



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Sistemas computacionales.

**“APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA STARLINK EN LA
CONECTIVIDAD DE RED EN UNA ENTIDAD ESTATAL, LIMA
2025”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:**

INGENIERO DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

Autor:

Christian Martin Berrios Graz

Asesor:

Mg. Enrique Arturo Morales Quispe

Código ORCID: 0000-0002-3494-4005

Lima - Perú

2025

INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 78 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3316485167




9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A lo largo de este arduo camino académico, muchas personas han sido esenciales en mi vida, brindándome su apoyo, guía y amor incondicional. A cada una de ellas dedico este trabajo de investigación como muestra de mi más sincero y profundo agradecimiento.

A mis padres, cuyo amor y apoyo inquebrantables han sido el pilar sobre el cual he construido mi vida y mi carrera. Gracias por sus sacrificios, por sus sabios consejos y por inculcarme valores que han guiado cada uno de mis pasos.

A mi esposa, compañera de vida y pilar fundamental en este proceso. Gracias por tu paciencia, comprensión y apoyo incondicional, así como por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mis hijos, mi mayor inspiración y tesoro, quienes dan sentido y motivación a cada esfuerzo. Este logro es también para ustedes, como ejemplo de que, con trabajo, dedicación y perseverancia, todo objetivo es alcanzable.

A todos ustedes, con todo mi cariño y gratitud.

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y esperanza, por ser mi guía constante, iluminar mi camino y otorgarme la perseverancia necesaria para alcanzar este logro.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
Índice de contenidos	4
Índice de Figuras.....	6
Índice de tablas	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
Información de la Empresa	11
Ubicación geográfica	11
Giro de la Empresa	12
Breve Reseña Histórica	12
Visión	13
Misión	13
Valores y principios	14
Innovación	14
Mejora continua	14
Base tecnológica	14
Servicios	14
Clientes	15
Organigrama	16
Procesos	17
Automatización de procesos (AIOps)	18
Centros de Soporte Tecnológico	18
Servicios en la Nube (Cloud)	19
Ciberseguridad	19

Digitalización de Procesos	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
Conectividad y Redes de Comunicación	21
<i>Las Conexiones de Red</i>	21
<i>Tecnología SD-WAN</i>	28
Antecedentes y Estudios Relacionados	30
<i>Metodología Ágil</i>	34
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	38
Identificación del problema	38
Estrategia planteada	39
Objetivo general	40
Objetivos específicos	40
Identificación de riesgos	41
Fases del proyecto	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	60
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	69

Índice de Figuras

Figura 1	Website de Fractalia	10
Figura 2	Dirección de Fractalia.....	11
Figura 3	Centros técnicos de soporte y representación comercial	12
Figura 4	Organigrama de la empresa	16
Figura 5	Procesos estratégicos	17
Figura 6	Personal Area Network (PAN).....	22
Figura 7	Local Area Network	23
Figura 8	Metropolitan Area Network (MAN).....	23
Figura 9	Wide Area Network (WAN)	23
Figura 10	Fibra Monomodo (SMF)	25
Figura 11	Fibra Multimodo (MMF).....	25
Figura 12	GEO.....	26
Figura 13	MEO.....	27
Figura 14	LEO	28
Figura 15	Topología de la solución en el centro de datos.....	43
Figura 16	Primer concentrador	44
Figura 17	Segundo concentrador	45
Figura 18	Mapa de gabinetes que aloja los equipos teldat, firewall y switch core	45
Figura 19	Parte frontal de concentradores	46
Figura 20	Parte posterior de concentradores.....	47
Figura 21	Interconexión física por fibra entre ambos concentradores.....	47
Figura 22	Topología general de la solución.....	48
Figura 23	BGP en concentrador principal	49
Figura 24	BGP en concentrador secundario	49
Figura 25	Equipos conectados al concentrador principal	49
Figura 26	Equipos conectados al concentrador secundario	50
Figura 27	Validación de escenarios con fallas (asimétrico down, MPLS up)	50
Figura 28	Validación de escenarios con fallas (asimétrico up, MPLS down)	51
Figura 29	Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra (MPLS) y Starlink UP.....	51
Figura 30	Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra down (MPLS) y Starlink UP. 52	
Figura 31	Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra up (MPLS) y Starlink down..	53
Figura 32	Comparativa de indicadores antes y después de Starlink (valores estimados).....	60
Figura 33	Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de conectividad.....	62
Figura 34	Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de disponibilidad	63
Figura 35	Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de continuidad	64

Índice de tablas

Tabla 1 Principales servicios	14
Tabla 2 Principales clientes de sectores empresariales.....	15
Tabla 3 Identificación de Riesgos.....	41
Tabla 4 Escenario de funcionamiento y conmutación de enlaces	54
Tabla 5 Cronograma del proyecto	59
Tabla 6 Indicadores antes y después de la implementación de Starlink.....	60

RESUMEN

Esta investigación se centra en diseñar una topología de la tecnología starlink como alternativa para mejorar el proceso de conexión de red wan en una entidad del estado a nivel nacional, dicha topología está enfocada al público en general para la continuidad de conexión de red a nivel nacional. Esta investigación por sus características se considera del tipo descriptiva y a la vez proyectiva.

Esta topología conseguirá la mejora de la conexión de red y será capaz de tomar decisiones sobre cómo enrutar el tráfico de la red ante una caída de conexión del enlace primario por fibra óptica a la conexión por satélite Starlink de órbita terrestre baja (LEO) de cualquier sede implementada a nivel nacional, de manera más efectiva en los escenarios donde se usa una doble conexión en zonas rurales o apartadas de nuestro Perú. Los beneficios más importantes son: menor tiempo de recuperación del uso de los servicios que usan la conexión de red ante una caída del primer enlace y mantener el mismo nivel de seguridad cibernética en la red.

La metodología que se usó para el desarrollo del sistema del proyecto es: concepción, elaboración, construcción y transición. La topología está basada en un sistema de métodos para la toma de decisiones en base a configuraciones para validar la conexión física.

PALABRAS CLAVES: Starlink, tecnologías de la comunicación, transmisión de comunicación, satélites LEO, Satélites GEO.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las entidades del estado enfrentan múltiples desafíos para garantizar una conectividad de red estable, continua y de alta disponibilidad entre sus diferentes sedes a nivel nacional. Las redes constituyen un componente clave tanto para asegurar la entrega ágil y eficaz de servicios públicos como para sostener el adecuado desempeño de las operaciones institucionales. Sin embargo, la dependencia exclusiva de enlaces tradicionales como la fibra óptica deja expuestas a muchas entidades a interrupciones del servicio ante fallas físicas, obras civiles o condiciones geográficas adversas, en especial en territorios alejados o con limitaciones de acceso.

