



Evaluación técnica – financiera de la implantación de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN en el sector empresarial. Caso de estudio: Empresa AROMA MELIS.

Pillajo Bolagay, Carlos Andrés

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica

Centro de Posgrados

Maestría en Gerencia de Sistemas

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

Msc. Ing. Solís Acosta, Edgar Fernando

24 de junio del 2022



Tesis-Pillajo_Carlos-v1.pdf

Scanned on: 0:8 May 25, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	483
Words with Minor Changes	337
Paraphrased Words	1260
Omitted Words	1500



Website | Education | Businesses

Firma:

.....
Ing. Solís Acosta, Edgar Fernando, Mgrt.

Director



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología
Centro de Posgrados

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Evaluación técnica – financiera de la implantación de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN en el sector empresarial. Caso de estudio: Empresa AROMA MELIS”** fue realizado por el señor Pillajo Bolagay, Carlos Andrés; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de junio de 2022.

Firma:

.....
Ing. Solís Acosta, Edgar Fernando, Mgrt.

Director

C.C.: 1803005071



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología
Centro de Posgrados

Responsabilidad de Auditoría

Yo **Pillajo Bolagay, Carlos Andrés**, con cédula de ciudadanía n°1719997221, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Evaluación técnica – financiera de la implantación de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN en el sector empresarial. Caso de estudio: Empresa AROMA MELIS** 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.

Sangolquí, 24 de junio de 2022.

Firma:

.....
Ing. Pillajo Bolagay, Carlos Andrés

C.C.: 1719997221



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Autorización de Publicación

Yo **Pillajo Bolagay, Carlos Andrés**, con cédula de ciudadanía n°1719997221, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación técnica – financiera de la implantación de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN en el sector empresarial. Caso de estudio: Empresa AROMA MELIS** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 24 de junio de 2022.

Firma:

.....
Ing. Pillajo Bolagay, Carlos Andrés
C.C.: 1719997221

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme las fuerzas y la sabiduría para lograr mis objetivos y metas a lo largo de mi vida.

A mi esposa por brindarme el apoyo y nunca dejarme rendir.

Índice de Contenidos

Resumen.....	17
Abstract.....	18
Capítulo I	19
Introducción	19
Antecedentes.....	19
Planteamiento Del Problema	21
Justificación	22
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos	23
Hipótesis	24
Capitulo II.....	25
Marco Teórico.....	25
Transformación Digital.....	25
Generalidades	25
Transformación Digital En El Sector Empresarial Ecuatoriano	27
Nuevas Tecnologías En El Sector Empresarial Ecuatoriano	28
Red “Networking” Tradicional.....	30
Plano De Control	30
Plano De Gestión / Administración	31
Plano De Datos	32
Modelo OSI	34
Modelo TCP/IP	35

Redes LAN (Local Area Network).....	37
Redes MAN (Metropolitan Area Network).....	38
Redes WAN (Wide Area Network).....	38
MultiProtocol Label Switching (MPLS)	39
Definición.....	39
Etiqueta MPLS.....	40
Pila de Etiquetas.....	40
Arquitectura MPLS	41
Operación De La Red MPLS	43
Aplicaciones De La Red MPLS.....	44
Protocolos de enrutamiento	46
Border Gateway Protocol (BGP).....	46
Open Shortest Path First (OSPF)	47
Red “Networking” Actual	48
Red Definida Por Software (SDN – Software Defined Networking)	49
Software Defined WAN SD-WAN	51
Direct Internet Access – DIA.....	53
El Marco Val IT	55
Principios De Val IT	55
Procesos De Val IT.....	56
Caso de Negocio con Val IT	56
Estado Del Arte.....	57
Base De Datos Google Académico	57
Base de Datos Springer.....	61
Base De Datos IEEE Xplorer	62
Discusión Final	63
Capitulo III.....	65
Análisis De La Evaluación Técnica Para La Implantación De La Solución DIA.....	65
Simulación De Una Red Tradicional Con MPLS VPN.....	65
Objetivo	65

Arquitectura y Diseño Lógico	65
Recursos	70
Funcionalidad	71
Desarrollo	72
Resultados	86
Conclusión.....	88
Simulación De Una Red Inteligente Con SD-WAN Y DIA	88
Objetivo	88
Arquitectura y Diseño Lógico	89
Recursos	97
Funcionalidad	98
Desarrollo	98
Resultados	115
Conclusión.....	118
Análisis De La Implementación De La Solución DIA Con SD-WAN	118
Prerrequisitos Para La Implementación De La Solución SD-WAN	125
Prerrequisitos Para La Implementación De La Solución Direct Internet Access – DIA	126
Conclusión General De Las Simulaciones	126
Capitulo IV	128
Caso De Negocio: Evaluación Financiera De La Implementación DIA SD-WAN En La Empresa Aroma Melis	128
Análisis De La Situación Actual De La Empresa Aroma Melis	128
Estructura De La Empresa	128
Misión, Visión y Objetivos.....	129
Plan Estratégico	130
Organigrama de Aroma Melis.....	130
Identificación De La Problemática	137
Evaluación financiera basada en Val IT	137
Elaboración de una hoja de datos	138
Análisis De Alineación	143

Análisis De Beneficios Financieros	147
Análisis De Beneficios No Financieros	152
Análisis De Riesgo	153
Optimización Del Riesgo Y Rendimiento	154
Documentación Del Caso de Negocio	155
Conclusión Del Análisis Técnico y Financiero.....	162
Capitulo V	164
Conclusiones y Recomendaciones	164
Conclusiones	164
Recomendaciones	165
Bibliografía	167

Índice de Tablas

Tabla 1	Uso de herramientas en las empresas.....	29
Tabla 2	Uso de herramientas en las empresas.....	51
Tabla 3	Distribución de VLAN de la empresa.	67
Tabla 4	Direccionamiento IP de la empresa	67
Tabla 5	Direccionamiento IP de la empresa	68
Tabla 6	Direccionamiento IP de los túneles VPN sobre MPLS.	69
Tabla 7	Recursos usados para la simulación de red tradicional	70
Tabla 8	Números de sistema autónomos	79
Tabla 9	Direccionamiento interno de equipos vEdge.....	94
Tabla 10	Direccionamiento externo (MPLS e Internet) de los equipos vEdge	95
Tabla 11	Direccionamiento de los controladores SD-WAN.....	96
Tabla 12	Versiones de software de equipo SD-WAN	96
Tabla 13	Recursos usados para la simulación de red inteligente con SD-WAN y DIA.....	97
Tabla 14	Beneficios tangibles e intangibles de DIA con SD-WAN	119
Tabla 15	Ventajas y desventajas de la implementación de DIA con SD-WAN.....	120
Tabla 16	Descripción de costos para la implementación de DIA con SD-WAN	123
Tabla 17	Ubicaciones geográficas de las sucursales de Aroma Melis.....	129
Tabla 18	Arquitectura de aplicaciones y software de Aroma Melis	132
Tabla 19	Servicio de comunicaciones de datos de la empresa Aroma Melis.....	134
Tabla 20	Plan de direccionamiento IP de la empresa Aroma Melis	135
Tabla 21	Inventario de equipos de red de la empresa Aroma Melis	136
Tabla 22	Hoja de datos del caso de negocio	139
Tabla 23	Requisitos de las nuevas conexiones WAN para Aroma Melis	145
Tabla 24	Inversión para la implementación de SD-WAN con DIA en Aroma Melis.....	149

Tabla 25 Costos de mano de obra para el despliegue de SD-WAN con DIA en Aroma Melis .	149
Tabla 26 Costos del servicio de datos MPLS e internet para Aroma Melis	149
Tabla 27 Costos del servicio SD-WAN con DIA para Aroma Melis	150
Tabla 28 Costos de mantenimiento del servicio SD-WAN CON DIA para Aroma Melis.....	150
Tabla 29 Costo total de OyM del servicio SD-WAN con DIA para Aroma Melis.....	151
Tabla 30 Flujo de caja de la empresa Aroma Melis	151
Tabla 31 Flujo de caja de la empresa Aroma Melis	152
Tabla 32 Flujo de caja del escenario optimista	159
Tabla 33 Flujo de caja del escenario pesimista	160

Índice de Figuras

Figura 1 Penetración y usuarios de Internet entre el 2010 y 2019.....	25
Figura 2 Procesos productivos digitalizados en OCDE y América Latina, 2018.	26
Figura 3 Estructura de la Agenda Digital del Ecuador.	28
Figura 4 El Plano de Control.....	31
Figura 5 El Plano de Gestión / Administración.....	32
Figura 6 El Plano de Datos.....	32
Figura 7 Arquitectura de un equipo de red tradicional	33
Figura 8 El modelo OSI	35
Figura 9 El modelo TCP/IP.....	36
Figura 10 Red LAN.....	37
Figura 11 Red MAN.....	38
Figura 12 Red WAN.....	38
Figura 13 Etiqueta MPLS.....	40
Figura 14 Pila de Etiquetas.....	41
Figura 15 Label Switched Path.....	42
Figura 16 Esquema general del modelo MPLS VPN	44
Figura 17 Funcionamiento de BGP.....	46
Figura 18 Funcionamiento de OSPF	48
Figura 19 Paradigma de redes tradicionales y redes SDN	50
Figura 20 Modelo de arquitectura de una red SD-WAN.....	52
Figura 21 Arquitectura tradicional del tráfico de internet a través de un centro de datos.....	54
Figura 22 Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN	54
Figura 23 Arquitectura de red de datos empresarial tradicional con backbone MPLS VPN.....	66

Figura 24 Configuración de interfaces del equipo CE_M.....	72
Figura 25 Configuración de interfaces del equipo CE_S1.....	73
Figura 26 Configuración de interfaces del equipo CE_S2.....	73
Figura 27 Configuración de interfaces del equipo CE_S3.....	74
Figura 28 Configuración de interfaces del equipo CE_S4.....	74
Figura 29 Configuración de interfaces del equipo CE_S4.....	75
Figura 30 Configuración de interfaces del equipo ISP	75
Figura 31 Configuración de interfaces del equipo PE_1	76
Figura 32 Configuración de interfaces del equipo PE_2	76
Figura 33 Configuración de interfaces del equipo PE_3	77
Figura 34 Configuración de interfaces del equipo PE_4	77
Figura 35 Configuración de interfaces del equipo PE_5	78
Figura 36 Configuración de interfaces del equipo PE_6	78
Figura 37 Configuración de interfaces del equipo P	79
Figura 38 Configuración de BGP en equipos CEs.....	80
Figura 39 Configuración de BGP en equipos PEs	81
Figura 40 Configuración de MPLS en equipos PEs	82
Figura 41 Configuración de MPLS en equipo PE.....	82
Figura 42 Configuración de túneles VPN entre matriz y sucursales	83
Figura 43 Configuración de OSPF y anuncio de subredes en matriz y sucursales	83
Figura 44 Configuración de subred CE_M e ISP para salida al internet	84
Figura 45 Configuración de subred entre routers ISP y puerta de enlace hacia el internet.....	84
Figura 46 Configuración de NAT con sobrecarga en router ISP	85
Figura 47 Configuración de OSPF y anuncio de ruta por defecto en router ISP	85
Figura 48 Pruebas de conectividad de subredes internas entre matriz y sucursales.....	86
Figura 49 Pruebas de conectividad de subredes internas entre sucursales	87

Figura 50 Pruebas de conectividad de a internet desde sucursales	87
Figura 51 Pruebas de conectividad desde matriz a sucursal 1 a través de MPLS.....	88
Figura 52 Componentes de Cisco SD-WAN	90
Figura 53 Arquitectura de red de datos empresarial inteligente con SD-WAN y DIA	94
Figura 54 Acceso a Cisco DCloud	99
Figura 55 Inicio de sesión a cuenta Cisco	99
Figura 56 Acceso a ambiente virtual de la simulación en DCloud.....	100
Figura 57 Acceso a escritorio remoto del ambiente virtual en DCloud.....	100
Figura 58 Acceso a POC Tool	101
Figura 59 Acceso a vManage	102
Figura 60 Acceso a software mRemoteNG en escritorio remoto	103
Figura 61 Sesiones VNC para acceder a los hosts con Ubuntu	104
Figura 62 Sesiones SSH para acceder a los dispositivos de la red	104
Figura 63 Conexión al equipo ISR 4451 desde mRemoteNG.....	105
Figura 64 Propiedades de equipo ISR 4451 para integración con SD-WAN.....	105
Figura 65 Edición de archivo de configuración del ISR 4451 para agregación a SD-WAN.....	106
Figura 66 Proceso para actualización de WAN Edge List en vManage (Parte 1)	106
Figura 67 Proceso para actualización de WAN Edge List en vManage (Parte 2)	107
Figura 68 Verificación de equipos vEdge en el vManage	108
Figura 69 Verificación de equipos vEdge en el vManage	108
Figura 70 Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 1.....	109
Figura 71 Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 2.....	110
Figura 72 Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 3.....	110
Figura 73 Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 4.....	111
Figura 74 Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 5.....	111
Figura 75 Template aplicado sobre el equipo ISR 4451	112

Figura 76 Feature Template para la habilitación de DIA sobre equipo ISR 4451.....	113
Figura 77 Configuración de IPv4 Route sobre Feature Template de ISR 4451, parte 1	114
Figura 78 Configuración de IPv4 Route sobre Feature Template de ISR 4451, parte 2	114
Figura 79 Aplicación del Feature Template modificado sobre ISR 4451.....	115
Figura 80 Equipo ISR 4451 configurado con DIA	115
Figura 81 Tráfico de internet desde sucursal 3 antes de aplicar DIA.....	116
Figura 82 Traceroute del tráfico de internet desde sucursal 3 sin aplicar DIA	117
Figura 83 Tráfico de internet desde sucursal 3 aplicado DIA.....	117
Figura 84 Traceroute del tráfico de internet desde sucursal 3 aplicando DIA	118
Figura 85 Logotipo Empresa Aroma Melis.....	128
Figura 86 Organigrama de Empresa Aroma Melis.....	131
Figura 87 Organigrama del departamento de TI de Empresa Aroma Melis	132
Figura 88 Arquitectura de comunicaciones de datos de la empresa Aroma Melis	134
Figura 89 Nueva arquitectura de comunicaciones, basada en SD-WAN y DIA para Aroma Melis	144
Figura 90 Cuadrante mágico de Gartner para soluciones de redes WAN	148

Resumen

Los desafíos del mundo actual cada vez exigen cambios trascendentales, es así que, las empresas deben estar alineadas a los nuevos y grandes retos en el mundo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). La aparición del cloud computing, big data, redes definidas por software, entre otros, han sido hitos para la tecnología y han permitiendo a las empresas hacer más productivo y eficaz su trabajo. Es por esta razón, que es fundamental analizar a profundidad y desde varios ejes, las nuevas soluciones tecnológicas que ofrece el mercado. El desconocimiento técnico del despliegue de estas nuevas tecnologías, dan como resultado implementaciones fallidas. Así también, la justificación de la inversión sobre estas soluciones se vuelve crítica para los directores de tecnología, puesto que no tienen claro todos los costos y beneficios para ejecutar una correcta evaluación financiera. El presente proyecto de titulación muestra una evaluación técnica – financiera para la implantación de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN en el sector empresarial del Ecuador y como caso de estudio se toma a la empresa AROMA MELIS. El proyecto presenta un análisis técnico, en el cual se realiza un estudio de escenarios basados en dos simulaciones: en la primera se muestra un escenario tradicional de una arquitectura de red empresarial con una topología full mesh, conectando una matriz con sus sucursales a través de una red backbone MPLS, esta simulación se ejecuta con la ayuda del software GNS3. La segunda simulación se realiza con el software DCLOUD, en el cual se presenta la misma arquitectura de red empresarial incluyendo SD-WAN con la solución DIA. Con base en el análisis de estas simulaciones se realiza una evaluación técnica que toma en cuenta las características de diseño y requerimientos técnicos generales para migrar y poner en producción la solución DIA. En el proyecto también se contempla el análisis de la factibilidad financiera basado en Val IT, de la implementación de la solución DIA en la empresa AROMA MELIS como un caso de negocio.

Palabras clave: Software Defined Wide Area Network (SD-WAN), Direct Internet Access (DIA), Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), Val IT.

Abstract

The challenges of today's world increasingly require transcendental changes, so companies must be aligned to the new and great challenges in the world of information and communication technologies (ICT). The appearance of cloud computing, big data, software-defined networks, among others, have been milestones for technology and have allowed companies to make their work more productive and efficient. It is for this reason that it is essential to analyze in depth and from various axes, the new technological solutions offered by the market. The technical ignorance of the deployment of these new technologies, result in failed implementations. Likewise, the justification of the investment on these solutions becomes critical for technology directors, since they are not clear about all the costs and benefits to execute a correct financial evaluation. This titling project shows a technical-financial evaluation for the implementation of a Direct Internet Access (DIA) solution under the SD-WAN scheme in the business sector of Ecuador and the company AROMA MELIS is taken as a case study. The project presents a technical analysis, in which a study of scenarios based on two simulations is carried out: the first shows a traditional scenario of a business network architecture with a full mesh topology, connecting a matrix with its branches through an MPLS backbone network, this simulation is executed with the help of GNS3 software. The second simulation is carried out with the DCLOUD software, in which the same enterprise network architecture is presented, including SD-WAN with the DIA solution. Based on the analysis of these simulations, a technical evaluation is carried out that takes into account the design characteristics and general technical requirements to migrate and put the DIA solution into production. The project also contemplates the analysis of the financial feasibility based on Val IT, of the implementation of the DIA solution in the company AROMA MELIS as a business case.

Keywords: Software Defined Wide Area Network (SD-WAN), Direct Internet Access (DIA), Information and Communication Technologies (ICT), Val IT.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La gran cantidad y disponibilidad de los datos y las nuevas tendencias basadas en la computación en la nube, ha generado que el tráfico de red de las empresas evolucione de una comunicación predominante de sucursal a sucursal y de sucursal a centro de datos (matriz), a una comunicación más orientada hacia el internet. El cambio inicia con las pequeñas y medianas empresas (PYME), puesto que éstas, no cuentan con un presupuesto elevado para montar sus propios centros de datos. Pero ahora, el cambio topológico de la red se ha trasladado hacia las grandes empresas ya que, en la actualidad, los proveedores de servicios en la nube se han robustecido y son capaces de generar valor para las grandes compañías (Corbett, Pierce, & Young, 2017).

El auge de la computación en la nube, definido por la Institución Nacional de Estándares y Tecnologías (NIST, por sus siglas en inglés), como un modelo que permite el acceso a la red bajo demanda, conveniente y ubicuo a un grupo compartido de recursos informáticos configurables, que se pueden aprovisionar y liberar de forma rápida con un esfuerzo mínimo de administración o interacción con el proveedor de servicio (NITS, 2012), se ha convertido en la nueva plataforma para el desarrollo de las Tecnologías de la Información (TI) de las empresas.

Según Gartner, el 40% de la carga de trabajo empresarial se implementará en cloud service provider (CSP) para el 2023, en comparación con sólo 20% en 2020 (Gartner, 2021). Este nuevo modelo demanda de una elevada calidad en parámetros como; la pérdida de paquetes, el ancho de banda, la latencia y el jitter sobre una red de comunicaciones. Este escenario obliga a que las organizaciones luchan por proporcionar un gran ancho de banda y conectividad a internet confiables en sus sucursales y aprovechen al máximo sus gastos

operativos. La necesidad de conectarse a internet desde las sucursales ya no es un lujo sino una necesidad.

Es así que, el mercado de los proveedores de conectividad muestra diferentes soluciones, con nuevos desarrollos sobre las redes, tomando como referente al SD-WAN (WAN definida por Software). Ya que, según las proyecciones de Gartner, en el 2024, para mejorar la agilidad y el apoyo de aplicaciones en la nube, el 60% de las empresas estarán implementando SD-WAN, comparado con una implementación del 20% en el 2019 (DELL Technologies, 2020). Gartner anticipa que las empresas mejorarán de un 50 a un 90% el tiempo que le toma realizar cambios sobre sus redes, lo cual repercute directamente en el tiempo de aprovisionamiento para conectar a una nueva sucursal. Considera también, que con SD-WAN en las empresas se incrementará en un 41% la disponibilidad de la red, el desempeño aumentará en un 41% y se reducirán los costos recurrentes de la red WAN en un 38% (Cisco, 2019).

Luciani (2019), en su investigación titulada *From MPLS to SD-WAN: Opportunities, Limitations and Best Practice*, define el término SD-WAN y presenta sus diferentes variantes disponibles en el mercado. Además, compara SD-WAN con una red MPLS típica, en base a criterios como la calidad de servicio, capacidades de agregación de enlaces y precios. Concluye que el SD-WAN ofrece una buena solución para esquemas como SaaS e IaaS en la nube, al crear una plataforma unificada que abarca toda la conectividad y ofrece capacidades superiores de calidad de servicio (QoS).

Awasthi (2020), en su pesquisa titulada *SDWAN (Software Defined-WAN) Technology Evaluation and Implementation*, señala por qué es importante implementar la última tecnología en el mundo de las comunicaciones, en lugar de invertir en la MPLS. Para esto, evalúa la implantación desde un enfoque técnico, realizando ensayos sobre implementaciones del SD-WAN en pequeñas y medianas empresas. También evalúa el producto mediante el uso de algunas métricas y cómo los diferentes equipos de TI están involucrados durante las diferentes fases del proyecto de implementación del SD-WAN.

Dentro del abanico de las cualidades que ofrece la solución SD-WAN, se pueden mencionar a una red overlay virtual basada en IP (por ejemplo, túneles IPsec), independencia de transporte de la red underlay (el poder de operación en diferentes tipos de medios), garantía de servicio de cada túnel SD-WAN (monitoreo de la calidad de servicio QoS de cada enlace y re direccionamiento del tráfico de acuerdo a la calidad de la experiencia de usuario, QoE según la importancia y tipo de tráfico), forwarding de paquetes basado en políticas y, finalmente la habilidad del reconocimiento de aplicaciones de capa 7 para brindarles un camino directo hacia su destino (Direct Internet Access DIA) (Luciani, 2019).

Planteamiento Del Problema

La tendencia de la transformación digital avanza sin freno alguno en el sector empresarial ecuatoriano. Se puede decir que existen dos catalizadores para que cada día los directores de TI sigan poniendo sus ojos en la transformación digital: eficiencia en los costos operativos (OPEX) y nuevos consumidores (ej. millennials) que requieren cada día de transacciones con sistemas informáticos más simples y rápidos. Esto hace que las empresas adopten nuevos paradigmas desde el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) cómo, por ejemplo, la computación en la nube. Un sin número de empresas en el Ecuador, ya se encuentran funcionando con plataformas en la nube (con modelos SaaS, IaaS y PaaS) que las conducen a realizar un trabajo más productivo y eficiente.

Es por este motivo que las soluciones de conectividad, se convierte en un eje fundamental a la hora de generar una transformación digital en las empresas. Y se hace más complicado, para los directores de TI, encontrar soluciones de conectividad que se adapten de forma técnica y económica a sus nuevos requerimientos. La solución más reciente que ha tenido gran cabida en el mercado ha sido el SD-WAN (WAN definida por software), y se ha difundido una gran cantidad de información referente a esta nueva solución. Pero de lo que no se habla es de las verdaderas funcionalidades, como el Direct Internet Access (DIA), que

proporciona la plataforma SD-WAN y que dicha funcionalidad apoya a la consecución de los objetivos planteados dentro una Planificación Estratégica Empresarial.

El director de TI debe tomar decisiones acertadas para que la tecnología sea un factor multiplicador en la consecución de los objetivos de la empresa. Para ello, necesita de evaluaciones claras, concisas y sobre todo que aborden un análisis técnico y financiero de las nuevas soluciones de TI en el mercado, como es el ejemplo del Direct Internet Access bajo el esquema SD-WAN. Esto brinda a los directores una visión más clara del panorama y principalmente apoya en la toma de decisiones a la hora de realizar una inversión tecnológica.

Justificación

La realización de una evaluación bajo la perspectiva técnica y financiera, enfocada en la implantación de una solución DIA con SD-WAN, permite que los directores de TI de las empresas ecuatorianas tomen decisiones correctas y aterrizadas a su situación actual. El escenario económico del mundo entero, con la aparición del virus SARS-CoV-2, más conocido como COVID-19, ha hecho que las empresas cuiden de sobremanera sus presupuestos y que las inversiones sean revisadas de una forma más rigurosa. Es por esta razón, que la evaluación técnica – financiera propuesta, es una de las herramientas principales de la dirección de tecnología de una entidad a la hora de realizar una justificación de la inversión, de la implementación de una solución DIA, en sus respectivos comités ejecutivos.

El presente proyecto de titulación realiza dos grandes análisis generales: técnico, en el cual se detallan todas las características y funcionalidades, así como las consideraciones de diseño globales de la solución DIA con SD-WAN. Esto se obtiene, de la simulación de dos escenarios. En el primer escenario se evalúa una arquitectura de red empresarial tradicional la cual contempla una matriz o data center principal y sucursales conectadas a través de una red de backbone MPLS, por donde se comunican dos tipos de aplicaciones; on premise (locales) y en cloud (que usan internet). En el segundo escenario se simula la misma arquitectura de red con la particularidad de la integración de la solución DIA con SD-WAN. A partir de este

análisis, se evalúa, de forma técnica, la migración y puesta en marcha de la solución. Una vez ejecutado el análisis técnico se realiza el análisis de factibilidad financiera, a través de un caso de negocio aplicada a la empresa Aroma Melis. Este caso de negocio está basado en el marco de referencia Val IT.

Este proyecto de titulación en su enfoque investigativo, señala las siguientes preguntas:

- ¿Cómo los directores de tecnología de las empresas ecuatorianas pueden tomar la mejor decisión con respecto a la implementación de Direct Internet Access (DIA) bajo un esquema SD-WAN?
- ¿Qué se necesita conocer, desde una perspectiva técnica, para que se tenga una implementación exitosa de una solución Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN?
- ¿Cómo realizar un análisis financiero para evaluar la factibilidad económica de la implementación de una solución el Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN?

Objetivos

Objetivo General

Realizar una evaluación técnica y financiera de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN, mediante simulaciones y un caso de estudio, para determinar la viabilidad de la implementación de esta solución en el sector empresarial.

Objetivos Específicos

- Configurar un escenario tradicional de una arquitectura de red empresarial con una topología full mesh conectando una matriz con sus sucursales a través de una red backbone MPLS y ejecutar una simulación mediante la ayuda del software GNS3.
- Configurar un escenario de una arquitectura de red empresarial incluyendo SD-WAN y la solución Direct Internet Access (DIA) y ejecutar una simulación con la ayuda del software DCLOUD.

- Realizar un análisis financiero de la implementación de la solución DIA con SD-WAN, basado en el marco de referencia Val IT, como un caso de negocio, la empresa AROMA MELIS.

Hipótesis

La hipótesis que se plantea es: ¿La evaluación propuesta abarca todos los lineamientos, técnicos y financieros, para determinar la viabilidad de la implantación de Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN y es una herramienta de soporte para la toma de decisiones de los directores de tecnología del sector empresarial ecuatoriano?

Capítulo II

Marco Teórico

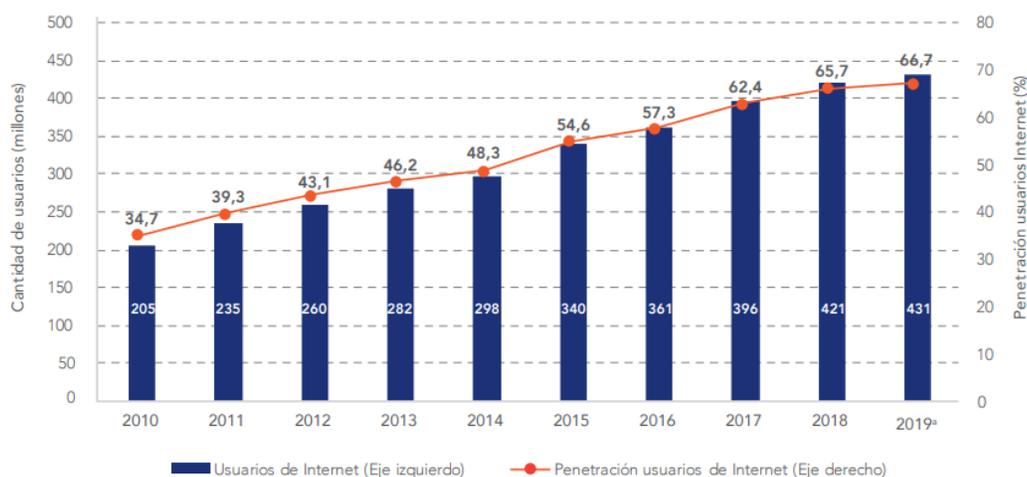
Transformación Digital

Generalidades

En el 2019 en América Latina y el Caribe, 430 millones de personas utilizan como medio de acceso al internet (67% de la población), lo que refleja un crecimiento promedio anual de la penetración de internet del 8% entre el 2010 y 2019, esto obliga a los países a mejorar en la prestación de servicios de internet para que la infraestructura digital se solidifique. La Figura 1 muestra los indicadores de crecimientos de la penetración y usuarios de internet, 2010 – 2019 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021).

Figura 1

Penetración y usuarios de Internet entre el 2010 y 2019.



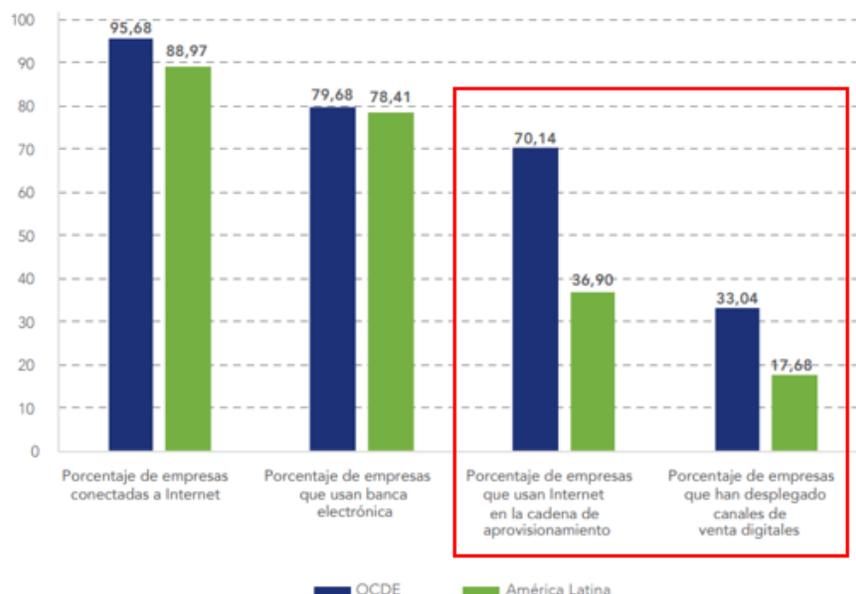
Nota. Tomada de (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021).

La crisis de la pandemia COVID-19 trajo restricciones de movilidad a nivel mundial, lo que obligó a que las empresas aumentaran su presencia en la web para ofrecer sus productos y servicios. Es así que, el internet tomó un papel indispensable para ayudar a contrarrestar los efectos de la crisis. El 18% del sector empresarial en América Latina desplegaron canales de

ventas digitales. Esto generó que se presenten nuevos desafíos en la región relacionados con la adopción de tecnologías digitales dentro del core de negocio de las empresas. Según un análisis realizado por CEPAL (2021), la brecha de adopción de tecnologías digitales en empresas de América Latina (Figura 2) en comparación con países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) tiene una diferencia substancial en indicadores del uso de internet en la cadena de aprovisionamiento y las ventas por canales digitales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021).

Figura 2

Procesos productivos digitalizados en OCDE y América Latina, 2018.



Nota. Tomado de (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021)

Con base a lo expuesto anteriormente, tratar de la transformación digital equivale a hablar de una transformación del negocio para las empresas. La forma de ofrecer y entregar al mercado sus productos y servicios experimentan una gran revolución y si no se aprovechan las nuevas tecnologías de la información y comunicación (movilidad, big data, la nube, Internet de las cosas, la inteligencia artificial, la realidad virtual, etc.) no podrán brindar valor agregado para

la generación de resultados y la experiencia con sus clientes. Las empresas están buscando día a día, la optimización de sus procesos, canales, modelos y fuentes de ingreso con base en las demandas de los clientes que cada día son más digitales. Adicional a esto, hay que buscar que la cultura interna de las empresas cambie a un modelo digital en todo lo que hacen (Llorente, 2016).

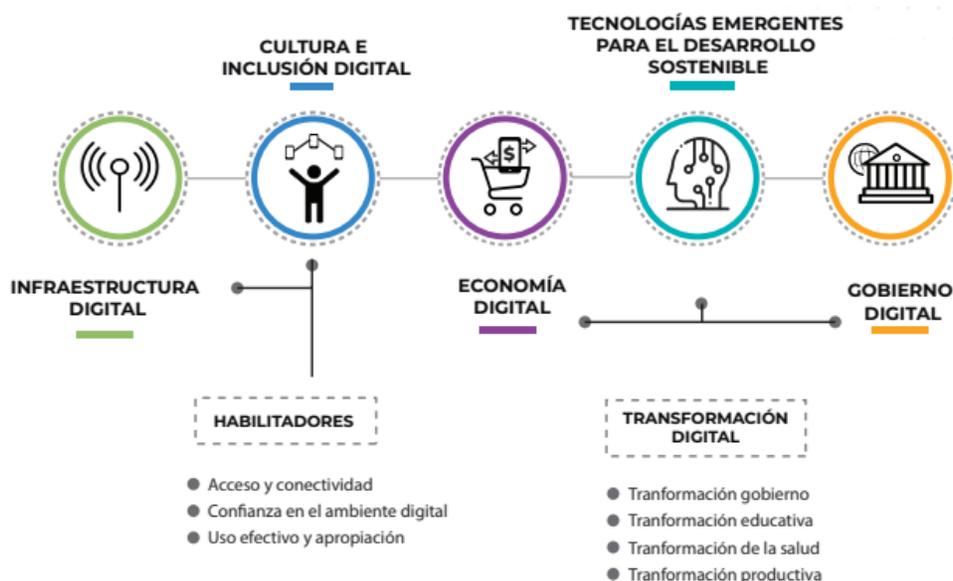
Transformación Digital En El Sector Empresarial Ecuatoriano

El Ecuador, a través del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL) a trazado la agenda digital del Ecuador, la cual es un instrumento de política pública que enlaza prioridades de diversos sectores e identifica acciones conjuntas para impulsar la transformación digital del país enfocada en tres aspectos: digitalización de hogares, sistema productivo y Estado. La visión y alcance de la agenda digital del Ecuador busca promover las transformaciones sociales, económicas y políticas, apalancadas en la adopción masiva de las TIC. Cinco ejes son definidos en la estructura de la agenda digital del Ecuador (Figura 3) agrupados en dos áreas (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2021):

- Ejes habilitadores
 - Infraestructura digital
 - Cultura e Inclusión digital
- Ejes de transformación digital
 - Economía digital
 - Tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible
 - Gobierno digital

Figura 3

Estructura de la Agenda Digital del Ecuador.



Nota. Tomado de (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2021)

Si bien es cierto todos los ejes que establece la Agenda Digital del Ecuador son de suma importancia para el desarrollo tecnológico, un eje toma mayor relevancia para el sector industrial ecuatoriano, el de tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible. Este eje busca el uso de nuevas tecnologías impulsando la innovación, el desarrollo y la investigación dentro del sector productivo con una orientación a la digitalización de la producción, comercialización y consumo dentro de una economía digital. La Transformación Digital en las empresas del Ecuador requiere de un cambio en los procesos de negocio que integre la adopción de tecnologías emergentes, con el objetivo de aprovechar sus beneficios (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2021).

Nuevas Tecnologías En El Sector Empresarial Ecuatoriano

En función al eje de tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible, el sector industrial ecuatoriano también ha evolucionado y se encuentra constantemente en la búsqueda de la transformación digital. Para esto, las empresas han tomado a las TICs como un aliado

estratégico para apalancar su adaptación, competitividad y crecimiento. Estos nuevos escenarios exigen a las organizaciones acoger nuevos modelos de gestión, donde se priorice la experiencia del usuario (DATTA, 2019). Una de las tecnologías insignias de la transformación digital de las empresas ecuatorianas es la computación en la nube, la cual permite desplegar servicios de acuerdo a la necesidad de la empresa y como gran ventaja se tiene al pago por uso. Además, ha permitido a las compañías poder alinear los servicios en la nube con los objetivos y metas empresariales (Celleri, Rivas, Andrade, & Rodriguez, 2018). La Tabla 1, muestra las herramientas en la nube más utilizadas por empresas ecuatorianas. Destacándose con un 95,7% el uso de herramientas ofimáticas centrándose en Microsoft 365 (antes conocido como Office 365).

Tabla 1

Uso de herramientas en las empresas

Herramientas	Porcentaje de uso
Herramientas ofimáticas (Word, Excel, Power Point, Project, otras), Microsoft 365	95,7%
CRM (Customer Relationship Management)	12,1%
ERP (Enterprise Resource Planning)	11,7%
Google Drive	0,4%
Sistemas Contables	4,4%
Antivirus	0,4%
Software de diseño (Illustrator, Photoshop)	1,2%
Sistema de Radio Transmisión	0,4%
Ninguna	2,7%

Nota. Recuperado de Alternativas. Copyright 2021 por la Revista Alternativas. Reprinted with permission.

