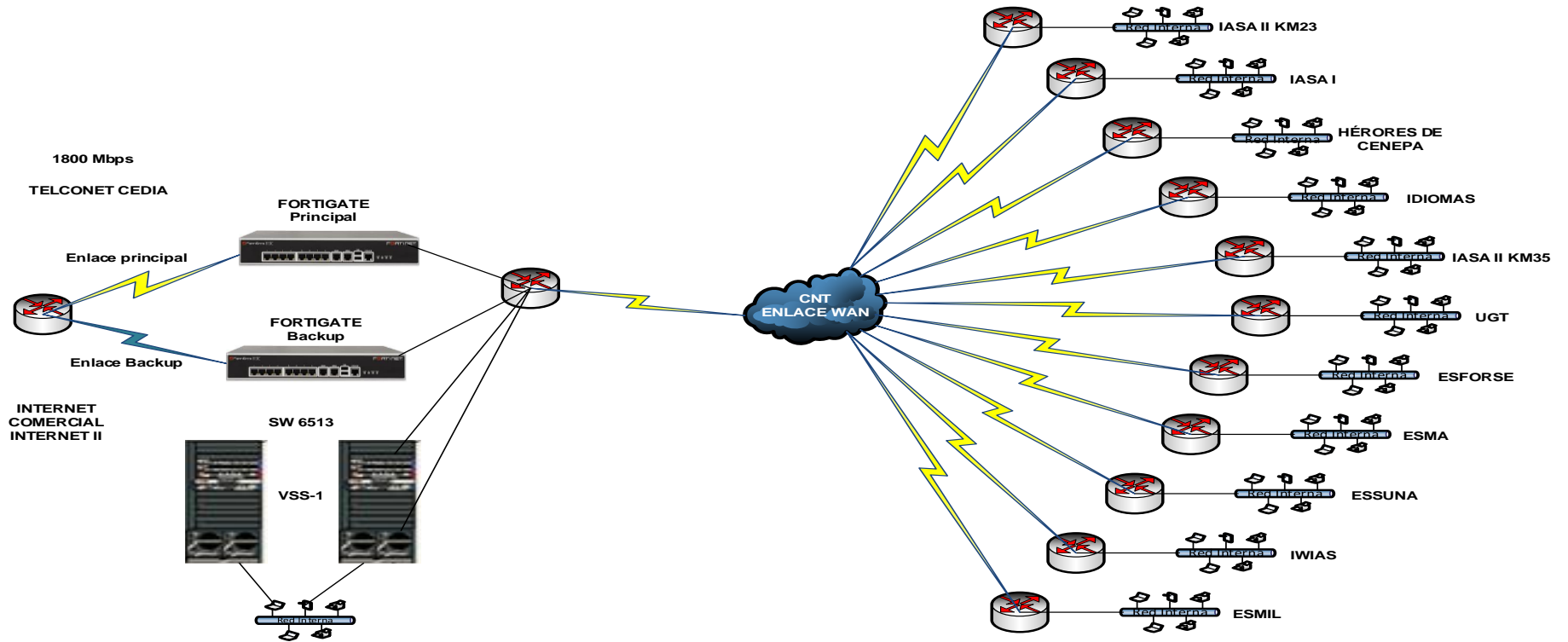
Conexión y distribución de la red

La red tiene un enlace con Telconet de 1800 Mbps, lo cual ayuda a la salida de Internet de los equipos conectados. El router posee dos enlaces, el primero es el principal y el segundo de refuerzo, estos se conectan a los servidores internos de la universidad y a un FortiGate, estos último crean redes seguras para protección amplia y automatizada contra amenazas. Los equipos anteriores del campus matriz se conectan a todas las sedes de la universidad como Santo Domingo, Latacunga, Salinas, Esmil, Esfrose, Esmil, Héroes del Cenepa, Idiomas, IASA e IASA I.

En la Figura 17 se aprecia la conexión de todas las sedes mediante un enlace WAN a una antena del proveedor CNT, lo cual ayuda a establecer conexiones de punto a punto con el fin de brindar servicios de Internet.

Figura 17

Arquitectura del enlace WAN a antena CNT – ESPE

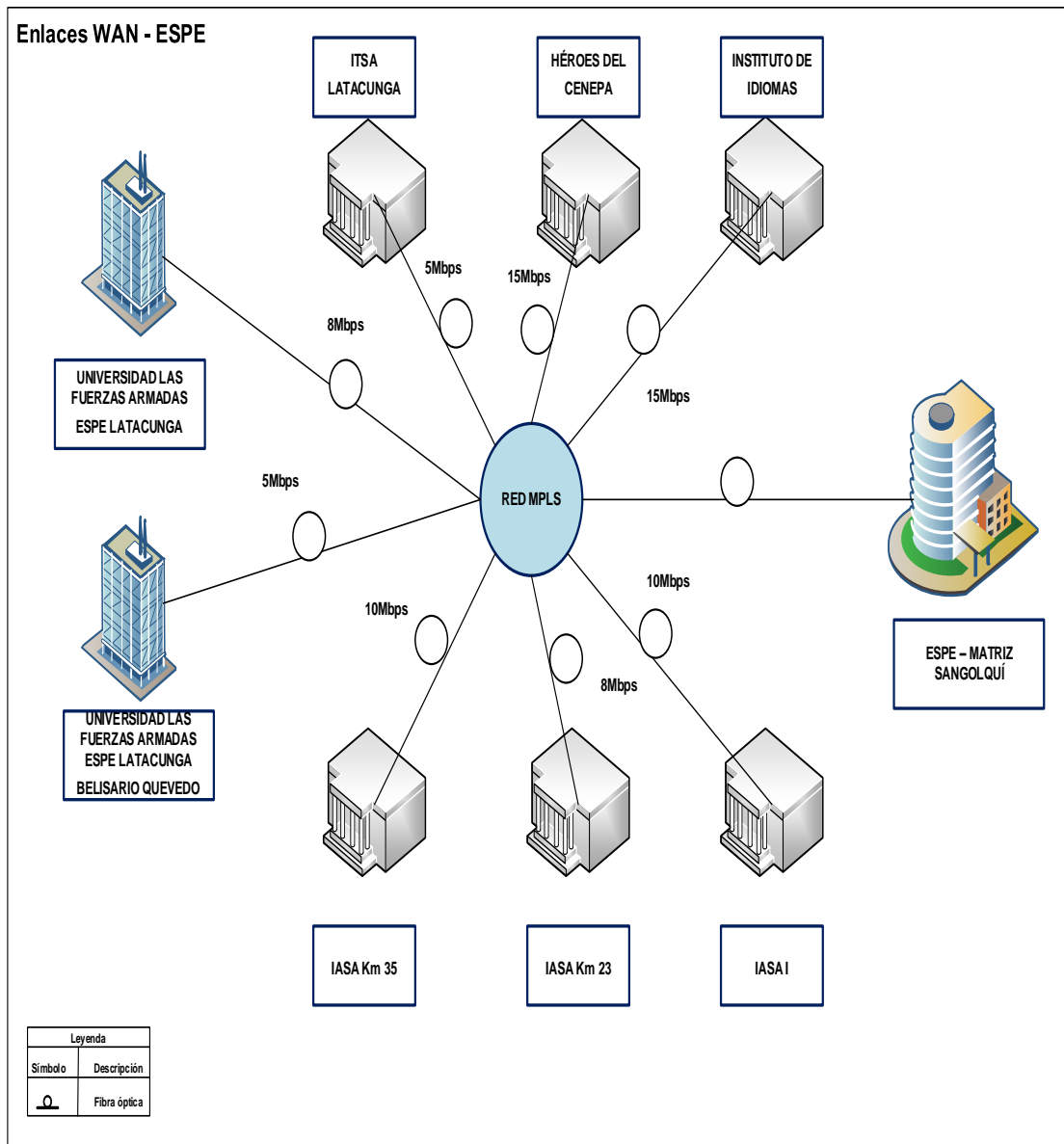


Tomado de: ESPE, 2020

En la Figura 18 se observa el diagrama de la red WAN para las sedes y extensiones de la ESPE, la cual está distribuida mediante la red MPLS. El ancho de banda de cada extensión y sede depende de la cantidad de usuarios y servicios que tienen las mismas.

Figura 18

Diagrama de enlaces de red WAN – ESPE



Tomado de: ESPE, 2020

Por ejemplo, en la sede de Latacunga e IASA Km23 el enlace WAN es de 8 Mbps. Mientras que en IASA I e IASA km 35 presenta un enlace de 10Mbps. Por su parte la matriz de Sangolquí, Idiomas y Héroes del Cenepa con 15Mbps. Y las de menor enlace se aprecian en ITSA Latacunga y ESPE Belisario Quevedo con 5Mbps respectivamente.

La tecnología MPLS implementada por la universidad no tiene soporte para las aplicaciones ubicadas en la nube, incluso el costo anual del ancho de banda es de \$100.800, pues, depende exclusivamente de un solo proveedor. Por otro lado, la institución no dispone de un caso de negocio que ayude a gestionar la red para implementación de nuevas tecnologías con la finalidad de brindar servicios de comunicación a la sedes y extensiones de la ESPE.

Capítulo V

Simulaciones de una red Segment Routing

Requerimientos

Se realizó el diseño de la red Segment Routing en la red WAN Inteligente para la comunicación en el campus de la ESPE, lo cual permite efectuar la conexión, marcado de paquetes y rutas, esto con el fin de enviar y recibir el tráfico de manera inteligente por el canal, así como el uso de protocolos de seguridad para cifrar los paquetes IP.

Por lo tanto, se envía y recepta el tráfico mediante el enlace para aprovechar y evitar que el enlace esté en standby. La capacidad del ancho de banda se configura según los requerimientos de la red y los equipos seleccionados para el servicio, por lo que se realiza el control del ancho de banda.

Se realizó el diseño de la red WAN Inteligente basado en segment routing, por lo que se elaboró la topología, descripción de equipos, asignación de puertos, configuración de equipos, pruebas de conectividad y desempeño de red segment routing.

Para la simulación de la red se requirió de las siguientes herramientas:

- Software GNS3-VM-Alpha (gratis y de código abierto).
- Software VMware
- Computadora Intel (R) Core (TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz

Instalación GNS3

De acuerdo con Galaxy Technologies LLC (2021) el proceso para la instalación se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Tabla 9

Instalación GNS3

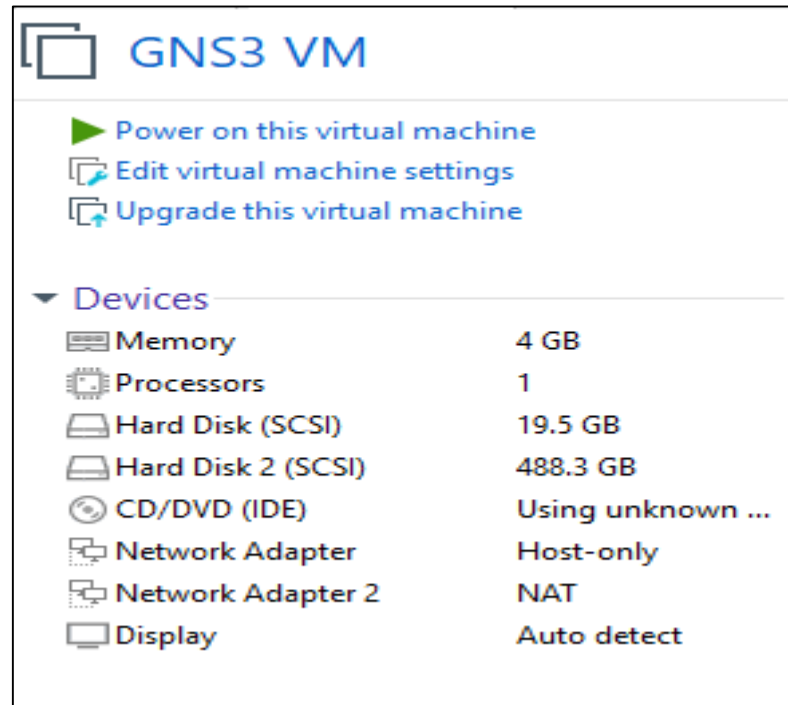
Descripción

1. Ingresar al siguiente link: <https://gns3.com>
2. Seleccionar la opción descarga gratuita
3. Si no se tiene cuenta se debe registrar, haciendo clic en crear cuenta y continuar.
4. Luego de iniciar sesión, se escoge la versión a descargar y luego clic en descargar.
5. Después, se instala, por lo que accede a la carpeta de descargas y luego doble clic en el archivo GNS3.exe.
6. Seleccionar ejecutar y siguiente para comenzar con la instalación.
7. Aceptar el acuerdo para continuar la instalación.
8. Seleccionar componentes adicionales y clic en siguiente.