Ante esta situación, el presente estudio propone el uso de la tecnología Starlink como enlace de respaldo dentro de una arquitectura de red basada en SD-WAN (Software-Defined Wide Area Network), la cual permite gestionar dinámicamente múltiples conexiones WAN (Wide Area Network) con un enfoque centrado en el rendimiento y la disponibilidad. En ese sentido la solución satelital de órbita baja y de cobertura global Starlink, representa una alternativa viable y eficiente para mantener la continuidad operativa en las sedes de una entidad estatal, sobre todo en aquellos puntos donde la conectividad tradicional presenta limitaciones técnicas o logísticas.

El propósito de esta investigación es analizar si la integración de Starlink con una solución SD-WAN mejora el proceso de conexión de red en una entidad del estado peruano. Esta propuesta no busca reemplazar la infraestructura existente, sino complementar estratégicamente, fortaleciendo la resiliencia tecnológica de la institución frente a interrupciones del servicio.

A través del estudio se evaluarán los beneficios técnicos y operativos de esta integración, tomando en cuenta factores como la estabilidad del enlace, la gestión del tráfico,

la reducción del tiempo de inactividad y la mejora en la experiencia del usuario final. Asimismo, se contrastan los hallazgos con estudios previos y mejores prácticas para demostrar la pertinencia de adoptar tecnologías emergentes como Starlink en entornos gubernamentales. En este contexto, la empresa Fractalía Systems se ha dedicado a brindar soluciones innovadoras en herramientas tecnológicas destinadas a incrementar la disponibilidad de la conectividad de sus clientes (Ver Figura 1).

El desarrollo de este trabajo forma parte de las iniciativas dirigidas a modernizar la infraestructura tecnológica del estado, promoviendo soluciones innovadoras que aseguren la continuidad y calidad de los servicios públicos, independientemente de la ubicación geográfica de las sedes institucionales.

Figura 1

Website de Fractalía



Nota. Página web de Fractalía obtenida de <https://fractaliasystems.com/>

Desde sus inicios, Fractalía y su equipo han sido conscientes de la importancia de tener presencia internacional para potenciar su negocio y satisfacer las necesidades de sus clientes en cualquier parte del mundo. Fractalía cuenta con más de 15 años de experiencia y

una sólida presencia internacional con actividad en 12 países de todo el mundo. En Fractalia se aporta soluciones de última generación, conocimiento especializado y acompañamiento cercano para fomentar la innovación y el crecimiento empresarial.

Información de la Empresa

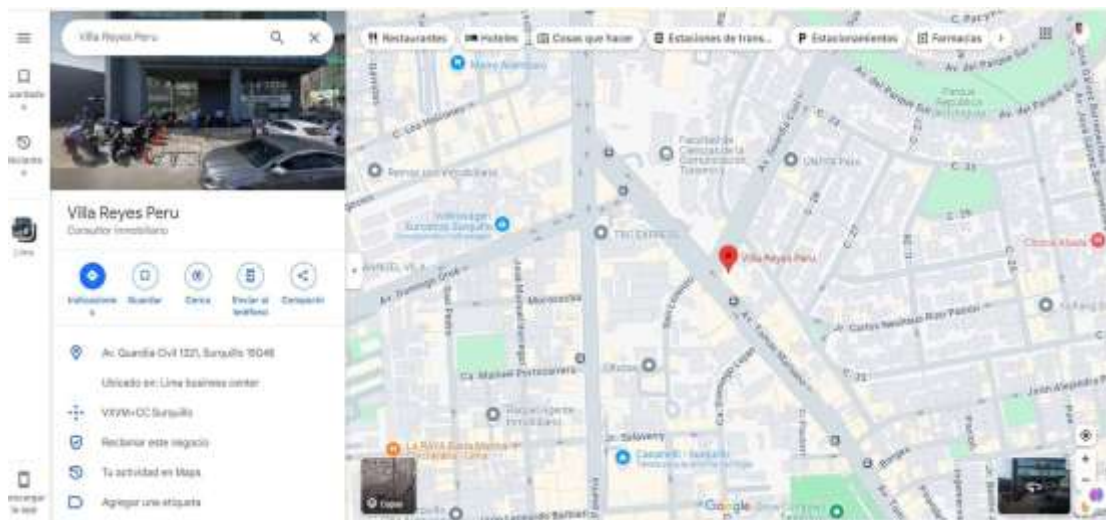
Con el objetivo de obtener una visión integral de la organización en estudio, se presentará a continuación una descripción general de la entidad. Esta revisión permitirá contextualizar su naturaleza, funciones principales, alcance geográfico, así como su estructura organizativa y tecnológica. Con ello, se busca comprender el entorno en el cual se desarrollará la propuesta tecnológica, facilitando el análisis de sus necesidades específicas en materia de conectividad y continuidad operativa.

Ubicación geográfica

Fractalia se ubica en la Av. Guardia Civil Nro. 1321, Interior 804. En la Urbanización Villa Victoria - Lima - Surquillo. Como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Dirección de Fractalia



Fuente. Google Maps Perú, 2025.

Giro de la Empresa

Especializada en actividades de tecnología de la información y de servicios informáticos. Se puede acceder a información legal desde:

<https://compuempresa.com/info/fractalia-peru-sociedad-anonima-F6DC89E4DEB904D4>.

Breve Reseña Histórica

Fractalia es una empresa global especializada en el desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas y servicios de ingeniería creativa. Fundada por Alejandro Fernández Riba y José Ignacio Domecq de Wenzel, cuenta con más de 15 años de experiencia y una sólida presencia internacional en 12 países de Europa, América y Asia. La compañía ha experimentado un crecimiento significativo a lo largo de los años. En 2015, adquirió Actualice, una empresa con presencia en varios países de América Latina, lo que permitió a Fractalia ampliar su oferta de servicios y fortalecer su posición en el mercado internacional.

Además, Fractalia ha establecido oficinas en países como España, Brasil, Colombia, Portugal, México, Ecuador, Perú, Chile y Argentina, lo que le permite atender a una amplia gama de clientes en diversos sectores tal como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Centros técnicos de soporte y representación comercial



Fuente. Creación propia, 2025.

La Figura 3 muestra la presencia de la empresa en el mercado global, de celeste los centros técnicos y los de naranja la representación comercial. La empresa se ha destacado por su capacidad de innovación y adaptación a las necesidades cambiantes del mercado, consolidándose como un referente en el ámbito de las soluciones tecnológicas y la ingeniería creativa.

Visión

La visión de Fractalia es convertirse en un referente de innovación en la tecnología que garantice la satisfacción de los clientes a largo plazo a través de productos innovadores y de servicios fiables y de calidad.