La computación en la nube edifica su despliegue y funcionalidad en el acceso a Internet, no se puede hablar de una acertada experiencia de usuario de las aplicaciones en la nube sin contar con una adecuada conexión a internet (Tanweer, 2020). Esto hace que algunas arquitecturas de red del mundo del networking, se vuelvan una barrera a la hora de montar modelos de computación en la nube y por ende no aportan valor en la transformación digital de las empresas. A continuación, se explica algunos modelos y arquitecturas de redes que las empresas del sector ecuatoriano han tomado como referentes para construir sus sistemas de comunicaciones.

Red “Networking” Tradicional

Las redes tradicionales están compuestas por switches, hubs, routers y otro hardware físico que, enlazados entre sí, generan conexiones y operan la red (Haji, y otros, 2021). Estos dispositivos son conocidos como equipos de red de función fija. Cada uno de estos dispositivos tiene una tarea específica que, asociado a los demás, ayuda a mantener la red. Las funciones de las redes tradicionales, por lo general, las realizan dispositivos dedicados y se implementan sobre hardware dedicado con los circuitos integrados específicos para cada función (SIGMA IT, 2021). Estas funciones o tareas se alinean sobre tres grandes planos que rigen al mundo de las redes y son fundamentales para generar la conectividad de datos:

- Plano de Control
- Plano de Gestión / Administración
- Plano de Datos

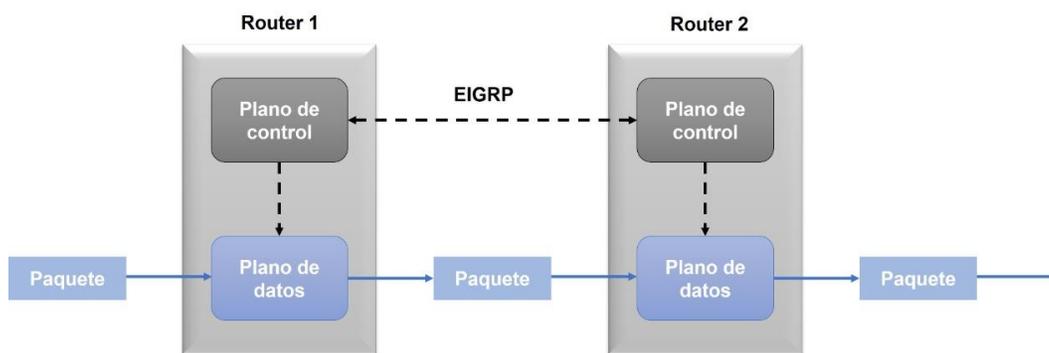
Plano De Control

El plano de control rige a la lógica de toda la red y determina como se enrutan los paquetes a través de los diferentes caminos de la red de inicio a fin, es decir desde que el paquete es enviado por el host origen hacia el host destino (Kurose & Ross, 2016). En el plano de control, los dispositivos crean las tablas que se usan para enrutar los paquetes, tales como: la tabla de enrutamiento IP (asociada a equipos routers), la tabla de resolución de direcciones

IP, la tabla de direcciones MAC (asociada a equipos switches), entre otras. En este plano también aparecen los diferentes protocolos de enrutamiento dinámico (OSPF, EIGRP, RIP, BGP, etc.) que son algoritmos cuya función es determinar de forma automática el mejor camino que debe tomar el paquete para llegar a su destino. La Figura 4, muestra la función del plano de control, donde el paquete arriba al Router 1 y mediante el plano de control, regido por el protocolo de enrutamiento EIGRP, define el mejor camino para direccionar hacia el Router 2.

Figura 4

El Plano de Control



Nota: Elaborada a partir de (Sepulveda, 2022).

La siguiente lista muestra algunos de los protocolos del plano de control más comunes:

- Protocolos de enrutamiento (Open Shortest Path First - OSPF, Enhanced Interior Gateway Routing Protocol - EIGRP, Routing Information Protocol - RIP, Border Gateway Protocol - BGP).
- IPv4 ARP (Address Resolution Protocol)
- IPv6 Neighbor Discovery Protocol (NDP)
- Spanning Tree Protocol – STP

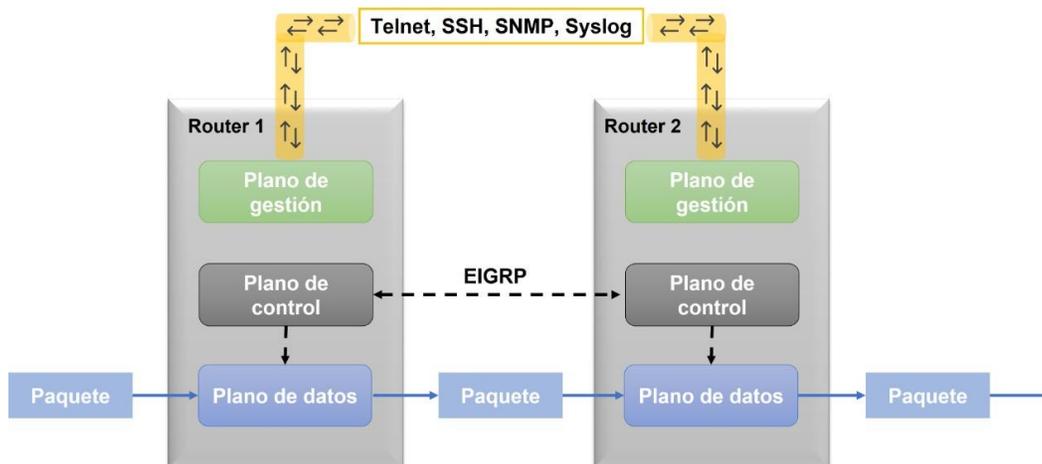
Plano De Gestión / Administración

El plano de gestión o también conocido como el plano de administración es el encargado de ejecutar los protocolos necesarios para que el equipo de red interactúe con el administrador de la red (Pepelnjak, 2013). Secure Shell (SSH), Telnet, SNMP y Syslog (Figura

5) son algunos protocolos del plano de gestión que ayudan a los ingenieros de red a administrar su red.

Figura 5

El Plano de Gestión / Administración



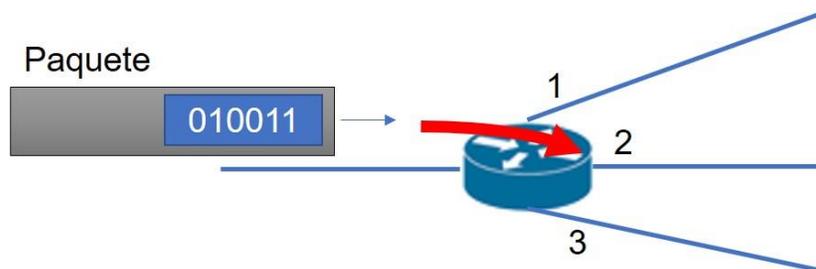
Nota: Elaborada a partir de (Sepulveda, 2022).

Plano De Datos

El plano de datos determina cómo el paquete que llega al puerto de entrada del equipo de red se reenvía al puerto de salida del mismo equipo (Figura 6). A esta función, se la conoce como el forwarding de paquetes (Kurose & Ross, 2016).

Figura 6

El Plano de Datos



Nota: Elaborada a partir de (Kurose & Ross, 2016)

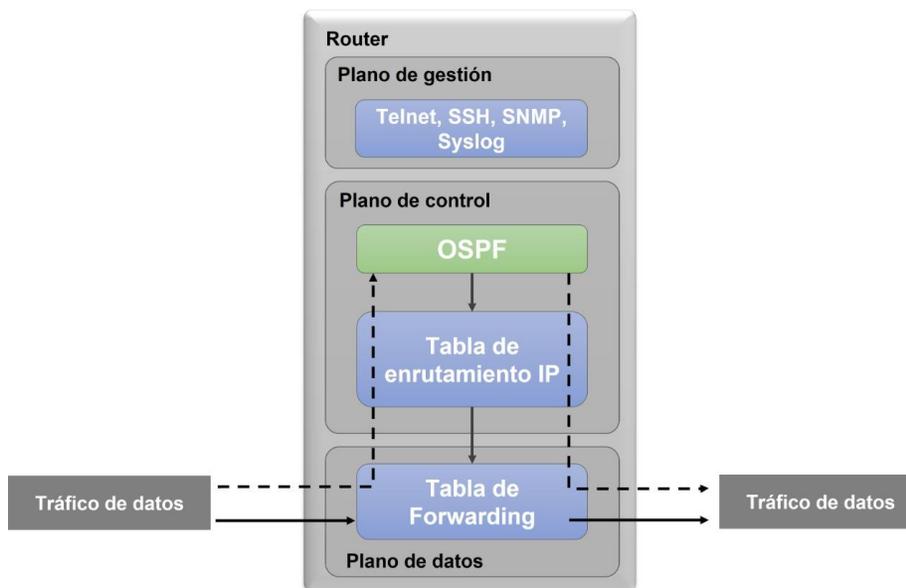
El plano de datos por lo general se lo conoce como plano de reenvío y a continuación se presentan algunas de las acciones más comunes que realiza un equipo de red en este plano:

- Desencapsular y encapsular un paquete en una trama de enlace de datos.
- Hacer coincidir la dirección MAC de una trama Ethernet o la dirección IP de un paquete en función a las diferentes tablas almacenadas en el equipo de red.
- Agregar y/o eliminar un encabezado de un paquete de datos.
- Cifrar los datos y agregar un nuevo encabezado.
- Descartar un mensaje en función a un filtro.

Es así que, una red tradicional es un conjunto de equipos, en donde, cada uno de ellos está diseñado e implementado con el paradigma de los tres planos: control, gestión y datos, dichos equipos interconectados entre sí establecen la comunicación de los datos. En la Figura 7, se muestra la arquitectura completa de un equipo de la red tradicional.

Figura 7

Arquitectura de un equipo de red tradicional



Nota: Elaborada a partir de (Sepulveda, 2022)

A partir de las redes tradicionales, se han forjado diferentes protocolos y estándares que han permitido establecer las comunicaciones a nivel mundial. Para fines de este proyecto de titulación a continuación, se explicarán dos modelos representativos y que destacan hasta el día de hoy: modelo OSI y modelo TCP/IP.

Modelo OSI

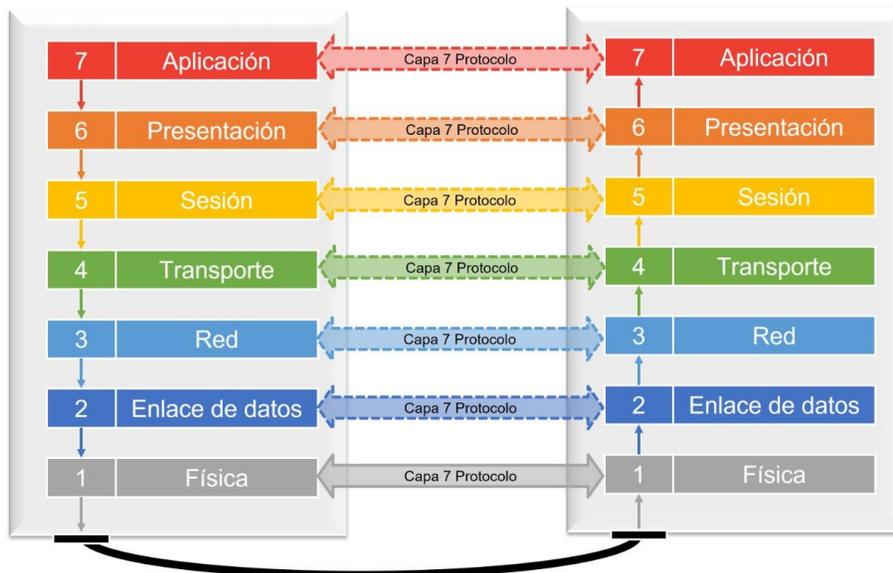
El modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI) es un marco de referencia que define las tareas y convenciones necesarias para que los sistemas de red se comuniquen entre sí. Este modelo fue diseñado para ayudar a los proveedores y desarrolladores de software y hardware de red, a producir sistemas de red interoperables. Si bien es cierto se diseñó para reemplazar a un sin número de estándares propietarios pasados, ya no se lo considera como tal reemplazo. Mas bien, el modelo OSI ha tenido éxito como herramienta para describir y definir, de forma teórica, cómo se comunican los sistemas de red (Kumar, Dalal, & Dixit, 2014). El modelo OSI consta de 7 capas, las cuales son:

- Capa 1 – Física: Define las especificaciones eléctricas y físicas de la conexión de datos (ej. Cobre o fibra óptica).
- Capa 2 – Enlace de datos: Realiza la detección y control de errores, generalmente implementada con una verificación de redundancia cíclica (CRC).
- Capa 3 – Red: Determina la ruta y el direccionamiento lógico de los paquetes de origen y destino.
- Capa 4 – Transporte: Proporciona comunicación de extremo a extremo entre procesos que se ejecutan en diferentes máquinas.
- Capa 5 – Sesión: Maneja la configuración de la sesión, los intercambios de datos o mensajes y se interrumpe cuando finaliza la sesión.
- Capa 6 – Presentación: Brinda formato a los datos que se presentarán a la capa de aplicación.

- Capa 7 – Aplicación: Convierte los datos en sitios web, programas de chat, etc., los cuales brindan servicios de aplicaciones para transferencia de archivos, correo electrónico, y otros servicios de software de red.

Figura 8

El modelo OSI



Nota: Elaborada a partir de (Kumar, Dalal, & Dixit, 2014)

La Figura 8, muestra las siete capas del modelo OSI donde el proceso de construcción de un paquete de datos para enviar, se lo conoce como encapsulación y el proceso de deconstrucción del paquete de datos, se lo conoce como el proceso de desencapsulación.

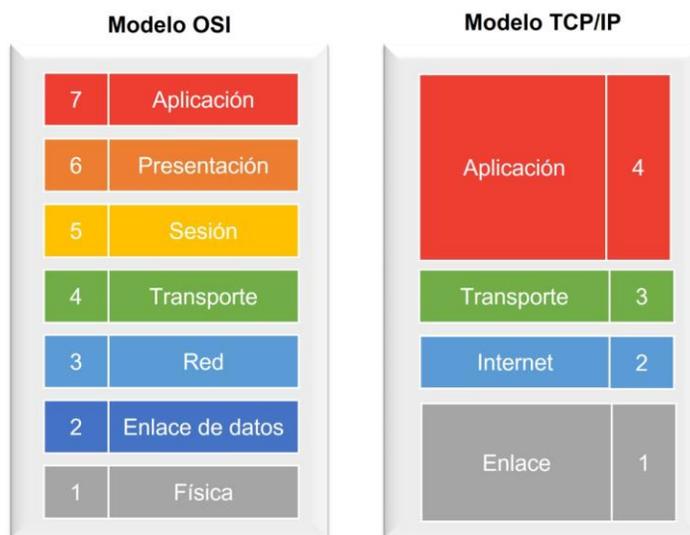
Modelo TCP/IP

TCP/IP es un modelo que toma su nombre por la unión de dos protocolos importantes, el Transmission Control Protocol (TCP) y el Internet Protocol (IP). A menudo también llamado modelo de Internet, TCP/IP proporciona conectividad de extremo a extremo que especifica cómo se deben empaquetar, direccionar, transmitir, enrutar y recibir los datos en el destino. Las funcionalidades están definidas en cuatro capas de abstracción que se utilizan para ordenar todos los protocolos relacionados según el alcance de la red (Nath & Uddin, 2015). De menor a mayor, las capas son:

- Capa 1 – Enlace: contiene tecnologías de comunicación para un solo segmento de red. Esta capa incluye los protocolos utilizados para describir la topología de red local y las interfaces necesarias para la transmisión de datagramas de la capa de Internet a los hosts vecinos.
- Capa 2 – Internet: conecta a hosts a través de redes independientes intercambiando datagramas a través de los límites de red. El protocolo principal de esta capa es el Protocolo de Internet (IP) que define el direccionamiento IPv4 e IPv6.
- Capa 3 – Transporte: administra la comunicación de host a host. En este ámbito se definen dos protocolos importantes UDP el cual proporciona un servicio de transporte de datagramas poco fiables y TCP quien brinda un transporte de datagramas confiable.
- Capa 4 – Aplicación: proporciona intercambio de datos de aplicación de proceso a proceso. Esta es la capa en la que operan todos los protocolos de nivel superior, como: SMTP, FTP, SSH, HTTP, etc.

Figura 9

El modelo TCP/IP



Nota: Elaborada a partir de (Nath & Uddin, 2015).

A partir de este modelo, se han fundamentado diferentes protocolos de red que han permitido el establecimiento de las comunicaciones de datos y han fortalecido la globalización. Fruto de ello, está el Internet o también conocida como la red de redes, que hace posible que todas las personas en el mundo tengan a la mano, información en cuestión de segundos. Así también, ha favorecido con la conectividad para las empresas, las cuales se han beneficiado con la diversificación y expansión de sus sucursales, logrando tener la información necesaria en todas partes.

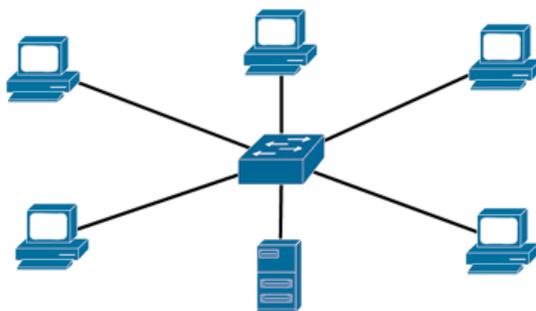
Para lograr explotar el mayor rendimiento a las redes, se ha realizado una clasificación de acuerdo al área de acción y tamaño de las mismas. A continuación, se muestran los tipos de redes LAN, MAN y WAN.

Redes LAN (Local Area Network)

La Red de Área Local o por sus siglas en inglés LAN (Local Area Network) es un grupo de dispositivos conectados entre ellos en lugares pequeños (Figura 10) como, escuelas, hospitales, departamentos, etc. Las redes LAN se las puede considerar seguras ya que no cuentan con una conexión externa haciendo que los datos que se comparten en una red LAN, no puedan ser accedidos desde el exterior. Así también, las redes LAN pueden alcanzar velocidades de entre los 100 a 1000 Mbps, debido a su pequeño tamaño de expansión (Singh, 2019).

Figura 10

Red LAN (Local Area Network)

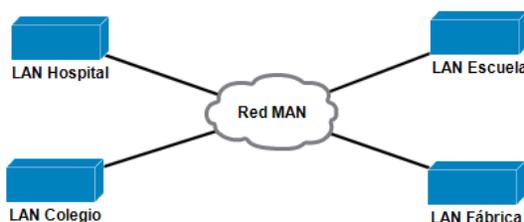


Redes MAN (Metropolitan Area Network)

Las Redes de Área Metropolitana o redes MAN (Metropolitan Area Network) cubren un área más grande en comparación con las redes LAN. La red de área metropolitana permite la conexión de varias redes LAN entre sí a través de diferentes medios físicos de acceso como, fibra óptica, cobre, etc (Figura 11). Una red MAN es más grande que una red LAN y más pequeña que una red WAN (Singh, 2019).

Figura 11

Red MAN (Metropolitan Area Network)

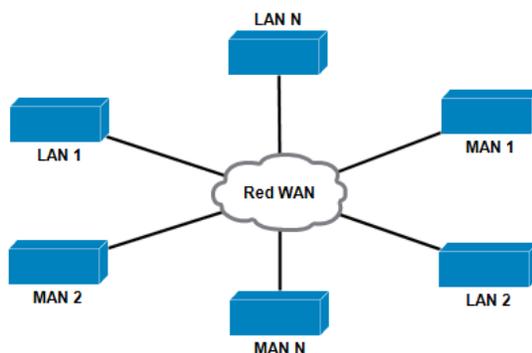


Redes WAN (Wide Area Network)

Las redes de área ampliada o WAN (Wide Area Network) son redes de amplia cobertura que permiten conectar redes LAN y MAN con el objetivo de proporcionar una conectividad de mayor alcance (Figura 12). Las redes WAN pueden conectar países a través de redes de menor capacidad, pero con altas prestaciones. Los proveedores de servicios de Internet (ISPs) utilizan la WAN para brindar conectividad a sus clientes (Estévez, 2020).

Figura 12

Red WAN (Wide Area Network)



La conectividad en el sector empresarial siempre ha estado encaminada a encontrar nuevos protocolos y tipos de red, que permitan ejecutar funciones más avanzadas, con menor complejidad y que potencialicen su productividad, esto debido a la gran cantidad de datos que hoy por hoy se manejan a nivel mundial. Con el fin de cubrir estas necesidades aparece a mediados de los años 90, la red MPLS (MultiProtocol Label Switching), protocolo de red WAN, la cual abrió la posibilidad de tener redes más rápidas, pero a un costo muy alto. Sin embargo, con los avances tecnológicos en las redes y el pasar de los años, las redes MPLS redujeron sus costos y fueron más necesarias para garantizar la fluidez de las telecomunicaciones (Optical Networks S.A.C, 2019). A continuación, se realiza un estudio de las redes MPLS, parte fundamental en el desarrollo del presente trabajo de Titulación.

MultiProtocol Label Switching (MPLS)

Definición

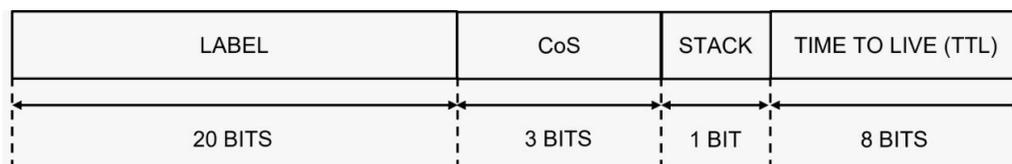
MPLS es una tecnología de red popularizada a mediados de los años 90, la cual utiliza etiquetado de paquetes para reenviarlos a través de la red. Las etiquetas MPLS se anuncian entre los routers de la red, quienes crean un mapeo de etiqueta a etiqueta. Estas etiquetas se adjuntan a los paquetes IP, lo que permite que los routers reenvíen el tráfico mirando la etiqueta y no la dirección IP de destino. A esta función se la conoce como, conmutación de etiquetas en lugar de la tradicional conmutación IP. El hecho de que las etiquetas MPLS se utilicen para reenviar los paquetes y ya no la dirección IP destino ha llevado a la popularidad de MPLS, junto con otros beneficios, como la mejor integración con IP y la popular aplicación de red privada virtual (VPN) MPLS (De Ghein, 2006). MPLS fue diseñada para facilitar varias áreas problemáticas en Internet, incluido el rendimiento del enrutamiento, lo que hizo que los proveedores de servicio de internet (ISPs) la adoptarán como protocolo insigne en sus redes centrales (Gurpreet & Dinesh, 2010).

Etiqueta MPLS

La etiqueta MPLS es un identificador corto de longitud fija (Figura 13) que se utiliza para reenviar los paquetes. MPLS adjunta las etiquetas a los paquetes en el punto de ingreso de a una red MPLS. Dentro de la red, las etiquetas se utilizan para enrutar los paquetes sin tener en cuenta la información del etiquetado IP. Estas etiquetas se pueden estructurar como etiquetas LIFO (Last In, First Out), lo que permite combinar MPLS para el transporte y la distribución. El encabezado MPLS tiene una longitud de 32 bits (Peterkin & Ionescu, 2006). El campo de la etiqueta (label) proporciona la información necesaria para reenviar el paquete y es la base sobre la cual ocurre las operaciones de conmutación MPLS. El campo COS afecta la programación y los algoritmos de descarte aplicados al paquete a medida que se transmite en la red. El bit de pila (Stack) se establece en 1 para la última entrada en la pila de etiquetas y en 0 para todas las demás entradas del stack de etiquetas. Finalmente, el campo TTL se reduce en 1 cada vez que el paquete pasa por un enrutador, siendo descartado cuando el campo TTL llega a cero (Gurpreet & Dinesh, 2010).

Figura 13

Etiqueta MPLS



Nota: Elaborada a partir de (Gurpreet & Dinesh, 2010)

Pila de Etiquetas

Los routers que manejan MPLS pueden necesitar más de una etiqueta, añadida al paquete, para enrutar el mismo a través de la red MPLS. Esto se hace empaquetando las etiquetas sobre una pila. Consta de una etiqueta superior (primera etiqueta) e inferior (última etiqueta), en el medio se puede tener cualquier número de etiquetas (De Ghein, 2006). La Figura 14, muestra la estructura de la pila de etiquetas.

Figura 14*Pila de etiquetas*

Label	CoS	0	TTL
Label	CoS	0	TTL
...			
Label	CoS	1	TTL

Nota: Elaborada a partir de (Gurpreet & Dinesh, 2010)

Arquitectura MPLS

Label Switch Router (LSR).

Un router de conmutación de etiquetas, o LSR por sus siglas en inglés, es un router compatible con MPLS y es capaz de entender las etiquetas MPLS. Este, recibe y transmite un paquete etiquetado en un enlace de datos. Existen tres tipos de LSR en una red MPLS:

- LSR de Ingreso: routers encargados de recibir el paquete que aún no se ha etiquetado, insertan una etiqueta delante del paquete y lo envían por un enlace de datos.
- LSR de Salida: routers que reciben paquetes etiquetados, eliminan las etiquetas y los envían por un enlace de datos. Los routers LSR de entrada y de salida también se los conoce como routers de borde.
- LSR Intermedios: routers que reciben paquetes etiquetados entrantes, realizan una operación sobre él, cambian el paquete y lo envían por el enlace de datos correcto.

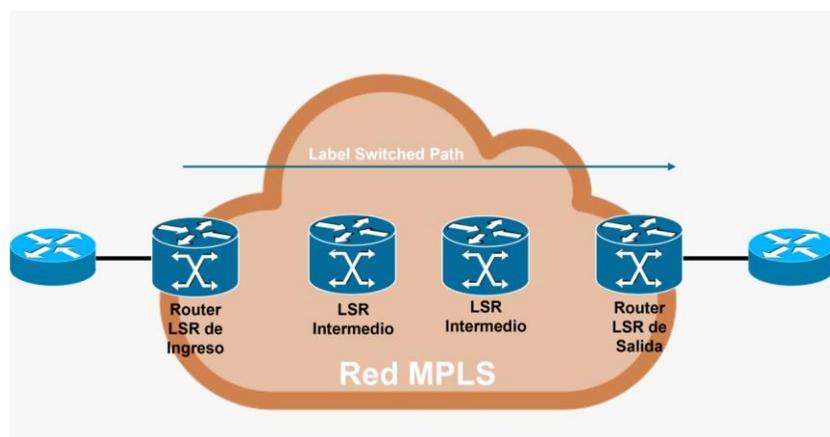
En el caso de MPLS VPN, una aplicación de las redes MPLS, los routers LSR de entrada y salida se denominan routers de borde de proveedores (PE) y los routers LSR intermedios se los conoce como routers de proveedor (P) (De Ghein, 2006).

Label Switched Path (LSP).

Un camino conmutado por etiquetas es una secuencia de routers LSR que conmutan un paquete etiquetado a través de una red MPLS (Figura 15). El primer router LSR de un LSP es el LSR de entrada para ese LSP, mientras que último router LSR del LSP es el LSR de salida. Todos los routers LSR entre los LSR de entrada y salida son los LSR intermedios.

Figura 15

Label Switched Path



Nota: Elaborada a partir de (Gurpreet & Dinesh, 2010)

Label Distribution Protocol (LDP).

El protocolo de distribución de etiquetas es el conjunto de procedimientos y mensajes, mediante los cuales, los routers LSR establecen rutas de conmutación de etiquetas a través de una red, asignando la información de enrutamiento de la capa de red, de forma directa, a las rutas conmutadas de la capa de enlace de datos. LDP define múltiples opciones en el esquema de asignación de etiquetas como, por ejemplo: la estrategia de activación de LSP, el modo de control de distribución de etiquetas y el modo de retención de etiquetas (Ahn & Chun, 2000).

Para cada prefijo IP del Interior Gateway Protocol (IGP) en su tabla de enrutamiento de IP, cada LSR crea un enlace local, es decir, vincula una etiqueta al prefijo IPv4. Luego, el LSR

distribuye este enlace a todos sus vecinos LDP. Estos enlaces recibidos se convierten en enlaces remotos. Luego, los vecinos almacenan estos enlaces remotos y locales en una tabla especial llamada base de información de etiquetas o por sus siglas en inglés tabla LIB (label information base). De todos los enlaces remotos para un prefijo, el LSR necesita elegir solo uno y usarlo para determinar la etiqueta saliente para ese prefijo IP. La tabla de enrutamiento (a veces denominada routing instance base o RIB) determina cuál es el siguiente salto del prefijo IPv4. El LSR elige el enlace remoto recibido del LSR descendente, que es el siguiente salto en la tabla de enrutamiento para ese prefijo. Utiliza esta información para configurar su base de información de reenvío de etiquetas (label forwarding information base LFIB), donde la etiqueta del enlace local sirve como etiqueta entrante y la etiqueta del enlace remoto elegido a través de la tabla de enrutamiento, sirve como etiqueta saliente. Por lo tanto, cuando un LSR recibe un paquete etiquetado, ahora es capaz de intercambiar la etiqueta de entrada que le asignó, con la etiqueta de salida asignada por el LSR de siguiente salto adyacente (De Ghein, 2006).

Operación De La Red MPLS

En general, tal como las redes tradicionales, la red MPLS trabaja en dos planos:

- Plano de Control: es el responsable del intercambio de información de enrutamiento y la distribución de etiquetas entre dispositivos adyacentes. Utiliza protocolos de enrutamiento estándar como, OSPF, IS-IS y BGP para intercambiar información con otros routers. Con esto los routers crean una tabla de reenvío IP o una base de reenvío de etiquetas. En este plano también se ejecuta el protocolo LDP.
- Plano de Datos: es el encargado de reenviar paquetes de acuerdo a la dirección IP o etiqueta de destino utilizando la tabla LFIB administrada por el plano de control. El plano de datos es un motor de reenvío basado en etiquetas simple, es decir, independiente del tipo de protocolo de enrutamiento o protocolo de distribución de etiquetas que se ejecuta en el plano de control (Gurpreet & Dinesh, 2010).

Aplicaciones De La Red MPLS

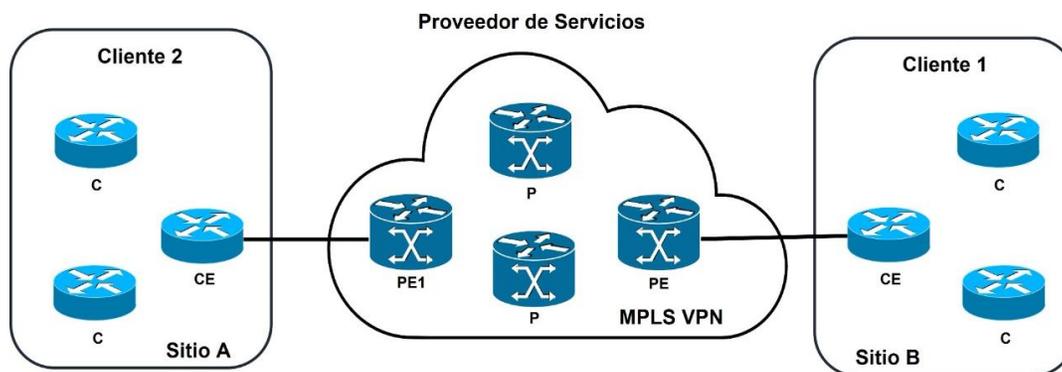
Hasta la llegada de la aplicación MPLS VPN, la red MPLS no era muy popular. No es así que hasta 1999, cuando Cisco lanzó la versión 12.0(5)T del software Cisco IOS la primera versión que contenía soporte para MPLS VPN, que se convirtió en un éxito instantáneo porque muchos proveedores de servicios comenzaron a implementar MPLS VPN de inmediato. Hasta la fecha, la aplicación MPLS VPN sigue siendo la más popular de todas las aplicaciones de la red MPLS (De Ghein, 2006).

MPLS VPN

Es importante familiarizarse con la terminología relacionada con MPLS VPN. La Figura 16 muestra el esquema general de la MPLS VPN. Se debe tomar en cuenta que un proveedor de servicios de internet (ISP) proporciona la infraestructura pública común que utilizan los clientes (De Ghein, 2006).

Figura 16

Esquema general del modelo MPLS VPN



Nota: Elaborada a partir de (Gurpreet & Dinesh, 2010)

El equipo PE (Provider Edge) es el router de borde del proveedor, el cual tiene una conexión directa con el equipo CE (Customer Edge) o router de borde del cliente a nivel de capa 3. Un equipo P (Provider) es un router sin conexión directa a los routers del cliente. En el

modelo MPLS VPN, solo los routers P y PE ejecutan MPLS. Lo que significa que están obligados a distribuir etiquetas entre ellos y reenviar paquetes etiquetados (De Ghein, 2006).

El funcionamiento de una red MPLS VPN se lo explica a continuación. Los clientes intercambian información de enrutamiento por sitio, conectándose al router de borde del proveedor (PE) más cercano. El proveedor utiliza el Multiprotocol Border Gateway Protocol (MP-BGP) para anunciar las rutas y etiquetas VPN asociadas a los clientes a otros routers PE, conectados a otros sitios de clientes dentro de la misma VPN. Las rutas de los clientes, las etiquetas VPN y la dirección IP del router PE se almacenan en los routers PE receptores sobre tablas de enrutamiento y reenvío virtuales o conocidas por sus siglas en inglés VRF (virtual routing and forwarding tables). Este almacenamiento se lo hace por cliente, es por esta razón que el ISP, para brindar el servicio de MPLS VPN, asigna una VRF por cada cliente. Cuando llega un paquete IP del cliente, el PE realiza una búsqueda en la tabla VRF para determinar la red del cliente destino. Esto produce una etiqueta VPN que representa la red del cliente destino y otra etiqueta denominada etiqueta de túnel que representa el LSP que conduce a la salida del router PE remoto (Gurpreet & Dinesh, 2010).

Beneficios de MPLS VPN

- Escalabilidad: la implementación de MPLS VPN bien ejecutada, es capaz de admitir decenas de miles VPNs en la misma red. La MPLS VPN puede crecer de gran manera ya que no requieren la interconexión de entre sitios de extremo a extremo.
- Ingeniería de tráfico: al implementar ingeniería de tráfico en el núcleo, los administradores de red del ISP pueden implementar políticas para garantizar la distribución óptima del tráfico y mejorar la utilización general de la red. MPLS ejecuta la ingeniería de tráfico al permitir que el tráfico se dirija a través de una ruta específica basada en el enrutamiento de menor costo, la utilización del enlace, la latencia, la inestabilidad y otros factores.

Protocolos de enrutamiento

Border Gateway Protocol (BGP)

El enrutamiento de Internet se implementa utilizando un sistema distribuido compuesto por muchos routers, agrupados en dominios administrativos llamados Sistemas Autónomos (AS). La información de enrutamiento se intercambia entre AS mediante mensajes de actualización que origina el BGP (Kent, Lynn, Mikkelson, & Seo, 2000).

BGP es un protocolo de enrutamiento que utilizan los grandes nodos del Internet para compartir y transferir información entre dos puntos de la red. El objetivo del BGP, al momento de comunicarse entre los nodos, es hallar el camino más eficiente para auspiciar una correcta circulación de la información en Internet (Sánchez García, 2017).

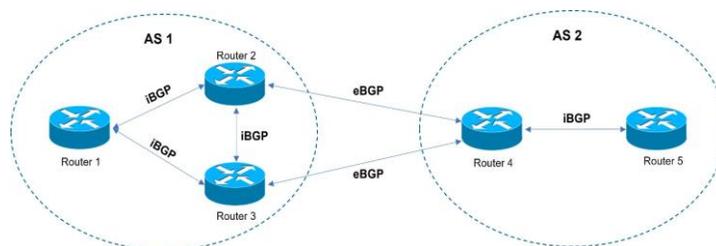
Funcionamiento De BGP.

BGP utiliza el protocolo de transporte TCP, que hace que exista una comunicación confiable entre los distintos hosts que se encuentran dentro de la red BGP. La información que contiene los paquetes del BGP, se encapsulan en paquetes para TCP usando el puerto 179, al mismo tiempo, los paquetes se encapsulan adentro de paquetes IP (Sánchez García, 2017).

Las conexiones internas o sesiones de cada unidad AS son llamadas iBGP; mientras que las conexiones externas son las denominadas eBGP, las cuales, son puertas de enlaces externas que comparten información entre los diferentes sistemas autónomos (AS) como se observa en la Figura 17 (Bagci, 2020).

Figura 17

Funcionamiento de BGP



Nota: Elaborada a partir de (Bagci, 2020)

BGP mira al internet como una colección de AS. Cada AS conecta a otros AS. Los routers que se conectan con su contraparte en los otros AS se denominan routers de frontera. Estos routers de frontera con los vecinos establecen una conexión directa, a través de la cual se establecen sesiones BGP. Pueden existir muchas sesiones BGP en cada enlace, pero (casi) nunca hay sesiones BGP entre router no vecinos (Goodell, y otros, 2003).