Figura 19

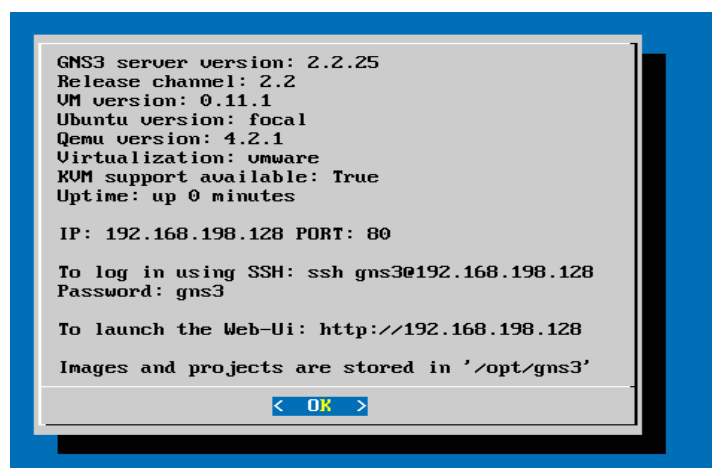
Características de la GNS3 VM



Una vez que se ha completado el proceso de instalación se encuentra el servidor GNS3 funcionando correctamente con la dirección IP: 192.168.198.128 y en estado activo el KVM Support, como se muestra en la siguiente Figura 20:

Figura 20

Funcionamiento del servidor GNS3



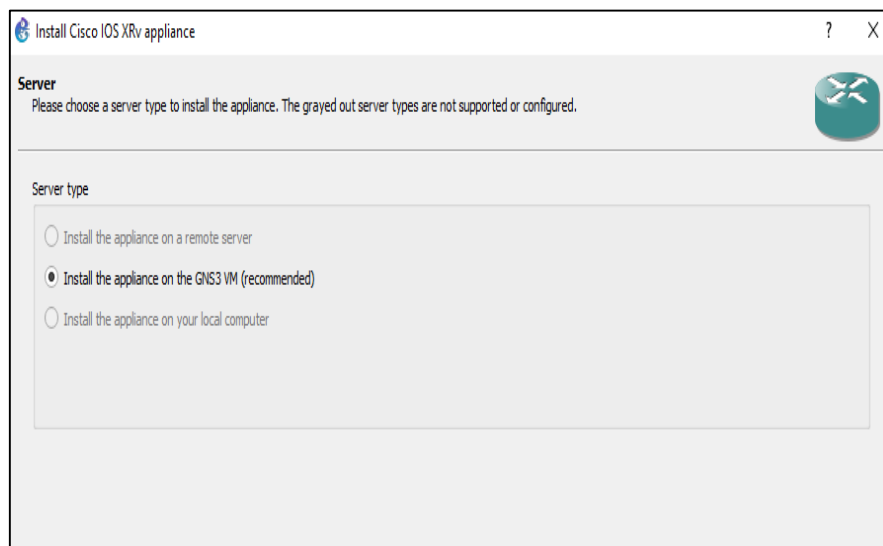
Configuraciones

Una vez instalado el servidor GNS3 se procede a realizar la configuración de los routers, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Descargar e instalar la appliance de la página oficial de GNS3, para este caso se utilizó el de la IOS XRv de CISCO (cisco-iosxrv.gns3a) como se muestra en la siguiente Figura 27:

Figura 21

Instalación de la aplicación CISCO IOS xRv en la máquina virtual

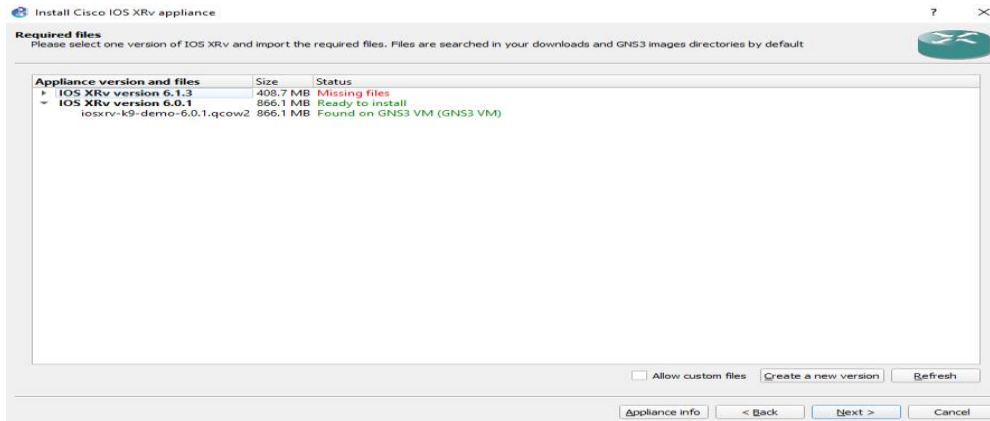


Con esta aplicación la imagen de los sistemas operativos de esta serie de routers se pueden descargar de manera gratuita, para lo cual se debe tener una cuenta en NetaCad. Además, estos soportan OSPF y Segment Routing. Se procede a instalar en la máquina virtual la imagen de Routers Cisco.

2. Una vez empezado el proceso de instalación aparece una imagen de los routers XRv listos para la instalación y se selecciona aquel que cumpla las especificaciones requeridas, como se observa en la siguiente Figura 28:

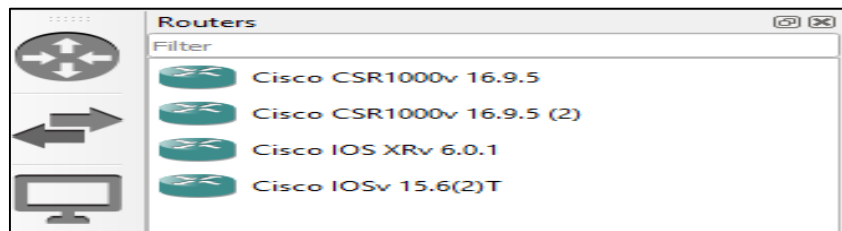
Figura 22

Routers disponibles



Los routers disponibles aparecen en la parte izquierda de la aplicación (ver Figura 22) se encuentran también otros routers con los cuales también se realizó pruebas (ver Figura 23) ; los cuales se excluyeron debido a que necesitan mayor memoria RAM.

Figura 23 Routers disponibles para la simulación

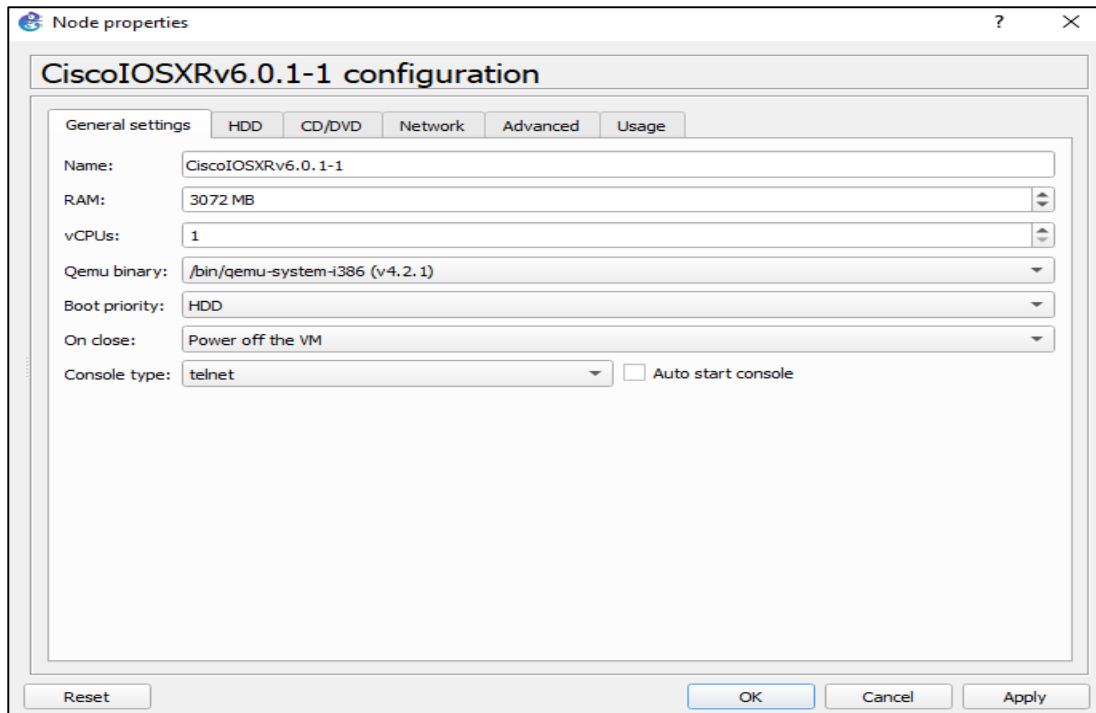


Adicional se puede ver la configuración de estos routers en la cual indican que la memoria RAM son 3072 MB.

3. Finalmente se procede a la configuración, donde se puede poner el nombre del router, configurar la memoria RAM, y otros como se muestra a continuación en la Figura 30:

Figura 24

Configuración Router Cisco IOSsrxv



Instalación VMware

Según la corporación VMware, Inc., (2021) para instalar el software se debe realizar los siguiente:

1. Ingresar a la página: <https://www.vmware.com/latam.html>
2. Seleccionar el software y descargar.
3. Luego en descargas buscar el instalador y hacer clic en la opción SI para permitir que se prepare la instalación.
4. Después aparece la pantalla de instalación y presionar continuar.

Figura 25

Pantalla de instalación VMware

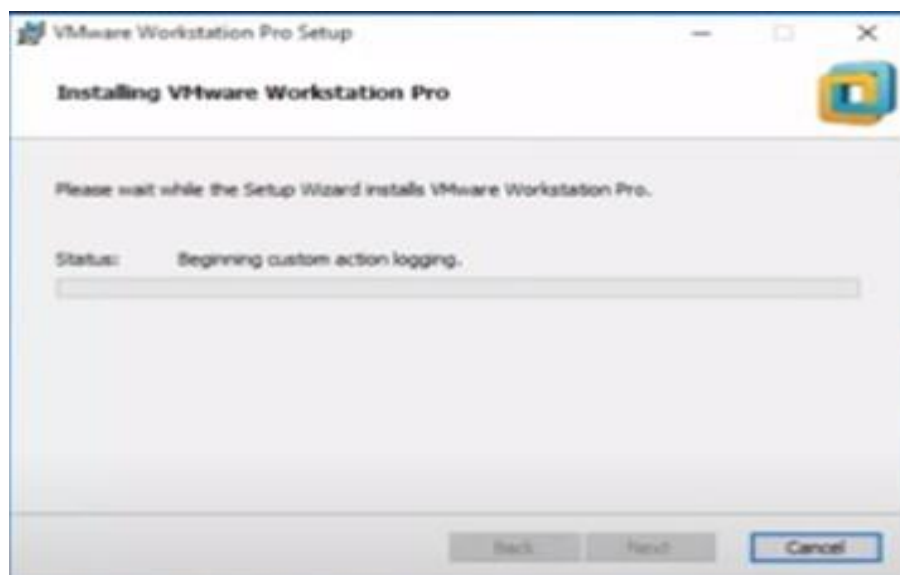


Tomado de: (VMware, Inc., 2021)

5. Aceptar los términos y continuar.
6. Luego siguiente, siguiente e instalar.

Figura 26

Instalación VMware



Tomado de: (VMware, Inc., 2021)

7. Luego siguiente , siguiente e instalar.

8. Una vez instalado se configura la máquina virtual.

Diseño topología

La topología de la red WAN Inteligentes enfocadas en Segment Routing para la comunicación entre campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas se observa en la Figura 27, lo cual se diseñó en el programa GNS3. Además, se presenta la configuración OSPF. En este caso se simulará cinco routers, esto es debido a la limitación de la memoria RAM del computador. El router R1 simulará el router de borde que dispone la ESPE; mientras los R2, R3, R4 y R5 simulan las sedes que dispone la universidad.