Misión

A través de la tecnología, Fractalia ofrece una continua e innovadora búsqueda de productos y servicios que permitan cubrir las necesidades de sus clientes de forma eficiente, racional y humanizada. La misión de la compañía es perseguir una mejor y más perfecta integración entre las tecnologías de la información y la sociedad.

Valores y principios

Los valores que definen a Fractalía son la innovación y la mejora continua, para que cada acción de la compañía aporte valor.

Innovación

La innovación es una constante en Fractalía, indispensable para proporcionar nuevos productos y servicios a nuestros clientes.

Mejora continua

En Fractalía creemos en la mejora constante por lo que, desarrollamos nuestro máximo potencial en áreas como la innovación, responsabilidad y sostenibilidad.

Base tecnológica

En Fractalía las tecnologías, especialmente las de la información, tienen la capacidad de mejorar la vida de las personas. Para Fractalía es indispensable profundizar en las posibilidades que la tecnología ofrece y aplicarlas a la sociedad.

Servicios

Fractalía ofrece una amplia gama de servicios tecnológicos diseñados para satisfacer las necesidades de empresas de diversos sectores. A continuación, se detallan algunos de sus principales servicios tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Principales servicios

Ítem	Servicio	Detalle
1	Centro de soporte tecnológico	Fractalía proporciona servicios gestionados de tecnologías de la información y comunicaciones desde centros de soporte propios, garantizando una atención especializada y eficiente
2	Ciberseguridad	La empresa ofrece herramientas avanzadas para la prevención, protección y recuperación de la información digital, dirigidas tanto a negocios como a hogares digitales

3	Digital Workplace	Esta solución permite una gestión integral y flexible del puesto de trabajo, reduciendo los costes de administración y mejorando la eficiencia operativa
4	Soluciones Cloud	Fractalía brinda soluciones cloud con capacidad flexible, incorporando funciones de copias de seguridad y tarifas basadas en la utilización real de los recursos.
5	Servicios WIFI	La empresa se especializa en la creación de redes WiFi-profesionales para uso público y corporativo, adaptadas a las necesidades de pymes y negocios de diversos tipos
6	Cartelería digital	Fractalía proporciona una plataforma de Digital Signage que permite a negocios y pymes transmitir mensajes a cualquier pantalla de forma económica y efectiva
7	In-Store Analytics	Este servicio se centra en la parametrización y análisis del entorno comercial, permitiendo la medición de audiencias y el seguimiento de trayectorias dentro de establecimientos públicos

Estos servicios mostrados en la Tabla 1 reflejan el compromiso de Fractalía con la innovación y la adaptación a las necesidades cambiantes del mercado, ofreciendo soluciones tecnológicas de vanguardia para sus clientes.

Clientes

Fractalía mantiene una base de clientes conformada por compañías de prestigio que representan múltiples ámbitos del mercado. Tal como se aprecian en la tabla 2 sus principales clientes.

Tabla 2

Principales clientes de sectores empresariales

Ítem	Clientes	Detalle
1	Telecomunicaciones	Telefónica, Vodafone, British Telecom, Euskaltel, Orange y América Móvil.
2	Banca y Seguros	Banco Santander, BBVA, Banco Popular, Bankinter, Mapfre, Caser y Zurich.

3	Hotelería	NH Hotel Group, Sol Meliá, AC Hoteles, Iberostar y Fiesta
4	Transporte y Automoción	Hoteles. AENA, ANA Portugal y SEAT.
5	Otras organizaciones	Sita y La ONCE.

Esta diversidad de clientes refleja la capacidad de Fractalia para adaptarse a las necesidades específicas de diferentes sectores, ofreciendo soluciones tecnológicas innovadoras y de alta calidad.

Organigrama

Fractalia presenta un organigrama u dada diversas divisiones, como se observa en la Figura 4.

Figura 4

Organigrama de la empresa



Fuente. Creación propia, 2025.

Procesos

El mapa de procesos presentado en este apartado proporciona una visión estructurada de los flujos de trabajo fundamentales que sustentan las operaciones tecnológicas dentro de la entidad del Estado analizada. En el diagrama correspondiente (ver Figura 5), se identifican los procedimientos estratégicos involucrados en la administración operativa, desde la solicitud de conectividad hasta la entrega efectiva del servicio al usuario final. Cada fase ha sido definida con precisión para asegurar un control eficiente y la continuidad operativa. Este modelo contempla tanto procesos internos como externos, incluyendo la administración de recursos tecnológicos, la coordinación logística para la implementación de equipos y el monitoreo de la calidad del servicio de red. La representación gráfica de estos procesos permite evidenciar las limitaciones actuales relacionadas con la conectividad especialmente en zonas con infraestructura deficiente, y constituye un punto de partida para analizar cómo la incorporación de tecnologías satelitales como Starlink puede contribuir directamente orientado al logro de los objetivos estratégicos definidos por la organización, tales como mejorar la disponibilidad del servicio, optimizar los recursos tecnológicos, reducir los tiempos de atención, y elevar los niveles de satisfacción del usuario institucional. Esta alineación con los objetivos estratégicos fortalece la propuesta de valor del estudio, enmarcándose además en las políticas de modernización del Estado y transformación digital, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Procesos estratégicos



Fuente. Oficina general de administración – FRACTALIA

Fractalía es una empresa multinacional especializada en la gestión de infraestructuras digitales, ciberseguridad y automatización de tecnologías de la información (TI) que abarcan diversas áreas clave, como se indican a continuación:

Automatización de procesos (AIOps).

Fractalía implementa inteligencia artificial en sus operaciones de TI para automatizar procesos, utilizando tecnologías de aprendizaje automático y plataformas de automatización de extremo a extremo. Esto permite reducir la intervención humana en niveles N0, N1 y N2/N3, disminuyendo el tiempo medio de reparación (MTTR) y mejorando la calidad del servicio al minimizar errores humanos.

Centros de Soporte Tecnológico.

La empresa gestiona centros de soporte tecnológico para proveedores de servicios de TIC, priorizando la automatización de procesos operativos. Ofrece soporte técnico y asistencia tecnológica experta para resolver consultas e incidencias relacionadas con el uso de equipos informáticos, smartphones y dispositivos conectados en entornos residenciales y profesionales (SoHo).

Servicios en la Nube (Cloud).

Fractalia proporciona servicios de gestión de servidores, correo y datos en nubes públicas o privadas, permitiendo a los clientes pagar solo por lo que necesitan. Estos procesos incluyen consultoría, instalación, provisión, migración, configuración y puesta en marcha de los servicios, así como su operación y mantenimiento.

Ciberseguridad.

La compañía ofrece plataformas y sistemas perimetrales de ciberseguridad para pymes, negocios y usuarios residenciales, protegiendo la infraestructura digital contra amenazas y vulnerabilidades.

Digitalización de Procesos.