Las sesiones BGP se utilizan para intercambiar información de disponibilidad de red. Cada router le dice a su vecino a qué rangos de direcciones (también conocidos como prefijos de direcciones, o simplemente prefijos) sabe enrutar, junto con la información adicional que utiliza para tomar la decisión de si este router se ocupará realmente para enrutar esa parte del espacio de direcciones (Goodell, y otros, 2003).

Open Shortest Path First (OSPF)

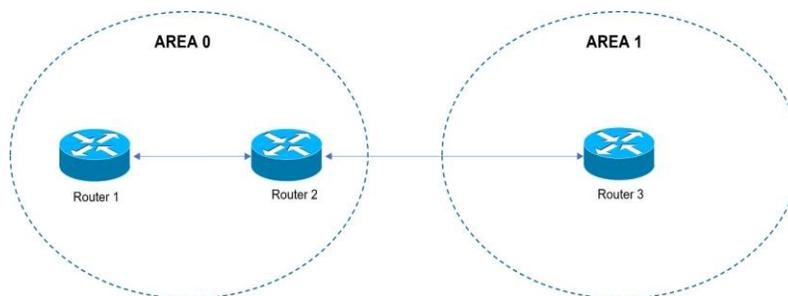
OSPF es clasificado como un Protocolo de Puerta de Enlace Interior (IGP), es decir, distribuye la información de enrutamiento entre routers que pertenecen a un solo Sistema Autónomo (AS). El protocolo OSPF se basa en la tecnología de estado de enlace o ruta más corta primero (SPF) y ha sido diseñado expresamente para el entorno de Internet TCP/IP, incluyendo soporte explícito para subredes IP y el etiquetado de información de enrutamiento derivada externamente (IBM, 2021).

Funcionamiento De OSPF.

El OSPF utiliza la característica de áreas para construir su topología, como se observa en la Figura 18. El área es la disposición lógica del sitio de la red OSPF donde reside. Estos routers no tienen información sobre ningún dispositivo que resida en otras áreas. Todas las áreas están conectadas al área troncal para hacer toda la topología de la red OSPF. Esta característica reduce la base de datos de la tabla de enrutamiento y utiliza el ancho de banda como métrica para calcular el costo del enlace (Manzoor, Hussain, & Mehrban, 2019).

Figura 18

Funcionamiento de OSPF



Nota: Elaborada a partir de (Manzoor, Hussain, & Mehrban, 2019)

Una interfaz de un router que ejecute OSPF anunciará su costo de enlace a sus vecinos OSPF. Este prefijo y la información de costo se conectan en cascada a través de la red a medida que los routers OSPF anuncian la información que reciben de un vecino OSPF a todos los demás routers vecinos (Kevin Wallace Training, LLC, 2019).

Por definición, el Área 0 (0.0.0.0) representa el área central o troncal (backbone) de una red OSPF. Cualquier otra área que se pueda crear (Área 10, Área 20, etc.) debe estar conectada al backbone del Área 0. Si sus áreas no están conectadas como se describe, se debe realizar un procedimiento de solución alternativa, como un vínculo virtual. Las conexiones entre las áreas se mantienen con un enrutador OSPF conocido como enrutador de borde de área (ABR). Un ABR mantiene bases de datos de estado de enlace independientes para cada área a la que sirve y mantiene rutas resumidas para todas las áreas de la red (Kevin Wallace Training, LLC, 2019).

Red “Networking” Actual

A medida que las redes crecen cada vez más en tamaño y las exigencias aumentan de acuerdo a los requisitos del mundo actual, navegar por los dispositivos de red tradicional (switches, routers, access point, etc.) se ha convertido en un desafío. El despliegue, configuración y administración de los dispositivos de red tradicional es manual, lo que conlleva a una mayor complejidad y, demanda de mucho tiempo a las empresas que ejecutan grandes

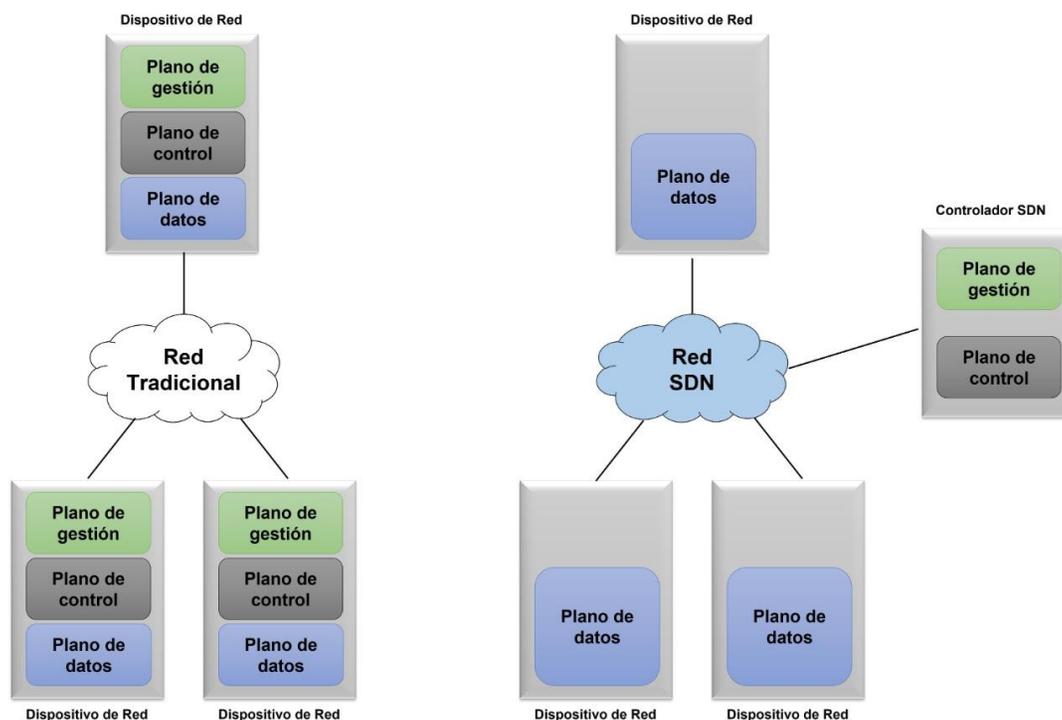
sistemas sobre grandes redes (Haji, y otros, 2021). Las redes tradicionales enfrentan un desafío constante en términos de flexibilidad. Las redes tradicionales a menudo funcionan de manera efectiva con software de aprovisionamiento patentado; sin embargo, este software no se puede cambiar o ajustar a un requerimiento específico tan rápido como sea necesario (SIGMA IT, 2021). Todos estos desafíos a los que se enfrentan las redes tradicionales, llevaron a la evolución de las mismas y es así que nace la SDN (Software Defined Network) o Red Definida por Software.

Red Definida Por Software (SDN – Software Defined Networking)

Las redes definidas por software (SDN) han surgido como un nuevo paradigma en las redes, el cual desacopla el plano de control (gestión) del plano de datos de la red. En las redes basadas en el paradigma SDN, que comúnmente se conocen como redes SDN, el controlador distribuye las reglas de reenvío a los dispositivos de toda la red, para manejar el forwarding de paquetes de datos de los usuarios. El control de los routers/switches generalmente se implementa en un dispositivo central que se denomina controlador (Amin, Reisslein, & Shah, 2018). Las redes SDN permiten a los operadores de red configurar, rastrear, cambiar y controlar la operación de la red mediante programación a través de interfaces abiertas como el protocolo OpenFlow. Las redes SDN transforman la operación, gestión, y configuración de la infraestructura de red, esto gracias a que concentra la inteligencia de la red en un solo componente (plano de control), que gobierna el reenvío de paquetes (plano de datos) (Haji, y otros, 2021). La Figura 19, muestra los paradigmas que rigen a las redes tradicionales y redes SDN.

Figura 19

Paradigma de redes tradicionales y redes SDN



Las ventajas de SDN en varios escenarios (por ejemplo, las empresas, los centros de datos, etc.) y en varias redes troncales ya se han demostrado, prueba de ello se tiene a Google B4, una red basada en SDN que conecta los centros de datos de Google entre sí a nivel mundial (Mandal, 2015). Entre las ventajas únicas de B4 están: requisito de ancho de banda masivo implementados en un número modesto de sitios, tráfico bajo demanda que busca maximizar el ancho de banda promedio y control sobre los servidores perimetrales y la red, lo que permite limitar la velocidad y medir la demanda en el perímetro. De esta manera las redes SDN buscan que los enlaces lleguen a un porcentaje de utilización del 100%, al mismo tiempo que divide los flujos de aplicaciones entre varias rutas para equilibrar la capacidad con la prioridad / demanda de las aplicaciones (Jain, y otros, 2013). A continuación, la Tabla 2 muestra algunas de las diferencias más representativas de las redes tradicionales vs las redes SDN.

Tabla 2*Comparación de Redes Tradicionales vs Redes SDN*

Redes Tradicionales	Redes SDN
Son redes estáticas e inflexibles. No son tan útiles para los nuevos modelos que demandan las empresas. Poseen poca agilidad y flexibilidad.	Son redes programables durante el tiempo de implementación, así como en una etapa posterior en función del cambio en los requisitos.
Redes basadas en Hardware.	Redes que se pueden configurar mediante software abierto.
Tienen un plano de control distribuido.	Tienen un plano de control lógicamente centralizado.
Trabajan usando protocolos.	Trabajan con APIs para configurar la red según la necesidad,

Software Defined WAN SD-WAN

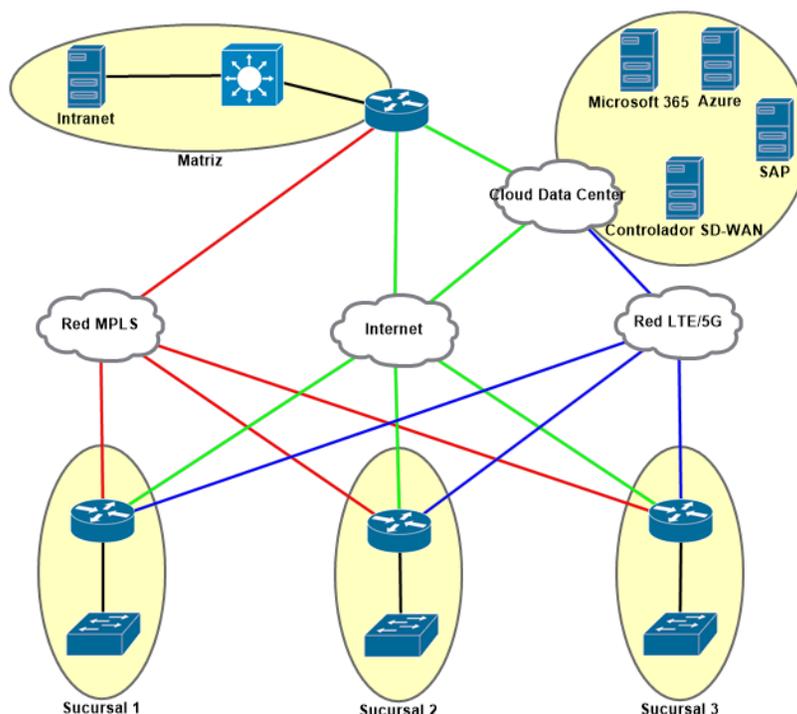
La nueva tecnología en redes corporativas es la solución WAN definida por software o comúnmente conocida (por sus siglas en inglés), como SD-WAN. Ésta, llega como una solución de conectividad para dar soporte a todas las nuevas tendencias tecnológicas, como por ejemplo la computación en la nube, BYOD (Bring Your Own Device), Internet de las Cosas (IoT), entre otras. SD-WAN se origina a partir del Software Defines Network (SDN), cuyo objetivo principal es la separación de los planos de datos y control para una administración y aprovisionamiento mucho más ágiles, centralizando el plano de control.

La solución SD-WAN se puede definir como una tecnología que optimiza las operaciones sobre la WAN con administración y automatización basadas en la nube y se enfoca en la redistribución del tráfico a través de la WAN (por diferentes medios), seleccionando la mejor ruta posible. SD-WAN se caracteriza por la administración y seguridad

granular, red ágil, mejor velocidad, bajo costo operativo, mayor User Experience (UX), etc. (Rajagopalan, 2020). La Figura 20, muestra un esquema general de la arquitectura de una red con una solución SD-WAN.

Figura 20

Modelo de arquitectura de una red SD-WAN



SD-WAN posibilita el uso de diferentes conexiones que una compañía pueda contratar, entre ellas: canales privados sobre redes MPLS, internet (tipo home, corporativo, satelital, etc.), conexiones sobre redes celulares móviles 4G LTE o 5G, entre otras. A estas conexiones se las conoce como el underlay. Mediante una superposición de red virtual (overlay), SD-WAN clasifica y prioriza cómo circula cada aplicación a través de la red en función de la prioridad empresarial, basado en parámetros como: la calidad de servicio (QoS), los acuerdos de niveles de servicio (SLA) y los requisitos de seguridad (Asif & Ghanen, 2021). Gracias a su clasificación y priorización del tráfico de aplicaciones, nace una nueva ventaja que permite la

utilización de conexiones hacia internet de forma directa, apalancando la conectividad de aplicaciones basadas en la nube. Esta ventaja se la conoce como Direct Internet Access (DIA).

Según proyecciones de Gartner, para el 2024, en busca de mejorar la agilidad y el soporte para aplicaciones en la nube, el 60% de las empresas tendrán implementado SD-WAN, en comparación con menos del 20% en el 2019 (DELL Technologies, 2020).

Direct Internet Access – DIA

SD-WAN optimiza la confiabilidad y mejora la agilidad de las sucursales empresariales simplificando la capacidad de administración y proporcionando un acceso directo a internet (DIA) seguro y robusto. A través del DIA, un componente de la arquitectura SD-WAN, las empresas ahora tienen la versatilidad de usar conexiones a internet de banda ancha públicas (por ejemplo: internet home) para enviar tráfico destinado a la nube, directamente desde la sucursal sin tener que enrutar a través del centro de datos (matriz) de la empresa (Cisco, 2019).

DIA se implementa sobre sitios o sucursales remotas para permitir que cierto tráfico vinculado a internet o tráfico de aplicaciones basadas en la nube de la sucursal se enrute, de forma directa, hacia el internet en lugar de canalizar este tráfico a un sitio central. Además, tiene como objetivo reducir el consumo de ancho de banda de la conexión WAN (enlace de datos), proporcionando una mejor experiencia de usuario al permitir un acceso directo y seguro a internet en cada sitio remoto (CISCO, 2020). Entre algunos beneficios de la solución DIA, se tienen:

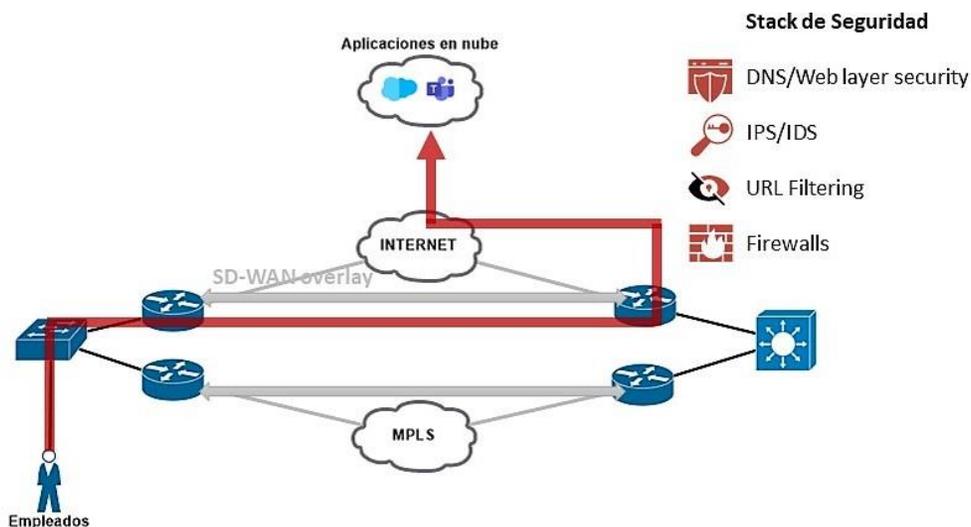
- Reducción del consumo de ancho de banda, la latencia y el ahorro de costos en los enlaces WAN al derivar el tráfico de internet del circuito WAN.
- Mejorar la experiencia de usuario de los sitios remotos al proporcionar acceso directo al internet (DIA) seguro, para los empleados.

A continuación, se muestran las arquitecturas tradicionales y la arquitectura DIA con SD-WAN en la Figura 21 y Figura 22, respectivamente. Se puede evidenciar, en la arquitectura

tradicional, como el tráfico de aplicativos basados en nube, viaja hasta el nodo central de la empresa, restando ancho de banda en el circuito WAN y aumentando latencia a aplicativos que realmente necesitan este canal.

Figura 21

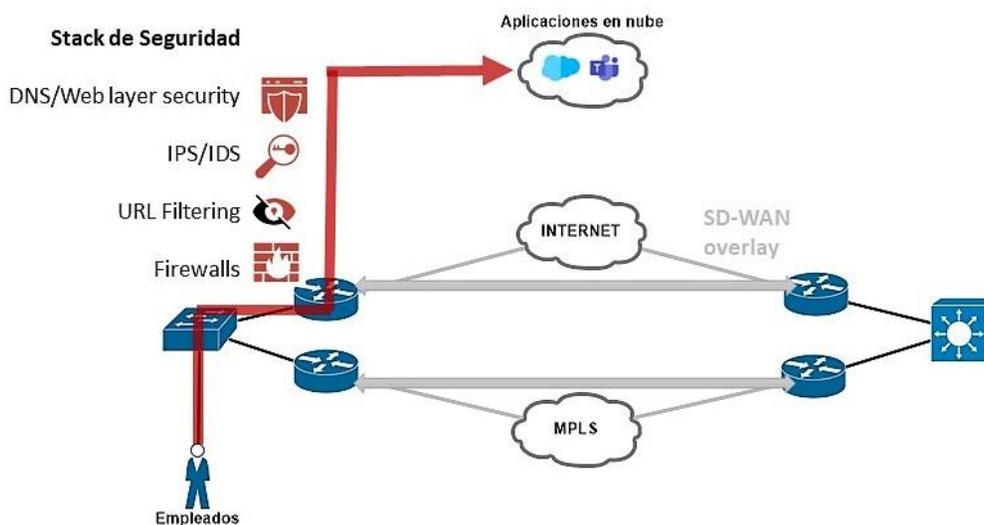
Arquitectura tradicional del tráfico de internet a través de un centro de datos



La Figura, muestra la arquitectura de red aplicando Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN. Se libera el canal WAN y los aplicativos viajan directo a los diferentes CSPs.

Figura 22

Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN



El Marco Val IT

Val IT es un marco de gobierno basado en COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology) y desarrollado por el ITGI (IT Governance Institute). Proporciona las mejores prácticas para medir, monitorear y maximizar el retorno de la inversión en TI. Val IT es un complemento de COBIT desde el punto de vista del negocio, en una perspectiva financiera, y es una ayuda para aquellos interesados en analizar la entrega de valor que proviene de TI (Lombardi, Del Giudice, Caputo, Evangelista, & Russo, 2016).

Val IT se enfoca en la toma de decisiones con respecto a las inversiones de TI (¿estamos haciendo lo correcto?) y la cristalización de beneficios (¿estamos obteniendo beneficios?). Su principal objetivo es ayudar a la gerencia a certificar que las empresas logren un valor óptimo, a partir de las inversiones destinadas a TI, es decir, que se obtengan costes económicos con un nivel aceptable de riesgo. Val IT es un marco que brinda guías procesos y prácticas de soporte, para ayudar a la dirección ejecutiva a entender y ejecutar sus roles relacionados con dichas inversiones (IT Governance Institute, 2019).

Principios De Val IT

Los principios de Val IT son los siguientes:

- Las inversiones de TI se administrarán como cartera de inversiones.
- Las inversiones de TI comprenderán el pleno alcance de actividades necesarias para alcanzar el valor de negocio.
- Las inversiones de TI se gestionarán, de forma completa, a lo largo de su ciclo de vida económico.
- En la entrega de valor se reconocerá que existen distintas categorías de inversión cuya evaluación y administración será diferente.
- En la entrega de valor se acordarán y monitorizarán las métricas clave y se actuará, de forma rápida, a cualquier desviación.

- La entrega de valor debe asignar la responsabilidad correspondiente para la entrega de habilidades y capacidades y la ejecución de beneficios del negocio.
- Se realizará un monitoreo, evaluación y mejora continua con respecto a la entrega de valor posibilitada por la inversión de TI.

Procesos De Val IT

Para lograr rentabilidad de las inversiones de TI, los interesados (stakeholders) deberán aplicar los principios de Val IT a los siguientes procesos (IT Governance Institute, 2019):

- Gobierno de valor: tiene como objetivo mejorar el valor obtenido de las inversiones de TI.
- Gestión de cartera: tiene como objetivo asegurar que la cartera de inversiones de TI de una empresa, esté alineada con los objetivos estratégico y contribuyendo valor a los mismos,
- Gestión de inversiones: tiene como objetivo asegurar que los programas de inversiones de TI entreguen valor a un costo económico y con un buen nivel aceptable de riesgo.

Caso de Negocio con Val IT

El caso de negocio, propuesto como modelo por Val IT, es una herramienta valiosa para los directores de TI que los guiará a la creación de valor del negocio. El desarrollo del caso de negocio comprende de ocho pasos (IT Governance Institute, 2019):

- Paso 1: Elaboración de una hoja de datos con toda la información relevante.
- Paso 2: Realización de un análisis de alienación.
- Paso 3: Ejecución de un análisis de beneficios financieros.
- Paso 4: Realización de un análisis de beneficios no financieros.
- Paso 5: Elaboración de un análisis de riesgos.
- Paso 6: Evaluación y optimización del riesgo / rendimiento.
- Paso 7: Realización del registro de resultados de los pasos anteriores.

- Paso 8: Revisión del caso de negocio mientras se ejecute el programa, cubriendo todo el ciclo de vida.

Estado Del Arte

En función del proyecto a desarrollar, se encuentra una gran variedad de trabajos relacionados al enfoque de la solución SD-WAN, tanto en el campo de comparativas con soluciones tradicionales y despliegue de la misma. Además, se encuentran trabajos relacionados con la implementación del Direct Internet Access (DIA). Lo que es fundamental para el desarrollo de la evaluación propuesta.

Para obtener información sobre trabajos relacionados al proyecto planteado, se inicia con la realización de una búsqueda global en la base de datos de Google Académico, tomando como referente el siguiente enunciado: "Direct Internet Access (DIA) with SD-WAN". Con esta búsqueda se obtiene 48000 resultados de los cuales se filtran de acuerdo a parámetros como:

- Nivel de asertividad del resumen del artículo con respecto al tema,
- Año de la publicación, contemplado entre el 2017 hasta la fecha,
- Idiomas de redacción del artículo, español, inglés y portugués.

Con este filtro se obtiene un total de 304 artículos que cumplen con las características deseadas para la obtención de información. Se debe tomar en cuenta que, las palabras claves utilizadas para realizar las búsquedas son: SD-WAN, Direct Internet Access, Implementación, Costos, Tecnologías de la Información.

El análisis de artículos se lo categoriza por las siguientes bases de datos de búsqueda: Google Académico, Springer e IEEE Xplorer:

Base De Datos Google Académico

La ecuación de búsqueda que se utilizó es: Direct Internet Access with SD-WAN AND Desde 2017 AND Ordenar por relevancia.

Resultados: Se obtuvieron 17300 documentos, 27 artículos.

Para la revisión de los artículos se aplica un filtro de frase exacta y se revisan documentos a partir del 2017 en adelante. De los 27 artículos se seleccionan 5, mismos que se alienan con el cumplimiento del despliegue del Direct Internet Access con base en el SD-WAN. En estos artículos se detallan las consideraciones de diseño, así como también modelos de migraciones exitosas. A continuación, se presentan los artículos seleccionados.

1. *Sollars, M. (2018). Love and marriage: why security and SD-WAN need to go together. Network Security, 2018(10), 10-12.*

Resultados: El aumento de la computación en la nube y el teletrabajo han hecho que se demande una gran cantidad de ancho de banda sobre las redes WAN. La firma de analistas Forrester predice que el mercado de la nube pública crecerá a \$236 mil millones en 2020, aumentando un 23% en seis años. Como solución a esta particular, se presenta a la WAN definida por software (SD-WAN), la cual, es una tecnología que permite a las organizaciones centralizar el control o dirigir de manera inteligente su tráfico WAN. La capacidad de SD-WAN para enrutar datos a través de rutas específicas significa que puede convertirlo en un valioso activo de seguridad para su red. Las organizaciones pueden utilizar líneas privadas para enrutar el tráfico sensible y conexiones públicas de Internet, más económicas, para el tráfico no sensible. Puede ayudar a proteger la WAN y reducir las posibilidades de que se acceda al tráfico por motivos maliciosos, con mayor énfasis en las líneas más apropiadas.

2. *Awasthi, A. (2020). SDWAN (Software Defined-WAN) Technology Evaluation and Implementation. Global Journal of Computer Science and Technology.*

Resultados: La implementación del SD-WAN tiene cuatro fases donde se evalúan los siguientes hitos por fase:

Fase 1: Diseño del SD-WAN

- Identificar lo que SD-WAN tiene para ofrecer.
- Investigar los proveedores de SD-WAN.
- Concretar con un proveedor de SD-WAN.

- Realizar una Prueba de Concepto (PoC) con el proveedor seleccionado.

Fase 2: Inicio de la implementación

- Implementar la solución en un sitio determinado previamente y evaluar resultados.
- Implementar la solución en cinco sitios.

Fase 3: Desarrollo

- Implementar la solución final en el resto de sitios de la empresa.
- Revisar los resultados con el equipo de Operación y Mantenimiento.
- Preparar el entrenamiento (capacitación) y la documentación.

Fase 4: Cierre del proyecto

- Dirigir el entrenamiento y las capacitaciones para el equipo de Operación y Mantenimiento.
- Paso de información de la solución instalada al equipo de operaciones.
- Actualizar las integraciones del SD-WAN con alguna herramienta de gestión de incidentes.
- Preparar la documentación de cierre del proyecto.

3. *Luciani, C. (2019). From MPLS to SD-WAN: Opportunities, Limitations and Best Practices.*

Resultados: Esta investigación trata sobre redes de área ampliada definidas por software (SD-WAN). Presenta las variaciones disponibles en el mercado y lo contrasta con una típica red MPLS, en base a criterios como calidad de servicio, capacidades de agregación de enlaces y precio. Se realizan prácticas de laboratorios para comparar el rendimiento de una red tradicional y una red con SD-WAN. Se comparan cuatro soluciones de SD-WAN según las especificaciones del proveedor y se detalla la mejor practica para la elección del diseño y para el proceso de migración. Como hallazgos de esta investigación se tiene que el desempeño de

la red ya no es satisfactorio debido a la presencia global de las empresas y su alto uso de la nube e internet. Las empresas se beneficiarán enormemente con un cambio a SD-WAN.

4. Wang, D. W. (2018). *Software Defined-WAN for the Digital Age: A Bold Transition to Next Generation Networking*. CRC Press.

Resultados: SD-WAN es un enfoque de red avanzado que crea redes híbridas para integrar servicios de banda ancha u otros servicios de red en la WAN corporativa, no solo manejando cargas de trabajo y tráfico comerciales generales, sino que también es capaz de mantener el rendimiento y la seguridad en tiempo real. Este libro postula que la WAN definida por software (SD-WAN) es la respuesta a preguntas como ¿qué cambios se pueden realizar en el sector de las redes? ¿Qué innovaciones pueden hacer que la WAN, que juega una parte vital en la integración con el ecosistema de la nube, sea más rentable, con un rendimiento sólido, un aprovisionamiento eficiente y una operación inteligente?

5. Drake, J., Najem, B., Barnerjee, A., & Carrel, D. (2020). *Network Working Group L. Dunbar Internet Draft J. Guichard Intended status: Informational Futurewei Expires: May 2, 2021 Ali Sajassi Cisco*.

Resultados: El documento de investigación describe tres escenarios SD-WAN distintos y analiza la aplicabilidad del protocolo BGP para cada uno de esos escenarios. El objetivo de esta investigación fue demostrar cómo se utiliza el plano de control basado en BGP para redes superpuestas (overlay) SD-WAN a gran escala con poca intervención manual. Los nodos de borde de SD-WAN están comúnmente interconectados por múltiples redes subyacentes que pueden ser administradas por diferentes proveedores de red. Como SD-WAN es una red superpuesta que abarca varios tipos de redes, MPLS L2VPN / L3VPN o la capa subyacente L2 pura pueden continuar usando VRF, VN-ID o VLAN para diferenciar las segmentaciones de la red SD-WAN. Para Internet público, el encabezado de encapsulación interno IPsec puede llevar el identificador de instancia SD-WAN para diferenciar los paquetes que pertenecen a diferentes instancias SD-WAN.

Conclusión.

La literatura basada en los artículos encontrados en la base de datos de Google Académico, proporciona un panorama general con respecto a la conceptualización de SD-WAN. Muestra las diferentes aristas que involucra un cambio de tecnología WAN tradicional hacia el SD-WAN, así como también destaca una metodología para una implementación exitosa. Esta literatura aporta con la investigación en la comprensión de la solución SD-WAN global y permite establecer metodologías para la implementación.

Base de Datos Springer

La ecuación de búsqueda que se utilizó es: Direct Internet Access AND SD-WAN

Resultados: Se obtuvieron 10 artículos.

Se realiza la revisión de los 10 artículos y de acuerdo con el criterio de búsqueda implementado se obtuvo 1 artículo, mismo que se alinea con la implementación de DIA con SD-WAN.

1. Rangan, R.K. Trends in SD-WAN and SDN. CSIT 8, 21–27 (2020).

<https://doi.org/10.1007/s40012-020-00277-5>

Resultados: La investigación realiza un análisis de la situación actual en cuanto al uso de aplicaciones en la nube y como estas influyen en el ancho de banda de la red tradicional empresarial. El centro de datos no era más que la instalación de los servidores que alojaban esas aplicaciones, que residían predominantemente dentro de las empresas. Era más fácil para las personas acceder a esas aplicaciones desde esas sucursales. Se conectaban a Internet solo cuando era necesario. Pero hoy, con el estallido de aplicaciones basadas en nube, ya no se limitan a los centros de datos privados. Hay muchas aplicaciones que se alojan como modelo SaaS (software como servicio). Las plataformas Microsoft Office 365 y Google Cloud son ejemplos del modelo SaaS. El modelo IaaS (Infraestructura como servicio) es ofrecido por proveedores como Amazon y Google. Como resultado, las aplicaciones en la nube privada se han movido a la nube pública, ya sea en forma SaaS o en forma IaaS. En el lado de

los usuarios se accedía predominantemente a la aplicación desde el campus o las sucursales. Hoy en día, con el aumento de la complejidad, los usuarios son móviles. Los usuarios quieren acceder a las aplicaciones utilizando cualquier dispositivo como teléfonos inteligentes y tabletas. Por lo tanto, exige un aumento de la seguridad para acceder a esas aplicaciones, de modo que las personas adecuadas tengan acceso a las aplicaciones adecuadas. Esto requiere de una conectividad inteligente ya que el acceso a estas aplicaciones se vuelve crítico. Para encontrar la razón para usar SD-WAN, algunos de los valores comerciales que están siendo pronosticados por algunos de los analistas de la industria como Gartner: El costo de las operaciones de SD-WAN es más bajo que el de la WAN tradicional. La principal razón es la siguiente. En la WAN tradicional, la gente tenía que configurar los dispositivos, caja por caja de forma manual. Pero, en SDWAN, la superposición se realiza en la que una plataforma de administración común define la política una vez y se transfiere a todos los dispositivos.

Conclusión.

La literatura basada en el artículo encontrado en la base de datos Springer, expone las necesidades que obligan a un cambio de tecnología WAN tradicional. Las exigencias del mundo actual y la aparición de la computación en la nube saturan a las conexiones WAN, las cuales son estáticas y no se acoplan a estos modelos en temas de la conectividad. Es por esta razón que, SD-WAN llega a solventar estas nuevas exigencias y apalanca el desarrollo de las mismas. Esta literatura aporta con el trabajo de titulación en la definición de campos de acción donde aplica la solución SD-WAN con DIA.

Base De Datos IEEE Xplorer

La ecuación de búsqueda que se utilizó es: ("ALL METADATA":implementation) AND ("ALL METADATA":SD-WAN)

Resultados: Se obtuvieron 10 artículos.

Se realiza la revisión de los 10 artículos y de acuerdo con el criterio de búsqueda implementado se obtuvo 1 artículo seleccionado, el mismo que se alinea con la implementación de SD-WAN y toca brevemente el tema del Direct Internet Access (DIA).

1. R. Asif and K. Ghanem, "AI Secured SD-WAN Architecture as a Latency Critical IoT Enabler for 5G and Beyond Communications," 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/CCNC49032.2021.9369477.

Resultados: La red de área amplia definida por software (SD-WAN) es una transformación elemental en la forma en que los arquitectos de redes y los proveedores de servicios trasladan su enfoque del hardware al paradigma orientado al software. Mediante una superposición de red virtual, SD-WAN clasifica y prioriza cómo pasa cada aplicación a través de la red en función de la prioridad empresarial, la calidad de servicio (QoS), los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y los requisitos de seguridad. Esta arquitectura permitirá una transición perfecta para el sector empresarial hacia una conectividad 5G completa, mediante la gestión de los datos disponibles en el borde, aprovechando el transporte 5G para aquellas aplicaciones críticas que requieren una latencia muy baja y anchos de banda más altos.

Conclusión.

La literatura basada en el artículo encontrado en la base de datos IEEE Xplorer, proporciona algunas características que destacan a la solución SD-WAN y predice que será una de las soluciones empresariales más demandadas, debido a su arquitectura dinámica que permite acoplarse a los desafíos que impone el mundo de las TICs. Esta literatura aporta con el diseño de la arquitectura de la red SD-WAN con DIA.

Discusión Final

Esta revisión del estado del arte proporciona los lineamientos base de la solución SD-WAN. Dentro de estos lineamientos se encuentra el concepto, el campo de acción, la metodología para la implementación y los beneficios de esta solución. Esto es clave a la hora

de desarrollar la investigación planteada, ya que permite dar el punto de partida para configurar y demostrar el funcionamiento de Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN.

Capítulo III

Análisis De La Evaluación Técnica Para La Implantación De La Solución DIA

Para el estudio de la evaluación técnica, se realizan dos simulaciones. La primera simulación está basada en las redes de datos tradicionales que actualmente están implementadas en casi todas las empresas ecuatorianas. Ésta, consta de una arquitectura de red matriz – sucursales con salida a la internet centralizada. Se fundamenta bajo una topología de tipo híbrida: full mesh y hub and spoke, bajo una red WAN con backbone MPLS VPN. En la primera simulación se usa el emulador GNS3. La segunda simulación se la realiza en el software Dcloud y muestra el funcionamiento de una red inteligente basada en el diseño SDN. La topología es híbrida: full mesh y hub and spoke y su arquitectura es de tipo matriz – sucursales con salida a la internet centralizada y localizada (internet en cada una de las sucursales). A esta red se le añade la tecnología SD-WAN y se configura DIA.

Simulación De Una Red Tradicional Con MPLS VPN

Objetivo

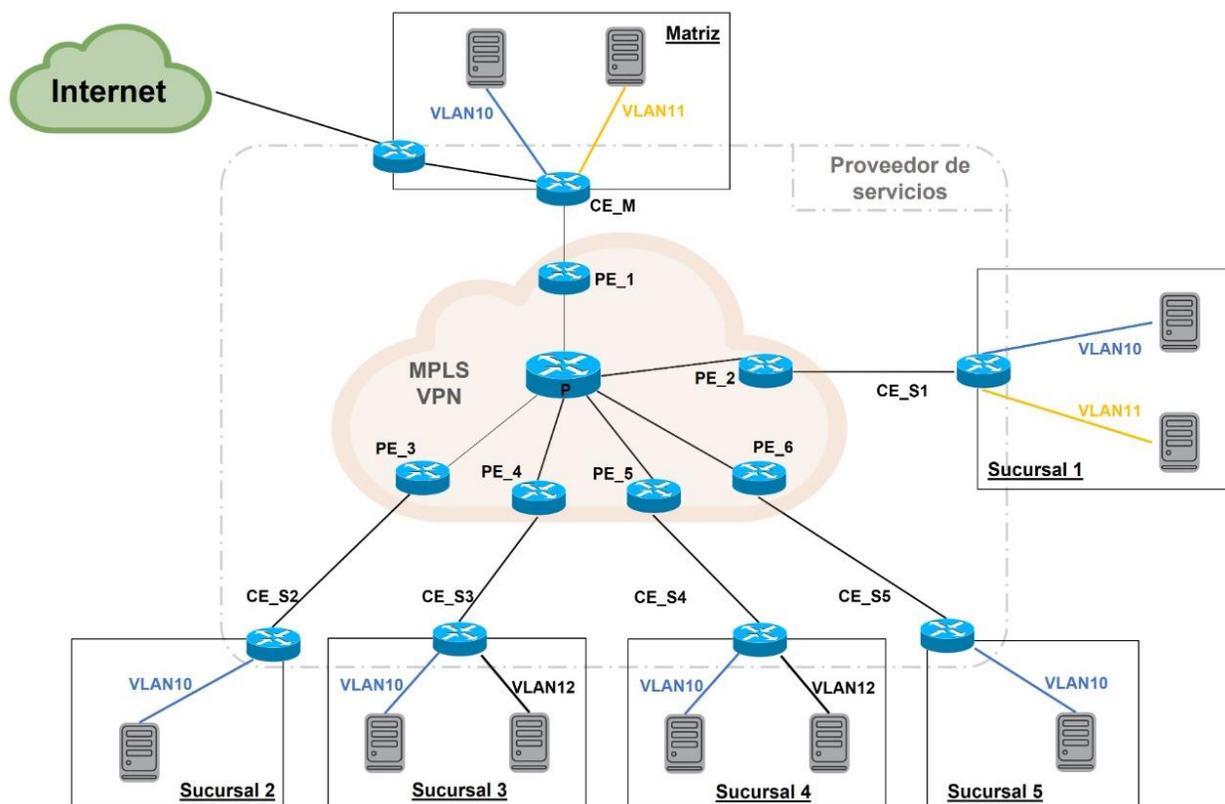
Demostrar el funcionamiento de una red empresarial tradicional, considerando que la navegación hacia el internet desde las sucursales, se realiza a través de la matriz y que las subredes internas de la empresa mantengan conectividad entre sucursales y matriz.