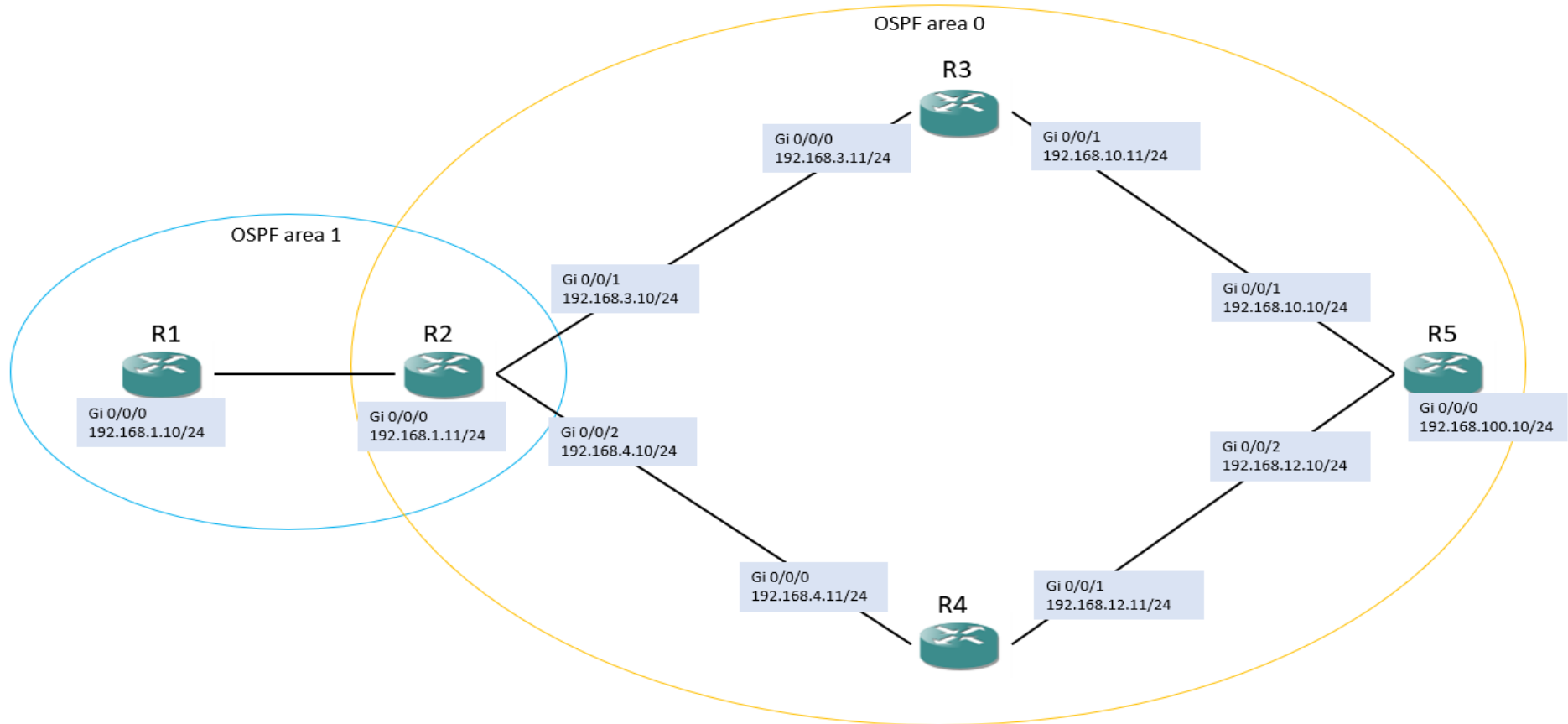
Está distribuido con Open Shortest Path First (OSPF) en las siguientes áreas:

- OSPF área 0
- OSPF área 1

Por lo tanto, el protocolo de direccionamiento enlace – estado con algoritmo de primera vía más corta OSPF área 1 consta con dos routers (R1 y R2) y Gi 0/0/0. Mientras que en OSPF área tiene tres routers (R3, R4 y R5). El enlace empieza con R1 (Gi 0/0/0), R2 (Gi 0/0/0, Gi 0/0/1, Gi 0/0/2), este último con R3 (Gi 0/0/1) y R4 (Gi 0/0/2 – Gi 0/0/1); estas dos se enlazan con R5 (Gi 0/0/0).

Figura 27

Diagrama de red WAN Inteligente (Segment Routing) simulado – ESPE



Asignación de puertos

Para la asignación de puertos se toma en cuenta según los cinco routers con la respectiva asignación GigabitEthernet, esto en concordancia con la topología diseñada. La asignación se observa en la Tabla 10.

Tabla 10

Puertos

Routers	Red Asignada	GigabitEthernet
R1	192.168.1.10/24	Gi 0/0/0
R2	192.168.1.11/24	Gi 0/0/0
	192.168.3.10/24	Gi 0/0/1
	192.168.4.10/24	Gi 0/0/2
	192.168.3.11/24	Gi 0/0/0
	192.168.4.11/24	Gi 0/0/0
R3	192.168.10.11/24	Gi 0/0/1
	192.168.10.10/24	Gi 0/0/1
R4	192.168.12.11/24	Gi 0/0/1
	192.168.12.10/24	Gi 0/0/2
R5	192.168.100.10/24	Gi 0/0/0

Tomado de: Elaboración propia

Configuración de equipos y pruebas de conectividad

En primera instancia se realizó la configuración de los equipos de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing. Después, se procedió a realizar las pruebas de conectividad en el campus de la universidad. Con la implementación de las pruebas se evita la redundancia, saturación de la red, entre otros, lo cual ayuda a generar seguridad en la red WAN inteligente durante el proceso de transmisión y recepción de datos.

Además, para validar el funcionamiento de los equipos de la red WAN del campus, por lo que se procedió a censar automáticamente las interfaces de las redes durante unos segundos con el fin de habilitar o deshabilitar al miento que la interfaz esté up y down. La prueba se realizó en el equipo determinado debido a que las configuraciones son similares.

Configuración OPSF en los Routers

Se realizó la configuración OSPF en cada uno de los routers como se indicó anteriormente se tendrá dos áreas, esto es para ofrecer una respuesta rápida y sin bucles ante cualquier cambio e igualdad de carga cuando se tiene diferentes rutas.

A continuación, se encuentran las configuraciones de red realizada en cada uno de los routers. La configuración de equipos se efectuó en el programa GNS3 y máquina virtual:

```

=====router R1=====

interface Loopback0
  ipv4 address 1.1.1.1 255.255.255.255
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
  ipv4 address 192.168.1.10 255.255.255.0
!
router ospf 1
  router-id 1.1.1.1
  area 1
    interface GigabitEthernet0/0/0/0
      network point-to-point
!
!
!
=====router R2=====

interface Loopback0
  ipv4 address 1.1.1.2 255.255.255.255
!

```



```
interface Loopback1
  ipv4 address 1.1.2.1 255.255.255.255
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
  ipv4 address 192.168.1.11 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
  ipv4 address 192.168.3.10 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/2
  ipv4 address 192.168.4.10 255.255.255.0
!
router ospf 1
  router-id 1.1.1.2
  area 0
    interface GigabitEthernet0/0/0/1
      network point-to-point
    !
    interface GigabitEthernet0/0/0/2
      network point-to-point
    !
  !
  area 1
    interface GigabitEthernet0/0/0/0
      network point-to-point
    !
    !
    !
=====router R3=====
interface Loopback0
  ipv4 address 1.1.1.3 255.255.255.255
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
  ipv4 address 192.168.3.11 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
  ipv4 address 192.168.10.11 255.255.255.0
```

```
!  
router ospf 1  
  router-id 1.1.1.3  
  area 0  
    interface GigabitEthernet0/0/0/0  
      network point-to-point  
    !  
    interface GigabitEthernet0/0/0/1  
      network point-to-point  
    !  
    !  
    !  
=====router R4=====  
interface Loopback0  
  ipv4 address 1.1.1.4 255.255.255.255  
!  
interface GigabitEthernet0/0/0/0  
  ipv4 address 192.168.4.11 255.255.255.0  
!  
interface GigabitEthernet0/0/0/1  
  ipv4 address 192.168.12.11 255.255.255.0  
!  
router ospf 1  
  router-id 1.1.1.4  
  area 0  
    interface GigabitEthernet0/0/0/0  
      network point-to-point  
    !  
    interface GigabitEthernet0/0/0/1  
      network point-to-point  
    !  
    !  
    !  
end  
=====router R5=====  
interface Loopback0  
  ipv4 address 1.1.1.5 255.255.255.255
```

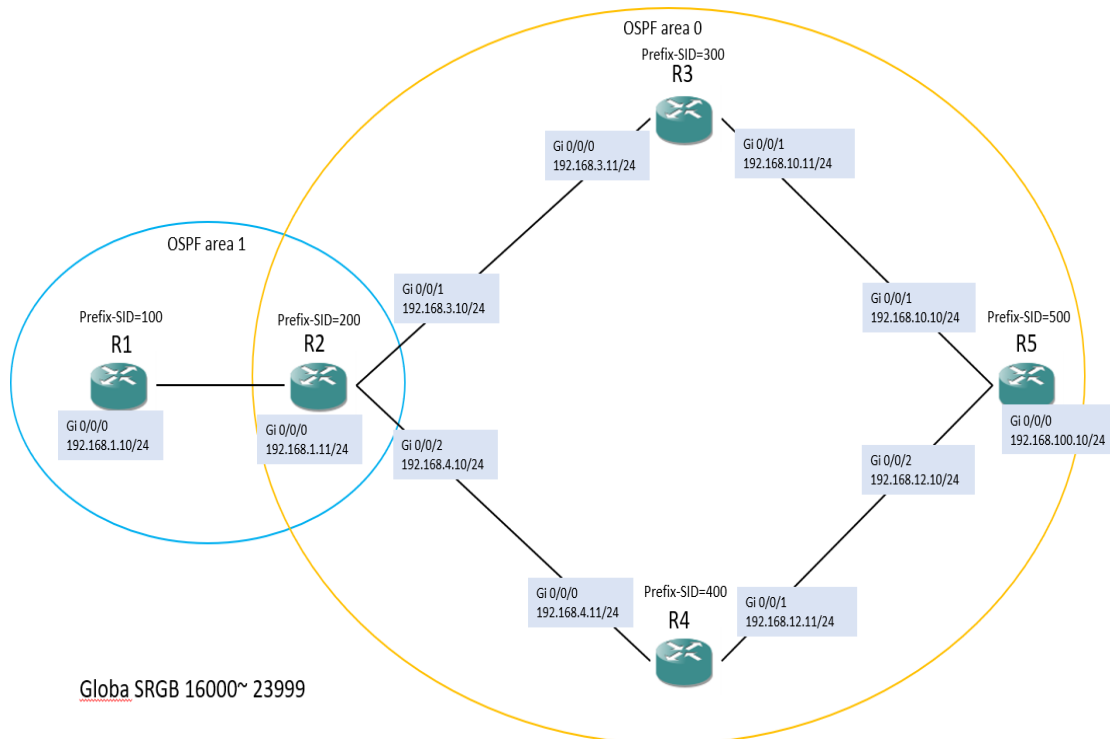
```
!  
interface GigabitEthernet0/0/0/0  
  ipv4 address 192.168.100.10 255.255.255.0  
!  
interface GigabitEthernet0/0/0/1  
  ipv4 address 192.168.10.10 255.255.255.0  
!  
interface GigabitEthernet0/0/0/2  
  ipv4 address 192.168.12.10 255.255.255.0  
!  
router ospf 1  
  router-id 1.1.1.5  
  area 0  
    interface GigabitEthernet0/0/0/0  
    !  
    interface GigabitEthernet0/0/0/1  
      network point-to-point  
    !  
    interface GigabitEthernet0/0/0/2  
      network point-to-point  
    !  
  !  
  !  
  !
```

Configuración Segment Routing

Para la configuración de Segment Routing se establecen las etiquetas Prefix-SID como se muestra en la siguiente Figura 28:

Figura 28

Diagrama de la configuración de prefix-SID en Segment Routing – ESPE



Para evitar mayor complejidad en el ambiente de simulación se unificó el SRGB en todos los enrutadores con la siguiente configuración en Figura 29:

Figura 29

Configuración enrutadores con SRGB

```

```bash
configure
segment-routing global-block 16000 23999
commit
```

```

Una vez terminada la configuración se observa que OSPF ha utilizado este SRGB (Figura 30):

Figura 30*Uso de configuración SRGB en OSPF*

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls label table detail
Thu Dec 02 02:48:07.010 UTC
Table Label Owner State Rewrite

0 0 LSD(A) InUse Yes
0 1 LSD(A) InUse Yes
0 2 LSD(A) InUse Yes
0 13 LSD(A) InUse Yes
0 16000 OSPF(A):ospf-1 InUse No
 (Lbl-blk SRGB, vers:0, (start_label=16000, size=8000)
```

```

En cada enrutador se configuró el protocolo Segment Routing, tal como se tiene a continuación (Figura 31):

Figura 31*Configuración del protocolo Segment Routing*

```

```bash
configure
router ospf 1
segment-routing mpls
segment-routing forwarding mpls
commit
```

```

Se utilizó el valor absoluto para especificar el prefijo-sid (16100), pero si se especifica el mismo SRGB en todos los enrutadores. También se puede usar el prefijo de modo de prefix-SID (100). Una vez completada la configuración, se observa que OSPF ha utilizado el tipo 10 LSA para anunciar las capacidades de enrutamiento de segmento del enrutador y Prefix-SID a toda la red (Figura 32).