Fractalia se dedica a mapear y documentar flujos de trabajo, identificar oportunidades de mejora y diseñar herramientas digitales que optimizan y visibilizan los procesos de sus clientes, especialmente en sectores como la industria acuícola. Además, Fractalia se enfoca en la mejora continua y la optimización de procesos internos, buscando siempre la eficiencia y la calidad en sus servicios.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

La mejora del proceso de conexión de red en entidades del Estado requiere no solo la incorporación de tecnologías modernas, sino también la adopción de enfoques de gestión que permitan su implementación de forma eficiente y adaptable. En este sentido, la presente investigación propone el uso combinado de la tecnología satelital Starlink y la solución de las soluciones SD-WAN, basadas en redes definidas por software, representan una alternativa eficaz para superar las limitaciones de conectividad en instalaciones específicas de la institución.

La Tecnología Starlink

Starlink es una red de satélites de órbita baja (LEO, por sus siglas en inglés) desarrollada por SpaceX con el objetivo de proporcionar acceso a Internet de alta velocidad y baja latencia en zonas remotas o con infraestructura limitada. Starlink opera con miles de satélites distribuidos en órbitas más cercanas a la Tierra (alrededor de 550 km), reduciendo el tiempo de respuesta en la transmisión de datos. Esta arquitectura LEO permite mejorar la conectividad en regiones donde los enlaces terrestres son inexistentes o insuficientes, y se posiciona como una alternativa tecnológica de última milla viable para sectores rurales, educativos y gubernamentales (Handley, 2019).

Las principales características de Starlink incluyen:

- Velocidades que pueden superar los 100 Mbps.
- Latencia inferior a 50 ms en condiciones normales.
- Fácil instalación del terminal de usuario (antena, router).
- Conectividad continua gracias a la conmutación automática entre satélites.

Estas capacidades convierten a Starlink en una alternativa atractiva para entidades del Estado que operan en ubicaciones donde las redes cableadas o móviles son inestables o inexistentes. Además, su rápida implementación permite reducir los tiempos necesarios para establecer conectividad funcional en proyectos estratégicos o de emergencia. De hecho,

organismos gubernamentales y organizaciones de respuesta ante desastres ya han comenzado a utilizar Starlink como solución primaria o de respaldo en contextos críticos debido a su facilidad de despliegue y cobertura inmediata (Fouquet, 2022).

Conectividad y Redes de Comunicación

Las Conexiones de Red

Las conexiones de red son fundamentales para el funcionamiento de cualquier sistema de comunicación moderno. A través de ellas, los dispositivos informáticos pueden intercambiar datos, acceder a servicios digitales y colaborar en tiempo real. Estas conexiones pueden establecerse mediante medios físicos como cables o mediante tecnologías inalámbricas como Wi-Fi o satélites. La infraestructura de red constituye la base sobre la cual operan los servicios de información actuales, permitiendo la interoperabilidad y el acceso continuo a recursos distribuidos (Kurose & Ross, 2021). El rendimiento de una conexión se mide principalmente por su velocidad de transmisión, latencia, estabilidad y disponibilidad (Kurose & Ross, 2021). En entornos donde la continuidad del servicio es crítica, como en instituciones públicas o zonas remotas, la calidad de estas conexiones puede impactar directamente en la eficiencia operativa.

Definición de red.

Una red informática se define como un conjunto de dispositivos interconectados que comparten recursos y servicios a través de enlaces físicos o inalámbricos. Estas redes permiten la comunicación entre usuarios, la transmisión de datos y el acceso centralizado a recursos como servidores o aplicaciones (Forouzan, 2017). El diseño de una red incluye tanto la topología física como lógica, y requiere políticas de seguridad, gestión de tráfico y mecanismos de redundancia para garantizar su disponibilidad y protección. Un diseño efectivo debe contemplar estos elementos para asegurar la continuidad operativa, la escalabilidad y la defensa frente a fallos o amenazas internas y externas (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Tipos de Redes.

Las redes pueden clasificarse según su cobertura geográfica y propósito. Las redes de área personal (PAN) conectan dispositivos cercanos a un individuo, como teléfonos móviles y auriculares. Las redes de área local (LAN) se limitan a espacios reducidos como oficinas o viviendas. Por otro lado, las redes de área metropolitana (MAN) se extienden por áreas urbanas, mientras que las redes de área amplia (WAN) abarcan grandes distancias geográficas y son esenciales para conectar sedes remotas, sucursales o acceder a Internet (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Estos tipos de redes se pueden apreciar en las siguientes figuras: Figura 6 muestra el tipo de red PAN, la figura 7 muestra el tipo de red LAN, la figura 8 el tipo de red MAN y finalmente la figura 9 el tipo de red WAN.

Figura 6

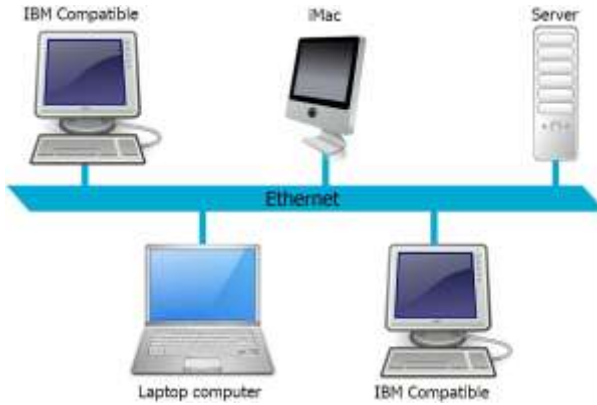
Personal Area Network (PAN)