Arquitectura y Diseño Lógico

La Figura 23, muestra la arquitectura de red utilizada para ejecutar la simulación de la red tradicional basada en un diseño backbone MPLS VPN.

Figura 23

Arquitectura de red de datos empresarial tradicional con backbone MPLS VPN



La red empresarial a simular cuenta con una arquitectura de 6 sitios, distribuidos en 1 matriz y 5 sucursales. Hay que tomar en cuenta que esta arquitectura se compone de dos partes, el diseño y direccionamiento lógico de la empresa (cliente que contrata servicios de conectividad); y, el diseño y direccionamiento lógico del proveedor de servicio de MPLS VPN (quien comercializa servicios de conectividad).

Por el lado de la empresa, cuenta con un diseño lógico de red dividida en tres subredes LAN virtuales (VLAN): VLAN 10, 11 y 12. A continuación, la Tabla 3, muestra la distribución de VLANs que estarán presentes en todo el segmento empresa.

Tabla 3*Distribución de VLAN de la empresa.*

Número de VLAN	Nombre de la VLAN
10	Corporativa
11	IoT
12	Invitados

La Tabla 4, muestra el direccionamiento IP de las subredes que se manejaron en cada uno de los sitios (matriz y sucursales).

Tabla 4*Direccionamiento IP de la empresa*

Sede	VLAN	Direccionamiento de Red /
		Máscara de subred
Matriz	10	172.20.0.0/26
	11	172.20.0.192/26
Sucursal 1	10	172.20.0.64/26
	11	172.20.1.160/27
Sucursal 2	10	172.20.0.128/26
Sucursal 3	10	172.20.1.0/26
	12	172.20.2.48/28
Sucursal 4	10	172.20.1.64/26
	12	172.20.2.64/28
Sucursal 5	10	172.20.1.192/27

Con respecto al proveedor de servicios MPLS VPN, quien brinda la conectividad a la matriz y sucursales; y, es dueño de los equipos CE (Customer Edge), PE (Provider Edge) y P (Provider Core), así como de sus conexiones, configuraciones y mantenimiento, se aplica el direccionamiento IP descrito en la Tabla 5.

Tabla 5

Direccionamiento IP del proveedor de servicios MPLS VPN

Enlace	Dirección de subred / Máscara de subred	Equipo de ISP	Dirección IP
CE_M – PE_1	2.2.2.120/30	CE_M	2.2.2.121/30
		PE_1	2.2.2.122/30
PE_1 – P	2.2.2.124/30	PE_1	2.2.2.125/30
		P	2.2.2.126/30
CE_S1 – PE_2	2.2.2.128/30	CE_S1	2.2.2.129/30
		PE_2	2.2.2.130/30
PE_2 – P	2.2.2.132/30	PE_2	2.2.2.133/30
		P	2.2.2.134/30
CE_S2 – PE_3	2.2.2.136/30	CE_S2	2.2.2.137/30
		PE_3	2.2.2.138/30
PE_3 – P	2.2.2.140/30	PE_3	2.2.2.141/30
		P	2.2.2.142/30
CE_S3 – PE_4	2.2.2.144/30	CE_S3	2.2.2.145/30
		PE_4	2.2.2.146/30
PE_4 – P	2.2.2.148/30	PE_4	2.2.2.149/30
		P	2.2.2.150/30
CE_4 – PE_5	2.2.2.152/30	CE_4	2.2.2.153/30

		PE_5	2.2.2.154/30
PE_5 – P	2.2.2.156/30	PE_5	2.2.2.157/30
		P	2.2.2.158/30
CE_S5 – PE_6	2.2.2.160/30	CE_S5	2.2.2.161/30
		PE_6	2.2.2.162/30
PE_6 – P	2.2.2.164/30	PE_6	2.2.2.165/30
		P	2.2.2.166/30
Router ISP – Internet	192.168.100.0/24	Router ISP	192.168.100.31/24
		Internet	192.168.100.1/24
CE_M – Router	10.10.10.0/30	CE_M	10.10.10.2/30
ISP		Router ISP	10.10.10.1/30

Para el levantamiento de los túneles VPN entre matriz y sucursales, el direccionamiento IP se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6

Direccionamiento IP de los túneles VPN sobre MPLS.

Túnel	Dirección de subred / Máscara de subred	Sitio	Dirección IP del sitio	Límites del túnel Source IP Destination IP
Matriz – Sucursal 1	172.20.2.136/30	Matriz	172.20.2.137/30	2.2.2.121/30
		Sucursal 1	172.20.2.138/30	2.2.2.129/30
Matriz – Sucursal 2	172.20.2.140/30	Matriz	172.20.2.141/30	2.2.2.121/30
		Sucursal 2	172.20.2.142/30	2.2.2.137/30
Matriz – Sucursal 3	172.20.2.144/30	Matriz	172.20.2.145/30	2.2.2.121/30

		Sucursal 3	172.20.2.146/30	2.2.2.145/30
		Matriz	172.20.2.149/30	2.2.2.121/30
Matriz – Sucursal 4	172.20.2.148/30	Sucursal 4	172.20.2.150/30	2.2.2.153/30
		Matriz	172.20.2.153/30	2.2.2.121/30
Matriz – Sucursal 5	172.20.2.152/30	Sucursal 5	172.20.2.154/30	2.2.2.161/30

En la simulación del escenario de red tradicional MPLS VPN, se usaron equipos router marca Cisco con imagen (sistema operativo) del tipo i86bi-linux-l3-adventerprisek9-15.4.1T.bin.

Recursos

Para la ejecución de esta simulación se utiliza el software emulador GNS3, el cual permite configurar, probar y solucionar problemas de redes de datos virtuales y reales. GNS3 es un software gratuito y de código abierto. Junto con GNS3 se instala una máquina virtual (VM) con el software Virtual Box, que realiza la tarea de servidor de equipos y sistemas operativos cisco IOS. Esto se realiza debido a que la página oficial de GNS3 recomienda usarlo así para obtener mejores resultados y armar topologías de red mucho más grandes. GNS3 se levanta en un computador marca Lenovo modelo IdeaPad S340-14IIL con procesador Intel (R) Core (TM) i7-1065G7 CPU @ 1.30GHz 1.50 GHz y memoria RAM instalada de 20,0 GB (19,8 GB usable). A continuación, la Tabla 7, muestra los recursos utilizados para la simulación de red tradicional.

Tabla 7

Recursos usados para la simulación de red tradicional

Recursos	Tipo de recurso
Computador Lenovo IdeaPad S340-14IIL con procesador Intel (R) Core (TM) i7-1065G7 CPU @ 1.30GHz 1.50 GHz y	Hardware

memoria RAM instalada de 20,0 GB (19,8

GB usable).

GNS3 1.2.1 Under GPL v3 license

Software

Oracle VM VirtualBox 6.1

Software

GNS3 IOU VM con sistema operativo

Software

Debian (32-bit), memoria RAM de 2 GB

Funcionalidad

La simulación de la red tradicional con MPLS VPN se realiza en base a una arquitectura de red matriz – sucursales con una salida a la internet centralizada. Todas las sucursales se conectan a la matriz a través de servicios de datos, los cuales son transportados por la red backbone MPLS VPN, formando una topología híbrida, compuesta por: full mesh, es decir, que todas las sucursales se comunican entre sí, inclusive con la matriz; y, hub and spoke, es decir, que la comunicación entre sucursales, debe pasar obligatoriamente por matriz.

La simulación muestra cómo la red backbone MPLS VPN, brinda la conectividad entre sucursales y matriz, permitiendo el acceso a Internet de todos los usuarios, a través de Matriz. Aquí se debe tomar en cuenta que los Proveedores de Servicio de Internet (ISP) son los dueños de la red de backbone MPLS VPN y son quienes proporcionan los servicios de conectividad a las empresas. En el Ecuador destacan dos tipos de servicios que son los más contratados por los clientes: el servicio de datos y el servicio de Internet. El servicio de datos proporciona la conectividad formando topologías full mesh y/o hub and spoke pero solo realiza el transporte de datos a nivel nacional, es decir, este servicio no brinda salida al internet. El servicio de internet brinda la capacidad a las empresas, a que puedan navegar hacia el exterior, es decir, hacia el internet. Estos dos servicios están presentes en esta simulación y son el soporte de las redes tradicionales que dan conectividad a las empresas del sector ecuatoriano.

Desarrollo

Se configuran todas las interfaces y túneles VPN de los equipos CE, PE y P, de acuerdo al direccionamiento IP descrito en la sección Arquitectura y Diseño Lógico. A continuación, se muestran las interfaces configuradas de todos los equipos:

Figura 24

Configuración de interfaces del equipo CE_M

```
CE_M#sh ip int br
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
Ethernet0/0	2.2.2.121	YES	NVRAM	up	up
Ethernet0/1	10.10.10.2	YES	NVRAM	up	up
Ethernet0/2	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Ethernet0/3	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Ethernet1/0	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Ethernet1/1	unassigned	YES	NVRAM	up	up
Ethernet1/1.10	172.20.0.1	YES	manual	up	up
Ethernet1/1.11	172.20.0.193	YES	manual	up	up
Ethernet1/1.20	unassigned	YES	NVRAM	deleted	down
Ethernet1/1.30	unassigned	YES	NVRAM	deleted	down
Ethernet1/1.40	unassigned	YES	NVRAM	deleted	down
Ethernet1/1.50	unassigned	YES	NVRAM	deleted	down
Ethernet1/2	unassigned	YES	NVRAM	up	up
Ethernet1/2.60	unassigned	YES	NVRAM	deleted	down
Ethernet1/2.70	unassigned	YES	NVRAM	deleted	down
Ethernet1/3	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial2/0	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial2/1	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial2/2	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial2/3	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial3/0	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial3/1	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial3/2	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Serial3/3	unassigned	YES	NVRAM	administratively down	down
Tunnel0	172.20.2.137	YES	NVRAM	up	up
Tunnel1	172.20.2.141	YES	NVRAM	up	up
Tunnel2	172.20.2.145	YES	NVRAM	up	up
Tunnel3	172.20.2.149	YES	NVRAM	up	up
Tunnel4	172.20.2.153	YES	NVRAM	up	up

Figura 25

Configuración de interfaces del equipo CE_S1

```
CE_S1#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status      Protocol
Ethernet0/0              2.2.2.129      YES NVRAM    up          up
Ethernet0/1              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1              unassigned     YES NVRAM    up          up
Ethernet1/1.10           172.20.0.65   YES manual  up          up
Ethernet1/1.11           172.20.1.161  YES manual  up          up
Ethernet1/1.71           unassigned     YES manual  deleted     down
Ethernet1/1.72           unassigned     YES manual  deleted     down
Ethernet1/1.73           unassigned     YES manual  deleted     down
Ethernet1/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Tunnel0                  172.20.2.138  YES NVRAM    up          up
```

Figura 26

Configuración de interfaces del equipo CE_S2

```
CE_S2#sh ip interface br
Interface                IP-Address      OK? Method Status      Protocol
Ethernet0/0              2.2.2.137      YES NVRAM    up          up
Ethernet0/1              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1              unassigned     YES NVRAM    up          up
Ethernet1/1.10           172.20.0.129  YES manual  up          up
Ethernet1/1.74           unassigned     YES manual  deleted     down
Ethernet1/1.75           unassigned     YES manual  deleted     down
Ethernet1/1.76           unassigned     YES manual  deleted     down
Ethernet1/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Tunnel1                  172.20.2.142  YES NVRAM    up          up
CE_S2#
```

Figura 27

Configuración de interfaces del equipo CE_S3

```
CE_S3#sh ip int br
Interface                IP-Address    OK? Method Status        Protocol
Ethernet0/0              2.2.2.145    YES NVRAM    up            up
Ethernet0/1              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1              unassigned   YES NVRAM    up            up
Ethernet1/1.10           172.20.1.1   YES manual  up            up
Ethernet1/1.12           172.20.2.49  YES manual  up            up
Ethernet1/1.77           unassigned   YES manual  deleted       down
Ethernet1/1.78           unassigned   YES manual  deleted       down
Ethernet1/1.79           unassigned   YES manual  deleted       down
Ethernet1/2              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Tunnel2                  172.20.2.146 YES NVRAM    up            up
```

Figura 28

Configuración de interfaces del equipo CE_S4

```
CE_S4#sh ip int br
Interface                IP-Address    OK? Method Status        Protocol
Ethernet0/0              2.2.2.153    YES NVRAM    up            up
Ethernet0/1              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1              unassigned   YES NVRAM    up            up
Ethernet1/1.10           172.20.1.65  YES manual  up            up
Ethernet1/1.12           172.20.2.65  YES manual  up            up
Ethernet1/1.80           unassigned   YES manual  deleted       down
Ethernet1/1.81           unassigned   YES manual  deleted       down
Ethernet1/1.82           unassigned   YES manual  deleted       down
Ethernet1/2              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3              unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3                unassigned   YES NVRAM    administratively down down
Tunnel3                  172.20.2.150 YES NVRAM    up            up
```

Figura 29

Configuración de interfaces del equipo CE_S5

```
CE_S5#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0       2.2.2.161      YES NVRAM    up              up
Ethernet0/1       unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2       unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3       unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0       unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1       unassigned     YES NVRAM    up              up
Ethernet1/1.10    172.20.1.193  YES manual  up              up
Ethernet1/1.83    unassigned     YES manual  deleted         down
Ethernet1/1.84    unassigned     YES manual  deleted         down
Ethernet1/1.85    unassigned     YES manual  deleted         down
Ethernet1/2       unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3       unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3         unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Tunnel4          172.20.2.154  YES NVRAM    up              up
```

Figura 30

Configuración de interfaces del equipo ISP

```
ISP#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
FastEthernet0/0   192.168.100.31 YES NVRAM    up              up
FastEthernet1/0   10.10.10.1     YES NVRAM    up              up
FastEthernet1/1   unassigned     YES NVRAM    administratively down down
NVI0              192.168.100.31 YES unset    up              up
```

Figura 31*Configuración de interfaces del equipo PE_1*

```

PE_1#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0        2.2.2.122       YES NVRAM  up              up
Ethernet0/1        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet0/2        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet0/3        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/0        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/1        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/2        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/3        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial2/0          2.2.2.125       YES NVRAM  up              up
Serial2/1          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial2/2          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial2/3          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/0          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/1          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/2          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/3          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Loopback0         5.5.5.5         YES NVRAM  up              up

```

Figura 32*Configuración de interfaces del equipo PE_2*

```

PE_2#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0        2.2.2.130       YES NVRAM  up              up
Ethernet0/1        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet0/2        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet0/3        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/0        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/1        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/2        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet1/3        unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial2/0          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial2/1          2.2.2.133       YES NVRAM  up              up
Serial2/2          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial2/3          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/0          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/1          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/2          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Serial3/3          unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Loopback0         6.6.6.6         YES NVRAM  up              up

```

Figura 33

Configuración de interfaces del equipo PE_3

```
PE_3#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0              2.2.2.138      YES NVRAM    up              up
Ethernet0/1              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2                2.2.2.141     YES NVRAM    up              up
Serial2/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Loopback0                7.7.7.7       YES NVRAM    up              up
```

Figura 34

Configuración de interfaces del equipo PE_4

```
PE_4#sh ip int br
Interface                IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0              2.2.2.146     YES NVRAM    up              up
Ethernet0/1              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/2              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3              unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1                2.2.2.149     YES NVRAM    up              up
Serial3/2                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3                unassigned     YES NVRAM    administratively down down
Loopback0                2.2.2.2       YES NVRAM    up              up
```

Figura 35*Configuración de interfaces del equipo PE_5*

```

PE_5#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0        2.2.2.154       YES NVRAM    up              up
Ethernet0/1        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/2        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3          2.2.2.157       YES NVRAM    up              up
Serial3/0          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial3/1          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Loopback0          3.3.3.3         YES NVRAM    up              up

```

Figura 36*Configuración de interfaces del equipo PE_6*

```

PE_6#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0        2.2.2.162       YES NVRAM    up              up
Ethernet0/1        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/2        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/0        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/1        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/2        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet1/3        unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/0          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/1          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/2          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial2/3          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial3/0          2.2.2.165       YES NVRAM    up              up
Serial3/1          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial3/2          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Serial3/3          unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Loopback0          4.4.4.4         YES NVRAM    up              up

```

Figura 37

Configuración de interfaces del equipo P

```

P#sh ip int br
Interface          IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet0/1        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet0/2        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet0/3        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet1/0        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet1/1        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet1/2        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Ethernet1/3        unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Serial2/0          2.2.2.126       YES NVRAM   up              up
Serial2/1          2.2.2.134       YES NVRAM   up              up
Serial2/2          2.2.2.142       YES NVRAM   up              up
Serial2/3          2.2.2.158       YES NVRAM   up              up
Serial3/0          2.2.2.166       YES NVRAM   up              up
Serial3/1          2.2.2.150       YES NVRAM   up              up
Serial3/2          unassigned      YES NVRAM   administratively down down
Serial3/3          unassigned      YES NVRAM   administratively down down

```

Una vez configuradas todas las interfaces, de acuerdo al direccionamiento IP, se procede a configurar el protocolo de enrutamiento BGP para poder establecer una sesión desde los equipos CE hacia los equipos PE y de esta manera compartir prefijos a nivel de ISP y establecer la capa de comunicación underlay (conectividad de extremo a extremo sin levantamiento de túneles). Para levantar el BGP se usa los siguientes sistemas autónomos, descritos en la Tabla 8:

Tabla 8

Números de sistema autónomos

Sitio	ASN
Matriz	65500
Sucursal 1	65501
Sucursal 2	65502
Sucursal 3	65503
Sucursal 4	65504

Sucursal 5	65505
ISP	64513

A continuación, la Figura 38 muestra la configuración de BGP en todos los equipos CE, incluyendo la configuración de las familias de direcciones IPv4 que admitirá BGP.

Figura 38

Configuración de BGP en equipos CEs

```

CE_M
router bgp 65500
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.122 remote-as 64513
  !
  address-family ipv4
    network 2.2.2.120 mask 255.255.255.252
    neighbor 2.2.2.122 activate
  exit-address-family
  !

CE_S1
router bgp 65501
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.130 remote-as 64513
  !
  address-family ipv4
    network 2.2.2.128 mask 255.255.255.252
    neighbor 2.2.2.130 activate
  exit-address-family
  !

CE_S2
router bgp 65502
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.138 remote-as 64513
  !
  address-family ipv4
    network 2.2.2.136 mask 255.255.255.252
    neighbor 2.2.2.138 activate
  exit-address-family
  !

CE_S3
router bgp 65503
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.146 remote-as 64513
  !
  address-family ipv4
    network 2.2.2.144 mask 255.255.255.252
    neighbor 2.2.2.146 activate
  exit-address-family
  !

CE_S4
router bgp 65504
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.154 remote-as 64513
  !
  address-family ipv4
    network 2.2.2.152 mask 255.255.255.252
    neighbor 2.2.2.154 activate
  exit-address-family
  !

CE_S5
router bgp 65505
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.162 remote-as 64513
  !
  address-family ipv4
    network 2.2.2.160 mask 255.255.255.252
    neighbor 2.2.2.162 activate
  exit-address-family
  !

```

Configurado el protocolo BGP en los equipos CE, se procede a realizar las configuraciones sobre los equipos PEs. Se realiza el establecimiento de las sesiones BGP con todos los CEs, así como las sesiones BGP dentro del backbone de la red del proveedor de servicio (Figura 39). Nótese que para el levantamiento de BGP dentro del backbone del proveedor se configura loopbacks (interfaces virtuales del router) para establecer la comunicación entre equipos PEs.

Figura 39

Configuración de BGP en equipos PEs

```

PE_1
router bgp 64513
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.2 remote-as 64513
  neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
  neighbor 3.3.3.3 remote-as 64513
  neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 4.4.4.4 remote-as 64513
  neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
  neighbor 6.6.6.6 remote-as 64513
  neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0
  neighbor 7.7.7.7 remote-as 64513
  neighbor 7.7.7.7 update-source Loopback0
  !
  address-family vpnv4
  neighbor 2.2.2.2 activate
  neighbor 2.2.2.2 send-community extended
  neighbor 3.3.3.3 activate
  neighbor 3.3.3.3 send-community extended
  neighbor 4.4.4.4 activate
  neighbor 4.4.4.4 send-community extended
  neighbor 6.6.6.6 activate
  neighbor 6.6.6.6 send-community extended
  neighbor 7.7.7.7 activate
  neighbor 7.7.7.7 send-community extended
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf CPRR
  neighbor 2.2.2.121 remote-as 65500
  neighbor 2.2.2.121 activate
  exit-address-family
  !

PE_2
router bgp 64513
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.2 remote-as 64513
  neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
  neighbor 3.3.3.3 remote-as 64513
  neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 4.4.4.4 remote-as 64513
  neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
  neighbor 5.5.5.5 remote-as 64513
  neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
  neighbor 7.7.7.7 remote-as 64513
  neighbor 7.7.7.7 update-source Loopback0
  !
  address-family vpnv4
  neighbor 2.2.2.2 activate
  neighbor 2.2.2.2 send-community extended
  neighbor 3.3.3.3 activate
  neighbor 3.3.3.3 send-community extended
  neighbor 4.4.4.4 activate
  neighbor 4.4.4.4 send-community extended
  neighbor 5.5.5.5 activate
  neighbor 5.5.5.5 send-community extended
  neighbor 7.7.7.7 activate
  neighbor 7.7.7.7 send-community extended
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf CPRR
  neighbor 2.2.2.129 remote-as 65501
  neighbor 2.2.2.129 activate
  exit-address-family
  !

PE_3
router bgp 64513
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.2 remote-as 64513
  neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
  neighbor 3.3.3.3 remote-as 64513
  neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 4.4.4.4 remote-as 64513
  neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
  neighbor 5.5.5.5 remote-as 64513
  neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
  neighbor 6.6.6.6 remote-as 64513
  neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0
  !
  address-family vpnv4
  neighbor 2.2.2.2 activate
  neighbor 2.2.2.2 send-community extended
  neighbor 3.3.3.3 activate
  neighbor 3.3.3.3 send-community extended
  neighbor 4.4.4.4 activate
  neighbor 4.4.4.4 send-community extended
  neighbor 5.5.5.5 activate
  neighbor 5.5.5.5 send-community extended
  neighbor 6.6.6.6 activate
  neighbor 6.6.6.6 send-community extended
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf CPRR
  neighbor 2.2.2.137 remote-as 65502
  neighbor 2.2.2.137 activate
  exit-address-family
  !

PE_4
router bgp 64513
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 3.3.3.3 remote-as 64513
  neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 4.4.4.4 remote-as 64513
  neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
  neighbor 5.5.5.5 remote-as 64513
  neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
  neighbor 6.6.6.6 remote-as 64513
  neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0
  neighbor 7.7.7.7 remote-as 64513
  neighbor 7.7.7.7 update-source Loopback0
  !
  address-family vpnv4
  neighbor 3.3.3.3 activate
  neighbor 3.3.3.3 send-community extended
  neighbor 4.4.4.4 activate
  neighbor 4.4.4.4 send-community extended
  neighbor 5.5.5.5 activate
  neighbor 5.5.5.5 send-community extended
  neighbor 6.6.6.6 activate
  neighbor 6.6.6.6 send-community extended
  neighbor 7.7.7.7 activate
  neighbor 7.7.7.7 send-community extended
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf CPRR
  neighbor 2.2.2.145 remote-as 65503
  neighbor 2.2.2.145 activate
  exit-address-family
  !

PE_5
router bgp 64513
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.2 remote-as 64513
  neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
  neighbor 4.4.4.4 remote-as 64513
  neighbor 4.4.4.4 update-source Loopback0
  neighbor 5.5.5.5 remote-as 64513
  neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
  neighbor 6.6.6.6 remote-as 64513
  neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0
  neighbor 7.7.7.7 remote-as 64513
  neighbor 7.7.7.7 update-source Loopback0
  !
  address-family vpnv4
  neighbor 2.2.2.2 activate
  neighbor 2.2.2.2 send-community extended
  neighbor 4.4.4.4 activate
  neighbor 4.4.4.4 send-community extended
  neighbor 5.5.5.5 activate
  neighbor 5.5.5.5 send-community extended
  neighbor 6.6.6.6 activate
  neighbor 6.6.6.6 send-community extended
  neighbor 7.7.7.7 activate
  neighbor 7.7.7.7 send-community extended
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf CPRR
  neighbor 2.2.2.153 remote-as 65504
  neighbor 2.2.2.153 activate
  exit-address-family
  !

PE_6
router bgp 64513
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 2.2.2.2 remote-as 64513
  neighbor 2.2.2.2 update-source Loopback0
  neighbor 3.3.3.3 remote-as 64513
  neighbor 3.3.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 5.5.5.5 remote-as 64513
  neighbor 5.5.5.5 update-source Loopback0
  neighbor 6.6.6.6 remote-as 64513
  neighbor 6.6.6.6 update-source Loopback0
  neighbor 7.7.7.7 remote-as 64513
  neighbor 7.7.7.7 update-source Loopback0
  !
  address-family vpnv4
  neighbor 2.2.2.2 activate
  neighbor 2.2.2.2 send-community extended
  neighbor 3.3.3.3 activate
  neighbor 3.3.3.3 send-community extended
  neighbor 5.5.5.5 activate
  neighbor 5.5.5.5 send-community extended
  neighbor 6.6.6.6 activate
  neighbor 6.6.6.6 send-community extended
  neighbor 7.7.7.7 activate
  neighbor 7.7.7.7 send-community extended
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf CPRR
  neighbor 2.2.2.161 remote-as 65505
  neighbor 2.2.2.161 activate
  exit-address-family
  !

```

En los equipos PEs, se realiza la configuración para la habilitación del protocolo MPLS, para lo cual se estable rangos para el etiquetado en cada uno de los equipos PEs. Además, se configura OSPF como protocolo de enrutamiento de la red backbone del proveedor de servicios, haciendo posible el uso de la configuración automática MPLS LDP, usando tan solo el comando *mpls ldp autoconfig* para habilitar LDP en todas las interfaces que ejecutan OSPF. A continuación, la Figura 40, muestra las configuraciones relacionadas a MPLS / OSPF.

Figura 40

Configuración de MPLS en equipos PEs

```

PE_1
mpls label range 500 550
mpls ip
mpls ldp autoconfig
router ospf 1
mpls ldp autoconfig
network 2.2.2.124 0.0.0.3 area 0
network 5.5.5.5 0.0.0.0 area 0
!

PE_2
mpls label range 100 150
mpls ip
mpls ldp autoconfig
router ospf 1
mpls ldp autoconfig
network 2.2.2.132 0.0.0.3 area 0
network 6.6.6.6 0.0.0.0 area 0
!

PE_3
mpls label range 200 250
mpls ip
mpls ldp autoconfig
router ospf 1
mpls ldp autoconfig
network 2.2.2.140 0.0.0.3 area 0
network 7.7.7.7 0.0.0.0 area 0
!

PE_4
mpls label range 300 350
mpls ip
mpls ldp autoconfig
router ospf 1
mpls ldp autoconfig
network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
network 2.2.2.148 0.0.0.3 area 0
!

PE_5
mpls label range 400 450
mpls ip
mpls ldp autoconfig
router ospf 1
mpls ldp autoconfig
network 2.2.2.156 0.0.0.3 area 0
network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
!

PE_6
mpls label range 600 650
mpls ip
mpls ldp autoconfig
router ospf 1
mpls ldp autoconfig
network 2.2.2.164 0.0.0.3 area 0
network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 0
!

```

A continuación, se ejecutan las configuraciones correspondientes al equipo P, en donde se establece comunicación con los PEs a través del protocolo de enrutamiento OSPF y se habilita MPLS LDP usando el comando *mpls ldp autoconfig* (Figura 41).

Figura 41

Configuración de MPLS en equipo PE

```

router ospf 1
mpls ldp autoconfig
router-id 1.1.1.1
network 2.2.2.124 0.0.0.3 area 0
network 2.2.2.132 0.0.0.3 area 0
network 2.2.2.140 0.0.0.3 area 0
network 2.2.2.148 0.0.0.3 area 0
network 2.2.2.156 0.0.0.3 area 0
network 2.2.2.164 0.0.0.3 area 0
!

```

Una vez establecida la conectividad de extremo a extremo entre sucursales, matriz y viceversa, se habilitan los túneles VPN desde los equipos CEs de matriz hacia las demás sucursales (Figura 42).

Figura 42

Configuración de túneles VPN entre matriz y sucursales

```

CE_M
interface Tunnel0
 ip address 172.20.2.137 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.121
 tunnel destination 2.2.2.129
!
interface Tunnel1
 ip address 172.20.2.141 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.121
 tunnel destination 2.2.2.137
!
interface Tunnel2
 ip address 172.20.2.145 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.121
 tunnel destination 2.2.2.145
!
interface Tunnel3
 ip address 172.20.2.149 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.121
 tunnel destination 2.2.2.153
!
interface Tunnel4
 ip address 172.20.2.153 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.121
 tunnel destination 2.2.2.161
!

CE_S1
interface Tunnel0
 ip address 172.20.2.138 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.129
 tunnel destination 2.2.2.121
!

CE_S2
interface Tunnel1
 ip address 172.20.2.142 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.137
 tunnel destination 2.2.2.121
!

CE_S3
interface Tunnel2
 ip address 172.20.2.146 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.145
 tunnel destination 2.2.2.121
!

CE_S4
interface Tunnel3
 ip address 172.20.2.150 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.153
 tunnel destination 2.2.2.121
!

CE_S5
interface Tunnel4
 ip address 172.20.2.154 255.255.255.252
 tunnel source 2.2.2.161
 tunnel destination 2.2.2.121
!

```

Las configuraciones de los túneles VPN establecen conexiones punto a punto, es decir, desde Matriz a Sucursal 1, 2, 3, 4 y 5. Esto no asegura conectividad entre sucursales ya que no se cuenta con una tabla de rutas de las subredes de la empresa (VLAN 10, 11 y 12) y por ende no se pueden conocer entre sí. Para poder tener conectividad entre sucursales, se establec OSPF como protocolo dinámico de enrutamiento y de esta manera poder anunciar todas las subredes de la empresa (VLAN 10, 11 y 12). La Figura 43, muestra la configuración del protocolo OSPF en matriz y sucursales con sus respectivos anuncios de subredes.

Figura 43

Configuración de OSPF y anuncio de subredes en matriz y sucursales

```

CE_M
router ospf 10
router-id 10.10.10.10
network 10.10.10.0 0.0.0.3 area 0
network 172.20.0.0 0.0.0.63 area 0
network 172.20.0.192 0.0.0.63 area 0
network 172.20.2.136 0.0.0.3 area 0
network 172.20.2.140 0.0.0.3 area 0
network 172.20.2.144 0.0.0.3 area 0
network 172.20.2.148 0.0.0.3 area 0
network 172.20.2.152 0.0.0.3 area 0
!

CE_S1
router ospf 10
router-id 11.11.11.11
network 172.20.0.64 0.0.0.63 area 0
network 172.20.1.160 0.0.0.31 area 0
network 172.20.2.136 0.0.0.3 area 0
!

CE_S2
router ospf 10
router-id 12.12.12.12
network 172.20.0.128 0.0.0.63 area 0
network 172.20.2.140 0.0.0.3 area 0
!

CE_S3
router ospf 10
router-id 13.13.13.13
network 172.20.1.0 0.0.0.63 area 0
network 172.20.2.48 0.0.0.15 area 0
network 172.20.2.88 0.0.0.7 area 0
network 172.20.2.144 0.0.0.3 area 0
!

CE_S4
router ospf 10
router-id 14.14.14.14
network 172.20.1.64 0.0.0.63 area 0
network 172.20.2.64 0.0.0.15 area 0
network 172.20.2.148 0.0.0.3 area 0
!

CE_S5
router ospf 10
router-id 15.15.15.15
network 172.20.1.192 0.0.0.31 area 0
network 172.20.2.152 0.0.0.3 area 0
!

```

Finalmente, se procede a configurar el servicio de internet en la sede Matriz. Desde esta conexión navegarán todas las sucursales hacia cualquier destino en internet. Lo primero que se realiza, es configurar una subred (10.10.10.0/30) entre el equipo CE_M y el Router ISP (Figura 44).

Figura 44

Configuración de subred CE_M e ISP para salida al internet

```
CE_M
interface Ethernet0/1
description HACIA ISP
ip address 10.10.10.2 255.255.255.252
!