Figura 32

Capacidad de enrutamiento y Prefix-SID

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show ospf database opaque-area 1.1.1.1/32
Thu Dec 02 02:50:07.010 UTC

 OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)
 Type-10 Opaque Link Area Link States (Area 1)
LS age: 1433
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Opaque Area Link
Link State ID: 7.0.0.1
Opaque Type: 7
Opaque ID: 1
Advertising Router: 1.1.1.1
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xf9374
Length: 44

 Extended Prefix TLV: Length: 20
 Route-type: 1
 AF : 0
 Flags : 0x40
 Prefix : 1.1.1.1/32

 SID sub-TLV: Length: 8
 Flags : 0x0
 MTID : 0
 Algo : 0
 SID Index : 100
```

```

A continuación, se activó segment routing en el enrutador 2, agregando loopback al área 0 y 1, especificando el prefix-sid), tal como se muestra de la siguiente manera (Figura 33):

Figura 33

Activación de Segment Routing en enrutador 2

```

```bash
configure
router ospf 1
area 1
interface loopback 1
passive enable
prefix-sid absolute 16201
area 0
interface loopback 0
passive enable
prefix-sid absolute 16200
commit
```

```

Al observar la base de datos de OSPF se encontró que este envió 2 SLA de tipo 10 (para 1.1.1.2/32) en el enrutador 2. Es decir, que el prefijo-sid es válido para todas las áreas. Se verifica el enrutamiento de mpls en el router 2 (Figura 34).

Figura 34

Envío de 2SLA tipo 10 en enrutador 2

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding labels 16100
Thu Dec 02 04:38:14.348 UTC
Local Outgoing Prefix Outgoing Next Hop Bytes
Label Label or ID Interface Next Hop Switched
----- ----- -
16100 Pop SR Pfx (idx 100) Gi0/0/0/0 192.168.1.10 0

```

Por otro lado, en el enrutador 2 se generó el reenvío de enrutamiento de segmentos y la interfaz correspondiente a la etiqueta 16100 (el prefijo-sid del enrutador 1) es Gi0 / 0/0/0. En el router 1, también puede ver el reenvío 16200 (Figura 35).

### Figura 35

*Reenvío de enrutamiento de segmentos*

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding labels 16200 16201
Thu Dec 02 07:39:38.630 UTC
Local  Outgoing  Prefix          Outgoing  Next Hop      Bytes
Label  Label      or ID          Interface  Next Hop      Switched
-----  -----  -
16200  Pop        SR Pfx (idx 200)  Gi0/0/0/0  192.168.1.11  0
16201  Pop        SR Pfx (idx 201)  Gi0/0/0/0  192.168.1.11  0
```

```

A continuación, se abrió la configuración Segment Routing y se configuró el prefix-sid en los enrutadores restantes. Después de que todo esté configurado, se aprecia el reenvío SR en el enrutador 5 (Figura 36):

**Figura 36**

*Reenvío SR en enrutador 5*

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding
Thu Dec 02 07:40:18.681 UTC
Local   Outgoing   Prefix           Outgoing   Next Hop        Bytes
Label   Label      or ID            Interface  Next Hop        Switched
-----
16100   16100      SR Pfx (idx 100) Gi0/0/0/1  192.168.10.11  1032
      .....
      16100      SR Pfx (idx 100) Gi0/0/0/2  192.168.12.11  2472
16200   16200      SR Pfx (idx 200) Gi0/0/0/1  192.168.10.11   0
      .....
      16200      SR Pfx (idx 200) Gi0/0/0/2  192.168.12.11   0
16201   16201      SR Pfx (idx 201) Gi0/0/0/1  192.168.10.11   0
      .....
      16201      SR Pfx (idx 201) Gi0/0/0/2  192.168.12.11   0
16300   Pop        SR Pfx (idx 300) Gi0/0/0/1  192.168.10.11   0
16400   Pop        SR Pfx (idx 400) Gi0/0/0/2  192.168.12.11   0
24000   Pop        SR Adj (idx 0)   Gi0/0/0/1  192.168.10.11   0
24001   Pop        SR Adj (idx 0)   Gi0/0/0/1  192.168.10.11   0
24002   Pop        SR Adj (idx 0)   Gi0/0/0/2  192.168.12.11   0
24003   Pop        SR Adj (idx 0)   Gi0/0/0/2  192.168.12.11   0
```

```

### ***Pruebas de conectividad***

El valor de 2400x representa el Adj-sid asignado automáticamente por OSPF. Cuando la configuración de enrutamiento de segmento está completa, se realiza las pruebas con el comando "traceroute" dirección de bucle de retorno del enrutador 5 al enrutador 1 (

**Figura 37).**



**Figura 37**

*Pruebas de bucle de retorno en los enrutadores.*

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#traceroute 1.1.1.5
Thu Dec 02 07:42:11.709 UTC

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 1.1.1.5

 1  192.168.1.11 [MPLS: Label 16500 Exp 0]  9 msec  0 msec  0 msec
 2  192.168.3.11 [MPLS: Label 16500 Exp 0] 19 msec  0 msec  0 msec
 3  192.168.10.10 0 msec  *  0 msec
```

```

El paquete ICMP enviado por el enrutador 1 ya tiene la etiqueta mpls, y los enrutadores del medio han cambiado a esta etiqueta. A continuación se muestra la ruta de un paquete en el camino desde el enrutador 1 al enrutador 2, para esto se utilizó WireShark (Figura 38).

**Figura 38**

*Prueba de ruta de paquete*

| No. | Time     | Source       | Destination  | Protocol | Length | Info                                                           |
|-----|----------|--------------|--------------|----------|--------|----------------------------------------------------------------|
| 1   | 0.000000 | 192.168.1.11 | 224.0.0.5    | OSPF     | 94     | Hello Packet                                                   |
| 2   | 1.368944 | 192.168.1.10 | 224.0.0.5    | OSPF     | 94     | Hello Packet                                                   |
| 3   | 9.582391 | 192.168.1.10 | 1.1.1.5      | ICMP     | 118    | Echo (ping) request id=0x10a6, seq=0/0, ttl=255 (reply in 4)   |
| 4   | 9.593152 | 1.1.1.5      | 192.168.1.10 | ICMP     | 114    | Echo (ping) reply id=0x10a6, seq=0/0, ttl=253 (request in 3)   |
| 5   | 9.598477 | 192.168.1.10 | 1.1.1.5      | ICMP     | 118    | Echo (ping) request id=0x10a6, seq=1/256, ttl=255 (reply in 6) |

```

> Frame 3: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface 0
 Ethernet II, Src: 0c:97:e0:1e:7f:01 (0c:97:e0:1e:7f:01), Dst: 0c:97:e0:51:f4:01 (0c:97:e0:51:f4:01)
 Destination: 0c:97:e0:51:f4:01 (0c:97:e0:51:f4:01)
 Source: 0c:97:e0:1e:7f:01 (0c:97:e0:1e:7f:01)
 Type: MPLS Label switched packet (0x8847)
 MultiProtocol Label Switching Header, Label: 16500, Exp: 0, S: 1, TTL: 255
 0000 0100 0000 0111 0100 = MPLS Label: 16500
 000. = MPLS Experimental Bits: 0
 1 = MPLS Bottom Of Label Stack: 1
 1111 1111 = MPLS TTL: 255
 Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.10, Dst: 1.1.1.5
 Internet Control Message Protocol

```

En este punto, se ha construido una red de enrutamiento de segmento básico que se basa en OSPF para anunciar las capacidades y etiquetas de SR. Consultando la tabla de reenvío MPLS, se puede encontrar las reglas de reenvío MPLS correspondientes a las direcciones de bucle invertido de todos los enrutadores (Figura 39).

**Figura 39**

*Reenvío MPLS de las direcciones bucle invertido*

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding prefix 1.1.1.5/32
Thu Dec 02 07:50:46.544 UTC
Local  Outgoing  Prefix          Outgoing  Next Hop      Bytes
Label  Label      or ID          Interface  Interface     Switched
-----
16500  16500      SR Pfx (idx 500) Gi0/0/0/0  192.168.1.11  3752
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls forwarding prefix 1.1.1.3/32
Tue Nov  5 07:50:57.163 UTC
Local  Outgoing  Prefix          Outgoing  Next Hop      Bytes
Label  Label      or ID          Interface  Interface     Switched
-----
16300  16300      SR Pfx (idx 300) Gi0/0/0/0  192.168.1.11  0

```

Política SR-TE

Una de las funciones clave de SR es SR-TE. SR-TE convierte la intención del usuario (retraso, rutas disjuntas, SRLG, ancho de banda, etc.) en una lista de segmentos, donde cada segmento representa una operación específica y la lista se refiere a un inventario ordenado de estos segmentos. Luego se programa la lista de segmentos en los dispositivos de borde de la red de dominio único / multidominio, el tráfico se guía a la ruta correspondiente a la lista de segmentos al mismo tiempo para realizar la "red basada en intención (IBN)" y completar la evolución de la red tradicional a la plataforma de red de próxima generación.

Para las funciones simples de SR-TE, es relativamente simple de implementar basado en el sistema de interfaz de túnel. Durante el período de introducción de SR-TE, puede satisfacer las necesidades de la mayoría de los usuarios.