Fuente: <https://fineproxy.org/>

Figura 7

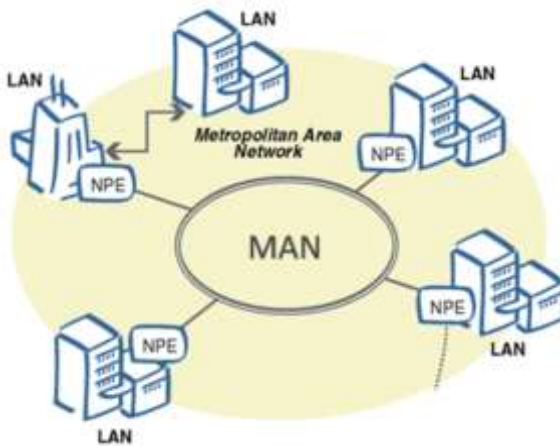
Local Area Network



Fuente: <https://www.lifewire.com>

Figura 8

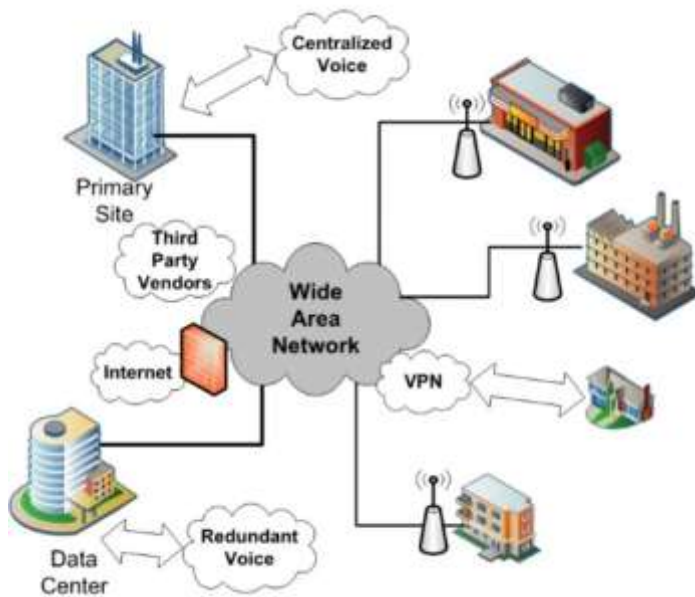
Metropolitan Area Network (MAN)



Fuente: <https://tecnologiaycomputaciondm.blogspot.com/>

Figura 9

Wide Area Network (WAN)



Fuente: <https://prograbasica12.blogspot.com/>

Estas clasificaciones también determinan los tipos de tecnología que se emplean. Por ejemplo, mientras que las LAN suelen utilizar cables Ethernet o Wi-Fi, las redes WAN requieren tecnologías más robustas como la fibra óptica o enlaces satelitales. La elección de estas tecnologías está asociada al alcance geográfico, la velocidad requerida y la infraestructura disponible (Oliviero & Woodward, 2013).

Tecnologías de Conexión de Fibra Óptica

Uno de los medios físicos más utilizados en redes de alta capacidad es la fibra óptica. Esta tecnología transmite datos a través de pulsos de luz, alcanzando velocidades y distancias superiores en comparación con el cableado de cobre. Existen dos tipos principales: la fibra monomodo, ideal para largas distancias, y la fibra multimodo, adecuada para tramos más cortos. La fibra óptica es ampliamente empleada en redes troncales y conexiones de backbone por su alta eficiencia y resistencia a interferencias electromagnéticas (Gerd Keiser, 2017). Existen dos tipos principales:

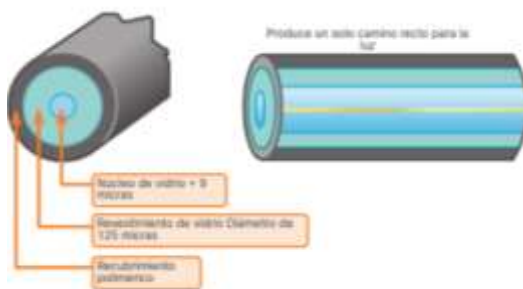
Fibra Monomodo (SMF).

Utiliza un núcleo muy fino para transmitir un único haz de luz, lo que permite alcanzar

largas distancias con menor atenuación y mayor ancho de banda. Este tipo de fibra es ideal para enlaces de alta velocidad y comunicaciones de larga distancia, como en redes troncales o interconexiones metropolitanas (Keiser, 2017). Tal como se muestra en la figura 10.

Figura 10

Fibra Monomodo (SMF)



Fuente: <https://ccnadesdecero.es/>

Fibra Multimodo (MMF).

Su núcleo amplio admite diversas rutas de propagación de la luz, resultando más eficiente para enlaces de corta longitud como en redes internas de edificios (Ver figura 11). Es comúnmente utilizada en entornos corporativos o centros de datos donde la cobertura no requiere tramos extensos, pero sí alta capacidad de transmisión (Gastón, 2021).

Figura 11

Fibra Multimodo (MMF)



Fuente: <https://ccnadesdecero.es/>

La elección del tipo de fibra depende del entorno de implementación y las necesidades de rendimiento. En contextos institucionales o empresariales, la fibra monomodo suele ser la más adecuada para interconexiones entre sedes distantes, ya que permite mantener altas velocidades con baja pérdida de señal en trayectos prolongados (Gastón, 2021).

Tecnologías de Conexión de Redes Satelitales

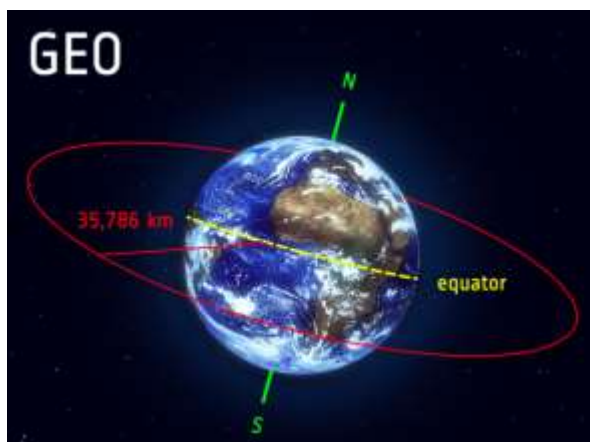
Las redes satelitales son una solución clave en zonas donde las infraestructuras terrestres son limitadas o inexistentes. Estas redes utilizan satélites artificiales para transmitir datos entre estaciones terrestres. Se clasifican según la altitud orbital de los satélites: órbita baja (LEO), órbita media (MEO) y órbita geoestacionaria (GEO), cada una con características distintas en términos de cobertura, latencia y capacidad (Maral & Bousquet, 2020)

GEO (Geostationary Earth Orbit)

Se ubican a 35,786 km sobre el ecuador. Ofrecen cobertura amplia y estable, ideal para comunicaciones fijas, aunque presentan una alta latencia debido a la gran distancia orbital (Maral & Bousquet, 2020). Ver figura 12.

Figura 12

GEO



Fuente: <https://ar.inspiredpencil.com/>

MEO (Medium Earth Orbit).

Operan entre 2,000 y 20,000 km de altitud, ofreciendo un equilibrio entre cobertura y latencia. Son comúnmente utilizados en sistemas de navegación como GPS y en algunas redes de comunicaciones regionales (Maral & Bousquet, 2020). Ver figura 13.

Figura 13

MEO



Fuente: <https://www.ssc.spaceforce.mil/>

LEO (Low Earth Orbit).

Operan entre 500 y 2,000 km, lo que reduce considerablemente la latencia y mejora el rendimiento. Este tipo de órbita es utilizado por constelaciones modernas como Starlink para brindar acceso a Internet en tiempo real con menor retardo (Darwish et al., 2021). Ver figura 14.