ISP
interface FastEthernet1/0
description HACIA CLIENTE
ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
ip nat inside
ip virtual-reassembly
duplex auto
speed auto
!
```

Desde este punto, todas las configuraciones para la habilitación del servicio de internet, se centran en el router ISP. Se configura la subred 192.168.100.0/24 entre el router ISP y la puerta de enlace predeterminada con salida a internet y se agregó una ruta estática por defecto para que permita la salida al internet hacia cualquier IP destino (Figura 45).

Figura 45

Configuración de subred entre routers ISP y puerta de enlace hacia el internet

```
ISP
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.100.31 255.255.255.0
ip nat outside
ip virtual-reassembly
duplex half
!
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.1
!
```

Se realiza un NAT con sobrecarga en la interfaz FastEthernet 0/0 conectada hacia internet para que permita la navegación de todas las subredes de la empresa (VLAN 10, 11 y 12). Se arma un access-list para filtrar y dar permiso solo a las subredes correspondiente a la empresa. Nótese que la única red que tiene permisos para salir al internet es la 172.20.0.0/16. Esto se lo conoce como sumarización, un proceso que agrupa todas las subredes del mismo segmento de la empresa (Figura 46).

Figura 46

Configuración de NAT con sobrecarga en router ISP

```
ISP
ip nat inside source list 101 interface FastEthernet0/0 overload
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.1
!
access-list 101 permit ip 172.20.0.0 0.0.255.255 any
no cdp log mismatch duplex
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.100.31 255.255.255.0
ip nat outside
ip virtual-reassembly
duplex half
!
!
interface FastEthernet1/0
description HACIA CLIENTE
ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
ip nat inside
ip virtual-reassembly
duplex auto
speed auto
!
```

Para que todas las sucursales puedan acceder a internet a través de la sede matriz, se debe configurar OSPF en router de ISP y adicional, anunciar la ruta por defecto hacia todas las sucursales. La Figura 47, muestra estas configuraciones.

Figura 47

Configuración de OSPF y anunciamiento de ruta por defecto en router ISP

```
ISP
router ospf 10
log-adjacency-changes
network 10.10.10.0 0.0.0.3 area 0
default-information originate
!
```

Resultados

El objetivo de la simulación de red empresarial tradicional se logró, obteniéndose conectividad desde las sucursales hacia el internet a través de la sede matriz y logrando conexión de las subredes internas entre sucursales y matriz. A continuación, la Figura 48, muestra pruebas de conectividad basadas en los comandos PING y TRACEROUTE, evaluando la conexión entre subredes (VLAN 10, 11 y 12) de matriz y sucursales.

Figura 48

Pruebas de conectividad de subredes internas entre matriz y sucursales

```

Matriz (VLAN 10) -> Sucursal 1 (VLAN 10)
CE_M#ping 172.20.0.65 source 172.20.0.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.0.65, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.0.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 17/17/18 ms
CE_M#traceroute 172.20.0.65
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.20.0.65
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.138 17 msec 17 msec 17 msec
CE_M#

Matriz (VLAN 11) -> Sucursal 1 (VLAN 11)
CE_M#ping 172.20.1.161 source 172.20.0.193
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.1.161, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.0.193
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 17/17/17 ms
CE_M#traceroute 172.20.1.161
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.20.1.161
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.138 17 msec 18 msec 17 msec
CE_M#

Sucursal 4 (VLAN 10) -> Matriz (VLAN 10)
CE_S4#ping 172.20.0.1 source 172.20.1.65
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.0.1, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.1.65
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 17/17/18 ms
CE_S4#traceroute 172.20.0.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.20.0.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.149 18 msec 18 msec 17 msec
CE_S4#

Sucursal 4 (VLAN 12) -> Matriz (VLAN 11)
CE_S4#ping 172.20.0.193 source 172.20.2.65
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.0.193, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.2.65
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 17/17/17 ms
CE_S4#traceroute 172.20.0.193
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.20.0.193
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.149 18 msec 19 msec 17 msec
CE_S4#

```

La Figura 49, muestra la conectividad de las subredes internas entre sucursales, tomando en cuenta que el trayecto desde la sucursal 1 hacia la sucursal 3 (y así con todas las sucursales) pasa por matriz.

Figura 49

Pruebas de conectividad de subredes internas entre sucursales

```

Sucursal 1 (VLAN 10) -> Sucursal 4 (VLAN 12)
CE_S1#ping 172.20.2.65 source 172.20.0.65
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.2.65, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.0.65
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 36/39/44 ms
CE_S1#traceroute 172.20.2.65
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.20.2.65
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.137 20 msec 19 msec 18 msec
 2 172.20.2.150 37 msec 37 msec 36 msec
CE_S1#

Sucursal 2 (VLAN 10) -> Sucursal 5 (VLAN 10)
CE_S2#ping 172.20.1.193 source 172.20.0.129
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.20.1.193, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.0.129
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 33/34/35 ms
CE_S2#traceroute 172.20.1.193
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.20.1.193
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.141 17 msec 17 msec 18 msec
 2 172.20.2.154 37 msec 31 msec 37 msec
CE_S2#

```

Tráfico pasa por la sede matriz

La navegación hacia el internet desde las sucursales debe pasar por matriz. A continuación, la Figura 50, muestra este procedimiento.

Figura 50

Pruebas de conectividad de a internet desde sucursales

```

Sucursal 3 -> Internet 8.8.8.8
CE_S3#ping 8.8.8.8 source 172.20.1.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 8.8.8.8, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.20.1.1
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 42/48/73 ms
CE_S3#

CE_S3#traceroute 8.8.8.8
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to dns.google (8.8.8.8)
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.20.2.145 14 msec 21 msec 23 msec
 2 10.10.10.1 49 msec 65 msec 84 msec
 3 192.168.100.1 127 msec 82 msec 96 msec
 4 172.21.0.254 96 msec 75 msec 105 msec
 5 100.64.7.125 140 msec 96 msec 75 msec
 6 100.64.5.129 93 msec 93 msec 74 msec
 7 100.65.0.13 64 msec 86 msec 85 msec
 8 142.250.167.8 93 msec 86 msec 117 msec
 9 * * *
10 dns.google (8.8.8.8) 95 msec 103 msec 105 msec
CE_S3#

```

Salida al Internet por sede Matrix

Para culminar, se verifica que el transporte de datos desde la sede matriz hacia las sucursales y viceversa, es mediante una red de backbone MPLS. La Figura 51, muestra este procedimiento.

Figura 51

Pruebas de conectividad desde matriz a sucursal 1 y 2 a través de MPLS.

```

CE_M#traceroute 2.2.2.142
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 2.2.2.142
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 2.2.2.130 1 msec 1 msec 4 msec
 2 2.2.2.134 [MPLS: Labels 17/102 Exp 0] 18 msec 17 msec 17 msec
 3 2.2.2.141 [AS 65501] 18 msec 18 msec 17 msec
 4 2.2.2.142 [AS 65501] 19 msec 16 msec 18 msec
CE_M#tracert 2.2.2.150
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 2.2.2.150
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 2.2.2.130 0 msec 5 msec 6 msec
 2 2.2.2.134 [MPLS: Labels 18/204 Exp 0] 17 msec 18 msec 17 msec
 3 2.2.2.149 [AS 65502] 18 msec 18 msec 16 msec
 4 2.2.2.150 [AS 65502] 14 msec 18 msec 19 msec

```

Conclusión

En esta arquitectura de red empresarial tradicional, se evidencia cómo la empresa debe contratar servicio de transporte de datos en todas sus sedes para establecer conectividad y así conectar a sus aplicaciones. En este punto, se establece una conectividad centralizada, ya que todo el tráfico de las sucursales se concentra en matriz. En la sede matriz de la empresa, se conecta un servicio de internet, el cual será compartido a todas sus sedes. Esto indica que tanto el tráfico de aplicaciones internas como aplicaciones alojadas en la nube (que usan internet) viaja a través de los canales de datos contratados para cada sucursal.

Simulación De Una Red Inteligente Con SD-WAN Y DIA

Objetivo

Demostrar el funcionamiento de una red empresarial inteligente con implementación de SD-WAN, considerando la navegación hacia el internet por cada una de las sucursales gracias

al Direct Internet Access (DIA). Las subredes internas mantienen su comunicación a través del canal de datos entre matriz y las demás sucursales.

Arquitectura y Diseño Lógico

Arquitectura De Red SD-WAN De Cisco.

La red empresarial inteligente opera bajo el paradigma de las redes SDN, el cual separa el plano de datos con el plano de control. Para esta simulación, el paradigma de SDN se aplica a la red WAN y es de donde nace la red WAN definida por software (SD-WAN). Esta red utiliza cualquier medio de transporte WAN (MPLS, internet, internet banda ancha, red móvil 4G LTE, 5G, etc.) para establecer la conectividad entre las sedes de una empresa; y, tiene como una de sus ventajas, la inteligencia de analizar la mejor ruta en términos de jitter, latencia y pérdida de paquetes para que la comunicación aumente su efectividad generando mejor experiencia al usuario con el manejo de las aplicaciones.

La red empresarial inteligente a simular cuenta una solución SD-WAN de Cisco. SD-WAN de Cisco propone una arquitectura de cuatro planos: datos, control, gestión y orquestación. Esta solución contine cuatro componentes clave que son los responsables de cada plano de organización:

- **Cisco vManage:** presente en el plano de gestión y representa la interfaz de usuario de la solución. Los operadores de red realizan actividades de configuración, aprovisionamiento, resolución de problemas y supervisión a través de vManage.
- **Cisco vBond:** reside en el plano de orquestación y es el gran responsable del proceso de aprovisionamiento sin contacto, así como de la autenticación de primera línea, la distribución de información de control/administración y la facilitación del NAT (traducción de direcciones de red). Cuando un router se inicia por primera vez entra en un estado no configurado, vBond es el responsable de incorporar el equipo en la estructura SD-WAN. EL trabajo de

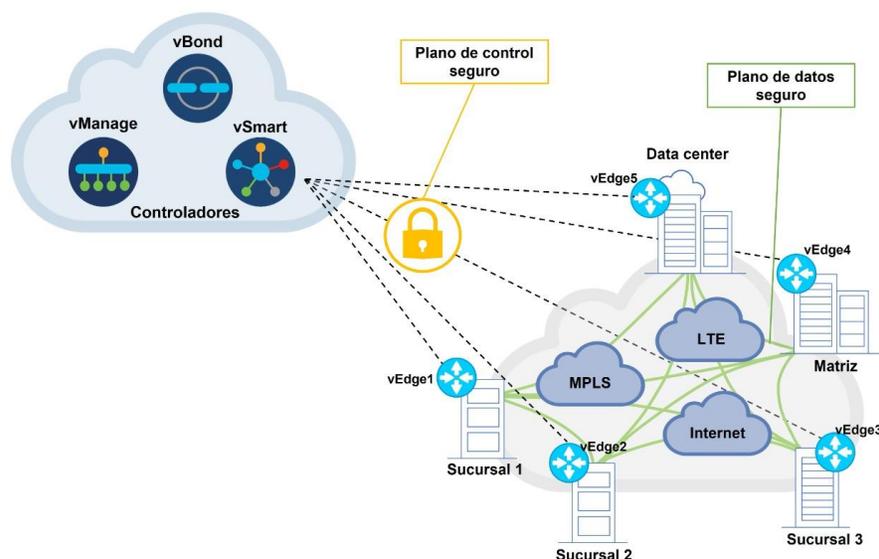
vBond es comprender cómo se construye la red y luego compartir esa información entre otros componentes.

- **Cisco vSmart:** es el cerebro de la solución y se encuentra dentro del plano de control. Una vez que las políticas son creadas en vManage, vSmart es el encargado de hacer cumplir estas políticas de forma centralizada o localizada. A través de vSmart se puede definir las rutas y controlar cómo el tráfico atraviesa la estructura SD-WAN.
- **Cisco Router WAN Edge o vEdge:** son responsables de establecer la estructura de la red y reenviar el tráfico. Los routers Cisco WAN Edge vienen en múltiples formas, virtuales y físicas, y se seleccionan en función de la conectividad, el rendimiento y las necesidades funcionales del sitio.

Todos estos componentes se combinan entre sí, para formar la estructura SD-WAN de Cisco. La Figura 52, muestra cómo interactúan vManage, vBond, vSmart y vEdge.

Figura 52

Componentes de Cisco SD-WAN



Los controladores (vBond, vManage y vSmart) pueden alojarse en las premisas del cliente, en la nube de Cisco o inclusive en otras nubes (AWS, Azure, Google Cloud, etc.). La idea es que todos los equipos routers vEdge puedan alcanzar a los controladores, mediante un canal de control. A través de este canal, cada uno de los router vEdge recibe información de configuración, aprovisionamiento y enrutamiento. En este punto no se reenvía ningún tráfico del plano de datos a la infraestructura de control. El plano de datos es levantado por el routers vEdge quienes forman conexiones mediante túneles seguros basados en el protocolo de internet o también conocidos como túneles IPSec, esto genera una red superpuesta llamada overlay. La red WAN que proporciona conectividad de extremo a extremo (MPLS, internet, 4G LTE, 5G, etc.) es conocida como la red underlay.

Cisco SD-WAN cuenta con su propio protocolo de enrutamiento llamado OMP (Overlay Management Protocol) que está presente en la red overlay. OMP se ejecuta sobre los controladores vSmart y los routers vEdge donde la información del plano de control, como los prefijos, las rutas de siguiente salto, las claves criptográficas y la información de políticas, se intercambia a través de una conexión segura. Si no se define ninguna política, el comportamiento por defecto de OMP es permitir una topología full mesh (mall completa), donde cada router vEdge puede conectarse directamente a otros router vEdge. Adicional a esto, se suma a la arquitectura SD-WAN el uso de la detección de reenvío bidireccional, o conocida por sus siglas en ingles BFD (Bi-directional Forwarding Detection). BFD es un mecanismo que utilizan los routers vEdge para probar y medir el rendimiento de los enlaces WAN de transporte (MPLS, internet, 4G LTE, 5G, etc.). Esto ayuda a que SD-WAN determine la mejor ruta, basada en un análisis de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

En la solución SD-WAN de Cisco se puede configurar segmentación, la cual inicia en el plano de control, pero se aplica dentro del plano de datos. A medida que el tráfico ingresa al router vEdge, se asigna a una VPN. A cada VPN se le asigna un valor numérico entre 0 y 512 (VPN 0 y VPN 512 se encuentran reservadas para uso del sistema). Luego, cada router vEdge

anuncia estos valores de VPN al plano de control, a través de OMP. Esta asignación de VPN no solo aísla el tráfico de usuarios, sino que también proporciona aislamiento de las tablas de enrutamiento. Por lo tanto, los usuarios de una VPN, por defecto, no pueden transmitir datos a otra VPN sin una configuración adicional que permita el tráfico.

Los equipos vEdge, parte de la solución SD-WAN de Cisco, se puede implementar en diferentes plataformas, ya sea de forma física (en hardware) o de forma lógica (en software). Los routers vEdge están presentes en las sucursales, matrices, data center, campus, nube pública y nube privada. Independientemente de la forma en la cual se implementen, todos los routers vEdge forman parte de la red overlay SD-WAN y se administrarán a través de vManage. A continuación, se presentan los dos tipos de plataformas donde se puede implementar SD-WAN de Cisco:

- **Plataforma en hardware**

- Routers Cisco vEdge con sistema operativo Viptela OS.
- Integrated Service Router (ISR) de la serie 1000 y 4000 con sistema operativo IOS® XE SDWAN Software.
- Aggregation Services Router (ASR) de la serie 1000 con sistema operativo IOS XE SD-WAN Software

- **Plataforma en software**

- Cloud Service Router (CSR) de la serie 1000v con sistema operativo IOS XE SD-WAN Software.
- vEdge Cloud Router con sistema operativo Viptela OS.

Arquitectura DIA Bajo Un Esquema SD-WAN De Cisco.

En las redes WAN tradicionales (primera simulación), el tráfico de internet desde una sucursal se envía a una ubicación central o sede matriz. Esto permite que la matriz analice el tráfico que regresa de internet antes de enviarlo de vuelta a la sucursal, generando un esquema centralizado de red. Pero a medida que aumenta la demanda de tráfico de internet,

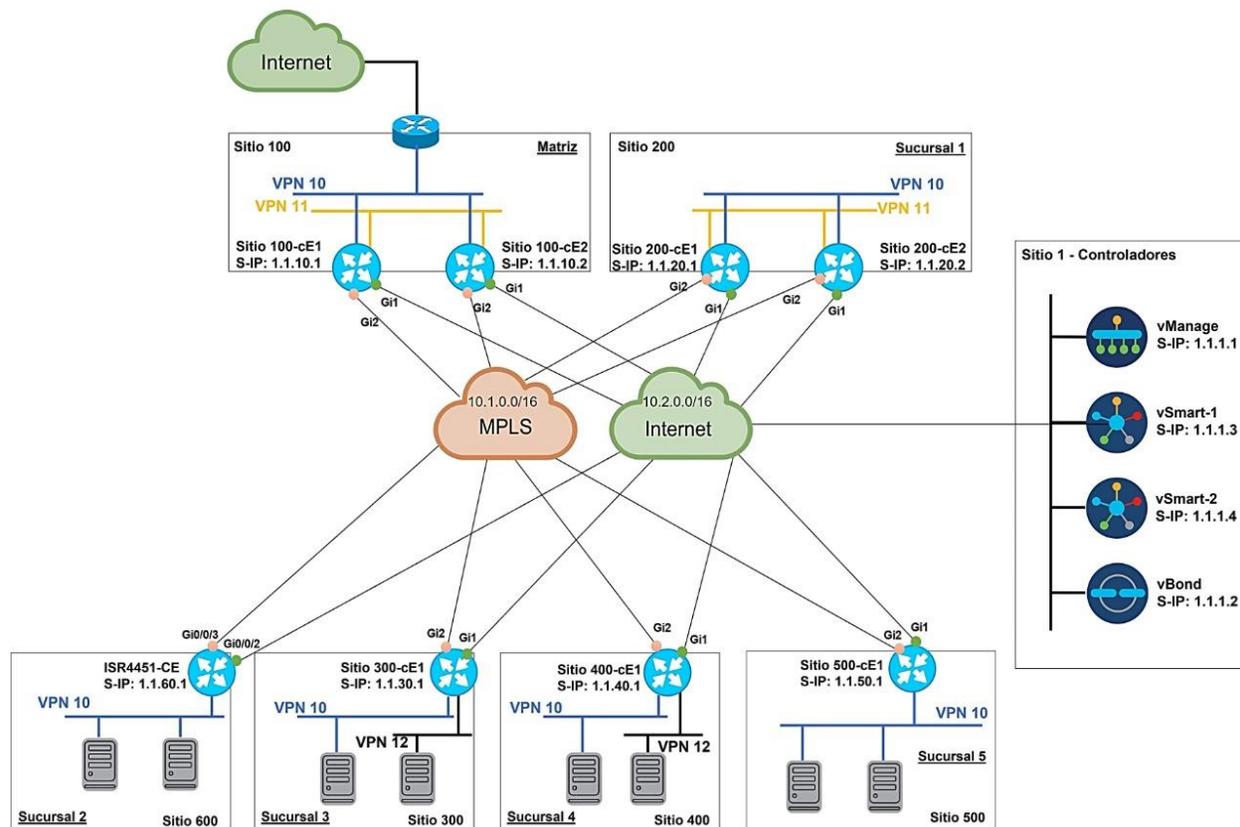
más empresas utilizan servicios en la nube como SaaS e IaaS, provocando, en el escenario tradicional, dos resultados: una mayor utilización de ancho de banda con la sede matriz, en ocasiones, saturando el canal, generando que las aplicaciones premium de la empresa se queden fuera de línea y que las aplicaciones que usan el internet incurran en una mayor latencia generando una degradación del rendimiento de la aplicación.

Direct Internet Access (DIA), aparece para solucionar estos problemas y mejorar la experiencia de internet para los usuarios de las sucursales, al eliminar la latencia en el tráfico de retorno a la sede matriz. Reduce el consumo de ancho de banda en el sitio central, lo que también reduce los costos de la red WAN. DIA está configurado para las aplicaciones específicas y mantiene las aplicaciones críticas para el negocio en el enlace WAN principal. Por ejemplo, DIA se puede habilitar para la navegación por Internet y las aplicaciones SaaS, mientras que las aplicaciones críticas para el negocio o sensibles a la latencia, como la voz, pueden permanecer en circuitos WAN privados. Como parte de la solución SD-WAN de Cisco está la capacidad de segmentar a los usuarios. La segmentación es usada para mantener separados a los empleados y los invitados. Cisco SD-WAN permite configurar DIA para un segmento de VPN, lo que permite el control del acceso a Internet por segmento de VPN.

Con la arquitectura de la red SD-WAN de Cisco se procede a armar la topología de la red inteligente a simular, la cual consta de 6 sitios, distribuidos en 1 matriz y 5 sucursales. Cuenta con 4 controladores, 1 vBond, 1 vManage y 2 vSmart (alta redundancia). La sede matriz y sucursal 1 cuentan con routers redundantes y las demás sucursales manejan solamente un router. La red empresarial esta segmentada en tres VPNs: Corporativa (VPN 10), IoT (VPN 11) e Invitados (VPN 12). La Figura 53, muestra la arquitectura de la red empresarial inteligente con SD-WAN y DIA, utilizada para esta simulación. Tomar en cuenta que para esta arquitectura se utiliza como servicios WAN, una red MPLS e internet.

Figura 53

Arquitectura de red de datos empresarial inteligente con SD-WAN y DIA



Plan De Direccionamiento y Versiones De Software

La Tabla 9, muestra el plan de direccionamiento interno de los equipos vEdge.

Tabla 9

Direccionamiento interno de los equipos vEdge

Nodo	System	Site ID	VPN 10	VPN 11	VPN 12
	IP		Loopback10	Loopback11	Loopback12
Sitio100-cE1	1.1.10.1	100	100.110.10.1/32	100.111.10.1/32	100.112.10.1/32
Sitio100-cE2	1.1.10.2	100	100.110.10.2/32	100.111.10.2/32	100.112.10.2/32

Sitio200-cE1	1.1.20.1	200	100.110.20.1/32	100.111.20.1/32	100.112.20.1/32
Sitio200-cE2	1.1.20.2	200	100.110.20.2/32	100.111.20.2/32	100.112.20.2/32
Sitio300-cE1	1.1.30.1	300	100.110.30.1/32	100.111.30.1/32	100.112.30.1/32
Sitio400-cE1	1.1.40.1	400	100.110.40.1/32	100.111.40.1/32	100.112.40.1/32
Sitio500-cE1	1.1.50.1	500	100.110.50.1/32	100.111.50.1/32	100.112.50.1/32
ISR4451-CE	1.1.60.1	600	100.110.60.1/32	100.111.60.1/32	100.112.60.1/32

La Tabla 10, muestra el plan de direccionamiento externo (MPLS e Internet) de los equipos vEdge.

Tabla 10

Direccionamiento externo (MPLS e Internet) de los equipos vEdge

Nodo	MPLS	Internet	LAN VPN 10	LAN VPN 11	LAN VPN 12
	(Gi2)	(Gi1)	(Gi3)	(Gi3)	(Gi3)
Sitio100-cE1	10.1.2.2/24	10.2.2.2/24	10.10.1.1/24	10.11.1.1/24	-
Sitio100-cE2	10.1.3.2/24	10.2.3.2/24	10.10.1.2/24	10.11.1.2/24	-
Sitio200-cE1	10.1.4.2/24	10.2.4.2/24	10.20.1.1/24	10.21.1.1/24	-
Sitio200-cE2	10.1.5.2/24	10.2.5.2/24	10.20.1.2/24	10.21.1.2/24	-
Sitio300-cE1	10.1.6.2/24	10.2.6.2/24	10.30.1.1/24	-	10.32.1.1/24
Sitio400-cE1	10.1.7.2/24	10.2.7.2/24	10.40.1.1/24	-	10.42.1.1/24
Sitio500-cE1	10.1.8.2/24	10.2.8.2/24	10.50.1.1/24	-	-
ISR4451-CE	10.1.1.2/24	10.2.10.2/24	10.60.10.1/24	-	-

La Tabla 11, muestra el plan de direccionamiento para los controladores de la red SD-WAN de Cisco.

Tabla 11*Direccionamiento de los controladores SD-WAN*

Nodo	System IP	Site ID	Interface a Internet	Default Gateway
vManage	1.1.1.1	1	10.2.1.7/24	10.2.1.1
vBond	1.1.1.2	-	10.2.1.6/24	10.2.1.1
vSmart-1	1.1.1.3	1	10.2.1.5/24	10.2.1.1
vSmart-2	1.1.1.4	1	10.2.1.4/24	10.2.1.1

La Tabla 12, muestra las versiones de software usadas sobre los equipos de la solución SD-WAN de Cisco.

Tabla 12*Versiones de software de equipo SD-WAN*

Nodo	Modelo del equipo	Versión
Sitio100-cE1	CSR1000v	17.06.01a.0.298
Sitio100-cE2	CSR1000v	17.06.01a.0.298
Sitio200-cE1	CSR1000v	17.06.01a.0.298
Sitio200-cE2	CSR1000v	17.06.01a.0.298
Sitio300-cE1	CSR1000v	17.06.01a.0.298
Site400-cE1	CSR1000v	17.06.01a.0.298
Site500-cE1	CSR1000v	17.06.01a.0.298
ISR4451-CE	ISR4451-X	17.06.01a.0.298
vManage	vManage	20.6.1
vBond	vBond	20.6.1
vSmart-1	vSmart	20.6.1
vSmart-2	vSmart	20.6.1

Recursos

Para la ejecución de esta simulación se utiliza el software propietario de Cisco llamado DCloud, el cual permite realizar simulaciones a través de ambientes virtualizados en la nube de Cisco. Para empezar a utilizar Cisco DCloud es necesario tener un computador, una conexión a internet de alta velocidad y una cuenta en Cisco.

DCloud se ejecuta en el navegador Google Chrome (tal como recomienda Cisco) versión 100.0.4896.127 (Build oficial) (64 bits) sobre un computador marca Lenovo modelo IdeaPad S340-14IIL con procesador Intel (R) Core (TM) i7-1065G7 CPU @ 1.30GHz 1.50 GHz y memoria RAM instalada de 20,0 GB (19,8 GB usable). Se inicia sesión en DCloud con la cuenta de Andrés Pillajo en Cisco. A continuación, la Tabla 13, muestra los recursos utilizados para levantar la simulación de red inteligente con SD-WAN y DIA.

Tabla 13

Recursos usados para la simulación de red inteligente con SD-WAN y DIA

Recursos	Tipo de recurso
Computador Lenovo IdeaPad S340-14IIL con procesador Intel (R) Core (TM) i7- 1065G7 CPU @ 1.30GHz 1.50 GHz y memoria RAM instalada de 20,0 GB (19,8 GB usable).	Hardware
DCloud	Software
Navegador Google Chrome versión 100.0.4896.127 (Build oficial) (64 bits)	Software
Acceso a internet de banda ancha con una velocidad de 100Mbps	Hardware

Funcionalidad

La simulación de la red empresarial inteligente se realiza en función a la solución SD-WAN de Cisco, la cual, permite la configuración de Direct Internet Access (DIA). En esta simulación se usan dos redes WAN de transporte: MPLS e Internet. La matriz y las sucursales se conectan a través de routers vEdge, tanto a la red MPLS como al Internet. Es decir, todas las sedes contaron con una conexión de MPLS privada y una conexión a Internet. La conexión MPLS privada está dedicada al transporte de datos de aplicaciones internas de la empresa, mientras que la conexión a Internet estará dedicada a transportar datos de aplicaciones en la nube o que necesiten de internet para su funcionamiento gracias a la habilitación de DIA. Cabe recalcar, que la solución SD-WAN, en esta simulación, configura túneles seguros IPsec por ambas vías (MPLS e Internet) de forma predeterminada, es decir, se habilitó una topología full mesh. La conexión desde los routers vEdge de la matriz y sucursales hacia los controladores se da a través de los canales de internet configurados en estas sedes.

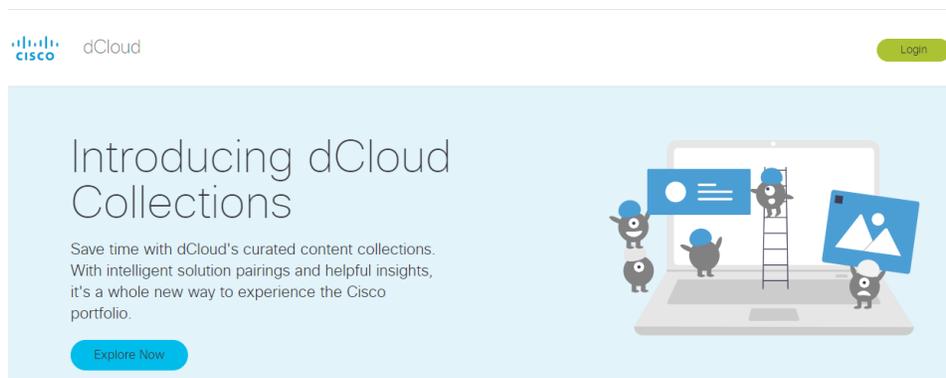
En la primera parte de la simulación se realiza la integración de un equipo ISR4451 al ambiente de la red empresarial con SD-WAN, indicando el aprovisionamiento y configuración inicial y mostrando el despliegue de un equipo vEdge sobre una nueva sucursal. A continuación, se configura el equipo ISR4451 a través de templates, la nueva forma de configuración de equipos en SD-WAN. Finalmente, se configura Direct Internet Access (DIA), replicando este procedimiento en todas las sedes.

Desarrollo

La simulación arranca con el inicio de sesión a DCloud con las credenciales de la cuenta de Cisco (Figura 54), para lo cual abrimos el navegador Google Chrome e ingresamos a la dirección web: <https://dcloud.cisco.com/>.

Figura 54

Acceso a Cisco DCloud



A continuación, ingresamos las credenciales de la cuenta de Cisco (Figura 55).

Figura 55

Inicio de sesión a cuenta Cisco

The image shows a mobile-style login page for Cisco. At the top left is a back arrow and the text "Atrás". At the top right is a globe icon and the text "ES ES". In the center is the Cisco logo. Below the logo is the heading "Iniciar sesión". There are two input fields: "Nombre de usuario" with the text "carlos.pillajo@" and "Contraseña" with a masked password ".....". Below the fields is a large blue button labeled "Iniciar sesión". At the bottom are two links: "¿Olvidó la contraseña?" and "¿Desbloquear cuenta?".

Una vez iniciado sesión en DCloud, se despliega el ambiente virtual donde se ejecuta la simulación (Figura 56). Para ingresar se seleccionó "View".

Figura 56

Acceso a ambiente virtual de la simulación en DCloud

En el ambiente virtual seleccionamos Jumphost y luego Remote Desktop (Figura 57).

Figura 57

Acceso a escritorio remoto del ambiente virtual en DCloud

Cisco SD-WAN POC Tool 9.2.2 with Dual DC Topology and Physical Branch v1

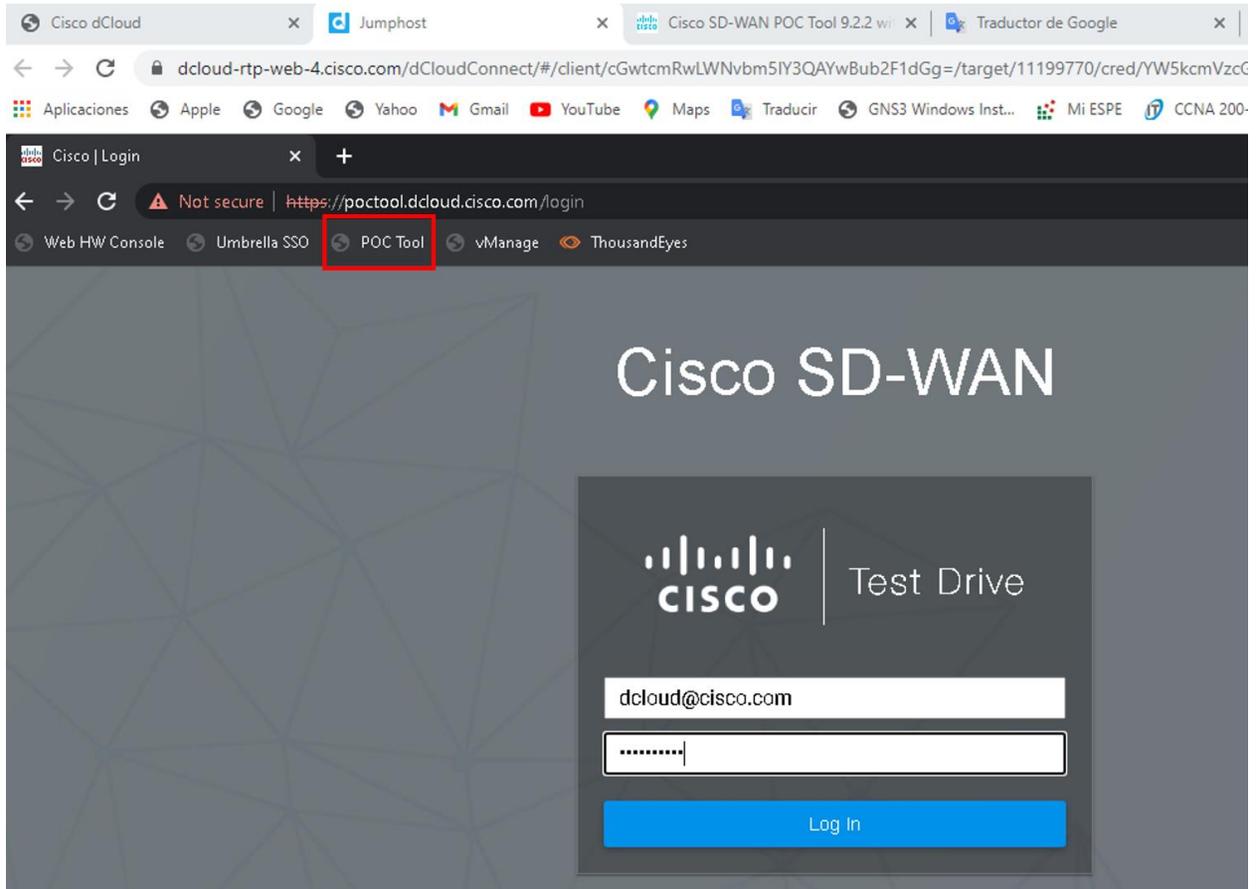
En el escritorio remoto se abre un navegador y se selecciona POC Tool (Figura 58). En esta herramienta ingresamos con las credenciales:

- Username: dcloud@cisco.com

- Password: C1sco12345

Figura 58

Acceso a POC Tool



Una vez iniciado el POC Tool, se continua con la apertura de una nueva ventana en el navegador para abrir vManage (Figura 59), al cual se accede con las siguientes credenciales:

- Username: admin
- Password: C1sco12345

Figura 59

Acceso a vManage

The screenshot shows the Cisco vManage interface. The top part is the login page, and the bottom part is the main dashboard.

Login Page:

- Username: admin
- Password: [Masked]
- Log In button

Dashboard:

Navigation: Cisco vManage | Select Resource Group | Dashboard · Main Dashboard

SUMMARY

2	8	1	1	8	4	0
vSmart	WAN Edge	vBond	vManage	Last 24 hrs	Warning	Invalid

Control Status (Total 10)

Control Up	10
Partial	0
Control Down	0

Site Health (Total 5)

WAN Connectivity	Site
Full WAN Connectivity	5
Partial WAN Connectivity	0
No WAN Connectivity	0

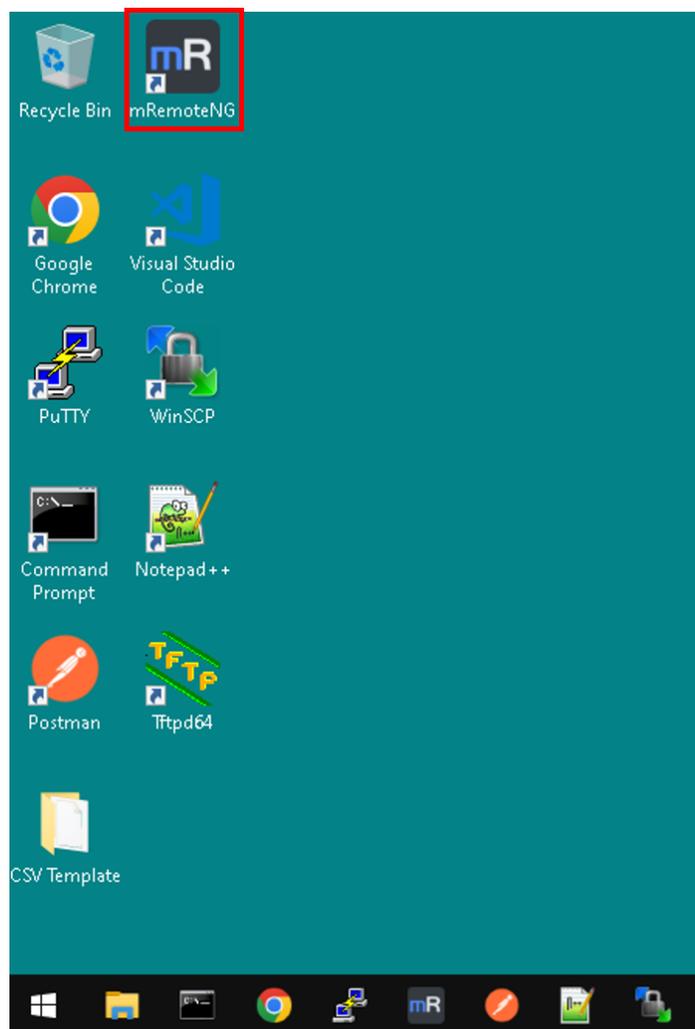
Transport Interface Distribution

< 10 Mbps	32
10 Mbps - 100 Mbps	0
100 Mbps - 500 Mbps	0
> 500 Mbps	0

Dentro del escritorio remoto usamos el software mRemoteNG (Figura 60) para conectarnos, vía VNC, a los diferentes hosts con sistema operativo Ubuntu y vía SSH a los equipos de red.

Figura 60

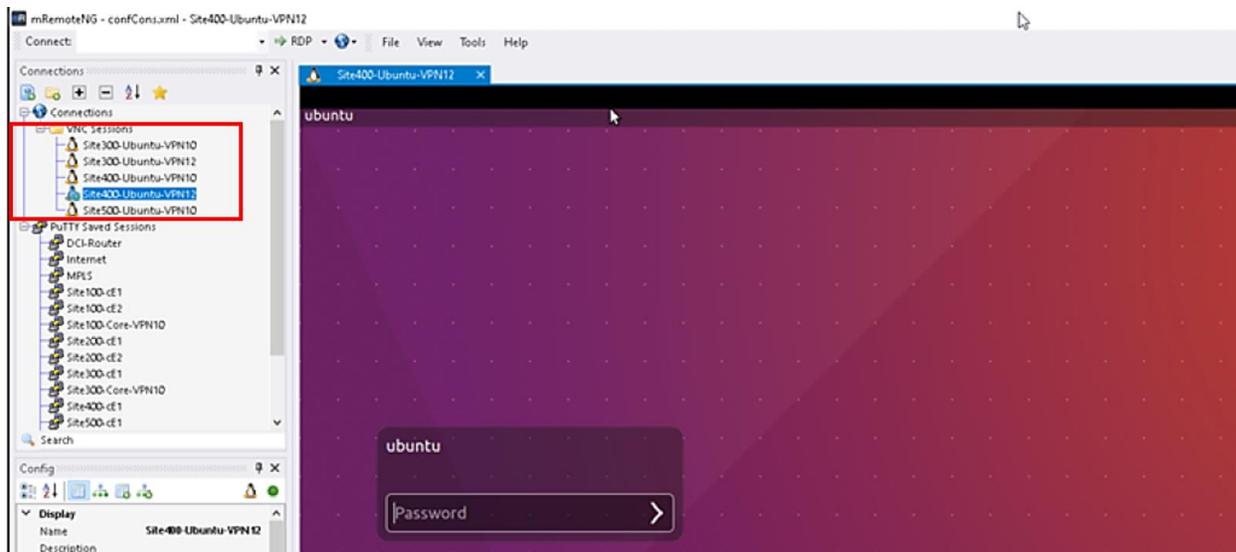
Acceso a software mRemoteNG en escritorio remoto



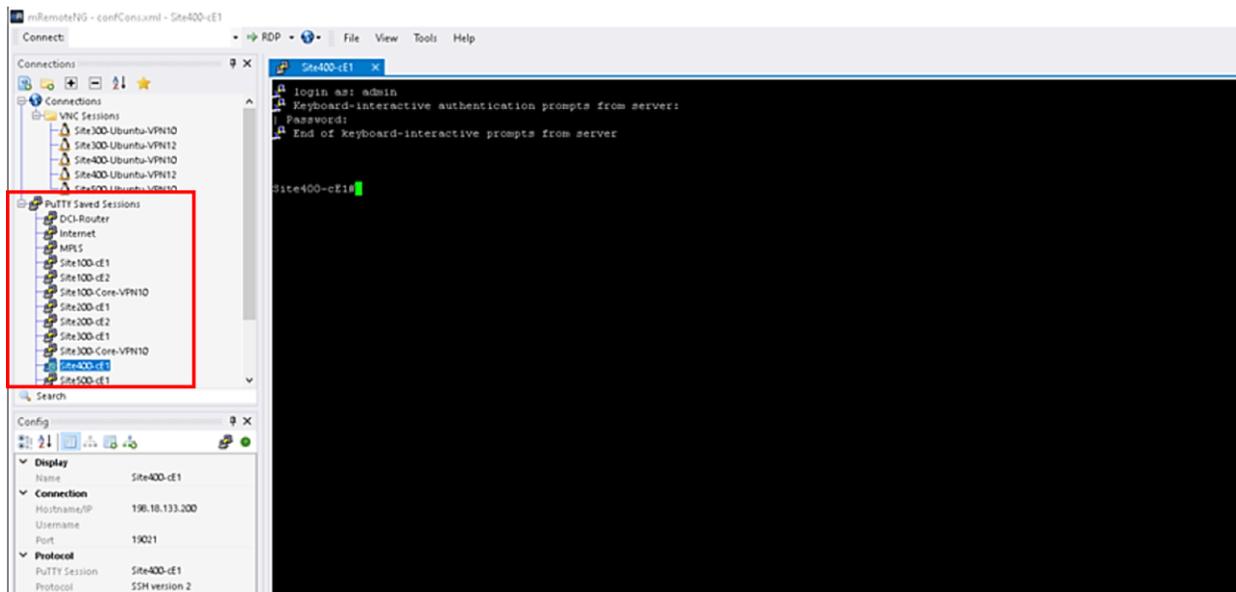
Todas las conexiones de los hosts con Ubuntu están guardadas en la carpeta “VNC Sessions” (Figura 61) y todas las conexiones SSH hacia los dispositivos de la red, están guardadas en la carpeta “PuTTY Saved Sessions” (Figura 62).

Figura 61

Sesiones VNC para acceder a los hosts con Ubuntu

**Figura 62**

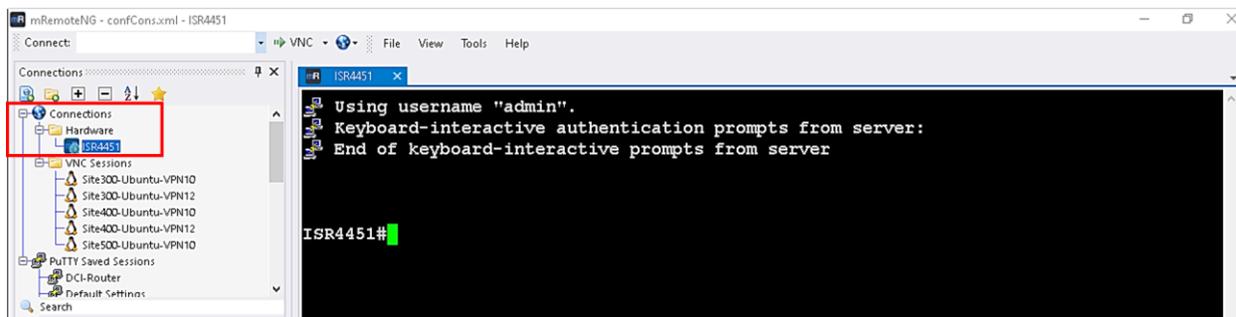
Sesiones SSH para acceder a los dispositivos de la red



Una vez iniciados todos los ambientes virtuales, se procede con la configuración de la agregación de un router ISR 4451 al ambiente SD-WAN para que tenga conectividad con los demás equipos vEdge. Se ejecuta la aplicación mRemoteNG para conectarse, vía SSH, al equipo ISR 4451 (Figura 63).

Figura 63

Conexión al equipo ISR 4451 desde mRemoteNG



Desde el equipo ISR 4451, se ejecutó el comando **show sdwan control local-properties** (Figura 64).

Figura 64

Propiedades de equipo ISR 4451 para integración con SD-WAN