Su método de drenaje también sigue el método RSVP-TE y los usuarios están más acostumbrados a él. Sin embargo, el sistema de interfaz de túnel hereda la implementación de RSVP-TE que la de SR-TE bajo este sistema tiene deficiencias obvias:

- La interfaz y el desvío del túnel se implementa por separado. Los métodos de desvío a menudo son muy problemáticos y provocan una pérdida de rendimiento.
- A menudo es necesario configurar el túnel de antemano. Cuando al final del túnel no está despejado, la única forma de desplegar un túnel completamente mallado es causar problemas de escalabilidad.
- Aunque la mayoría de los fabricantes usan el sistema de interfaz de túnel, también usan el algoritmo de circuito de RSVP-TE [2], que muestra que solo pueden usar la ruta de codificación Adj-SID y no pueden usar la ruta de codificación Prefix-SID, lo que resulta en la incapacidad de usar las capacidades de IP ECMP y hacer que la longitud de la lista de segmentos sea demasiado larga, lo que fácilmente excede las capacidades de soporte de algunos dispositivos de gama baja;
- Existe una relación uno a uno entre túneles y rutas. Por lo tanto, se deben configurar múltiples interfaces de túnel para lograr un equilibrio de carga (costo equivalente / desigual) en múltiples rutas. La configuración es engorrosa y afecta la escalabilidad;
- La interfaz de túnel ocupa recursos lógicos en el dispositivo, por lo que la cantidad de SR-TE que el dispositivo puede admitir es limitada
- No es compatible con algunas funciones SR nuevas como algoritmo flexible (Flex-Algo), medición de rendimiento (medición de

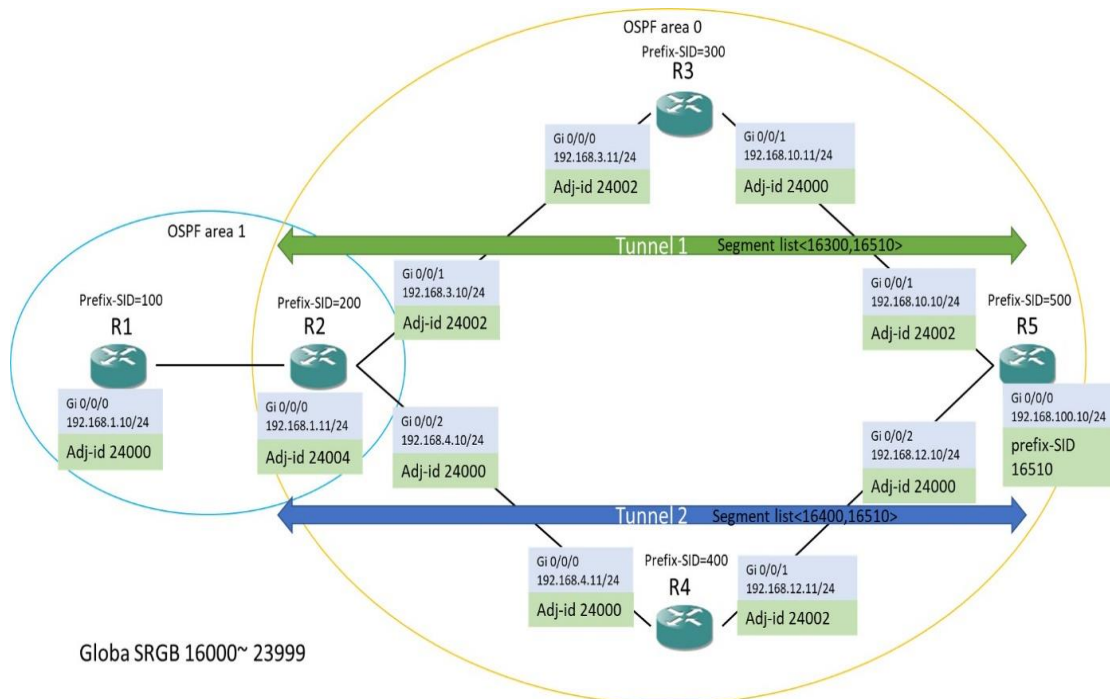
rendimiento), etc.

La imagen de IOS que se utiliza actualmente es compatible con la política SR-TE para realizar experimentos de drenaje de tráfico de enrutadores de segmentos.

En los pasos anteriores, se ha construido una red de enrutamiento de segmento, hay dos rutas desde el enrutador 2 al enrutador 5, por lo que en este paso, se crea dos políticas SR-TE para representar estas 2 rutas. La topología de la red completa es la siguiente (Figura 40):

Figura 40

Topología red completa



Configurar la política SR-TE explícita

- Configuración del enrutador 2 (
-
-
- **Figura 41).**

Aquí se especifican 2 carreteras:

router2-router3-router5 utiliza etiquetas de prefijo-sid 16300 y 16510.

router2-router4-router5 utiliza etiquetas de prefijo-sid 16400 y 16510.

Figura 41

Configuración enrutador 2 con política SR-TE

```

```bash
explicit-path name path_2_3_5
 index 1 next-label 16300
 index 2 next-label 16510
!
explicit-path name path_2_4_5
 index 1 next-label 16400
 index 2 next-label 16510
!
```

```

Se configuran dos túneles más (Figura 42):

Figura 42

Configuración enrutador 2 con política SR-TE

```

```bash
interface tunnel-te1
 ipv4 unnumbered Loopback0
 autoroute announce
 !
 destination 192.168.100.10
 path-protection
 path-option 10 explicit name path_2_3_5 segment-routing
 !
interface tunnel-te2
 ipv4 unnumbered Loopback0
 autoroute announce
 !
 destination 192.168.100.10
 path-protection
 path-option 1 explicit name path_2_4_5 segment-routing
 !
```

```

Después de la configuración, se verifica el estado del túnel (Figura 43).

Figura 43

Verificación estado del túnel

```
``bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls traffic-eng tunnels brief
Thu Dec 02 07:30:57.816 UTC

TUNNEL NAME      DESTINATION      STATUS  STATE
-----
tunnel-te1       192.168.100.10   down    down
tunnel-te2       192.168.100.10   down    down
```

Activar MPLS-TE enable

La respuesta es que la función mpls TE debe estar activada en el área de OSPF, de modo que se pueda usar el túnel y el estado aumente. En la configuración del área de OSPF se debe abrir mpls traffic-eng. En la configuración del enrutador ospf, active mpls traffic-eng router-id Loopback0 (

Figura 44).

Figura 44

Configuración enrutador 2

```

```bash
router ospf 1
router-id 1.1.1.2
segment-routing mpls
segment-routing forwarding mpls
area 0
mpls traffic-eng
interface Loopback0
passive enable
prefix-sid absolute 16200
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
network point-to-point
!
interface GigabitEthernet0/0/0/2
network point-to-point
!
!
area 1
mpls traffic-eng
interface Loopback1
passive enable
prefix-sid absolute 16201
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
network point-to-point
!
!
mpls traffic-eng router-id Loopback0
!
mpls oam
!
mpls traffic-eng
!
```

```

Se comprueba el estado del túnel de nuevo, es decir, ya está activo (Figura 45).

Figura 45

Comprobación estado del túnel nuevo

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#show mpls traffic-eng tunnels brief
Fri Dec 03 08:11:46.028 UTC

```

TUNNEL NAME	DESTINATION	STATUS	STATE
tunnel-te1	192.168.100.10	up	up
tunnel-te2	192.168.100.10	up	up

```

```

```

Se utilizó la herramienta mpls en el enrutador 1 para enviar paquetes udp con etiquetas MPLS (Figura 46).

Figura 46

Envío de paquetes udp con etiquetas MPLS

```

```bash
RP/0/0/CPU0:ios#ping mpls nil-fec labels 24004 output interface gigabitEthernet 0/0/0 nexthop 192.168.1.11
Sending 5, 100-byte MPLS Echos with Nil FEC with labels [24004],
 timeout is 2 seconds, send interval is 0 msec:
Codes: '.' - success, 'Q' - request not sent, '.' - timeout,
 'L' - labeled output interface, 'B' - unlabeled output interface,
 'D' - DS Map mismatch, 'F' - no FEC mapping, 'f' - FEC mismatch,
 'M' - malformed request, 'm' - unsupported tlvs, 'N' - no rx label,
 'P' - no rx intf label prot, 'p' - premature termination of LSP,
 'R' - transit router, 'I' - unknown upstream index,
 'X' - unknown return code, 'x' - return code 0

Type escape sequence to abort.

!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/8/20 ms
```

```

Los paquetes UDP capturados en router1-router2 son los siguientes, el paquete UDP enviado por router1 lleva una etiqueta de 24004 (Figura 47).

Figura 47

Paquetes UDP capturados en router 1 y 2

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|-----------|---------------|--------------|-----------|--------|-------------------|
| 22 | 67.956096 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |
| 23 | 67.958679 | 192.168.1.10 | 127.0.0.1 | MPLS E... | 114 | MPLS Echo Request |
| 24 | 67.963782 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |
| 25 | 67.966530 | 192.168.1.10 | 127.0.0.1 | MPLS E... | 114 | MPLS Echo Request |
| 26 | 67.978673 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |
| 27 | 75.100546 | 192.168.1.11 | 224.0.0.5 | OSPF | 64 | Hello Packet |

```

> Frame 23: 114 bytes on wire (912 bits), 114 bytes captured (912 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:97:e0:1e:7f:01 (0c:97:e0:1e:7f:01), Dst: 0c:97:e0:51:f4:01 (0c:97:e0:51:f4:01)
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 24004, Exp: 0, S: 0, TTL: 255
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 0 (IPv4 Explicit-Null), Exp: 0, S: 1, TTL: 255
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.10, Dst: 127.0.0.1
> User Datagram Protocol, Src Port: 3503, Dst Port: 3503
> Multiprotocol Label Switching Echo

```

El paquete UDP capturado en router2-router3 es el siguiente: 24004 en el paquete UDP ha sido reemplazado por 16510, que es la lista de segmentos de path_2_3_5 (

Figura 48).

Figura 48

Paquete UDP capturado en router 2 y 3

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|-----------|---------------|--------------|-----------|--------|-------------------|
| 14 | 64.400794 | 192.168.3.11 | 224.0.0.5 | OSPF | 94 | Hello Packet |
| 15 | 65.975100 | 192.168.3.10 | 224.0.0.5 | OSPF | 94 | Hello Packet |
| 16 | 66.454967 | 192.168.1.10 | 127.0.0.1 | MPLS E... | 114 | MPLS Echo Request |
| 17 | 66.460183 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |
| 18 | 66.471782 | 192.168.1.10 | 127.0.0.1 | MPLS E... | 114 | MPLS Echo Request |
| 19 | 66.475752 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |
| 20 | 66.480257 | 192.168.1.10 | 127.0.0.1 | MPLS E... | 114 | MPLS Echo Request |
| 21 | 66.484422 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |
| 22 | 66.488994 | 192.168.1.10 | 127.0.0.1 | MPLS E... | 114 | MPLS Echo Request |
| 23 | 66.492230 | 192.168.10.10 | 192.168.1.10 | MPLS E... | 90 | MPLS Echo Reply |

```

> Frame 18: 114 bytes on wire (912 bits), 114 bytes captured (912 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: 0c:97:e0:51:f4:02 (0c:97:e0:51:f4:02), Dst: 0c:97:e0:96:8f:01 (0c:97:e0:96:8f:01)
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 16510, Exp: 0, S: 0, TTL: 254
> MultiProtocol Label Switching Header, Label: 0 (IPv4 Explicit-Null), Exp: 0, S: 1, TTL: 255
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.10, Dst: 127.0.0.1
> User Datagram Protocol, Src Port: 3503, Dst Port: 3503
> Multiprotocol Label Switching Echo

```

Desempeño de la red Segment Routing

Para analizar el desempeño de la red Segment Routing se consideró los indicadores de latencia, ancho de banda y calidad del servicio, esto compara con la red actual de la ESPE. Para la comparativa se utilizó el método cualitativo por puntos, utilizando la siguiente escala de Likert:

- 1 = malo.
- 2 = regular.
- 3 = bueno.
- 4 = excelente.

La sumatoria del puntaje es 1,00, por lo que se debe asignar valores a los indicadores según el nivel de importancia. La calificación se basa en la escala de Likert. El total se obtiene de la multiplicación entre el puntaje asignado por la calificación otorgada a cada indicadores. Al final se realiza la sumatoria del total y el valor con mayor valor es considerado con mejores condiciones (red actual y red WAN inteligente). En la Tabla 11 y

Figura 49 se presenta el desempeño de la red WAN Inteligente basada en Segment Routing

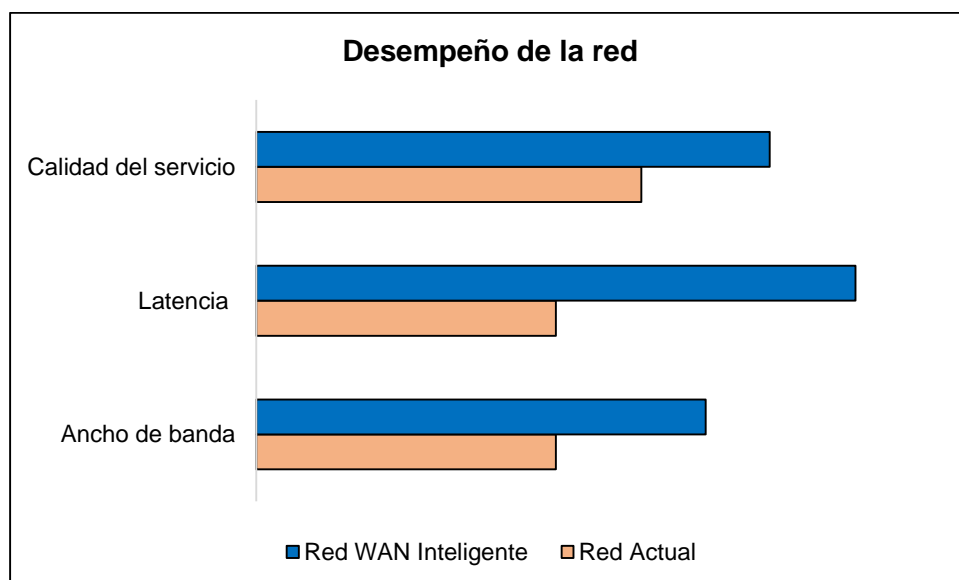
Tabla 11

Desempeño de la red

| Indicadores | Puntaje | Red Actual | | Red WAN Inteligente - Segment Routing | |
|----------------------|-------------|--------------|-------------|---------------------------------------|-------------|
| | | Calificación | Total | Calificación | Total |
| Ancho de banda | 0,35 | 2 | 0,70 | 3 | 1,05 |
| Latencia | 0,35 | 2 | 0,70 | 4 | 1,4 |
| Calidad del servicio | 0,30 | 3 | 0,90 | 4 | 1,2 |
| Total | 1,00 | | 2,30 | | 3,65 |

Figura 49

Desempeño de la red



Con los resultados anteriores, se identificó que la red WAN Inteligente basada en Segment Routing obtuvo un valor de 3,65 puntos; una puntuación

superior a la red actual de la ESPE. Por lo tanto, la red propuesta muestra un mejor desempeño a nivel de ancho de banda, latencia y mejora en la calidad del servicio.