Figura 14

LEO



Fuente: <https://www.slideserve.com/>

Recientemente, constelaciones satelitales de órbita baja como Starlink, desarrollada por SpaceX, han demostrado ser una alternativa viable para ofrecer conectividad de alta velocidad en zonas rurales, remotas o con baja cobertura terrestre (Zhou et al., 2024). Gracias a la baja latencia que ofrece este tipo de infraestructura, su aplicación resulta relevante en proyectos estatales o en regiones donde la conectividad tradicional no es factible, ya que permite una respuesta más eficiente en contextos de educación, salud, seguridad o gestión de emergencias (Darwish et al., 2021).

Tecnología SD-WAN

La tecnología SD-WAN (Software Defined Wide Area Network) es una evolución de las redes WAN tradicionales que permite una gestión más inteligente y flexible del tráfico de red entre sucursales o sedes geográficamente distribuidas. A través del uso de software y políticas centralizadas, SD-WAN separa el plano de control del plano de datos, lo cual facilita la administración, configuración y monitoreo de la red desde una consola única (Sendra et al., 2019).

Ventajas de aplicación de red satelital.

Entre sus principales ventajas se encuentran la optimización del rendimiento de aplicaciones críticas, el uso eficiente de múltiples enlaces (como MPLS, 4G/5G, fibra óptica o satélite) y la mejora de la seguridad mediante cifrado y segmentación de tráfico. La conectividad satelital moderna, especialmente cuando se combina con soluciones de gestión inteligente como SD-WAN, permite que organizaciones en zonas remotas operen con niveles de eficiencia cercanos a los de entornos urbanos (Zhang et al., 2020; Darwish et al., 2021). Además, SD-WAN permite la implementación de políticas de calidad de servicio (QoS) adaptables a las condiciones de la red en tiempo real, lo cual resulta fundamental en escenarios donde las condiciones del canal pueden variar con frecuencia, como sucede con enlaces satelitales (Sendra et al., 2019; Cisco, 2020).

La combinación de redes satelitales como Starlink con tecnologías de gestión inteligente como SD-WAN representa una serie de ventajas concretas para los equipos de TI. En primer lugar, permite una mejor visibilidad y control centralizado de la red, lo que facilita la supervisión y diagnóstico de fallas en tiempo real. Gracias a las plataformas de administración unificada que ofrece SD-WAN, los equipos de TI pueden gestionar múltiples tipos de enlaces (satélite, fibra, 4G/5G) desde una sola consola, reduciendo la complejidad operativa y mejorando los tiempos de respuesta ante incidentes (Sendra et al., 2019; Bhardwaj et al., 2021).

Asimismo, esta arquitectura habilita una mayor automatización de políticas de red, lo cual disminuye la intervención manual y los errores de configuración, especialmente en entornos distribuidos o con personal técnico limitado en campo. Esto resulta fundamental para áreas de TI que requieren garantizar disponibilidad y rendimiento constante en servicios críticos como ERP, CRM o plataformas de colaboración. Además, la seguridad mejora mediante técnicas como segmentación de tráfico, cifrado extremo a extremo y detección de anomalías basada en inteligencia artificial, reduciendo los riesgos asociados al uso de canales satelitales (Cisco, 2020;

Gharavi & Hu, 2020).

En el marco de esta investigación, SD-WAN actúa como una tecnología habilitadora que complementa la conectividad satelital de Starlink, al permitir una integración eficiente de diferentes medios de transporte bajo un esquema unificado de administración. Esta capacidad de orquestación y balanceo dinámico de tráfico permite aprovechar al máximo los recursos disponibles, ofreciendo mayor resiliencia ante fallas y optimizando el rendimiento de servicios críticos como videoconferencias, aplicaciones en la nube o acceso remoto seguro (Bhardwaj et al., 2021; Gharavi & Hu, 2020). En contextos gubernamentales o institucionales, esta combinación de tecnologías posibilita una transformación digital más equitativa, reduciendo la brecha tecnológica entre áreas urbanas y rurales.

Antecedentes y Estudios Relacionados

Antecedentes internacionales

Diversos estudios e implementaciones a nivel internacional han evidenciado el potencial de la tecnología satelital de órbita baja (LEO), como Starlink, para mejorar la conectividad en zonas rurales, aisladas o con infraestructura deficiente. En Estados Unidos, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) autorizó el uso de Starlink como parte de su programa Rural Digital Opportunity Fund, con el objetivo de proporcionar Internet de alta velocidad a comunidades rurales donde las opciones tradicionales de conectividad son escasas o inexistentes (Federal Communications Commission [FCC], 2020).

En Canadá, el gobierno ha promovido el acceso a Internet en comunidades indígenas del norte del país mediante soluciones satelitales LEO. Un informe técnico del Ministerio de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (ISED) señala que la implementación de Starlink permitió mejorar considerablemente la calidad del servicio, reduciendo la latencia y aumentando la disponibilidad en regiones con condiciones climáticas y geográficas adversas (Innovation, Science and Economic Development Canada [ISED], 2022).

Por otro lado, en Nueva Zelanda, un piloto liderado por la empresa Chorus, en conjunto con el Ministerio de Educación, utilizó conectividad Starlink integrada con redes SD-WAN para dotar de acceso a Internet confiable a escuelas rurales. Los resultados del estudio mostraron mejoras sustanciales en el rendimiento de plataformas educativas en línea, así como una reducción significativa en la brecha digital en comparación con tecnologías anteriores (Chorus & Ministry of Education, 2021).

Desde una perspectiva técnica, Gharavi y Hu (2020) destacan que la integración de redes LEO con arquitecturas SD-WAN no solo mejora la resiliencia de las comunicaciones institucionales, sino que también permite un aprovisionamiento ágil y seguro en escenarios de emergencia o despliegues temporales. Esta capacidad resulta especialmente relevante en proyectos estatales, humanitarios o de infraestructura crítica.

La implementación de tecnologías satelitales de órbita baja (LEO), como Starlink, ha transformado la conectividad en regiones remotas a nivel mundial. En Finlandia, investigadores del programa 6G Flagship de la Universidad de Oulu evaluaron el desempeño de Starlink en áreas rurales, obteniendo velocidades de descarga superiores a 100 Mbps en la mayoría de las ubicaciones, aunque con disminuciones en zonas boscosas. Este estudio sugiere que Starlink puede ser una opción viable para mejorar la conectividad en regiones rurales y remotas (University of Oulu, 2023).

Según Halpin, en Australia, la empresa de telecomunicaciones Telstra se asoció con Starlink para ofrecer servicios de internet satelital en áreas rurales de difícil acceso. Esta colaboración busca proporcionar conectividad de baja latencia y alta velocidad a comunidades que anteriormente carecían de acceso a internet confiable (Halpin, 2023).