```
ISR4451#show sdwan control local-properties
personality                vedge
sp-organization-name       Viptela-POC-Tool - 19827
organization-name          Viptela-POC-Tool - 19827
root-ca-chain-status       Installed

certificate-status         Installed
certificate-validity        Valid
certificate-not-valid-before Mar 27 14:28:31 2014 GMT
certificate-not-valid-after  Mar 27 14:28:31 2024 GMT

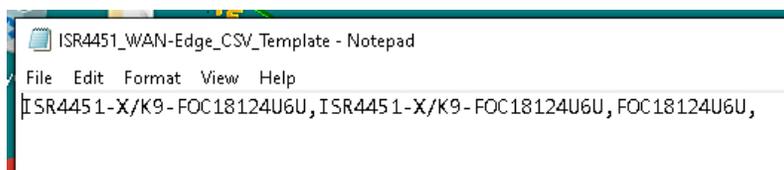
enterprise-cert-status     Not-Applicable
enterprise-cert-validity    Not Applicable
enterprise-cert-not-valid-before Not Applicable
enterprise-cert-not-valid-after Not Applicable

dns-name                   vbond-test-drive
site-id                     600
domain-id                   1
protocol                    dtls
tls-port                    0
system-ip                   1.1.60.1
chassis-num/unique-id      ISR4451-X/K9-FOC18124U6U
serial-num                  0DEB50
subject-serial-num         FOC18124U6U
enterprise-serial-num       No certificate installed
token                       -NA-
keygen-interval             1:00:00:00
retry-interval              0:00:00:19
no-activity-exp-interval    0:00:00:20
dns-cache-ttl               0:00:02:00
port-hopped                 TRUE
time-since-last-port-hop    0:07:35:13
embargo-check                success
number-vbond-peers          1
```

A partir de estos resultados, se procede a copiar los parámetros de chassis-num/unique-id y serial-num, los cuales son reemplazados en el archivo *ISR4451_WAN-Edge_CSV_Template.csv* (Figura 65).

Figura 65

Edición de archivo de configuración del ISR 4451 para agregación a SD-WAN



El archivo *ISR4451_WAN-Edge_CSV_Template.csv*, se carga en vManage (Figura 66 y Figura 67) para actualizar la lista de equipos routers vEdge o WAN Edge List. Con esto, el equipo ISR 4451, ingresa al ambiente SD-WAN.

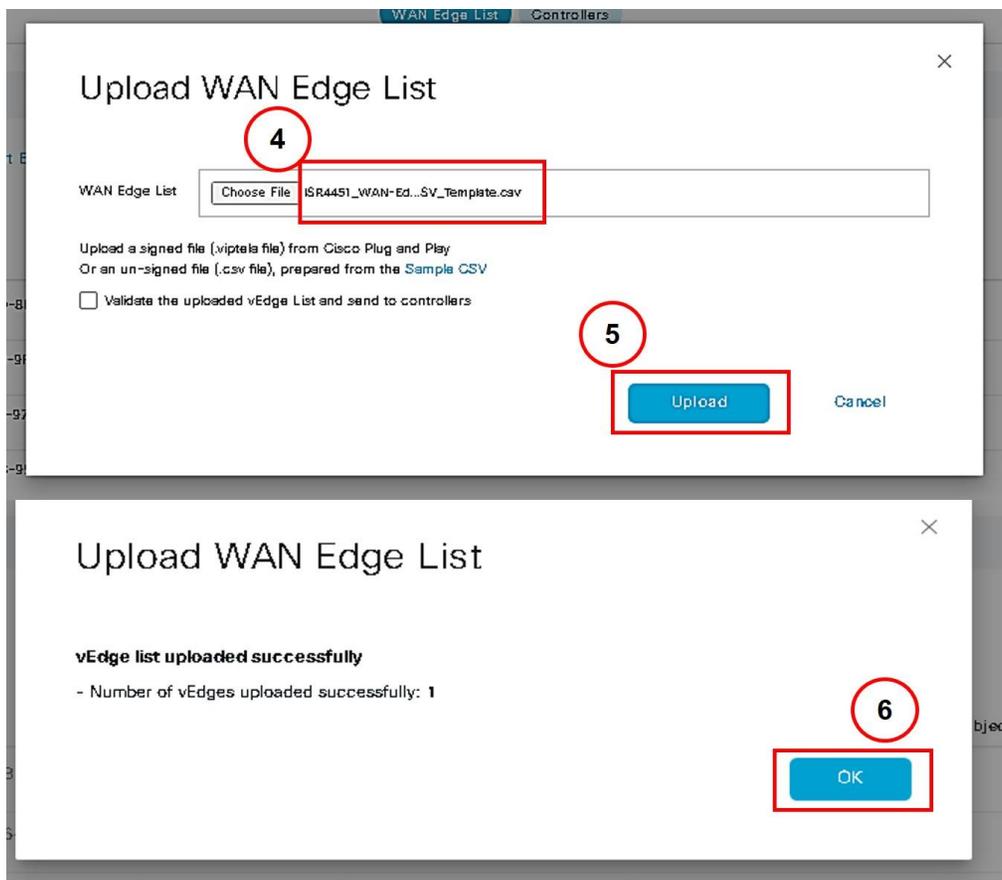
Figura 66

Proceso para actualización de WAN Edge List en vManage (Parte 1)

State	Device Model	Chassis Number	Serial No./Token	Enterprise Cert Serial No	Certificate Expiration Date	Subject SUDI serial #	Hostname	System IP
✓	CSR1000v	CSR-C2F64427-7D08-48CD-8D49-A...	4C3FCEE	NA	Oct 19 21:12:58 2031 UTC	--	Ste100-cE1	1.1.10.1 ...
✓	CSR1000v	CSR-FA7B0A20-10D6-4A69-9F5A-1...	32F194CA	NA	Oct 19 21:16:47 2031 UTC	--	Ste100-cE2	1.1.10.2 ...
✓	CSR1000v	CSR-212D9E25-AD84-4E18-9725-83...	FA18EA6B	NA	Oct 19 19:28:54 2031 UTC	--	Ste200-cE1	1.1.20.1 ...
✓	CSR1000v	CSR-BEAF1155-A0C4-475C-99E9-2...	49A3000C	NA	Oct 19 19:33:40 2031 UTC	--	Ste200-cE2	1.1.20.2 ...
✓	CSR1000v	CSR-AA988EB-FC82-42C1-80A6-4...	173E03CA	NA	Oct 19 21:51:54 2031 UTC	--	Ste300-cE1	1.1.30.1 ...

Figura 67

Proceso para actualización de WAN Edge List en vManage (Parte 2)



Para la verificación de que el equipo ISR 4451 ha ingresado al ambiente SD-WAN desde el vManage, se abre el dashboard principal y se verifica si el número de equipos vEdge aumentó (Figura 68). Adicional, se puede dar clic en Wan Edge donde se despliega la lista de equipos (Figura 69).

Figura 68

Verificación de equipos vEdge en el vManage

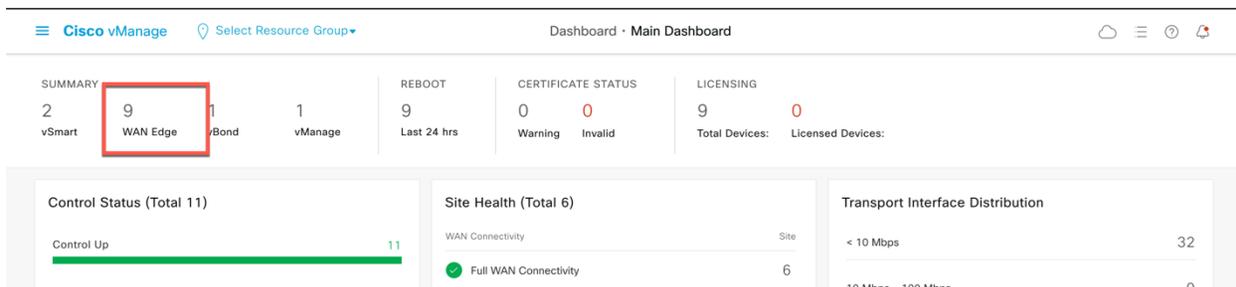


Figura 69

Lista de equipos vEdge en el ambiente SD-WAN

The screenshot shows a table titled 'WAN Edge: Reachable' with the following data:

Reachability	Hostname	System IP	Site ID	Device Model	RFD	OMP	Control	Version	Chassis Number/ID	Serial Number
reachable	Site500-cE2	1.1.50.2	500	CSR1000v	14	2	5	17.06.01a.0...	CSR-19419EB6-5BEB-4D59-8...	2DE72492
reachable	Site100-cE2	1.1.10.2	100	CSR1000v	14	2	5	17.06.01a.0...	CSR-FA7B0A20-10D6-4A69-9...	32F194CA
reachable	ISR4451	1.1.60.1	600	ISR4451-X	16	2	5	17.06.01a.0...	ISR4451-X/K9-FOC18124U6U	0DEB50

De esta manera, el equipo ISR 4451 ha ingresado a la red empresarial inteligente con SD-WAN. Ahora, para que el equipo router ISR4451 brinde conectividad a la nueva sucursal, se debe realizar la configuración del mismo. Para esto, SD-WAN de Cisco proporciona una sección dentro del vManage llamada *Templates*, los cuales son plantillas de configuración pre establecidas y clasificadas por modelo de equipos vEdge. En los Templates se tiene la posibilidad de ejecutar la configuración completa de los equipos vEdge, de acuerdo a las necesidades del negocio. A continuación, la Figura 70, muestra la configuración, vía Templates, del equipo ISR 4451. Como primer paso se realiza el ingreso al Template que ya se encuentra predeterminado, el nombre del Template es *ISR4451-CE_Device_Template*.

Figura 70

Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 1

The screenshot displays the Cisco vManage interface. The top navigation menu is highlighted with a red box and a circled '1'. The main content area shows a table of templates with the 'ISR4451-CE_Device...' row highlighted. A context menu is open over this row, with 'Attach Devices' highlighted by a red box and a circled '2'.

Name	Description	Type	Device Model	Device Role	Resource Group	Feature Templates	Draft Mode	Devices Attached
ISR4451-CE_Device...	Device template of ISR4451-CE with Site ID: 600 and System IP: 1.1.60.1	Feature	ISR4451-X	SDWAN Edge	global	21	Disabled	0
02398314-7c59-44...	Device template of Site100-cE1 with Site ID: 100 and System IP: 1.1.10.1	Feature	CSR1000v	SDWAN Edge	global	25	Disabled	1
b498771b-4dc5-4e...	Device template of Site100-cE2 with Site ID: 100 and System IP: 1.1.10.2	Feature	CSR1000v	SDWAN Edge	global	25	Disabled	1
f9570b3d-c776-446...	Device template of Site200-cE1 with Site ID: 200 and System IP: 1.1.20.1	Feature	CSR1000v	SDWAN Edge	global	25	Disabled	1
0bf8b3cd-3116-4d1...	Device template of Site200-cE2 with Site ID: 200 and System IP: 1.1.20.2	Feature	CSR1000v	SDWAN Edge	global	25	Disabled	1
5d378c4e-69c9-459...	Device template of Site300-cE1 with Site ID: 300 and System IP: 1.1.30.1	Feature	CSR1000v	SDWAN Edge	global	24	Disabled	1

Una vez que se seleccionó el template, se procede a ingresar el equipo al template (Figura 71) y posterior, editar las configuraciones que se aplicarán al equipo ISR4451 (Figura 72), se toma en cuenta la siguiente información:

- Hostname: ISR4451-CE
- System IP: 1.1.60.1
- Site ID: 600

Figura 71

Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 2

Attach Devices

Attach device from the list below

Available Devices Select All

All

Name	Device IP
ISR4451	1.1.60.1

Selected Devices 0 Items Selected

All

Name	Device IP
------	-----------

Attach
Cancel

Cisco vManage Select Resource Group Configuration - Templates

Device Template | ISR4451-CE_Device_Template Total Rows: 1

Status	Chassis Number	System IP	Hostname	Hostname(ISR4451-CE)	System IP(system_system_ip)	Site ID(system_site_id)
●	ISR4451-X/K9-FOC185007VA	1.1.60.1	ISR4451-CE			

...
Edit Device Template

Figura 72

Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 3

POC Tool vManage ThousandEyes

Update Device Template

Variable List (Hover over each field for more information)

Status	in_complete
Chassis Number	ISR4451-X/K9-FOC18124U6U
System IP	1.1.60.1
Hostname	ISR4451
Hostname(ISR4451-CE)	<input style="border: 1px solid red;" type="text" value="ISR4451-CE"/>
System IP(system_system_ip)	<input style="border: 1px solid red;" type="text" value="1.1.60.1"/>
Site ID(system_site_id)	<input style="border: 1px solid red;" type="text" value="600"/>

5

Generate Password
Update
Cancel

Una vez que se realiza el ingreso de la información de configuración del equipo ISR4451, se da clic en *Update* para continuar con el proceso de configuración con el template. La Figura 73, muestra la validación de los datos ingresados para la configuración y la Figura 74, muestra los cambios a nivel de código que se aplicaron en el equipo.

Figura 73

Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 4



Cisco vManage | Select Resource Group | Configuration · Templates

Device Template | ISR4451-CE_Device_Template

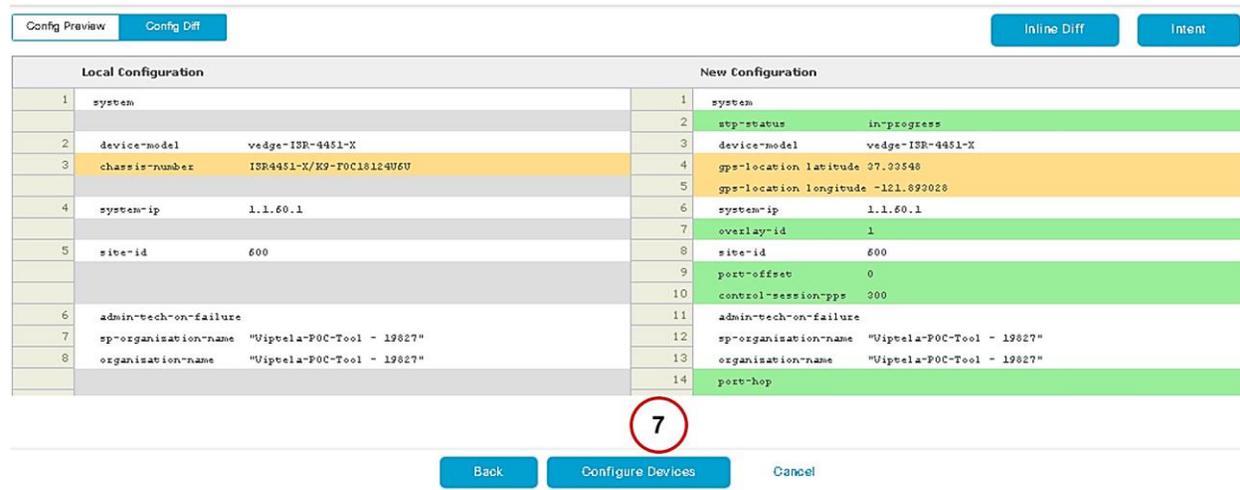
Search

Total Rows: 1

Status	Chassis Number	System IP	Hostname	Hostname(ISR4451-CE)	System IP(system_system_ip)	Site ID(system_site_id)
✓	ISR4451-X/K9-FOC18124U6U	1.1.60.1	ISR4451	ISR4451-CE	1.1.60.1	600

Figura 74

Configuración de ISR 4451 aplicando Templates SD-WAN, parte 5



Config Preview | Config Diff | Inline Diff | Intent

Local Configuration		New Configuration	
1	system	1	system
2	device-model vedge-ISR-4451-X	2	stp-status in-progress
3	chassis-number ISR4451-X/K9-FOC18124U6U	3	device-model vedge-ISR-4451-X
4	system-ip 1.1.60.1	4	gps-location latitude 27.03548
5	site-id 600	5	gps-location longitude -121.892028
6	admin-tech-on-failure	6	system-ip 1.1.60.1
7	sp-organisation-name "Uiptela-POC-Tool - 19827"	7	overlay-id 1
8	organisation-name "Uiptela-POC-Tool - 19827"	8	site-id 600
		9	port-offset 0
		10	control-session-pps 300
		11	admin-tech-on-failure
		12	sp-organisation-name "Uiptela-POC-Tool - 19827"
		13	organisation-name "Uiptela-POC-Tool - 19827"
		14	port-hop

Back | Configure Devices | Cancel

Con esto, se aplican las configuraciones sobre el equipo ISR 4451, a través del Template pre establecido (Figura 75). Cabe recalcar que esta configuración se realiza, de forma remota, desde el controlador vManage, sin tener que estar, de forma presencial, en la sucursal para desplegar el nuevo equipo ISR 4451. Es una de las ventajas que permite SD-WAN.

Figura 75

Template aplicado sobre el equipo ISR 4451

Status	Message	Chassis Number	Device Model	Hostname	System IP	Site ID	vManage IP
Success	Template successfully attach...	ISR4451-X/K9-FOG18124U6U	ISR4451-X	ISR4451	1.1.60.1	600	1.1.1.1