Capítulo VI

Desarrollo del negocio en base a VAL IT

Elaboración de una hoja de datos

En el primer proceso para el desarrollo del caso de negocio se elaboró un documento con datos enfocados en la alineación estratégica, beneficios económicos y no financieros, riesgos del programa. Por lo tanto, se estableció actividades de recolección de información, validación y entrada de los datos necesarios para la implementación del caso de negocio basado en VAL IT, tal como se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 12

Hoja de datos

| | Capacidad tecnológica | Capacidad operativa | Capacidad de negocio |
|-------------------|---|--|--|
| Resultados | <ul style="list-style-type: none"> •Mejorar la tecnología de comunicación actual de la ESPE •Validar técnica y económicamente la implementación de nuevas tecnologías de comunicación •Contar con un modelo de trabajo para validar nuevas redes o tecnologías | <ul style="list-style-type: none"> •Eficiencia y eficacia en los servicios de comunicación •Disponibilidad de equipos para la conexión entre campus de la ESPE •Mejorar los procesos de comunicación WAN inteligentes | <ul style="list-style-type: none"> •Uso adecuado de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing para la comunicación entre los usuarios y mantenimiento oportuno |
| Alineación | <ul style="list-style-type: none"> •Se requiere un modelo para seguimiento del funcionamiento de la red •Facilidad de implementación de la red mejorada | | |

•Configuración y pruebas adecuada de equipos para funcionamiento de la red

| | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| Beneficios financieros | | <ul style="list-style-type: none"> •Al contar con tecnología y equipos actualizados que cumplen con los requerimientos institucionales ayuda a mejorar los servicios de comunicación | <ul style="list-style-type: none"> •Los servicios de comunicación estarán disponible para los estudiantes, docentes y personal administrativo de la ESPE | <ul style="list-style-type: none"> •Con la ayuda de esta implementación la ESPE tendrá la capacidad de transferir datos con mayor rapidez, ayudando a que los usuarios realicen actividades en la red de forma eficiente |
| Beneficios no financieros | <ul style="list-style-type: none"> •La red WAN Inteligente basado en Segment Routing proporciona soporte a la institución para la gestión de calidad de los servicios | | <ul style="list-style-type: none"> •La red WAN Inteligente basado en Segment Routing permitirá mejorar el servicio de conexión y facilitar comunicación entre los campus de la ESPE •Generar flujos de información a través de conexiones óptimas entre los departamentos o campus de la ESPE | <ul style="list-style-type: none"> •Al implementar la red WAN inteligente permite mejorar la eficiencia en los procesos de conexión con el fin de brindar un servicio adecuado para los usuarios |
| Recursos y gastos | <ul style="list-style-type: none"> •Se ha visto la necesidad de implementar y actualizar la tecnología tradicional de comunicación, pues un recurso necesario debido a que ayudará a mejorar los servicios de conexión | <ul style="list-style-type: none"> •Se requiere de herramientas y equipos como routers, servidores, entre otros. | <ul style="list-style-type: none"> •Con la implementación de esta tecnología ayudará a los departamentos o áreas del campus de la ESPE | <ul style="list-style-type: none"> •La institución en conjunto con la nueva implementación de la red WAN Inteligente se encarga brindar servicios adecuados de conexión o comunicación |

Análisis de alineación

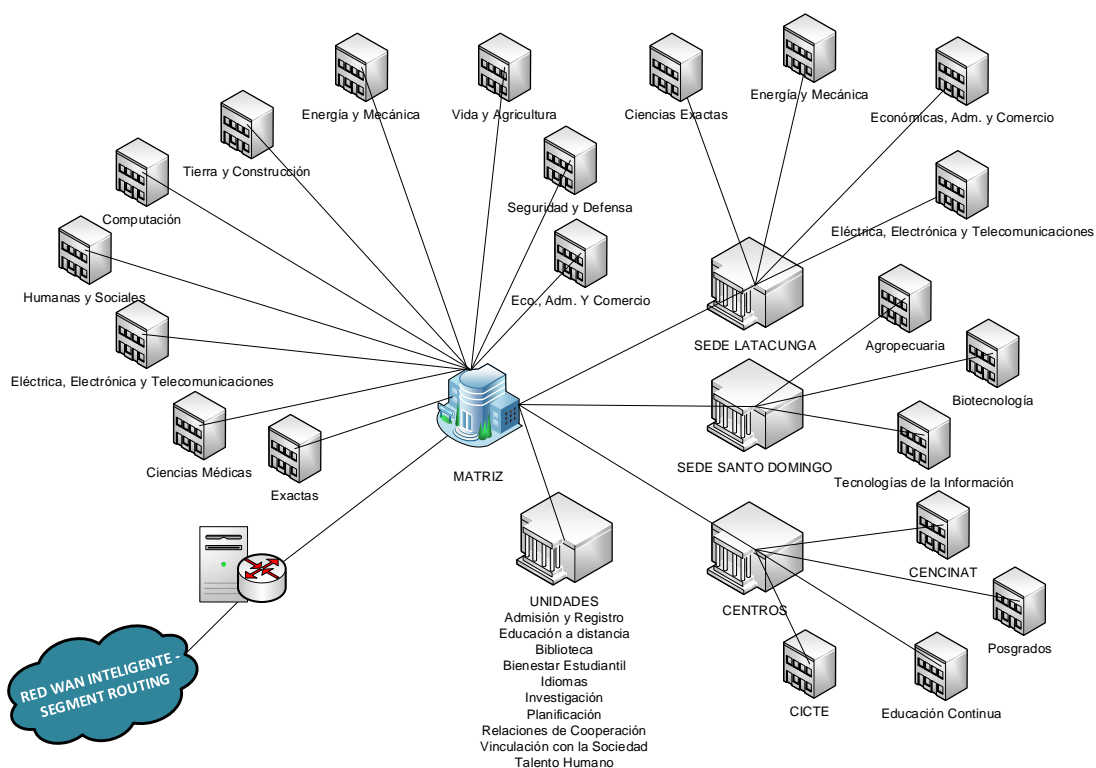
En el segundo proceso se enfocó en los siguientes aspectos relevantes para las inversiones de negocios:

- Asegurar la optimización de las inversiones para apoyar a los objetivos de la institución.
- Asegurar la alineación de la inversión para implementación de la red WAN inteligente basada en Segment Routing enfocada con el diseño de la arquitectura.

Arquitectura de la red

La arquitectura de la red WAN Inteligente se aprecia en la Figura 50.

Figura 50

Arquitectura red WAN Inteligente – Segment Routing (ESPE)

En la arquitectura de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing se diseñó para la solución de la problemática de la red actual de la ESPE, donde se identificó que es necesario la actualización hacia tecnologías mejoradas. Con la nueva red se pretende brindar un servicio eficaz de la conexión entre los campus de la institución.

Visión de la implementación

La implementación de la red WAN Inteligente ayudará a mejorar los procesos de conexión en el campus de la institución, así como la optimización de los recursos y facilitar comunicación. A continuación, se detalla la funcionalidad de los equipos necesarios para implementar la red:

- **Router**

Es un dispositivo usado para la interconexión de las computadoras del campus de la ESPE, lo cual ayuda a determinar la ruta destino de cada paquete de datos.

- **Switch**

Es un dispositivo que permite la conexión de los equipos dentro de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing,

Análisis de beneficios financieros

El diseño del caso de negocio para identificar los beneficios de la implementación de la red WAN Inteligente. En la Tabla 13 se presenta la inversión inicial del proyecto, ubicándose en un valor de \$2.001,50.

Tabla 13

Inversión

| Detalle | Unidad de medida | Cantidad | Precio Unit | Valor total |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Computador Core I7 | unidad | 1 | 920,00 | 920,00 |
| Software GNS3 | unidad | 1 | 0,00 | 0,00 |
| Router IOS XRv de CISCO | unidad | 4 | 209,00 | 836,00 |
| Switch | unidad | 1 | 70,00 | 70,00 |
| Rollo Cable De Red | unidad | 1 | 175,00 | 175,00 |
| Total | | | | 2.001,00 |

A continuación, se detalla los costos del proyecto:

Tabla 14

Mano de Obra directa

| Cargo | Cantidad | Sueldo Mensual | Sueldo Total | IESS Patronal 11,15% | Décimo Tercero | Décimo Cuarto | Valor mensual total | Valor Anual Total |
|------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| Jefe de proyecto | 1 | 850,00 | 850,00 | 94,78 | 70,83 | 33,33 | 1.048,94 | 12.587,30 |
| Programador | 1 | 700,00 | 700,00 | 78,05 | 58,33 | 33,33 | 869,72 | 10.436,60 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|
| Ayudante de programación | 1 | 650,00 | 650,00 | 72,48 | 54,17 | 33,33 | 809,98 | 9.719,70 |
| Total | 3 | 2.200,00 | 2.200,00 | 245,30 | 183,33 | 100,00 | 2.728,63 | 32.743,60 |

Tabla 15*Costo servicio de internet*

| Detalle | Unidad de medida | Cantidad | Costo Unitario | Valor total |
|----------------------|------------------|----------|----------------|-------------------|
| Servicio de internet | unidad | 12 | 8.400,00 | 100.800,00 |
| Total | | | | 100.800,00 |

Tabla 16*Costo mantenimiento*

| Detalle | Unidad de medida | Costo | Porcentaje | Costo total |
|--------------------------|------------------|-----------------|------------|---------------|
| Mantenimiento de equipos | Unidad | 1.826,00 | 3% | 54,78 |
| Actualización software | Unidad | 300,00 | | 300,00 |
| Total | | 2.126,00 | | 354,78 |

Tabla 17*Costo depreciación equipos*

| Activos Fijos | Costo | Vida útil | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Valor de salvamento |
|-------------------------|-----------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|---------------------|
| Computador Core I7 | 920,00 | 3 | 306,67 | 306,67 | 306,67 | | | 0,00 |
| Router IOS XRv de CISCO | 836,00 | 3 | 278,67 | 278,67 | 278,67 | | | 0,00 |
| Switch | 70,00 | 3 | 23,33 | 23,33 | 23,33 | | | 0,00 |
| Total | 1.826,00 | | 608,67 | 608,67 | 608,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tabla 18*Resumen de costo total*

| Costo Total | |
|--------------------|-------------------|
| Mano de obra | 32.743,60 |
| Internet | 100.800,00 |
| Mantenimiento | 354,78 |
| Depreciación | 608,67 |
| Total | 134.507,05 |

En consecuencia, para la implementación de la red Wan basada en Segment Routing se requiere de un costo de \$ 134.507, 05 que incluye costos de mano de obra, servicios de internet, mantenimiento y depreciaciones.

En cuanto al precio se consideró el costo individual, este se obtuvo de la división entre el costo total y número de campus. A este se le añadió un margen del 5% de utilidad. El precio se obtuvo de sumar el costo individual más el margen de utilidad, obteniendo un precio por campus de \$10.864,03.