En Indonesia, Starlink firmó un acuerdo con la Asociación de Proveedores de Servicios de Internet para mejorar el acceso a internet en regiones subdesarrolladas, enfocándose en áreas con infraestructura limitada y altos costos de implementación (Onag, 2024).

Antecedentes regionales

En América Latina, Starlink ha comenzado a ofrecer servicios en varios países. En Chile, la empresa Entel se alió con Starlink para proporcionar servicios de internet satelital a empresas, integrando soluciones tecnológicas avanzadas y soporte técnico especializado (AméricaEconomía, 2023).

Según Gonzales & Reyes, diversas investigaciones y casos de uso han demostrado la efectividad del enfoque ágil en la implementación de soluciones de conectividad en entornos complejos. Por ejemplo, en estudios realizados en zonas rurales de América Latina, se ha evidenciado que tecnologías de acceso alternativo como redes satelitales, combinadas con SD-WAN, permiten reducir la brecha digital con una inversión relativamente baja y resultados visibles en corto plazo (Gonzales & Reyes, 2014, p. 174).

Asimismo, entidades públicas en países como Colombia y Brasil han comenzado a incorporar Starlink como parte de su estrategia de conectividad en escuelas rurales, estaciones de salud y comisarías, con el fin de reducir la brecha digital en zonas remotas. En muchos de estos proyectos, se han adoptado enfoques ágiles para garantizar una implementación rápida, flexible y controlada. En Colombia, el Ministerio TIC ha desplegado Starlink en comunidades rurales de difícil acceso como parte de su programa de “Centros Digitales”, logrando conectividad funcional en menos de una semana en varias regiones (MinTIC, 2023). De forma similar, en Brasil, el gobierno federal ha implementado Starlink en más de 19 mil escuelas rurales, priorizando su integración mediante mecanismos de planificación iterativa y coordinación multisectorial (Ministerio de Educación, 2023).

Antecedentes nacionales

En el contexto peruano, aún existen oportunidades para explorar formalmente la sinergia entre estas tecnologías emergentes y los marcos de trabajo ágiles, lo cual constituye una

contribución relevante de esta investigación. Si bien el país ha avanzado en estrategias de inclusión digital, la aplicación integrada de soluciones como Starlink y SD-WAN bajo enfoques ágiles no ha sido ampliamente documentada ni sistematizada en políticas públicas o investigaciones académicas (Aguirre & Paredes, 2022; OSIPTEL, 2023).

En Perú, aunque la adopción de Starlink aún está en etapas iniciales, la alianza con Entel también busca ofrecer soluciones de conectividad a empresas en todo el país, aprovechando la infraestructura y experiencia de Entel en servicios de conectividad empresarial (AméricaEconomía, 2023).

Finalmente, dado el dinamismo y los posibles retos técnicos y logísticos que implica la implementación de estas tecnologías, se plantea el uso de la metodología ágil como marco de trabajo para guiar el despliegue de las soluciones tecnológicas propuestas. A diferencia de los enfoques tradicionales en la gestión de proyectos, la metodología ágil permite una ejecución iterativa e incremental, orientada a la entrega continua de valor y a la rápida adaptación ante cambios en los requerimientos o condiciones del entorno (Beck et al., 2001; Highsmith, 2010).

En el contexto de esta investigación, la metodología ágil facilitará la integración progresiva de Starlink y SD-WAN en la red institucional, promoviendo la participación constante de los usuarios, la validación temprana de resultados y la identificación oportuna de mejoras. Este enfoque resulta especialmente relevante para las entidades del Estado que buscan modernizar su infraestructura de telecomunicaciones sin interrumpir sus operaciones críticas, y con recursos y tiempos limitados. La naturaleza iterativa e incremental de los marcos ágiles permite entregar valor desde las primeras etapas del proyecto, favoreciendo una adaptación dinámica frente a los cambios (Highsmith, 2010; Serrador & Pinto, 2015).

Gestión del proyecto Starlink

Este capítulo desarrolla el marco teórico necesario para comprender los fundamentos de la metodología ágil, así como los principios técnicos y operativos de las tecnologías SD-WAN y

Starlink. Esta base conceptual permitirá sustentar la propuesta tecnológica de esta investigación y su aplicación en el contexto específico de una entidad del Estado en Lima durante el año 2025. La integración de marcos metodológicos modernos con tecnologías emergentes es clave para abordar desafíos actuales de conectividad y transformación digital en el sector público (Gonzales & Reyes, 2014).

Scrum es un marco de trabajo ágil diseñado para gestionar proyectos complejos de manera flexible y eficiente. Se basa en ciclos cortos de trabajo llamados sprints, donde los equipos entregan incrementos funcionales de un producto o servicio. Su objetivo es maximizar la eficiencia y adaptabilidad mediante la colaboración, la inspección continua y la mejora incremental (Schwaber & Sutherland, 2020).

En el caso de la implementación de tecnologías de conectividad, el uso de metodologías ágiles permite reducir los tiempos de despliegue, incorporar retroalimentación temprana del usuario final y adaptarse con rapidez a condiciones técnicas cambiantes, como puede ocurrir en zonas con limitada infraestructura previa. Estas características hacen que el enfoque ágil sea especialmente adecuado para proyectos de innovación tecnológica en entornos dinámicos o con alta incertidumbre (Schwaber & Sutherland, 2020).

Metodología Ágil

La metodología ágil surge como respuesta a las limitaciones de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos, caracterizados por su rigidez y planificación extensa. En 2001, un grupo de expertos formalizó esta filosofía mediante el Manifiesto Ágil, que establece valores como la prioridad en las personas, la colaboración con el cliente y la capacidad de adaptación al cambio sobre el seguimiento estricto de un plan (Schwaber & Sutherland, 2020). Estos principios fomentan la entrega continua de valor, la autoorganización de los equipos y la retroalimentación constante.

Diversos estudios resaltan que las metodologías ágiles son altamente efectivas en

entornos cambiantes, como la implementación de tecnologías emergentes, ya que permiten iterar de forma rápida y reducir el riesgo en proyectos complejos (Pulido & Moncada, 2020).

La metodología ágil es un enfoque de gestión de proyectos que se centra en la flexibilidad, la colaboración y la entrega incremental de productos o soluciones. Surgió como respuesta a las limitaciones de los modelos tradicionales, como el enfoque en cascada, que requieren una planificación rígida y una ejecución secuencial. En el contexto tecnológico, las metodologías ágiles permiten una respuesta más rápida a los cambios en los requerimientos, mediante iteraciones cortas y continuas revisiones del progreso (Pulido & Moncada, 2020).

Marco de trabajo ágil SCRUM.