```

[23-Apr-2022 15:23:02 PDT] Configuring device with feature template: ISR4451-CE_Device_Template
[23-Apr-2022 15:23:02 PDT] Checking and creating device in vmanage
[23-Apr-2022 15:23:03 PDT] Generating configuration from template
[23-Apr-2022 15:23:06 PDT] Device is online
[23-Apr-2022 15:23:06 PDT] Updating device configuration in vmanage
[23-Apr-2022 15:23:09 PDT] Sending configuration to device
[23-Apr-2022 15:23:14 PDT] Successfully notified device to pull configuration

```

Ya con el equipo ISR 4451 instalado en el ambiente SD-WAN, procedemos a la configuración del Direct Internet Access (DIA). Esto se hace posible a dos cosas: el despliegue de la red SD-WAN de Cisco, la cual soporta el DIA y la habilitación de un enlace de internet en la sucursal, de acuerdo al diagrama de la arquitectura (ver Figura 53). A continuación, la Figura 76, muestra la habilitación de DIA sobre el equipo ISR 4451 con site 600 para la VPN 10 (Corporativa). En primer lugar, se abre vManage y se da clic sobre el menú desplegable para seleccionar *Configuration* y luego *Templates*. Una vez en *Templates*, se da clic sobre *Feature* (plantillas que permiten configurar características más detalladas del equipo, como por ejemplo interfaces). Como se habilitó DIA para la VPN 10, se seleccionó el *Feature Template VPN_10_Site_600*.

Figura 76

Feature Template para la habilitación de DIA sobre equipo ISR 4451

The screenshot shows the Cisco vManage interface. The left sidebar has 'Configuration' and 'Templates' highlighted in red. The breadcrumb path at the top is 'Configuration · Templates', with 'Feature' highlighted in red. Below the breadcrumb, there are tabs for 'Device' and 'Feature'. A search bar contains 'site600'. The main content area shows a table of feature templates.

Name	Description	Type	Device Model	Device Templates	Resource Group	Devices Attached	Updated By	Last Updated
VPN_10_Ste_600	VPN 10 feature template [...	Cisco VPN	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:10:18 PM
VPN_11_Ste_600	VPN 11 feature template [...	Cisco VPN	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:14:06 PM
VPN_12_Ste_600	VPN 12 feature template [...	Cisco VPN	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:13:41 PM
system_Ste600-ISR445...	System feature of Ste600 ...	Cisco System	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:19:34 PM

Una vez localizado el Feature Template a editar, se procede a navegar por el template hasta llegar a la sección IPv4 Route (Figura 77), donde ingresaremos una ruta por defecto con la siguiente información (Figura 78):

- Prefix: 0.0.0.0/0
- Gateway: VPN
- Enable VPN: Global On

Figura 77

Configuración de IPv4 Route sobre Feature Template de ISR 4451, parte 1

Feature Template > Cisco VPN > VPN_10_Site_600

Device Type: ISR4451-X

Template Name: VPN_10_Site_600

Description: VPN 10 feature template [Site600 - ISR4451]

Basic Configuration | DNS | Advertise OMP | **IPv4 Route** | IPv6 Route | Service | Service Route | GRE Route | IPSEC Route | NAT | Global Route Leak

VPN

Cancel Update

Name	Description	Type	Device Model	Device Templates	Resource Group	Devices Attached	Updated By	Last Updated	Action
VPN_10_Site_600	VPN 10 feature template [Site600 - ISR4451]	Cisco VPN	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:10:18 PM	...
VPN_11_Site_600	VPN 11 feature template [Site600 - ISR4451]	Cisco VPN	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:14:06 PM	...
VPN_12_Site_600	VPN 12 feature template [Site600 - ISR4451]	Cisco VPN	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:13:41 PM	...
system_Site600-ISR4451-X	System feature of Site600 - ISR4451-X	Cisco System	ISR4451-X	1	global	1	admin	12 Jan 2022 8:19:34 PM	...

Figura 78

Configuración de IPv4 Route sobre Feature Template de ISR 4451, parte 2

Feature Template > Cisco VPN > VPN_10_Site_600

Basic Configuration | DNS | Advertise OMP | **IPv4 Route** | IPv6 Route | Service | Service Route | GRE Route | IPSEC Route | NAT | Global Route Leak

New IPv4 Route

Optional Prefix Gateway Selected Gateway Configuration Action

No data available

Cancel Update

Feature Template > Cisco VPN > VPN_10_Site_600

Basic Configuration | DNS | Advertise OMP | **IPv4 Route** | IPv6 Route | Service | Service Route | GRE Route | IPSEC Route | NAT | Global Route Leak

Prefix: 0.0.0.0/0

Gateway: Next Hop Null 0 VPN DHCP

Enable VPN: On Off

Add Cancel

Optional Prefix Gateway Selected Gateway Configuration Action

Cancel Update

Se procede a añadir la nueva ruta y posterior a realizar la actualización del Template global. Se verifica los cambios que se aplicaron y se dio clic a Configure Device (Figura 79 y Figura 80).

Figura 79

Aplicación del Feature Template modificado sobre ISR 4451

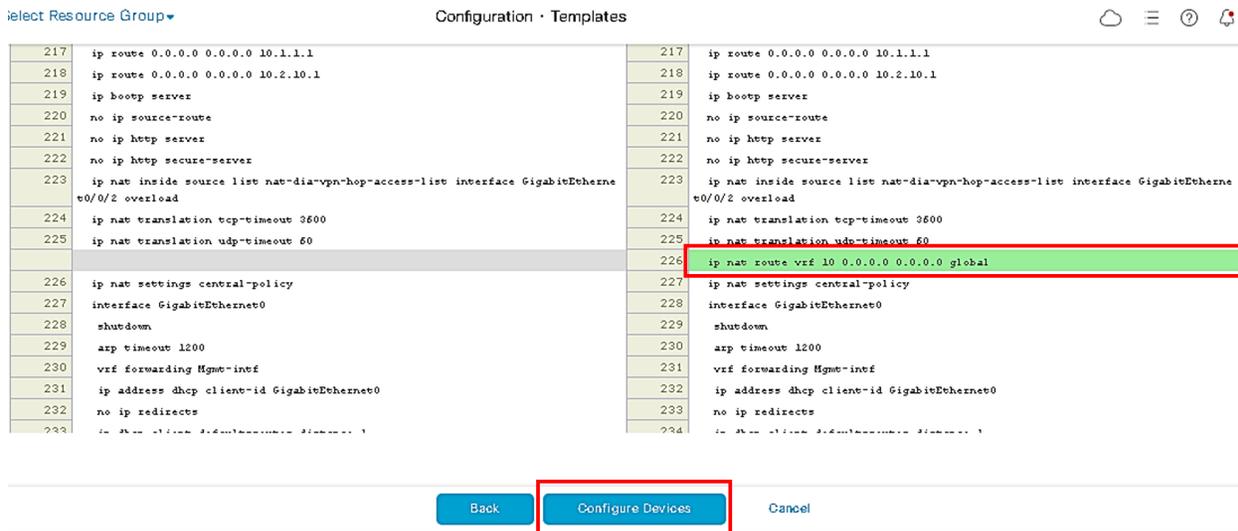
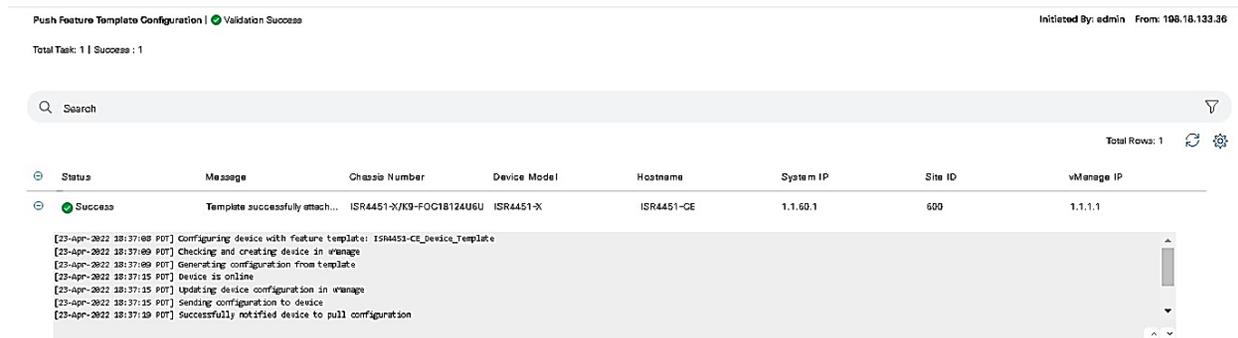


Figura 80

Equipo ISR 4451 configurado con DIA



Resultados

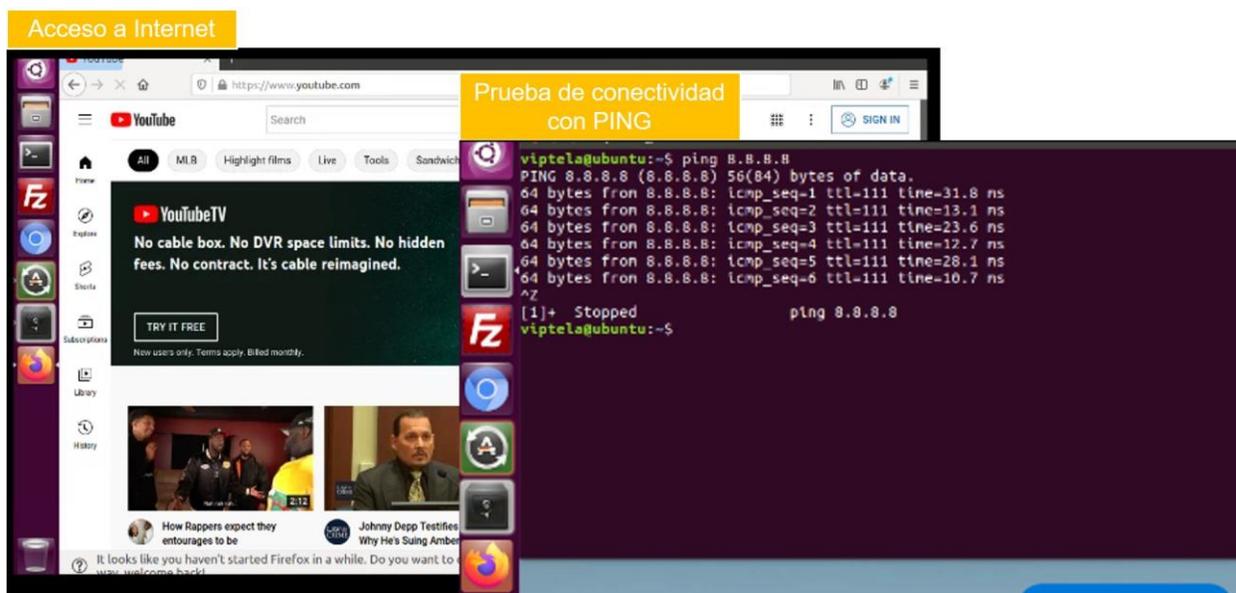
El objetivo de la simulación de red empresarial inteligente fue logrado, se pudo levantar SD-WAN con la solución de Cisco y configurar Direct Internet Access (DIA) en las sucursales. El tráfico destinado a internet, ya no viaja a través de la red de datos privada MPLS ni pasa por

la sede matriz, sino que, dicho tráfico viaja a través de la conexión a internet instalada en la sucursal. Con esto, se logra descongestionar el canal privado MPLS dejando que solo las aplicaciones bajo las subredes internas circulen por este. A continuación, se muestran pruebas de conectividad basadas en el comando PING y TRACEROUTE ejecutados desde la sucursal 3. Con esto se demuestra que el Direct Internet Access queda configurado e implementado.

La Figura 81, muestra la conexión a internet desde un computador de la sucursal 3 en VPN 10, antes de implementar DIA. Es decir, el tráfico del usuario hacia internet aun pasando por la sede matriz.

Figura 81

Tráfico de internet desde sucursal 3 antes de aplicar DIA



La Figura 82, muestra una prueba de traceroute, la cual evidencia el paso del tráfico hacia internet por la sede matriz.

topologías de WAN tradicional. Estas redes tradicionales reenvían todo el tráfico de internet a las sedes matrices o centros de datos de las empresas, lo que genera latencia de paquetes, caídas y fluctuaciones. Además, la red tradicional, se enfrenta de manera constante, al desafío de los elevados costos asociados con la implementación y la compleja administración.

Una forma de superar estos desafíos dentro de una empresa es implementar la solución Direct Internet Access (DIA) con SD-WAN de Cisco. DIA es un componente de la arquitectura SD-WAN de Cisco, en la que cierto tráfico de internet o tráfico hacia las nubes privadas y públicas desde las sucursales, se puede enrutar directamente a internet, evitando así la latencia de centralizar el tráfico de internet en una sede matriz. Al implementar DIA con SD-WAN se generan una serie de beneficios tangibles e intangibles descritos en la Tabla 14.

Tabla 14

Beneficios tangibles e intangibles de DIA con SD-WAN

Beneficios	Descripción
Tangibles	
Reducción de costos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de los costos operativos y de gestión a través de una administración centralizada que normalmente estaba basada en la nube. • Reducción de los costos de la red WAN mediante el uso de Internet más económico o conectividad LTE como alternativa a MPLS.
Optimización de uso de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del ancho de banda a través de la activación de enlaces de respaldo inactivos y equilibrio de carga dinámico. • Eliminación de equipos de borde que realicen tareas como el acceso directo a internet (DIA).

Desempeño	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer un acceso a la nube más rápido al habilitar el acceso directo a Internet en la sucursal (DIA).
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Service Level Agreement (SLA) o acuerdos de niveles de servicio más robustos, permitiendo a las empresas disminuir los costos por pérdida del servicio de comunicaciones.
Intangibles	
Satisfacción del empleado	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la experiencia de usuario con respecto al uso de aplicaciones basadas en internet. • Mejora la experiencia de usuario con respecto al uso de aplicaciones internas, ya que SD-WAN permite verificar el desempeño de los canales WAN y seleccionar el mejor.
Innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsa la transformación digital de la empresa a través de la innovación del uso de redes inteligentes.

A continuación, la Tabla 15, muestra un análisis de ventajas y desventajas que pueden presentarse en la implementación de la solución DIA con SD-WAN de Cisco en las empresas. Para obtener un mejor análisis, se usaron tres fases (DIO) de la metodología de implementación de redes PPDIOO (Preparación, Planificación, Diseño, Implementación, Operación y Optimización), las fases usadas son: Diseño, Implantación y Operación.

Tabla 15

Ventajas y desventajas de la implementación de DIA con SD-WAN

Fases	Ventajas	Desventajas
-------	----------	-------------

Diseño

-
- Varios modelos de diseño de DIA para seleccionar y ajustar dependiendo de la arquitectura de red actual de la empresa.
 - Gran cantidad de modelos de equipos Cisco que soportan el licenciamiento para configurar SD-WAN y DIA.
 - El internet que usa DIA, no necesariamente tiene que ser corporativo (1:1). DIA se adapta inclusive a internet de banda ancha o de uso compartido.
 - DIA se adapta a la segmentación lógica de la empresa, para que se pueda definir que subredes usarán DIA.
 - Software de simulación, como DCloud, que permiten entender el funcionamiento y posteriori diseñar una red con DIA que se ajuste a las necesidades del negocio.
- Pocas empresas proveedoras de servicio con conocimiento exhaustivo de DIA y SD-WAN.
 - Desconocimiento de la solución DIA con SD-WAN por parte de las áreas tecnológicas de las empresas.
-

Implantación	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de migración a una solución DIA con SD-WAN de bajo impacto. Esto se debe a que SD-WAN puede coexistir con ambientes de redes WAN tradicional, como por ejemplo MPLS. - Configuraciones de habilitación de DIA sencillas y sin alta complejidad, lo que permite evitar errores humanos. - Implementación a base de Interfaz gráfica de usuario (GUI) gracias al dashboard de vManage. Evita errores involuntarios. - Mejor experiencia de los usuarios de las sucursales con respecto a las aplicaciones basadas en internet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento de la situación actual de la red de datos de la empresa. - Alcance de implementación abierto, lo que puede generar puertas abiertas para no terminar un proyecto de implantación de DIA con SD-WAN 	
	Operación (Mantenimiento)	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de consumo de ancho de banda, latencia y ahorro de costos en los enlaces WAN privados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de conocimiento, por parte del personal de operación y mantenimiento de las redes, con respecto a la solución SD-WAN y DIA.

-
- Monitoreo y troubleshooting centralizado gracias al dashboard de vManage.
-

Para la ejecución de la implementación de la solución DIA con SD-WAN en una empresa, se deben tomar en cuenta los siguientes costos de manera general, descritos en la Tabla 16.

Tabla 16

Descripción de costos para la implementación de DIA con SD-WAN

Costos	Descripción
Costos iniciales	
Preparación técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Posiblemente se necesite realizar alguna inversión en servicios de internet (corporativo, banda ancha, LTE) para adaptarse a la nueva solución DIA con SD-WAN.
Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Tal vez resulte necesario contratar servicios profesionales para ocuparse de la migración de la red WAN tradicional a una solución de red inteligente SD-WAN y DIA.
Formación	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible que el personal de TI de la empresa requiera formarse para iniciar con la gestión de la nueva solución.
Cambio organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Los procesos posiblemente requieran tareas de reingeniería para adaptarse a las necesidades específicas de la solución SD-WAN y DIA (por ejemplo,

gestión del cambio, monitoreo del uso de recursos, disposición del acceso del usuario, auditoría interna).

Costos recurrentes

- | | |
|--|---|
| Tarifas de suscripción | <ul style="list-style-type: none"> • Estas comprenderán las tarifas periódicas acordadas (mensuales, trimestrales o anuales) por el uso del servicio de la solución DIA con SD-WAN. |
| Gestión de proveedores | <ul style="list-style-type: none"> • Estos costos están asociados a actividades de monitoreo de los proveedores de servicio, gestión de contrataciones, monitoreo y cumplimiento de acuerdos de nivel de servicio (SLA) o cualquier otra actividad cuyo objetivo sea gestionar la entrega y evaluación del servicio de la solución DIA y SD-WAN. |
| Reducción o aumento de características | <ul style="list-style-type: none"> • A menos que se especifique lo contrario en el contrato, algunos proveedores pueden cobrar por reducir o aumentar configuraciones de aplicación de nuevas características de la solución DIA y SD-WAN. |

Costos de terminación del servicio

- | | |
|--|---|
| Regresar a un modelo de red tradicional o cambiar a otro proveedor de servicio | <ul style="list-style-type: none"> • Es posible que la empresa necesite regresar a un modelo de red WAN tradicional si las reglas del negocio así lo ameriten. |
|--|---|
-

En la fase de diseño se deben establecer los prerrequisitos para que se pueda implementar tanto la solución SD-WAN como la solución DIA. Para esto, a continuación, se presentan los apartados de prerrequisitos para que las empresas y los proveedores de servicio tengan una guía al momento de montar un diseño SD-WAN con DIA.

Prerrequisitos Para La Implementación De La Solución SD-WAN

La implementación de la solución SD-WAN de Cisco demanda de algunos requisitos generales previos a su implementación. Cabe recalcar que estos requisitos pueden variar dependiendo del diseño y la finalidad que se le dará a la solución SD-WAN.

- Controladores SD-WAN: vManage, vBond y vSmart completamente configurados y desplegados. Los controladores pueden ser implementados en las premisas del cliente o en la nube de Cisco, inclusive en nubes como Amazon Web Server (AWS), Azure, Google Cloud, etc. Lo más común es que los controladores estén implementados en la nube de Cisco.
- Equipos routers Cisco de la serie ISR o ASR que soporten IOS XE SD-WAN o equipos Viptela con sistema operativo Viptela OS. Estos equipos deben ser dimensionados, en función a la capacidad y ancho de banda que manejarán por cada sede.
- Licenciamiento SD-WAN que será dimensionado de acuerdo a tres parámetros importantes: ancho de banda, tipo de licencia (Essential, Advantage y Premier) y el tiempo de contratación del servicio SD-WAN.
- De forma obligatoria, cada sede donde se implemente SD-WAN, debe tener una conexión a internet. Este caso solo aplica cuando los controladores son desplegados en la nube de Cisco. Cuando los controladores son implementados en las premisas del cliente, se debe asegurar que exista una conexión directa hacia estos (puede ser MPLS).
- Mínimo dos conexiones de redes WAN (MPLS, Internet corporativo / banda ancha, 4G LTE, 5G, etc.) por cada sede de la empresa. Las conexiones WAN pueden ser combinadas: MPLS e Internet, MPLS y MPLS, Internet e Internet, MPLS Internet y LTE, etc.

- Conectividad de extremo a extremo entre los equipos vEdge, es decir una red underlay totalmente desplegada. Sobre esta red se implementarán los túneles IPsec que son la esencia de la solución SD-WAN.

Prerrequisitos Para La Implementación De La Solución Direct Internet Access – DIA

Para la implementación de la solución DIA se debe asegurar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Los controladores SD-WAN (vManage, vBond y vSmart) deben estar correctamente configurados e implementados.
- Los routers Cisco de la serie ISR y ASR que soportan IOS XE SD-WAN y los routers Viptela vEdge, deben estar configurados mediante Templates (plantillas de configuración) a través del dashboard de vManage. Esto asegura que la solución SD-WAN despliegue su red overlay y se puedan aplicar políticas y configuraciones como el Direct Internet Access (DIA).
- Todos los dispositivos de red adyacentes a los routers vEdge deben estar correctamente configurados.

Conclusión General De Las Simulaciones

Con base en la primera simulación, se evidencia como cualquier tipo de tráfico que generen las sucursales de una empresa terminan concentrándose en matriz; incluyendo el tráfico direccionado hacia el internet. En este tipo de arquitectura de red, la empresa debe contratar servicios de transporte de datos para interconectar todas sus sucursales hacia la matriz. En este esquema, las aplicaciones que basan su funcionamiento en internet, pueden ser afectadas debido al aumento de número de saltos de red que se inyectan en el trayecto desde una petición que salga desde la sucursal hacia internet, debido a la centralización que existe en matriz.

En la segunda simulación donde se implementa SD-WAN con DIA, se evidencia que todo el tráfico direccionado hacia internet cuenta con una derivación exclusiva. El tráfico generado por aplicaciones internas de la empresa, es decir, que necesariamente tengan que llegar a matriz se mantiene gracias al servicio de datos que aún se encuentra instalado en toda las sucursales y matriz. Para lograr esta funcionalidad, la empresa debe contratar un servicio de transporte de datos y un servicio de internet por cada sitio. En este punto, la empresa puede realizar un downgrade a la capacidad de internet en matriz, ya que todas las sucursales tendrán su propia salida al internet. Este tipo de arquitectura brinda un beneficio especial a las aplicaciones que funciona con internet, ya que el número de saltos para salir a internet es menor en comparación al de la primera simulación. Este beneficio podría mejorar el desempeño de las aplicaciones basadas en la nube.

Capítulo IV

Caso De Negocio: Evaluación Financiera De La Implementación DIA SD-WAN En La Empresa Aroma Melis

Análisis De La Situación Actual De La Empresa Aroma Melis

Estructura De La Empresa

Aroma Melis fue fundada en el año 1995 en la ciudad de Quito – Ecuador. Es una empresa que se dedica a la fabricación de tés aromáticos, los cuales son 100% naturales, orgánicos y elaborados con mano de obra 100% local con materia prima de calidad. El logotipo de la empresa Aroma Melis, se muestra en la Figura 85.

Figura 85

Logotipo Empresa Aroma Melis



Aroma Melis distribuye tés aromáticas a las principales marcas de supermercados del país, como son: Supermaxi, Megamaxi, AKI, Gran AKI, Santa María y Mega Santamaría. De esta forma, se pueden encontrar todos sus productos a nivel nacional.

Aroma Melis tiene su sede principal en la ciudad de Quito – Ecuador, en la dirección: Av. De Los Shyris N32-218 y Av. Eloy Alfaro y cuenta con tres sedes sucursales distribuidas de la siguiente manera (Tabla 17).

Tabla 17*Ubicaciones geográficas de las sucursales de Aroma Melis*

Sedes	Ubicación	Operación
Matriz	Quito, Av. De Los Shyris N32-218 y Av. Eloy Alfaro.	Centro principal de operaciones
Sucursal Puenbo	Finca Puenbo, Av. Juana Ñarumba SN y Apóstol Santiago	Centro de acopio y procesamiento
Sucursal Guayaquil	Av. Francisco de Orellana y Callejón 16 19B	Centro de ventas
Sucursal Ibarra	Av. Mariano Acosta y Gabriela Mistral	Centro de ventas

Misión, Visión y Objetivos**Misión.**

Elaborar tés aromáticos 100% naturales, orgánicos, con materia prima de calidad y con mano de obra 100% nacional.

Visión.

Ser la empresa número uno en la elaboración de tés aromáticos y estar presentes todos los días en las mesas de nuestros clientes brindando siempre el mejor sabor.

Objetivos.

Elaborar y comercializar el mejor té aromático del Ecuador, con materia prima de alta calidad y a través de procesos estandarizados.

Utilizar procesos sustentables y amigables con el medio ambiente en la elaboración de tés aromáticos.

Generar nuestra propia materia prima, seleccionada bajo altos estándares internacionales y así, producir el mejor té aromático del Ecuador.

Plan Estratégico

Aroma Melis cuenta como meta ampliar su producción de tés aromáticos para que sean distribuidos a más sitios a nivel nacional, mediante:

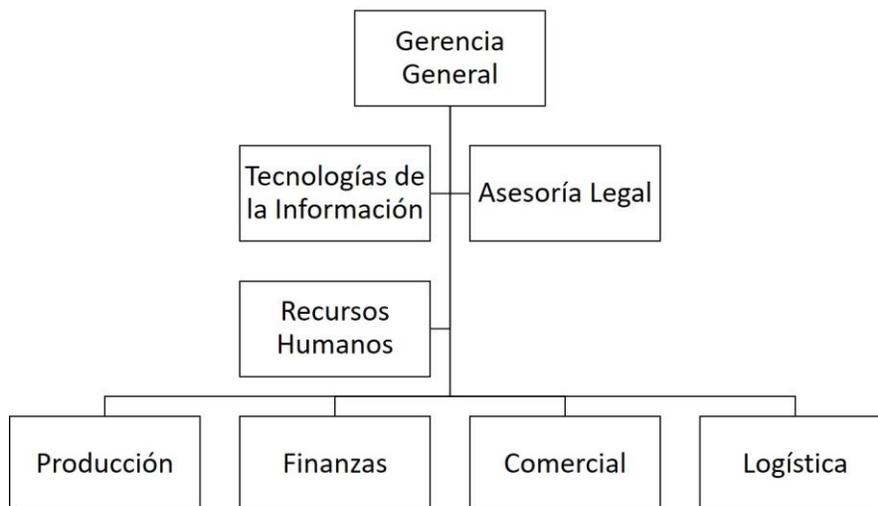
- Potencialización de granjas de sembríos de plantas aromáticas en la finca de Aroma Melis, aumentado así, la producción de materia prima.
- Potencializar el área de producción con tecnología de vanguardia que ayuden a la optimización de los procesos.
- Obtención de una certificación de estandarización de procesos para garantizar la producción, elaboración y comercialización de los productos de Aroma Melis.
- Aumentar el volumen de ventas de los productos que ofrece Aroma Melis, con campañas en medios publicitarios y redes sociales.
- Optimizar el trabajo del día a día de los empleados, implementando nuevas tecnologías de la información que apalanquen el crecimiento de la producción y comercialización de los productos de Aroma Melis.

Organigrama de Aroma Melis

Aroma Melis se encuentra constituida por el siguiente organigrama a nivel general (Figura 86). Como se puede apreciar, el departamento de Tecnologías de la Información es área transversal a todos los departamentos de la empresa, asegurando así, que Aroma Melis apuesta por la tecnología como medio para potencializar sus procesos productivos.

Figura 86

Organigrama de Empresa Aroma Melis

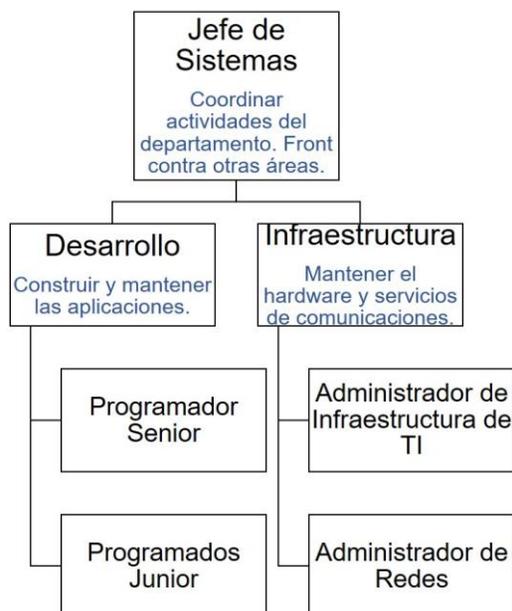


Como parte del desarrollo del presente trabajo de titulación, está realizar el análisis de factibilidad financiera de la implementación de nuevas tecnologías en la empresa Aroma Melis. Es por esta razón, que en adelante se revisa estructuras y arquitecturas con respecto a la situación actual tecnológica de Aroma Melis.

Aroma Melis cuenta con un departamento de tecnologías de la información (TI), el cual, está dedicado a diseñar y desarrollar sistemas informáticos internos, dar soporte técnico a los usuarios, entregar servicios electrónicos (computadores, tablets, teléfonos, sensores, etc.) y de la investigación de nuevas tecnologías para fomentar la innovación con la finalidad de aportar con el desarrollo productivo de la empresa. El departamento de TI está conformado por el siguiente equipo, descrito en la Figura 87.

Figura 87

Organigrama del departamento de TI de Empresa Aroma Melis



La arquitectura de TI de la empresa Aroma Melis se encuentra dividida en dos partes funcionales. La primera representa la arquitectura de aplicaciones y software que la empresa utiliza en el día a día y son la que posibilitan a los otros departamentos, ejecutar su trabajo. La Tabla 18, muestra las aplicaciones que actualmente usa Aroma Melis.

Tabla 18

Arquitectura de aplicaciones y software de Aroma Melis

Aplicación	Licencia	Objetivo	Modo de operación
ERP (Enterprise Resource Planning) Aroma Melis	Si	Brindar soporte en la producción y distribución de té aromáticos	Aplicación basada en internet
Microsoft 365 (Word, Excel,	Si	Proporcionar herramientas	Aplicación basada en internet

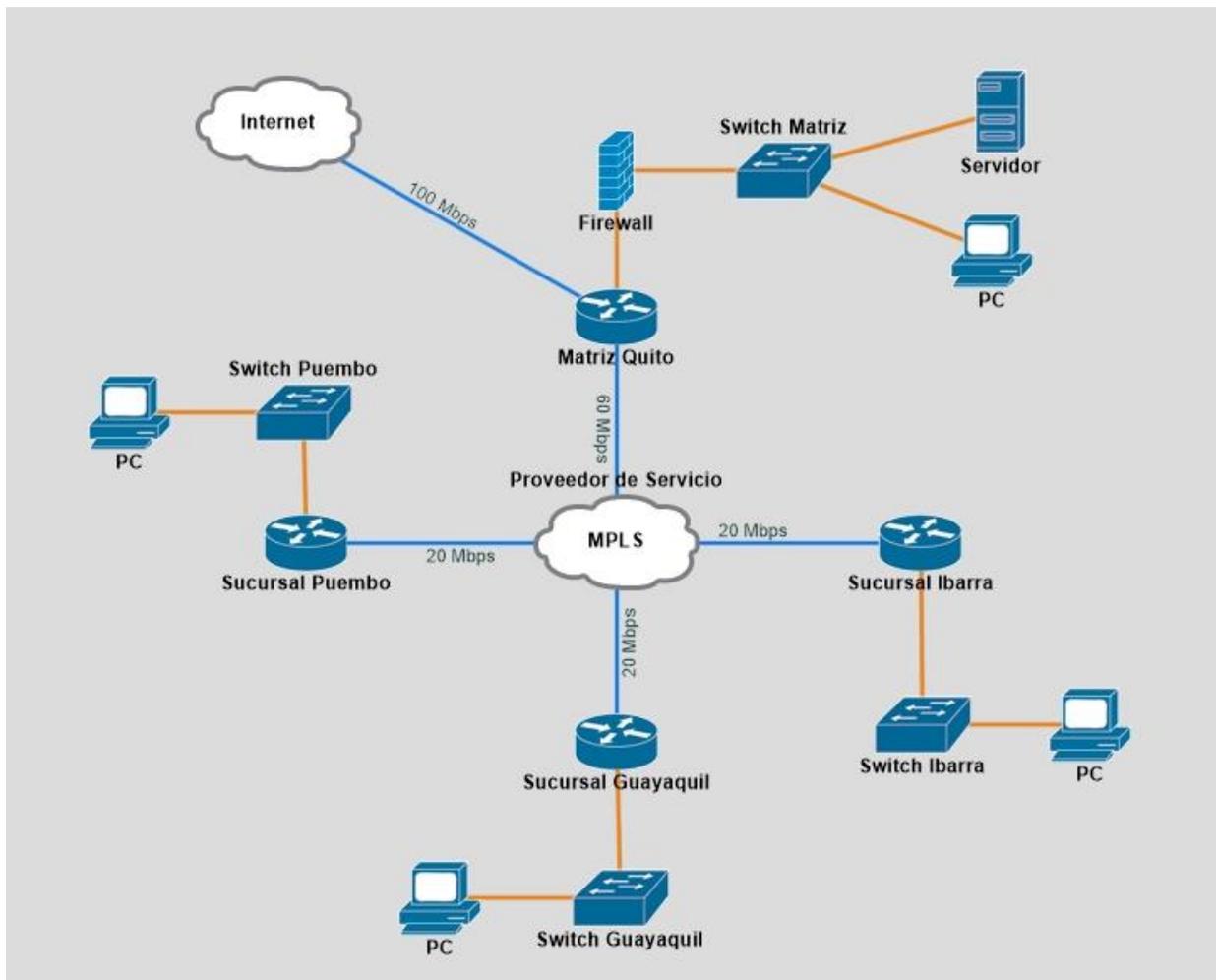
Power Point, One Drive, Outlook y Teams)		ofimáticas a los usuarios, incluye almacenamiento en la nube, correo y comunicaciones	
Salesforce (Customer Relationship Management – CRM)	Si	Gestionar prácticas y estrategias del negocio enfocadas en el relacionamiento con los clientes. Proporcionar un ambiente de respaldo sobre servidores	Aplicación basada en internet
Respaldo de Base de Datos	No	ubicados en la sede matriz, de la información recopilada en las sucursales.	Aplicación interna (no usa internet)
Marcador de ingreso y salida de empleados	No	Gestionar la hora de entrada y salida de los empleados.	Aplicación interna (no usa internet)

La segunda parte de la arquitectura de TI está basada en las comunicaciones de datos entre todas las sedes de la empresa Aroma Melis. La empresa cuenta con un diseño de red empresarial tradicional, con servicio de enlaces de WAN privados para transporte de datos en

las sedes sucursales y en matriz se añade un servicio de internet centralizado, que brinda el acceso a todas las demás sedes (Figura 88).

Figura 88

Arquitectura de comunicaciones de datos de la empresa Aroma Melis



A continuación, la Tabla 19, muestra los servicios de comunicaciones de datos contratados por la empresa Aroma Melis.

Tabla 19

Servicio de comunicaciones de datos de la empresa Aroma Melis

Sede	Tipo de servicio	Capacidad [Mbps]	Tecnología de última milla
------	------------------	------------------	----------------------------

Matriz	Internet Corporativo 1:1	100	Fibra óptica
	Datos IP VPN	60	Fibra óptica
Sucursal Puenbo	Datos IP VPN	20	Fibra óptica
Sucursal Guayaquil	Datos IP VPN	20	Fibra óptica
Sucursal Ibarra	Datos IP VPN	20	Fibra óptica

La Tabla 20 muestra el plan de direccionamiento IP de todas las sedes de la empresa Aroma Melis.

Tabla 20

Plan de direccionamiento IP de la empresa Aroma Melis

Sede	Subred /		Direcciones IP disponibles para hosts
	Máscara de subred	IP Gateway	
Matriz Quito	192.168.1.0/24	192.168.1.1/24	192.168.1.2 – 192.168.1.254
Sucursal Puenbo	192.168.2.0/24	192.168.2.1/24	192.168.2.2 – 192.168.2.254
Sucursal Guayaquil	192.168.3.0/24	192.168.3.1/24	192.168.3.2 – 192.168.3.254
Sucursal Ibarra	192.168.4.0/24	192.168.4.1/24	192.168.4.2 – 192.168.4.254

Como se puede apreciar en la Tabla 20, la empresa Aroma Melis maneja segmentos de redes IP planas en cada sede, es decir, no cuenta con una segmentación de redes o VLANs que permitan independizar el tráfico de datos por perfiles. Finalmente, Aroma Melis cuenta con un inventario de equipos de red que le permiten establecer la conectividad entre todas sus sedes. A continuación, la Tabla 21 muestra dicho inventario.

Tabla 21*Inventario de equipos de red de la empresa Aroma Melis*

Sede	Número	Equipos
	1	Switch Cisco L3 administrable
	1	Firewall Fortigate 40F
	3	Servidor DELL
Matriz	5	Computadoras de escritorio
	3	Laptops
	2	Access Point Meraki
	1	Impresora multifunción Epson L3250
	1	Switch Cisco L2 administrable
Sucursal Puenbo	4	Computadoras de escritorio
	1	Access Point Meraki
	1	Impresora multifunción Epson L3250
	1	Switch Cisco L2 administrable
	2	Computadoras de escritorio
Sucursal Guayaquil	1	Laptop
	1	Access Point Meraki
	1	Impresora multifunción Epson L3250
	1	Switch Cisco L2 administrable
	1	Computadora de escritorio
Sucursal Ibarra	3	Laptops
	1	Access Point Meraki
	1	Impresora multifunción Epson L3250
Total	36	Equipos de red

Identificación De La Problemática

Los empleados de la empresa Aroma Melis han estado notificando al departamento de TI, de forma constante, lentitud en la ejecución de las aplicaciones Microsoft 365, Salesforce y el ERP. Esto ha generado una baja de la productividad en el trabajo diario de los empleados. El departamento de TI ha identificado que dichas aplicaciones, son aquellas que están basadas en internet y determinaron que el posible problema radica en la arquitectura de red actualmente implementada. El tráfico de las aplicaciones que están basadas en internet, de todas las sucursales, debe viajar por la red WAN MPLS del proveedor de servicio hasta la sede matriz y, a partir de esta, salir al internet. Este trayecto hace que se inyecte más saltos de red y, por ende, mayor latencia a las aplicaciones, obteniéndose como resultado una pésima experiencia del usuario con las aplicaciones. Cabe recalcar que el problema se presenta, desde cuando se implementaron las aplicaciones basadas en internet. Antes no se presentaba este problema, ya que la empresa Aroma Melis solo contaba con aplicaciones internas que no necesitaban de internet para ejecutar sus funciones.

Con base en este análisis, el departamento de TI propone una reestructuración de su arquitectura de red, que actualmente está basada en redes tradicionales, a una arquitectura de red empresarial inteligente. La solución que se propone analizar para una posible implementación es el SD-WAN con la funcionalidad Direct Internet Access (DIA).

Para validar la inversión que se tiene que realizar por una posible reestructuración de la red empresarial de Aroma Melis, se utilizó el marco de referencia Val IT.

Evaluación financiera basada en Val IT

Para iniciar un proyecto de TI es importante justificar la inversión en términos de costo – beneficio. Es por esta razón que se destaca el marco de referencia Val IT, el cual, proporciona una guía para la generación de valor a través del caso de negocio. El caso de negocio esta estructurado en ocho pasos, los cuales se elaboran a continuación.

Elaboración de una hoja de datos

En esta sección se recolecta la información relevante de la empresa Aroma Melis (Tabla 22) para realizar un análisis de la alineación estratégica, beneficios financieros y no financieros, y los riesgos, de acuerdo con su capacidad tecnológica, operativa y financiera.

Tabla 22

Hoja de datos del caso de negocio

Especificación		Especificación por Nivel		
General				
		Capacidad Tecnológica	Capacidad Operativa	Capacidad del Negocio
Resultados	Mejorar el desempeño de las aplicaciones basadas en internet. Mejorar la experiencia de usuario con el uso de aplicaciones basadas en internet.	Reestructurar la red de comunicaciones de una arquitectura tradicional a una arquitectura de red inteligente basada en SD-WAN con DIA.	Aumentar la productividad de los empleados por medio de un mejor desempeño de las aplicaciones basadas en internet.	Potencializar la producción y comercialización de los téis aromáticos de Aroma Melis.
Alineación	La implementación de una red inteligente basada en la solución SD-WAN con DIA	La implementación de esta solución se alinea con la innovación tecnológica promulgada por el	La implementación de esta solución se alinea con la optimización de los procesos que	La implementación de esta solución se alinea con el aumento de presencia de

	contribuirá con el aumento del volumen de ventas de los productos que ofrece Aroma Melis y optimizará el trabajo del día a día de los empleados haciendo crecer la productividad.	departamento de TI de la empresa Aroma Melis.	garantizan la producción y comercialización de productos de Aroma Melis.	productos de Aroma Melis en el mercado nacional.
Beneficios Financieros		Reducción de costos relacionados con los servicios de comunicaciones de datos de la empresa.	Reducción de los costos operativos y de gestión a través de una administración centralizada posibilitada por la red inteligente SD-WAN con DIA.	Aumento de ingresos para la empresa gracias a acuerdos de niveles de servicio más robustos. Disminución de costos por pérdida del servicio de comunicaciones.

activación de enlaces de
respaldos inactivos.

Beneficios No Financieros	<p>Aumento del tiempo de respuesta de aplicaciones basadas en internet, generando una mejor experiencia al usuario, apalancando la agilidad en la productividad de los empleados y aumentando la calidad del producto dando valor a la marca Aroma Melis.</p>	<p>La solución SD-WAN tiene la capacidad de configurar una salida directa a internet desde las sucursales conocida como DIA. Esto mejora la experiencia de usuario con respecto al uso de aplicaciones basadas en internet.</p>	<p>Las aplicaciones basadas en internet cuentan con una salida directa, sin tener que pasar por un punto centralizado, el cual, genera retardos. Esto reduce el tiempo de respuesta de las aplicaciones haciendo más ágil el trabajo de los empleados.</p>	<p>Aumento de la calidad del producto, satisfacción del cliente y del posicionamiento de la marca Aroma Melis.</p>
--------------------------------------	---	---	--	--

**Recursos y
Gastos**

<p>Contratación de la solución SD-WAN a un proveedor de servicios. Esto puede incurrir en alguna inversión en servicios de internet, servicios profesionales para la migración de la arquitectura actual a la nueva solución SD-WAN con DIA, formación al personal de TI para la gestión de la nueva solución.</p>	<p>Inversión en el cambio organizacional donde se requerirá tareas de reingeniería para adaptarse a las necesidades específicas de la nueva solución como, por ejemplo: gestión del cambio, monitoreo del uso de recursos, disposición del acceso del usuario, auditoría interna</p>	<p>La empresa deberá invertir en la renovación de licenciamientos asociados a la nueva solución de comunicaciones.</p>
--	--	--

Análisis De Alineación

La ejecución de este apartado se central en dos tipos de alineaciones relevantes en el contexto de las inversiones de negocio posibilitadas por TI:

1. Asegurar la optimización de las inversiones relacionadas con TI para dar soporte a los objetivos de negocio estratégicos.
2. Asegurar la alineación de las inversiones relacionadas con TI con la arquitectura de empresa deseada. Cabe destacar que este asunto puede formar parte del análisis de riesgo, pero dado la creciente importancia de la arquitectura de la empresa, también puede ser considerado como cuestión de alineación.

Con respecto al primer tipo de alineación, la implementación de la nueva solución SD-WAN con DIA y la reestructuración de la arquitectura de red tradicional a una red inteligente, brindará soporte a los siguientes objetivos estratégicos de la empresa Aroma Melis:

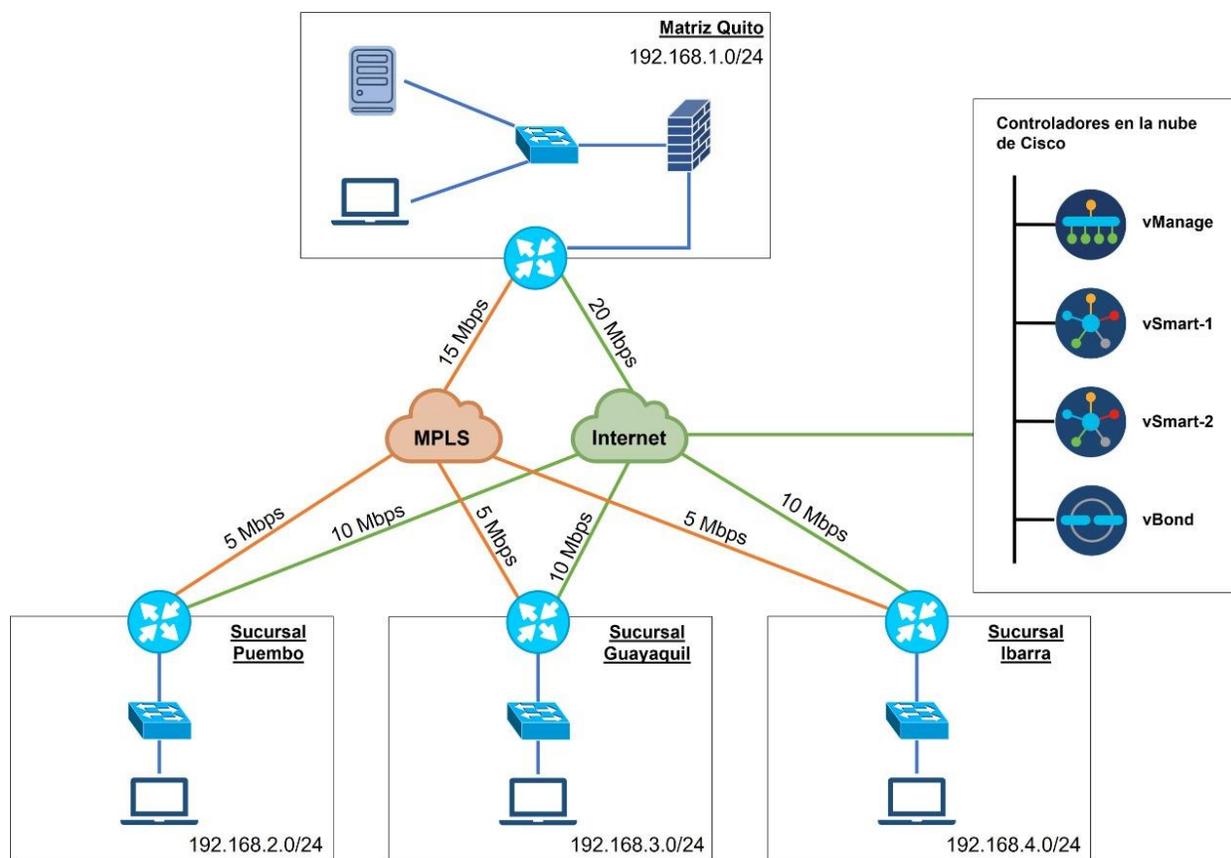
- *Aumentar el volumen de ventas de los productos que ofrece Aroma Melis, con campañas en medios publicitarios y redes sociales.* La solución SD-WAN con DIA brinda un mejor desempeño de la red de comunicaciones de datos, haciendo que no se pierda conectividad al momento de realizar campañas de ventas en redes sociales y fidelización de clientes.
- *Optimizar el trabajo del día a día de los empleados, implementando nuevas tecnologías de la información que apalanquen el crecimiento de la producción y comercialización de los productos de Aroma Melis.* SD-WAN con DIA permite tener una mejor respuesta de las aplicaciones basadas en internet que actualmente usa Aroma Melis, esto aumenta la eficiencia y eficacia en el trabajo de los empleados, mejorando así la producción y por ende el volumen de ventas.

Con respecto al segundo tipo de alineación, Aroma Melis necesita buscar una nueva arquitectura de red empresarial, que le permita mejorar la experiencia del usuario con respecto a sus aplicaciones basadas en internet. La arquitectura actual se ha convertido en una barrera

para alcanzar este objetivo y está generando caída en la productividad de los empleados y por ende de la empresa. La nueva arquitectura de red empresarial propuesta, es descrita en la Figura 89, muestra la solución SD-WAN con DIA y a la reestructuración a la que se quiere llegar para generar valor aumentando la experiencia del usuario con aplicaciones basadas en internet.

Figura 89

Nueva arquitectura de comunicaciones, basada en SD-WAN y DIA para Aroma Melis



En la nueva arquitectura de red para las comunicaciones de datos, se plantea el uso de dos conexiones de red WAN en cada sucursal, una conexión hacia la red MPLS (actualmente contratada en la empresa) y una conexión hacia el Internet (actualmente solo presente en la sede matriz). Una vez instalados los dos servicios por cada sede, se plantea la implementación de la solución SD-WAN con la funcionalidad DIA. Para esto, se debe contratar a un proveedor

de servicios que cuente, en su portafolio de servicios, la implementación de SD-WAN. Si bien es cierto, el proveedor de servicios es quien entrega el diseño final a ser implementado al cliente (en este caso Aroma Melis), es importante transmitir la información relevante, con respecto a lo que Aroma Melis espera con la nueva solución. La Tabla 23, muestra los requisitos para las nuevas conexiones WAN (datos MPLS e internet), con sus respectivos anchos de banda.

Tabla 23

Requisitos de las nuevas conexiones WAN para Aroma Melis

Sede	Tipo de servicio	Capacidad [Mbps]	Tecnología de última milla
Matriz	Internet Corporativo 1:1	20	Fibra óptica
	Datos IP VPN	15	Fibra óptica
Sucursal Puenbo	Internet Corporativo 1:1	10	Fibra óptica
	Datos IP VPN	5	Fibra óptica
Sucursal Guayaquil	Internet Corporativo 1:1	10	Fibra óptica
	Datos IP VPN	5	Fibra óptica
Sucursal Ibarra	Internet Corporativo 1:1	10	Fibra óptica
	Datos IP VPN	5	Fibra óptica

Los requisitos con respecto a la implementación de la solución SD-WAN de Cisco son los siguientes:

- Controladores SD-WAN (vManage, vBond y vSmart) desplegados en la nube de Cisco.
- Redundancia de controlador vSmart (dos vSmart con alta redundancia) desplegado en la nube de Cisco.

- Equipos Cisco de preferencia ISR 1121-4P con IOS XE, SD-WAN Security, 8 puertos GE (GigaEthernet) WAN/LAN, con opción para soportar red 4G-LTE.
- Licenciamiento Cisco DNA (Digital Network Architecture) de tipo Advantage con un tiempo de contratación a 3 años.
- El ancho de banda total por cada sucursal está definido en la Tabla 23, y el dimensionamiento de las licencias debe soportar dichos anchos de banda con una proyección de crecimiento a futuro del 40%.
- Configuración de overlay con una topología tipo full mesh.
- Balanceo de tráfico por ambas conexiones WAN (MPLS e Internet).
- Configuración de política Application Aware Routing para aplicación crítica de respaldo de bases de datos.