Tabla 19*Precio*

| Costo total | No. campus | Costo individual (unidad) | Margen de utilidad | Precio por campus |
|--------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 134.507,05 | 13 | 10346,70 | 5% | 10.864,03 |
| 134.507,05 | 13,00 | 10.346,70 | | 10.864,03 |

Tabla 20*Flujo de caja*

| Detalle | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|--|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ingresos | | 141.232,40 | 143.350,88 | 145.501,15 | 147.683,67 | 149.898,92 | 152.147,40 | 154.429,62 | 156.746,06 | 159.097,25 | 161.483,71 |
| (-) Costo y gastos | | | | | | | | | | | |
| Costos de mano de obra | | 32.743,60 | 32.938,42 | 33.134,41 | 33.331,56 | 33.529,88 | 33.729,38 | 33.930,07 | 34.131,96 | 34.335,04 | 34.539,34 |
| Servicio de internet | | 100.800,00 | 101.399,76 | 102.003,09 | 102.610,01 | 103.220,54 | 103.834,70 | 104.452,52 | 105.074,01 | 105.699,20 | 106.328,11 |
| Mantenimiento | | 354,78 | 356,89 | 359,01 | 361,15 | 363,30 | 365,46 | 367,64 | 369,82 | 372,02 | 374,24 |
| Depreciación | | 608,67 | 608,67 | 608,67 | | | | | | | |
| (=) Utilidad antes de participación | | 6.725,35 | 8.047,14 | 9.395,97 | 11.380,95 | 12.785,20 | 14.217,86 | 15.679,39 | 17.170,27 | 18.690,99 | 20.242,03 |
| (-) 15% participación utilidades | | 1.008,80 | 1.207,07 | 1.409,40 | 1.707,14 | 1.917,78 | 2.132,68 | 2.351,91 | 2.575,54 | 2.803,65 | 3.036,30 |
| (=) Utilidad antes del impuesto | | 5.716,55 | 6.840,07 | 7.986,57 | 9.673,81 | 10.867,42 | 12.085,18 | 13.327,48 | 14.594,73 | 15.887,34 | 17.205,72 |
| (-) 22% Impuesto a la Renta | | 1.257,64 | 1.504,82 | 1.757,05 | 2.128,24 | 2.390,83 | 2.658,74 | 2.932,05 | 3.210,84 | 3.495,21 | 3.785,26 |

Análisis de beneficios no financieros

Para el desarrollo del negocio enfocado en la implementación de la red WAN Inteligente es importante tomar en cuenta los beneficios no financieros para generar ventajas competitivas con la finalidad de diferenciar los mejores recursos en relación a los que están por debajo del nivel requerido.

Es así que el desarrollo de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing representa un aporte para la institución debido a que mejora el nivel de conexión entre los departamentos o áreas del campus, ampliando su cobertura.

Análisis de riesgos

El análisis de riesgos se debe integrar al caso de negocio con el fin de analizar y evaluar situaciones identificadas en los procesos del desarrollo o implementación de la red WAN Inteligente, esta actividad deber ser gestionada por un responsable. Por lo tanto, en el caso de negocio se analiza los siguientes aspectos de los riesgos:

- **Riesgo de entrada**

El riesgo que se podría presentar en el incumplimiento de las capacidades exigidas para la gestión de las redes WAN como los equipos inadecuados para cubrir los requerimientos de la institución para brindar un servicio oportuno. Otro riesgo podría ser la falta de retroalimentación o capacitación continua al personal responsable del manejo de la red.

- **Riesgo de beneficio**

Este riesgo se deriva de que no se puede obtener o cumplir al 100% los beneficios esperados. Es así que podría presentarse que la red WAN Inteligente a implementar no cumple con todos los requisitos de la institución solicita como la falta de actualización de los equipos puede ocasionar aumento de costos innecesarios

debido a que no se realiza una planificación oportuna o análisis minucioso de los mismos.

Optimización del riesgo y rendimiento

Una vez realizado el análisis de la alineación, beneficios financieros, no financieros y riesgos se debe considerar programas alternativos para determinar el contenido adecuado del caso de negocio. Esto con la finalidad de lograr mejores resultados, lo cual ayuda al control y seguimiento de la implementación de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing.

Por lo tanto, se planifica la adquisición de los equipos según los requerimientos para la implementación de la red, incluso se determina una capacitación y retroalimentación semestral al personal responsable de la gestión. Es así que los responsables deben estar pendientes del funcionamiento óptimo de la red, brindando servicios de conexión de forma eficiente y efectiva. Además, mejorar los procesos y tomar en cuenta la funcionalidad de la red para la toma de decisiones oportunas.

Documentación detallada del caso de negocio

Se realizó la documentación del caso de negocio; considerando las contribuciones, plazos, beneficios, factores de éxito, impacto, entre otros. Todo esto para tomar decisiones oportunas.

Resumen ejecutivo

Contribuciones.

Con la implementación de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing ayudará o contribuirá a la ESPE a:

- Mejorar el proceso de conexión del campus de la ESPE.
- Mejorar la capacidad de transferir datos con mayor rapidez, ayudando a que los usuarios realicen actividades en la red de forma eficiente.

- Reducir costos operacionales.
- Eficiencia y eficacia en los servicios de comunicación.

Generar flujos de información a través de conexiones óptimas entre los departamentos o campus de la ESPE.

Plazos.

En este apartado se determinó el estudio de factibilidad, requerimientos, diseño, selección, desarrollo, configuración e implementación.

- **Estudio de factibilidad:** Se especifica los beneficios y costos de la implementación de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing, donde se estima la recuperación de la inversión.
- **Requerimientos:** Se considera la necesidad de actualizar la red de la institución en red WAN Inteligente mediante la mejora de la funcionalidad y la calidad del servicio de conexión.
- **Diseño:** Se realizó la simulación de la red, detallando los requisitos para el diseño, elaboración de topología, asignación de puertos, configuración de equipos, pruebas de conectividad y desempeño de la red.
- **Selección:** Se selección los proveedores de los equipos para la implementación de la red WAN Inteligente, detallando los requisitos técnicos, soporte operativo y costos.
- **Desarrollo:** Se consideró los requerimientos para iniciar con la simulación como las herramientas (GNS3), requerimientos y la parte técnica basada en la red WAN Inteligente - Segment Routing, incluyendo las pruebas realizadas para la conectividad.
- **Configuración:** Se configura la red WAN Inteligente para el campus

de la ESPE.

- **Implementación:** Se determina el funcionamiento de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing mediante las pruebas de conectividad y desempeño de la misma.

Se está realizando lo correcto.

Se analiza los aspectos que se están realizando adecuadamente en el caso de negocio como los beneficios financieros, cuantificación, análisis de sensibilidad, beneficios no financieros e impacto.

Beneficios financieros

Cuando la red WAN Inteligente basado en Segment Routing sea implementado llegará a obtener:

- Mejor desempeño de las redes a partir del uso eficiente de los recursos. Esto permite más tráfico de datos con mayor seguridad y menores costos.
- Mejora en la gestión de la información institucional, con lo que se aportará a la mejora continua de los sistemas de gestión de la información.
- Eficiencia en el uso de recursos destinados a la gestión de la información y la seguridad de estas.

Cuantificación

Para llevar a cabo el proyecto, es preciso llevar a cabo los siguientes hitos que serán cuantificados posteriormente:

- Diseños físico y lógico de la topología: para esto es necesario haber identificado adecuadamente el estado actual de la red institucional. Seguido esto, se diseñó la topología de la red y se asignaron los

puertos.

- Determinación de equipos: es preciso determinar los equipos y recursos a utilizar en cada una de las etapas para cuantificar adecuadamente todo el proceso. Estos equipos y recursos son los softwares GNS3-VM-Alpha y VMware, además de una computadora Intel (R) Core (TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz.
- Testeo de conectividad: se realizó pruebas, lo que permitió verificar el funcionamiento adecuado de la red.
- Evaluación del desempeño de la red: muestra un desempeño mejor que la red actual.

Análisis de sensibilidad

La factibilidad del proyecto se evaluó, además, mediante un análisis de sensibilidad, el cual comprendió escenarios distintos de flujos de efectivo. Para analizar la sensibilidad se plantean tres escenarios: probable, optimista y pesimista. El probable es el que se calculó con todos los costos y gastos, donde se obtuvo un VAN de USD 38.515,60 y una TIR de 269%.

Para el escenario optimista se plantea lo siguiente:

- Fijar una utilidad del 10% sobre el costo.
- Disminución del 2% del servicio de Internet.

Para el escenario pesimista se define lo siguiente:

- Fijar una utilidad del 2% sobre el costo.
- Incremento del 2% del servicio de Internet.

Beneficios no financieros

Dentro de los beneficios, aquellos que no son financieros son:

- Mejora en la calidad del sistema informático de la institución: la optimización de las redes que utiliza la institución tiene una incidencia en la calidad de los servicios que se fundamentan en el uso y gestión de la información.
- Identificación de los aspectos de mejora para la mejora continua: un estudio acabado de la situación actual y de la optimización permitirá identificar con mayor precisión otros aspectos de mejora continua.
- Aumento en la seguridad de la información: el sistema evaluado permitirá mejorar la seguridad de las redes y, con ello, proteger la privacidad y resguardar a la institución ante cualquier tipo de ataque.

Impacto

Dentro de los potenciales impactos que se obtendrán con la implementación de la mejora están:

- Mejora en los tiempos de uso de las redes en la institución.
- Mejora en la seguridad de la red.
- Mejora en la experiencia de usuario para estudiantes de la institución.

Se realiza correctamente.

En este apartado se establece los hitos y los factores críticos de éxito del caso de negocio relacionado con la implementación de la red WAN Inteligente basado en Segment Routing.

Hitos

La mejora propuesta presenta los siguientes hitos (Tabla 23):

- Diagnóstico del estado actual

- Requerimientos
- Diseño
- Asignación de puertos
- Configuración de equipos
- Pruebas
- Desempeño
- Estudio de factibilidad económica-financiera
- Implementación

Para presentar los hitos del programa se consideró lo detallado anteriormente, incluyendo los días, el factor de dedicación para cada actividad y las horas estimadas. Este último aspecto se obtuvo de la multiplicación entre el tiempo en días por el factor de dedicación.

Tabla 23

Hitos del programa

| Hitos | Tiempo (días) | Factor de | |
|--|---------------|------------|-----------------|
| | | dedicación | Horas estimadas |
| | | | (horas) |
| Diagnóstico del estado actual | 15 | 4 | 60 |
| Requerimientos | 10 | 4 | 40 |
| Diseño | 35 | 9 | 315 |
| Asignación de puertos | 16 | 9 | 144 |
| Configuración | 16 | 9 | 144 |
| Pruebas | 15 | 8 | 120 |
| Desempeño | 10 | 4 | 40 |
| Estudio de factibilidad económica-financiera | 20 | 8 | 160 |
| Implementación | 20 | 9 | 180 |
| Total | 157 | | 1203 |

Factores críticos de éxito

A partir del estudio realizado, se identificaron los siguientes factores críticos para el éxito de la implementación.

- Asignación de recursos para la implementación por parte de la institución.
- Elección adecuada de equipos (routers, servidores, etc.).
- Actualización y mantenimiento permanente del sistema.

Lo estamos logrando.

Se realiza la descripción del proyecto y el impacto tecnológico para determinar que se va a cumplir de forma eficiente y eficaz con la implementación de la red WAN Inteligente para la institución.

- **Descripción y definición del proyecto**

La Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) cuenta en la actualidad con un robusto sistema de redes basadas en la tecnología MPLS, la cual permite gestionar la información a través de los diversos campus existentes en el Ecuador. No obstante, esta tecnología no es lo suficientemente adecuada a los requerimientos de la gestión de información en la actualidad, por lo que el presente proyecto tiene como finalidad mejorar la gestión de estas redes a través del diseño de una mejora basada en Segment Routing a partir del uso de GNS3-VM-Alpha. Esta mejora será evaluada tanto técnica como financieramente para disponer de un proyecto factible y potencialmente aplicable en la infraestructura de la institución.

Se desarrolló con esto un diagnóstico acabado de la situación actual de las redes en la institución; se simuló una propuesta de nueva topología de red basada en Segment Routing y se diseñó la propuesta de negocio a partir de su evaluación (técnico-financiera).