- Configuración de Direct Internet Access (DIA) en cada una de las sucursales para que, el tráfico de aplicaciones basadas en internet, tenga una mayor rapidez de respuesta y mejor rendimiento.
- Capacitación de uso del dashboard vManage, por temas de monitoreo y troubleshooting, al equipo del departamento de TI.
- Acuerdo de nivel de servicio (SLA) de enlaces WAN (red underlay) del 99.7%
- Herramienta web para la visualización de estados de los enlaces WAN, proporcionados por el proveedor de servicio.
- Instalación, configuración y puesta en marcha de la solución completa.
- Soporte del proveedor de servicio 24 x 7 x 365.

Con estos requisitos y nuevo diseño de red, se pretende resolver el bajo desempeño de las aplicaciones basadas en internet que son pieza clave en el desarrollo productivo de la empresa Aroma Melis.

Análisis De Beneficios Financieros

Un objetivo clave a la hora de elaborar el caso de negocio es el de expresar los beneficios en términos financieros. Para lo cual, se plantea el análisis financiero que se deberá tomar en cuenta a la hora de implementar la solución SD-WAN con DIA en la empresa Aroma Melis. Para iniciar con el análisis financiero se debe aclarar que el departamento de TI de Aroma Melis ha seleccionado a la solución SD-WAN de Cisco por las siguientes razones:

1. Cisco es una de las empresas con mayor reputación a nivel mundial con respecto al mundo del networking, brindando soluciones de routing and switching que se ajustan a todas las necesidades de comunicaciones de las empresas.
2. Cisco desarrolló la solución de SD-WAN con una arquitectura robusta y segura. Todos los protocolos que se manejan a nivel de comunicaciones entre el plano de control y el plano de datos son cifrados y altamente seguros. Adicional, dentro de esta solución ofrece una mayor cantidad de ventajas comparadas con otras soluciones en el mercado como, por ejemplo, segmentación de la red por VPN y la posibilidad de configurar topologías independientes por VPN, controladores robustos desplegados en la nube de Cisco con redundancia a nivel mundial, y el despliegue de la funcionalidad Direct Internet Access (DIA) para potencializar aplicaciones en basadas en internet. La Figura 90, muestra como Cisco es nombrado como un proveedor líder en el año 2021 con respecto a soluciones de infraestructura de redes WAN inteligentes.
3. Gran cantidad de información, cursos, manuales técnicos y documentación importante con respecto a la solución SD-WAN, así como también el apoyo de especialistas altamente calificados para solucionar problemas de forma rápida.
4. Precios competitivos en el mercado con mejores retribuciones y mayor capacidad de configuraciones especiales con la solución SD-WAN.

Figura 90

Cuadrante mágico de Gartner para soluciones de redes WAN



Nota: Tomada de (Cisco, 2021).

Con base en el análisis anterior, se procedió a realizar el análisis financiero. La Tabla 24, muestra la inversión necesaria para una posible implementación de la solución SD-WAN con DIA. Cabe recalcar que Aroma Melis, ha solicitado la cotización de una reestructuración de su red LAN interna para dejar de trabajar con una red plana por agencia y ahora trabajar con redes LAN privadas de acuerdo a los perfiles requeridos en cada una de las sucursales. No es un requisito para el despliegue de SD-WAN con DIA, pero se la analiza a nivel general.

Tabla 24*Inversión para la implementación de SD-WAN con DIA en Aroma Melis*

Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
Implementación de la solución SD-WAN con la funcionalidad Direct Internet Access (DIA).	1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
Reestructuración de red LAN (no fundamental en el despliegue de SD-WAN, pero requerida por el Aroma Melis para un análisis global).	1	\$ 1.280,00	\$ 1.280,00
Total			\$ 3.780,00

Para mantener la solución SD-WAN con la funcionalidad DIA, es importante considerar los costos de mano de obra (Tabla 25), costos del servicio de datos MPLS e internet proporcionados por el proveedor de servicios (Tabla 26), costos del servicio de SD-WAN proporcionada por el proveedor (Tabla 27) y costos de mantenimiento (Tabla 28).

Tabla 25*Costos de mano de obra para el despliegue de SD-WAN con DIA en Aroma Melis*

Detalle	Sueldo Total	IESS	Décimo	Décimo	Valor	Valor Anual
		Patronal 11,15%	Tercero	Cuarto	Mensual Total	Total
Administrador de Telecomunicaciones	\$950,00	\$105,93	\$79,17	\$35,42	\$1.170,52	\$14.046,24
Total	\$950,00	\$105,93	\$79,17	\$35,42	\$1.170,52	\$14.046,24

Tabla 26*Costos del servicio de datos MPLS e internet para Aroma Melis*

Detalle del servicio	Ancho de banda	Cantidad [meses]	Costo Mensual	Costo Total
Datos MPLS en Matriz Quito	15 Mbps	12	\$0,00	\$0,00

Internet corporativo 1:1 en Matriz	20 Mbps	12	\$400,00	\$4800,00
Quito				
Datos MPLS en Sucursal Puenbo	5 Mbps	12	\$150,00	\$1800,00
Internet corporativo 1:1 Sucursal	10 Mbps	12	\$200,00	\$2400,00
Puenbo				
Datos MPLS en Sucursal Guayaquil	5 Mbps	12	\$150,00	\$1800,00
Internet corporativo 1:1 Sucursal	10 Mbps	12	\$200,00	\$2400,00
Guayaquil				
Datos MPLS en Sucursal Ibarra	5 Mbps	12	\$150,00	\$1800,00
Internet corporativo 1:1 Sucursal	10 Mbps	12	\$200,00	\$2400,00
Ibarra				
Total			\$1450,00	\$17400,00

Tabla 27

Costos del servicio SD-WAN con DIA para Aroma Melis

Detalle del servicio	Cantidad [meses]	Costo Mensual	Costo Total
SD-WAN Advantage con funcionalidad Direct Internet Access (DIA).	12	\$440,00	\$5280,00
Total		\$440,00	\$5280,00

Tabla 28

Costos de mantenimiento del servicio SD-WAN con DIA para Aroma Melis

Detalle del servicio	Cantidad al año	Costo Unitario	Costo Total por año
Mantenimiento de solución SD-WAN con DIA.	2	\$100,00	\$200,00
Nuevos requerimientos de configuración de SD-WAN con DIA.	10	\$40,00	\$400,00
Total		\$140,00	\$600,00

La Tabla 29, describe el costo total de la operación y mantenimiento de la solución SD-WAN con DIA para la empresa Aroma Melis.

Tabla 29

Costo total de operación y mantenimiento del servicio SD-WAN con DIA para Aroma Melis

Descripción del costo	Valor
Mano de obra	\$14.046,24
Servicio de datos MPLS e internet	\$17.400,00
Servicio SD-WAN con DIA	\$5.280,00
Mantenimiento y nuevos requerimientos	\$600,00
Total	\$37.326,24

Parte fundamental del análisis financiero es la revisión del flujo de caja de la empresa, prevista al horizonte de 3 años (tiempo del contrato del servicio SD-WAN con DIA). Para esto, Aroma Melis ha facilitado sus balances financieros con lo que fue elaborado flujo de caja (Tabla 30).

Tabla 30

Flujo de caja de la empresa Aroma Melis

EGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Implementación SD-WAN con la funcionalidad DIA	\$2.500,00	\$ -	\$ -	\$ -
Reestructuración de red LAN	\$1.280,00	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de mano de obra		\$ 14.046,24	\$ 14.046,24	\$ 14.046,24
Costo de datos MPLS e internet		\$ 17.400,00	\$ 17.400,00	\$ 17.400,00
Costo de SD-WAN con DIA		\$ 5.280,00	\$ 5.280,00	\$ 5.280,00
Costo de mantenimiento y nuevos requerimientos		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
TOTAL EGRESOS	\$ 3.780,00	\$ 37.326,24	\$ 37.326,24	\$ 37.326,24
INGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingreso por ventas		\$ 39.104,85	\$ 41.099,20	\$ 43.195,26

UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN		\$ 1.778,61	\$ 3.772,96	\$ 5.869,02
15% participación utilidades		\$ 266,79	\$ 565,94	\$ 880,35
UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO		\$ 1.511,82	\$ 3.207,01	\$ 4.988,66
25% de impuesto a la renta		\$ 377,95	\$ 801,75	\$ 1.247,17
UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO (TOTAL INGRESOS)		\$ 1.133,86	\$ 2.405,26	\$ 3.741,50
FLUJO NETO DE EFECTIVO (FNE)	\$ -3.780,00	\$ 1.133,86	\$ 2.405,26	\$ 3.741,50

Para el cálculo de los indicadores financieros, fueron considerados los siguientes datos de entrada:

- Tasa de Interés según el Banco Central del Ecuador: 16,77%
- Crecimiento interanual en ventas de la compañía Aroma Melis: 5,1%

A continuación, la Tabla muestra los indicadores financieros VAN y TIR obtenidos.

Tabla 31

Indicadores financieros VAN y TIR

Proyecto	VAN	TIR
Implementación de una solución SD-WAN con funcionalidad DIA en la empresa Aroma Melis	\$1.304,94	33%

Análisis De Beneficios No Financieros

La implementación de la solución SD-WAN con funcionalidad DIA, permitirá a Aroma Melis obtener los siguientes beneficios no financieros:

- Aumento del tiempo de respuesta de aplicaciones basadas en internet, generando una mejor experiencia al usuario, apalancando la agilidad en la productividad de los empleados y aumentando la calidad del producto dando valor a la marca Aroma Melis.

- La solución SD-WAN tiene la capacidad de configurar una salida directa a internet desde las sucursales conocida como DIA. Esto mejora la experiencia de usuario con respecto al uso de aplicaciones basadas en internet.
- Las aplicaciones basadas en internet cuentan con una salida directa, sin tener que pasar por un punto centralizado, el cual, genera retardos. Esto aumenta el tiempo de respuesta de las aplicaciones haciendo más ágil el trabajo de los empleados.
- Aumento de la calidad del producto, satisfacción del cliente y del posicionamiento de la marca Aroma Melis.

Análisis De Riesgo

La identificación de riesgos que pueden presentarse en el proyecto de implementación de SD-WAN con DIA en la empresa Aroma Melis, es fundamental para planear acciones de mitigación o transferencia del riesgo. Un correcto análisis de riesgos ayudará a la organización a estar preparados frente a las siguientes interrogantes:

- ¿Lo estamos haciendo correctamente?
- ¿Lo estamos logrando bien?
- ¿Estamos haciendo lo correcto?
- ¿Estamos obteniendo beneficios?

Para responder a estas interrogantes se plantean dos grupos de análisis de riesgo que describen a continuación.

Riesgo De Entrega.

Los riesgos de entrega que se identificaron en el proyecto de implementación de la solución SD-WAN con DIA son los siguientes:

- Incumplimiento en tiempos de entrega en la implementación de los servicios de red MPLS e Internet en todas las sedes de Aroma Melis.
- Incumplimiento en tiempos de entrega de la implementación de SD-WAN.

- Incumplimiento en los tiempos de entrega con respecto a la configuración del Direct Internet Access (DIA).
- La solución DIA sobre SD-WAN no cumple con el objetivo esperado y las aplicaciones basadas en internet mantengan altos tiempos de respuesta.
- Usuarios de las aplicaciones basadas en internet con problemas de lentitud afectando la productividad.
- No alcanzar el volumen de ventas esperado y tener una insatisfacción de los clientes de Aroma Melis.

Riesgo De Beneficios.

Este riesgo se produce cuando no se llega a cumplir a cabalidad con los beneficios esperados por la empresa Aroma Melis. El riesgo que se identifica en este punto es que la implementación de la solución SD-WAN con DIA no cumpla con mejorar el desempeño de las aplicaciones basadas en internet, lo que conllevaría a una baja productividad y por ende, a no aumentar el volumen de ventas de los productos de la empresa Aroma Melis.

Optimización Del Riesgo Y Rendimiento

Una vez identificados los riesgos que se pueden presentar en el proyecto para la implementación SD-WAN con DIA se deben analizar estrategias de mitigación y/o transferencia del riesgo. Para esto, se responde a las siguientes interrogantes:

- ¿Aceptable el riesgo calculado?
 - Existen varios riesgos que se pueden presentar al momento de la implementación, por lo cual, la empresa Aroma Melis firmará un contrato debidamente legalizado con el proveedor de servicios. El contrato establecerá cláusulas de incumplimiento de la implementación con sus debidas indemnizaciones financieras y no financieras. Con base en esto, los riesgos de implementación identificados son aceptables.

- ¿Conseguidos los objetivos financieros y no financieros?
 - La implementación de la solución SD-WAN con DIA buscará aportar con un crecimiento del 5.1% interanual, en volumen de ventas de productos de la empresa Aroma Melis. Para esto se establecerán indicadores y puntos de control para realizar seguimiento del aporte de la nueva solución con los objetivos financieros.
 - Para realizar un control del cumplimiento de los beneficios no financieros, se realizarán encuestas a los empleados para determinar si el grado de experiencia de usuario con respecto a aplicaciones en la nube aumentó o disminuyó.

Documentación Del Caso de Negocio

Resumen ejecutivo.

El proyecto que se pretende implementar en la empresa Aroma Melis tiene como nombre “Implementación de una red empresarial inteligente con una solución SD-WAN de Cisco y con una funcionalidad de DIA”. Este proyecto es propuesto por el departamento de TI de la empresa Aroma Melis y liderado por la jefatura del mismo. El proyecto se categoriza en la sección inversiones en innovación tecnológica para potencializar la productividad de la organización.

Contribuciones.

La implementación de una red empresarial inteligente con una solución SD-WAN de Cisco y con una funcionalidad de DIA contribuirá a la empresa a Aroma Melis a:

- Mejorar el desempeño de las aplicaciones basadas en internet.
- Mejorar la experiencia de usuario con el uso de aplicaciones basadas en internet.
- Reestructurar la red de comunicaciones de una arquitectura tradicional a una arquitectura de red inteligente basada en SD-WAN con DIA.

- Aumentar la productividad de los empleados por medio de un mejor desempeño de las aplicaciones basadas en internet.
- Potencializar la producción y comercialización de los tés aromáticos de Aroma Melis.

Plazos.

En este apartado, se sigue la metodología para implementación de redes PPDIOO promovido por Cisco Lifecycle Model. Este modelo establece seis etapas que definirán el plazo de la implementación de SD-WAN con DIA para la empresa Aroma Melis.

- **Preparar:** Identifica los requerimientos y necesidades a nivel tecnológico que tiene la empresa Aroma Melis. Para esta actividad se calendariza 5 días laborables.
- **Planificar:** Proponer como posible solución a SD-WAN con la funcionalidad de DIA para solventar los requerimientos del cliente. Se define un cronograma de alto nivel. Para esta actividad se calendariza 5 días laborables.
- **Diseñar:** Elaborar el diseño final de la solución SD-WAN con DIA, tanto a nivel físico como lógico. Establecer el alcance del proyecto, el plan de migración e integración final con la red de la empresa Aroma Melis. Para esta actividad se calendariza 5 días laborables.
- **Implementar:** Evaluar el diseño final a ser implementado, definir un cronograma de implementación para el desarrollo del proyecto y ejecutar los trabajos de implementación. Para esta actividad se calendarizan 30 día laborables.
- **Operar:** Mantener la red inteligente con SD-WAN y DIA en constante funcionamiento y estable con las tareas del día a día. Esta actividad se desarrolla a lo largo del tiempo de contrato que se establezca con el proveedor de servicios.
- **Optimización:** Identificar oportunidades de mejora sobre la solución SD-WAN con DIA a través de un monitoreo constante del comportamiento del tráfico de la red Aroma

Melis. Esta actividad se desarrolla a lo largo del tiempo de contrato que se establezca con el proveedor de servicios.

¿Estamos Haciendo Lo Correcto?

Para poder conocer si se está haciendo lo correcto con el proyecto de implementación de SD-WAN con DIA de la empresa Aroma Melis se analizan los beneficios financieros, beneficios no financieros, análisis de sensibilidad e impacto.

Beneficios Financieros.

Cuando se implemente la solución de red inteligente con SD-WAN y DIA se llegará a obtener los siguientes beneficios financieros:

- Reducción de costos relacionados con los servicios de comunicaciones de datos de la empresa.
- Aumento del ancho de banda a través de la activación de enlaces de respaldos inactivos
- Reducción de los costos operativos y de gestión a través de una administración centralizada posibilitada por la red inteligente SD-WAN con DIA.
- Aumento de ingresos para la empresa gracias a acuerdos de niveles de servicio más robustos.
- Disminución de costos por pérdida del servicio de comunicaciones.

Beneficios No Financieros.

Cuando se implemente la solución de red inteligente con SD-WAN y DIA se llegará a obtener los siguientes beneficios no financieros:

- Aumento del tiempo de respuesta de aplicaciones basadas en internet, generando una mejor experiencia al usuario, apalancando la agilidad en la productividad de los empleados y aumentando la calidad del producto dando valor a la marca Aroma Melis.

- Reduce el tiempo de respuesta de las aplicaciones haciendo más ágil el trabajo de los empleados.
- Aumento de la calidad del producto, satisfacción del cliente y del posicionamiento de la marca Aroma Melis.

Análisis De Sensibilidad.

Dentro del análisis de ¿estar haciendo lo correcto? Se contempla un estudio de sensibilidad con respecto al flujo de caja e indicadores financieros como el VAN y el TIR. Para esto se propone tres escenarios: probable, optimista y pesimista. Esto guiará, en el caso de negocio, a establecer estrategias para que el beneficio financiero mantenga su estabilidad y cumplimiento.

Para el escenario probable se calculó un flujo de caja con los egresos e ingresos probables de la empresa Aroma Melis, y de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- VAN: \$ 1.304,94
- TIR: 33%

Este análisis conlleva a un proyecto económicamente rentable que generará valor a la compañía.

Para el escenario optimista se plantearon los siguientes indicadores:

- Crecimiento del volumen de ventas del 6,8% interanual.
- Disminución del 10% sobre los costos de los servicios de datos e internet desde el año 2.
- Disminución de 5% sobre los costos del servicio SD-WAN con DIA desde el año 2.

Para el escenario pesimista se plantearon los siguientes indicadores:

- Disminución del volumen de ventas al 3,7% interanual.
- Disminución del 5% sobre los costos de los servicios de datos e internet desde el año 2.

A continuación, la Tabla muestra los resultados del escenario optimista y la tabla muestra los resultados del escenario pesimista.

Tabla 32*Flujo de caja del escenario optimista*

EGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Implementación SD-WAN con la funcionalidad DIA	\$2.500,00	\$ -	\$ -	\$ -
Reestructuración de red LAN	\$1.280,00	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de mano de obra		\$ 14.046,24	\$ 14.046,24	\$ 14.046,24
Costo de datos MPLS e internet		\$ 17.400,00	\$ 15.660,00	\$ 15.660,00
Costo de SD-WAN con DIA		\$ 5.280,00	\$ 5.016,00	\$ 5.016,00
Costo de mantenimiento y nuevos requerimientos		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
TOTAL EGRESOS	\$ 3.780,00	\$ 37.326,24	\$ 35.322,24	\$ 35.322,24
INGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingreso por ventas		\$ 39.104,85	\$ 41.763,98	\$ 44.603,93
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN		\$ 1.778,61	\$ 6.441,74	\$ 9.281,69
15% participación utilidades		\$ 266,79	\$ 966,26	\$ 1.392,25
UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO		\$ 1.511,82	\$ 5.475,48	\$ 7.889,44
25% de impuesto a la renta		\$ 377,95	\$ 1.368,87	\$ 1.972,36
UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO (TOTAL INGRESOS)		\$ 1.133,86	\$ 4.106,61	\$ 5.917,08
FLUJO NETO DE EFECTIVO (FNE)	\$ -3.780,00	\$ 1.133,86	\$ 4.106,61	\$ 5.917,08
Proyecto	VAN	TIR		
Implementación de una solución SD-WAN con funcionalidad DIA en la empresa Aroma Melis	\$ 3.919,11	60%		

Tabla 33*Flujo de caja del escenario pesimista*

EGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Implementación SD-WAN con la funcionalidad DIA	\$2.500,00	\$ -	\$ -	\$ -
Reestructuración de red LAN	\$1.280,00	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de mano de obra		\$ 14.046,24	\$ 14.046,24	\$ 14.046,24
Costo de datos MPLS e internet		\$ 17.400,00	\$ 16.530,00	\$ 16.530,00
Costo de SD-WAN con DIA		\$ 5.280,00	\$ 5.280,00	\$ 5.280,00
Costo de mantenimiento y nuevos requerimientos		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
TOTAL EGRESOS	\$ 3.780,00	\$ 37.326,24	\$ 36.456,24	\$ 36.456,24
INGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingreso por ventas		\$ 39.104,85	\$40.551,73	\$42.052,14
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN		\$ 1.778,61	\$ 4.095,49	\$ 5.595,90
15% participación utilidades		\$ 266,79	\$ 614,32	\$ 839,39
UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO		\$ 1.511,82	\$ 3.481,17	\$ 4.756,52
25% de impuesto a la renta		\$ 377,95	\$ 870,29	\$ 1.189,13
UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO (TOTAL INGRESOS)		\$ 1.133,86	\$ 2.610,87	\$ 3.567,39
FLUJO NETO DE EFECTIVO (FNE)	\$ -3.780,00	\$ 1.133,86	\$ 2.610,87	\$ 3.567,39
Proyecto	VAN	TIR		
Implementación de una solución SD-WAN con funcionalidad DIA en la empresa Aroma Melis	\$1.346,38	34%		

Con este análisis se evidencia que, tanto en el escenario optimista como en el pesimista, el proyecto de implementación de SD-WAN con DIA es completamente viable.

Impacto.

Los impactos más relevantes que se tendrán con la implementación de la solución SD-WAN con la funcionalidad DIA, serán:

- Mejora significativa en los tiempos de respuesta de las aplicaciones basadas en internet que maneja la empresa Aroma Melis.
- Mejora en la experiencia de usuario sobre las aplicaciones: ERP, Salesforce y Microsoft 365.
- Aumento en la productividad de los empleados al tener aplicaciones con mejor tiempo de respuesta.
- Aumento en el volumen de ventas de la empresa.

¿Lo estamos haciendo correctamente?

Para determinar si lo que estamos haciendo con el proyecto de implementación de SD-WAN con DIA es correcto, se propone el análisis de los hitos y los factores de éxito del caso de negocio sobre la empresa Aroma Melis.

Hitos.

Los hitos del proyecto de implementación de SD-WAN con DIA sobre la empresa Aroma Melis están definidos de acuerdo a los pasos que anuncia la metodología PPDIOO, los cuales son:

- Levantamiento de información de situación actual de la red empresarial de Aroma Melis.
- Presentación de SD-WAN con la funcionalidad DIA.
- Aceptación del diseño final de la solución a ser implementada.
- Aceptación del cronograma de trabajo para la implementación.
- Implementación de recursos físicos (equipamiento y licenciamiento SD-WAN) y pruebas del servicio.
- Configuración de la funcionalidad DIA bajo el esquema de SD-WAN.

- Aceptación y entrega de la solución implementada.

Factores Críticos De Éxito.

El estudio técnico y financiero de la implementación de SD-WAN con DIA logró identificar factores críticos de éxito que permitirán evaluar, de una mejor manera si es está realizando lo correcto.

- Alineación del diseño de la nueva solución con todos los requerimientos establecidos por la empresa Aroma Melis.
- Implementación controlada para generar el mínimo impacto en la migración de la arquitectura de red tradicional a una red inteligente.
- Medición del desempeño de las aplicaciones basadas en internet (principalmente latencia).

Mantener El Caso de Negocio.

La tecnología avanza de forma constante, generando nuevas soluciones que hacen posible mejorar el trabajo diario de los usuarios en las empresas. Si bien es cierto, la solución SD-WAN con DIA aporta con la innovación tecnológica y se encuentra a la vanguardia, no está exenta de quedar obsoleta. Es por esta razón que se debe mantener actualizada, con un constante monitoreo del comportamiento funcional y así encontrar nuevas configuraciones que sigan apalancando la productividad de los empleados de la empresa Aroma Melis. Hay que tomar en cuenta que la funcionalidad DIA solo es una arista de la solución SD-WAN, y por ende, se debe mantener en constante investigación.

Habrá que tomar en cuenta los costos asociados al monitoreo de la solución SD-WAN, pero siempre enfocados en la generación de valor para la empresa.

Conclusión Del Análisis Técnico y Financiero

Gracias a las simulaciones realizadas, se puede determinar que existe otra arquitectura de red empresarial que puede llevar a mejorar los procesos productivos de las compañías. Si

bien es cierto, las empresas ecuatorianas siguen optando por un modelo tradicional donde lo contratado son servicios de transporte de datos para concentrar en un punto matriz y de ahí salir al internet, ya existen organizaciones que están viendo que necesitan un medio más directo para que sus aplicaciones basadas en la nube tengan una mejor respuesta. Es así que, al realizar la segunda simulación, donde se expone la implementación de SD-WAN con DIA, se puede realizar la derivación de las aplicaciones o el tráfico al internet de forma directa. Esto sin duda, conlleva a la inversión en CAPEX y OPEX, pero más, sin embargo, de acuerdo al análisis económico realizado a la empresa Aroma Melis, se puede obtener beneficios tanto financieros como productivos. La implementación de servicios de internet en las sucursales, conlleva a disminuir el tráfico de internet desde la sede matriz, así también, de sus enlaces de transporte de datos ya que el tráfico de las aplicaciones basadas en nube ya no pasa por dicho canal sino por su derivación directa al internet gracias al DIA. Es de esta manera, que se puede dinamizar los costos para que la implementación de SD-WAN con DIA no afecte al presupuesto de TI.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se ejecutó una simulación de una arquitectura de red empresarial tradicional enfocada en enlaces WAN sobre redes backbone, MPLS VPN. Esta simulación logró determinar el comportamiento en términos de conectividad que tiene una aplicación basada en internet (aplicaciones o software que usa a la nube como medio de procesamiento) determinándose un mayor número de saltos sobre equipos de la red y evidenciando una mayor latencia sobre este tipo de aplicaciones (Figura 82 y Figura 84). Este hallazgo tiende a convertirse en una barrera en la correcta funcionalidad de las aplicaciones basadas en internet.

Se elaboró una simulación de una arquitectura de red empresarial inteligente basada en el paradigma de las redes SDN (Software Defined Network) aplicada en enlaces WAN. Este tipo de soluciones se las conoce como SD-WAN. La simulación se enfocó en la funcionalidad Direct Internet Access (DIA), una de las muchas características que trae consigo la solución SD-WAN. Con esta simulación se logró demostrar el comportamiento en términos de conectividad que tiene una aplicación basada en internet sobre la solución DIA con SD-WAN y se evidenció que, el tráfico generado por este tipo de aplicaciones realiza menos saltos sobre equipos de la red para alcanzar al internet. Además, se pudo notar como baja la latencia sobre la funcionalidad de este tipo de aplicaciones (Figura 84).

Para la realización de la evaluación financiera, se utilizó Val IT, un marco de referencia enfocado en la generación de valor a través de las inversiones en tecnología. Se armó un caso de negocio enfocado en la implementación de la solución SD-WAN con DIA en la empresa Aroma Melis, en donde se obtuvo una viabilidad positiva para la implantación de la solución. Esto se vio reflejado en el cálculo del indicador financiero VAN, el cual ascendió a \$1.304,94; y, el cálculo del indicador financiero TIR con el 33%. Con un VAN positivo y un TIR mayor a la

tasa de interés (16,77%) se concluye que el proyecto es financieramente factible. Para fortalecer el análisis financiero se realizó un estudio de sensibilidad, el cual contempló dos escenarios: optimista y pesimista. En el escenario optimista se obtuvo un VAN de \$3.919,11 y un TIR del 60%. En el escenario pesimista se obtuvo un VAN de \$1.346,38 y un TIR del 34%. Como se evidencia, tanto en un escenario optimista como pesimista, el proyecto sigue siendo financieramente viable.

Se realizó una evaluación técnica y financiera de la implementación de una solución Direct Internet Access (DIA) bajo el esquema SD-WAN mediante dos simulaciones (arquitectura de red empresarial tradicional y arquitectura de red empresarial inteligente basada en SDN) y un caso de estudio fundamento en el marco de referencia para evaluar inversiones de tecnología, Val IT. Val IT permitió analizar una correcta alineación del objetivo de la implementación del proyecto SD-WAN y DIA con los objetivos estratégicos de la empresa Aroma Melis. De esta manera se logró identificar la creación de valor a través de la identificación de los beneficios financieros, no financieros, tangibles e intangibles. Con esto se concluyó que el marco de referencia Val IT, a pesar de su extensa documentación, aporta de gran manera a la hora de analizar la generación de valor de una inversión sobre el ámbito tecnológico.

Recomendaciones

El crecimiento del uso de aplicaciones basadas en internet por las empresas, se ha disparado de forma exponencial, esto ha generado que las arquitecturas de red empresarial tradicionales ya no sean suficientes para responder a estos requerimientos. Es por esta razón, que se recomienda la evaluación de nuevas soluciones disponibles en el mercado que apalanquen el funcionamiento de este tipo de aplicaciones. Una de estas soluciones, SD-WAN con la funcionalidad Direct Internet Access (DIA).

Se recomienda realizar un correcto análisis de la situación actual de las empresas para que, en base a este, se defina si se requiere o no ejecutar una reestructuración de la red

empresarial. No todas las empresas necesitan obligatoriamente migrar a nuevas soluciones, por eso, se recomienda analizar de una manera exhaustiva la arquitectura global de TI de las empresas, enfocada en el tipo de aplicaciones que utilizan para llevar a cabo el trabajo del día a día.

Se recomienda el uso de marcos de referencia como Val IT, antes de realizar una inversión en tecnología; ya que, con este análisis, se logrará definir cuanto valor aportará dicha inversión a la consecución de los objetivos empresariales.

En temas de las simulaciones, se recomienda utilizar softwares robustos que permitan la configuración de características más complejas sobre equipos de red, como fue el caso de este proyecto, donde se tuvieron que configurar routers con funcionalidades de MPLS y VPN. A partir de esto, se recomienda el uso del software GNS3 que permite, no solo simular, si no, emular sistemas operativos reales de routers y switches.

Bibliografía

- Ahn, G., & Chun, W. (2000). *Design and Implementation of MPLS Network Simulator Supporting LDP and CR-LDP*. Korea: Proceedings IEEE International Conference on Networks 2000 (ICON 2000). Networking Trends and Challenges in the New Millennium.
- Amin, R., Reisslein, M., & Shah, N. (2018). *Hybrid SDN Networks: A Survey*. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS.
- Asif, R., & Ghanen, K. (2021). *AI Secured SD-WAN Architecture as a Latency Critical IoT Enabler for 5G and Beyond Communications*. Las Vegas: IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC).
doi:10.1109/CCNC49032.2021.9369477
- Awasthi, A. (2020). *SDWAN (Software Defined-WAN) Technology Evaluation and Implementation*. Global Journals. doi:09 75-4172
- Bagci, T. (29 de Noviembre de 2020). *SYSNETTECH*. Obtenido de What is BGP (Border Gateway Protocol)?: <https://www.sysnettechsolutions.com/en/what-is-bgp/>
- Celleri, J., Rivas, W., Andrade, J., & Rodriguez, S. (2018). *Análisis del uso del cloud computing en empresas de Ecuador*. Guayaquil: Alternativas.
doi:http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v19i2.251
- Cisco. (2019). *In Search of the Right SD-WAN Solution*. Cisco.
- CISCO. (2020). *Cisco SD-WAN: Enabling Direct Internet Access*. Cisco.
- Cisco. (22 de 9 de 2021). *Cisco Blog*. Obtenido de Cisco Named a Leader in 2021 Gartner® Magic Quadrant™ for WAN Edge Infrastructure:
<https://blogs.cisco.com/networking/cisco-named-a-leader-in-2021-gartner-magic-quadrant-for-wan-edge-infrastructure-sase-multicloud-analytics-its-all-here>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Datos y hechos sobre la transformación digital*. CEPAL.

- Corbett, T., Pierce, L., & Young, D. (2017). *SD-WAN Early Findings Yield Surprises*. Gartner Survey. doi:G00343588
- DATTA. (16 de agosto de 2019). *Datta Business Innovation / Tendencias*. Obtenido de Panorama cloud en Ecuador, un futuro de posibilidades:
<https://datta.com.ec/articulo/panorama-cloud-en-ecuador-un-futuro-de-posibilidades>
- De Ghein, L. (2006). *MPLS Fundamentals*. Indianapolis: Cisco Systems, Inc.
- DELL Technologies. (2020). *Transforming Networking for the cloud Era with SD-WAN*. DELL.
- Estévez, J. C. (24 de Septiembre de 2020). *Telefónica Movistar*. Obtenido de ¿En qué consisten los tipos de redes LAN, MAN, WAN?: <https://empresas.blogthinkbig.com/tipos-de-redes-lan-man-wan/#:~:text=Diferencias%20principales%20entre%20LAN%2C%20MAN%2C%20WAN&text=Las%20redes%20LAN%20cubren%20%C3%A1reas,para%20abarcarse%20%C3%A1reas%20m%C3%A1s%20extensas.>
- Gartner. (8 de Febrero de 2021). *Smarter With Gartner*. Obtenido de Gartner Predicts the Future of Cloud and Edge Infrastructure:
<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-predicts-the-future-of-cloud-and-edge-infrastructure/>
- Goodell, G., Aiello, W., Griffin, T., Ioannidis, J., McDaniel, P., & Rubin, A. (2003). *Working Around BGP: An Incremental Approach to Improving Security and Accuracy of Interdomain Routing*. NDSS.
- Goyes Lara, J. L. (2020). *Estudio de impacto del modelo cloud computing en la gestión de servicios de información gerencial en la banca privada*. Quito: Universidad Andina Simon Bolívar.
- Gurpreet, K., & Dinesh, K. (2010). *MPLS Technology on IP Backbone Network*. Jalandhar: International Journal of Computer Applications.

- Haji, S. H., Zeebaree, S. R., Saeed, R. H., Ameen, S. Y., Shukur, H. M., Omar, N., . . . Yasin, H. M. (2021). *Comparison of Software Defined Networking with Traditional Networking*. Asian Journal of Research in Computer Science.
- IBM. (22 de Marzo de 2021). *IBM*. Obtenido de Open Shortest Path First: <https://www.ibm.com/docs/en/zos/2.2.0?topic=omproute-open-shortest-path-first>
- IT Governance Institute. (2019). *Valor para la empresa: Buen gobierno de las inversiones de TI El Marco Val IT*. Illinois: ITGI.
- Jain, S., Kumar, A., Mandal, S., Ong, J., Poutievski, L., Singh, A., . . . Vahdat, A. (2013). *B4: Experience with a Globally-Deployed Software Defined WAN*. ACM SIGCOMM Computer Communication Review.
- Kent, S., Lynn, C., Mikkelsen, J., & Seo, K. (2000). *Secure Border Gateway Protocol (S-BGP) — Real World Performance and Deployment Issues*. San Diego: Internet Society.
- Kevin Wallace Training, LLC. (09 de Julio de 2019). *Kevin Wallace Training, LLC*. Obtenido de OSPF Basic Concepts - Part 1: <https://www.kwtrain.com/blog/ospf-basics-pt1>
- Kumar, S., Dalal, S., & Dixit, V. (2014). *THE OSI MODEL: OVERVIEW ON THE SEVEN LAYERS OF COMPUTER NETWORK*. Haryana: International Journal of Computer Science and Information Technology Research.
- Kurose, J., & Ross, K. (2016). *Network Layer: The Data Plane*. Pearson/Addison Wesley. doi:978-0133594140
- Llorente, J. A. (2016). *La transformación digital*. UNO.
- Lombardi, R., Del Giudice, M., Caputo, A., Evangelista, F., & Russo, G. (2016). *GOVERNANCE AND ASSESSMENT INSIGHTS IN INFORMATION TECHNOLOGY: THE VAL IT*. Journal of the Knowledge Economy.
- Luciani, C. (2019). *From MPLS to SD-WAN: Opportunities, Limitations and Best Practices*. Stockholm: School of Electrical Engineering and Computer Science.

- Mandal, S. (2015). *Experience with B4: Google's Private SDN Backbone*. 2015: USENIX Association.
- Manzoor, A., Hussain, M., & Mehrban, S. (2019). *Performance Analysis and Route Optimization: Redistribution between EIGRP, OSPF & BGP Routing Protocols*. Lahore: Computer Standards & Interfaces. doi:10.1016/j.csi.2019.103391
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2021). *Agenda Digital Ecuador 2021 - 2022*. MINTEL.
- Nath, P. B., & Uddin, M. (2015). *TCP-IP Model in Data Communication and Networking*. Bangladesh: American Journal of Engineering Research (AJER).
- NITS. (2012). The NIST Definition of Cloud. En P. Mell, & T. Grance, *Recommendations of the National Institute* (págs. 2-3). U.S. Department of Commerce. doi:SP 800-145
- Optical Networks S.A.C. (29 de Agosto de 2019). *Transformación Digital*. Obtenido de ¿Qué es la red MPLS y cómo funciona?: <https://www.optical.pe/blog/que-es-una-red-mpls/>
- Pepelnjak, I. (13 de Agosto de 2013). *ipSpace*. Obtenido de Management, Control, and Data Planes in Network Devices and Systems: <https://blog.ipspace.net/2013/08/management-control-and-data-planes-in.html>
- Peterkin, R., & Ionescu, D. (2006). *A Hardware/Software Co-Design*. Toronto: Electrical and Computer Engineering Canadian Conference.
- Rajagopalan, S. (2020). *An Overview of SD-WAN Load Balancing for WAN Connections*. Coimbatore: 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). doi:10.1109/ICECA49313.2020.9297574
- Sánchez García, V. (2017). *Diseño de Redes con BGP*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- SIGMA IT. (12 de Agosto de 2021). *sigma-it*. Obtenido de What are the differences between SDN and traditional networking?: <https://www.sigma-it.net/what-are-the-differences-between-sdn-and-traditional-networking/>

Singh, C. (1 de Marzo de 2019). *BeginnersBook*. Obtenido de Types of Computer Network: LAN, MAN and WAN: <https://beginnersbook.com/2019/03/types-of-computer-network-lan-man-and-wan/>

Tanweer, A. (2020). *Cloud Computing and its role in the Information Technology*. Madinah: IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI).
doi:<https://doi.org/10.34306/itsdi.v1i2.103>