- **Impacto tecnológico**

Con el desarrollo de este proyecto la institución cuenta con documentación importante para mejorar el sistema de gestión de la información actualizando la red interinstitucional. Esto permitirá mejorar sustancialmente el uso de otras tecnologías actuales, como cloud u otras. De igual manera, la experiencia de los usuarios mejorará sustancialmente debido al mejor rendimiento y seguridad de la red.

Por lo tanto, esta tecnología basada en Segment Routing puede ayudar a las distintas facultades y unidades de la ESPE. A nivel académico, los estudiantes y docentes podrán usar esta tecnología para acceder al sistema de la universidad a una velocidad óptima de manera eficiente y eficaz; incluso aporta en el desarrollo de las clases virtuales, acceso a los recursos de la red, entre otros.

Además, a nivel administrativo aporta a las diversas unidades como el acceso a los recursos bibliotecarios localizados en la red, proceso de admisión y registro, acceder a la plataforma de idiomas, etc.

Mantener el caso de negocio

Dado que en la actualidad las tecnologías avanzan y se modifican constantemente, es importante que la institución evalúe constantemente y mantenga actualizado el sistema de gestión de la información y en particular la infraestructura de red utilizada. Para esto se requiere de un esfuerzo económico y técnico constante.

Capítulo VII

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Respecto a la situación actual de la tecnología que se utiliza en la institución, en la casa matriz es un equipamiento WAN que consta de routers, firewalls, servidores DMZ y core desactualizados y antiguos. La red inalámbrica es unificada, con la que se visualizan y monitorean los puntos de acceso en tiempo real, y su velocidad ronda los 11 a 54 Mbps, con una velocidad de transmisión teórica máxima de 600 Mbps. El controlador inalámbrico es CISCO WIS-M2, el software de gestión es CISCO Prime Infrastructure y los puntos de acceso ligeros son Cisco 3502, 3602, 1552. MLPS es la tecnología que gestiona actualmente la red y provee los servicios a usuarios, y se compone de tres capas: acceso, distribución y núcleo. Existen 104 switches de 14 modelos distintos. En la actualidad, este esquema no provee soporte para tecnologías de internet actuales, como cloud.

La simulación realizada consistió en un nuevo modelo de red basada en Segment Routing a partir del uso de GNS3- VM-Alpha y VMware. Se utilizó una computadora Intel (R) Core (TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz. La topología diseñada es distribuida con Open Shortest Path First (OSPF) en las siguientes OSPF área 0 y OSPF área 1. Por lo tanto, el protocolo de direccionamiento enlace – estado con algoritmo de primera vía más corta OSPF área 1 consta con dos routers (R1 y R2) y Gi 0/0/0. Mientras que en OSPF área tiene tres routers (R3, R4 y R5). El enlace empieza con R1 (Gi 0/0/0), R2 (Gi 0/0/0, Gi 0/0/1, Gi 0/0/2), este último con R3 (Gi 0/0/1) y R4 (Gi 0/0/2 – Gi 0/0/1); estas dos se enlazan con R5 (Gi 0/0/0). Para la asignación de puertos se toma en cuenta según los cinco routers con el respectivo asignación Gi, esto en concordancia con la topología diseñada. Se realizaron las

pruebas de desempeño, identificando que los indicadores de latencias, ancho de banda y calidad son mejores con la red propuesta en comparación con la anterior.

La implementación de redes WAN inteligentes basadas en Segment Routing para la comunicación interinstitucional en la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) es factible tanto técnica como financieramente, según el diseño de la evaluación VAL IT se ofrece una propuesta factible técnica y financieramente ya que se requiere de una inversión de \$2.001,00; el costo total de implementación es de \$134.507,05; con un precio por campus de \$10.864,03; con la que la institución educativa puede mejorar de forma sustancial el sistema de gestión de la información y en particular la infraestructura de red, mejorando la experiencia de usuario y la seguridad, además de actualizar y adaptar continuamente su gestión a las nuevas tecnologías emergentes.

Recomendaciones

Sabiendo que las Fuerzas Armadas es una institución de gran prestigio a nivel nacional, es importante que cuente con un sistema tecnológico que responda las necesidades rápidas y oportunas del cliente, es por ello que se recomienda realizar una actualización constante y mantenimiento de softwares a fin de detectar puntos de mejora.

Se recomienda realizar una simulación con todos los tipos de routers disponibles de forma que se pueda instalarlos en sistemas con los mismos requerimientos para abaratar costos de compra de nuevos equipos con mayor memoria RAM, de forma que se pueda contar con un servidor integral que contribuya a la mejora de desempeño en la institución.

Se recomienda realiza un análisis financiero sustentado en datos lo más acercados a la realidad de modo que al momento de considerar la implementación los costos estimados no tengan variación; sumado a esto considerar los costos de

mano de obra, contratación de nuevo personal, adecuación de la infraestructura y otros.

Trabajos futuros

En trabajos futuros se podría contemplar la ampliación de la red a todas las sedes de la universidad, a fin de estandarizar las actividades y poder transferir información de manera eficaz. Además, de realizar un diagnóstico de cómo está funcionando la red implementada, para poder establecer puntos fuertes y débiles que sirva para mejorar o actualizar los sistemas. Y considerar la implementación de otros tipos de routers que permitan la ampliación de la banda ancha de red.

Bibliografía

- Angarita, A. (2020). *Diseño de una red de comunicaciones WAN en la empresa línea comunicaciones S.A.S.* [Tesis de grado] Universidad Cooperativa de Colombia. En <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/20555?locale=es>.
- Bermeo, F., & Cuenca, J. (2020). Esquema de comunicación con SDWAN de los puntos de atención en la Cooperativa Jardín Azuayo. *Polo del Conocimiento*, 5(51), 139-150.
- Cisco. (2013). *WAN inteligente de Cisco (IWAN): Adaptar la red al tamaño adecuado sin riesgos*. California : Asociación Cisco.
- Cisco Networking Academy. (12 de Septiembre de 2020). *Recursos* . Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de <https://www.netacad.com/es>
- Cisco Systems. (17 de Marzo de 2021). *Enrutamiento de segmento*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://www.segment-routing.net/>
- Colina, A. (2019). El gobierno de datos: Un referente entre el gobierno de TI y la inteligencia de negocios. *Revista Científica Ecociencia* , 6(1), 1-19.
- Condori, F., & Laguna, D. (2017). *ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)*. [Trabajo de cátedra] Universidad de Aquino Bolivia. En <https://ingetelecom.files.wordpress.com/2007/08/atm-modo-de-transferencia-asc3adncrona.pdf>.
- Constitución de la República del Ecuador . (2008). *Constitución de la República del Ecuador* . Montecristi: Asamblea Nacional del Ecuador.
- Cordero, D. (2015). Marcos de Trabajo para las tecnologías de información y relacionados, de aplicabilidad en el ámbito organizacional. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 166-177.

- Figuerola, F., & Hinojosa, L. (2018). *Propuesta de normativa basada en COBIT para el control interno de tecnologías de información del sector público ecuatoriano*. [TFG] Universidad Internacional SEK. En <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2938>.
- Galaxy Technologies LLC. (20 de enero de 2021). *Introducción a GNS3*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2021, de <https://docs.gns3.com/docs/>
- Gómez, E. (2015). *Gobernanza corporativa de la tecnología de la información (TI)*. Madrid: [TFG] Universidad Carlos III de Madrid. En <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/26557>.
- Heredia, Á. (2017). *Estudio de la gobernanza de TI aplicado a las empresas de servicios TIC en España*. [TFM] Universidad de Cantabria. En <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/13578>.
- Hernández, M. (2019). *Diseño de un módulo basado en estándar IEEE 802.9, para prácticas de laboratorio móvil de la carrera de Ingeniería en computación y redes*. [Tesis de pregrado] Universidad Estatal del Sur de Manabí. En <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1948>.
- Huawei. (8 de Agosto de 2019). *Enrutamiento de segmento*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100092117>
- Huawei. (18 de Febrero de 2021). *Que es y cómo funciona Segment Routing*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/que-es-y-c%C3%B3mo-funciona-segment-routing/thread/699451-100235>
- Huawei Technologies Co. (2 de Julio de 2020). *OSPF for SR-MPLS*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de

<https://support.huawei.com/enterprise/ru/doc/EDOC1100147105/9c687c17/os-pf-for-sr-mpls>

IBM Corporation. (12 de Septiembre de 2015). *Redes X.25*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <https://www.ibm.com/docs/es/i/7.3?topic=standards-x25-networks>

Kushwaha, A., Sharma, S., & Gumaste, A. (2012). A Survey on Segment Routing with Emphasis on Use Cases in Large Provider Networks. *Cornell*, 1(5), 1-22.

Ley Orgánica de Telecomunicaciones. (2015). *Registro Oficial: Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Quito: Asamblea Nacional del Ecuador.

Liberatori, M. (2018). *Redes de datos y sus protocolos* (Primera ed.). Mar de La Plata: EUDEM.

López, J., & Maiguel, M. (2012). *Metodología para gestionar inversiones de TI en instituciones de Educación Superior del sector privado basada en VAL IT y COBIT*. Santiago de Cali: ICESI.

Mejía, A., Flich, J., Duato, J., Reinemo, S., & Skeie, T. (2006). Incrementando las Prestaciones de Ethernet Usando Segment-Based Routing. *XVII Jornadas de Paralelismo*, 1-6.

Morales, G., & Sucuzhañay, S. (2010). *Elaboración de un caso de negocio de TI basado en VAL IT para la empresa "Obras Hospitalarias Francesas de la Orden de Malta (Sede Ecuador)"*. Cuenca: [Tesis de grado] UPS. En <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/732>.

O'Kon, M. (10 de Junio de 2014). *Evolución sin límites WAN Inteligente de Cisco*. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://gblogs.cisco.com/la/evolucion-sin-limites-wan-inteligente-de-cisco-iwan/>

- Paredes, L. (2021). *Diseño de una Red de Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones basado en Arquitectura SR-MPLS*. [Tesis de fin de máster] Pontificia Universidad Católica del Perú. En <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/19394>.
- Pereira, V., Rocha, M., & Sousa, P. (2017). Optimizing Segment Routing using Evolutionary Computation. *Procedia Computer Science*, 1(110), 312-319.
- Ramírez, T., Rodríguez, J., & Pérez, R. (2012). *Curso A distancia sobre el gobierno de las tecnologías de información y continuidad del negocio*. CDMX: UNAM.
- Reinoso, A. (2021). *Emulación y evaluación de segment routing IPV6 para su factibilidad de implementación en service providers*. [Tesis de maestría] PUCE. En <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/18889>.
- Romero, E. (2020). Implementación de SD-WAN Corporativo para el uso eficiente de las telecomunicaciones para el Holding Quito Motors. *Polo del Conocimiento*, 5(51), 163-179.
- Roso, J. (14 de Agosto de 2019). *Red WAN*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de <http://www.grupoedistel.com/la-red-comunicacion/red-wan/>
- Saavedra, J., & Saavedra, E. (2017). *Diseño de un sistema basado en frame relay para el mejoramiento de la conexión de la red de comunicaciones actual de la compañía y que permita la sincronización de forma segura la base de datos e información*. [TFG] Universidad Cooperativa de Colombia. En <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/33956>.
- Sambrano, J. (2020). *Implementación de redes SDN-WAN y evaluación de resultados sobre aplicaciones de uso recurrente en usuarios a través de distintos proveedores de servicios de internet (ISP's)*. [Tesis de grado] ESPE. En <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/23406>.

- Silva, F. (2016). *Fast reroute using segment routing for smart grids*. [Tesis de maestría] Universidad de Lisboa. En <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/25614?locale=en>.
- Stallings, W. (2011). *Comunicaciones y redes de computadoras* (Sexta ed.). CDMX: Prentice Hall.
- Universidad Abierta y a Distancia de México [UNADM]. (2020). *Interconectividad de redes*. CDMX: Universidad Abierta y a Distancia de México.
- Vazart, D. (2017). *Red Telefónica Pública Conmutada*. CDMX: Presentaciones Red.
- VMware, Inc. (10 de febrero de 2021). *VMware*. Recuperado el 1 de diciembre de 2021, de <https://www.vmware.com/latam.html>