Scrum es uno de los marcos ágiles más utilizados. Se basa en ciclos de trabajo cortos llamados *sprints* y se apoya en tres pilares: transparencia, inspección y adaptación (Schwaber & Sutherland, 2020). Su estructura define roles específicos como el *Product Owner*, *Scrum Master* y el equipo de desarrollo, cada uno con responsabilidades claras dentro del proceso.

Scrum también propone eventos clave como la planificación del sprint (*Sprint Planning*), reuniones diarias (*Daily Scrum*), revisión (*Sprint Review*) y retrospectiva (*Sprint Retrospective*), que fomentan la mejora continua y la alineación constante con los objetivos del proyecto (Hernández & Beltrán, 2022). Ver figura 6 donde se muestra el ciclo de vida de SCRUM.

Roles en SCRUM.

Scrum define tres roles clave que colaboran estrechamente para garantizar el éxito del proyecto:

Product Owner (Propietario del Producto). Es el responsable de maximizar el valor del producto y gestionar el *Product Backlog*. Actúa como puente entre los stakeholders y el equipo de desarrollo, asegurando que las necesidades del cliente se reflejen adecuadamente en las prioridades del proyecto. [Atlassian](#)

Scrum Master. Facilita la comprensión y aplicación de Scrum dentro del equipo. Ayuda

a eliminar impedimentos, promueve la autoorganización y asegura que se sigan las prácticas ágiles adecuadas.codingia.com+1Atlassian+1

Equipo de Desarrollo. Grupo autoorganizado y multifuncional encargado de entregar incrementos de producto potencialmente entregables al final de cada sprint. Son responsables de planificar, ejecutar y revisar su trabajo de manera colaborativa. [Atlassian](#)

Eventos en Scrum. El marco Scrum establece el trabajo en base a eventos definidos que facilitan la visibilidad del proceso y su inspección continua:

Sprint. Es el corazón de Scrum, un ciclo de trabajo de duración fija (generalmente entre una y cuatro semanas) durante el cual se crea un incremento del producto.

Sprint Planning (Planificación del Sprint). Sesión destinada a establecer el trabajo a desarrollar durante el sprint y el procedimiento para llevarlo a cabo.Atlassian+1Innevo+1

Daily Scrum (Scrum Diario). Reunión diaria de 15 minutos donde el equipo sincroniza actividades y planifica las próximas 24 horas.

Sprint Review (Revisión del Sprint). Al final del sprint, el equipo presenta lo que se ha logrado y se adapta el Product Backlog si es necesario.

Sprint Retrospective (Retrospectiva del Sprint). Reunión para reflexionar sobre el sprint pasado y planificar mejoras para el próximo. OBS Business School

Artefactos en Scrum. Los artefactos en Scrum proporcionan información clave que garantiza la transparencia y el seguimiento del progreso.

Product Backlog. Es un registro priorizado de los componentes potencialmente necesarios en el producto, considerado un documento en constante evolución que se ajusta con el avance del desarrollo y la detección de nuevos requerimientos.

Sprint Backlog. Conjunto de elementos seleccionados del *Product Backlog* para el sprint actual, junto con un plan para entregar el incremento del producto y alcanzar el objetivo del sprint.

Incremento. Suma de todos los elementos del *Product Backlog* completados durante un sprint y los sprints anteriores. Debe estar en condiciones utilizables, independientemente de si el Product Owner decide liberarlo.

En la figura 16 se muestra de manera grafica el proceso de Scrum.

Figura 16

Procesos SCRUM



Fuente. Procesos SCRUM tomado la página web de donetonic

(<https://donetonic.com/es/que-es-scrum/>)

Scrum en proyectos de conectividad.

En proyectos de conectividad como los relacionados con SD-WAN o Starlink, donde los entornos técnicos pueden cambiar rápidamente, el enfoque Scrum permite adaptarse a nuevos requerimientos, integrar retroalimentación temprana y mantener una visión compartida entre los actores involucrados (Pulido & Moncada, 2020).

Este marco resulta especialmente útil en contextos gubernamentales, donde es fundamental responder con agilidad a restricciones presupuestarias, normativas cambiantes o condiciones geográficas adversas (Hernández & Beltrán, 2022).

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La experiencia profesional se llevó a cabo en la empresa Fractalía, una organización especializada en la prestación de servicios tecnológicos y de soluciones digitales a nivel global. Actualmente, Fractalía se enfoca en brindar soporte técnico, gestión de infraestructura, servicios de conectividad y operaciones de TI a diversas industrias. Ingresé a laborar en el año 2024 y específicamente en el área de Operaciones TI, teniendo como responsabilidad de velar por la disponibilidad continua y el funcionamiento óptimo de las soluciones tecnológicas entregadas a los usuarios. Mi desempeño en esta área ha sido crucial en mi formación profesional dado que, esta área es responsable de la supervisión, administración y mejora continua de los procesos operativos relacionados con infraestructura tecnológica, redes y servicios de soporte.

El rol desempeñado fue el de Operational Manager, cuyas principales funciones incluyen la gestión integral de los servicios de TI, la coordinación de equipos técnicos, la supervisión de niveles de servicio (SLA), y la implementación de mejoras para optimizar los procesos de operación tecnológica. Asimismo, el cargo implica la toma de decisiones estratégicas orientado a garantizar la experiencia positiva del cliente y el logro de los objetivos de la organización.

Identificación del problema

La entidad del Estado objeto de esta experiencia profesional presentaba serias limitaciones en su infraestructura de conectividad entre sedes, debido a que cada local contaba con un único medio de acceso a la red institucional. Este medio solía ser, en la mayoría de los casos, una conexión de fibra óptica o, en su defecto, un enlace por radiofrecuencia. La existencia de un solo canal de comunicación por sede generaba un alto nivel de vulnerabilidad operativa, ya que cualquier incidencia, interrupción o degradación en el medio de transmisión afectaba directamente la disponibilidad del servicio de interconexión entre las sedes.

Esta situación tenía un impacto negativo en los servicios internos y en la atención al ciudadano, ya que impedía el acceso a los sistemas informáticos corporativos, la gestión de

expedientes, la tramitación de procesos, entre otros servicios críticos. La dependencia de una sola vía de comunicación dejaba a las sedes expuestas a tiempos de inactividad considerables ante cualquier falla técnica o física en la infraestructura de red, tanto a nivel local como en los nodos troncales intermedios que soportaban la conectividad global de la entidad.

En consecuencia, se hacía evidente la necesidad de implementar una solución alternativa de conectividad que asegurara la continuidad operativa, permitiera una mayor disponibilidad del servicio y garantizara la resiliencia ante posibles eventos adversos en la red tradicional.

Estrategia planteada

Para afrontar la problemática identificada, se planteó una estrategia centrada en la diversificación del acceso a la red mediante la incorporación de tecnologías emergentes que no dependieran de la infraestructura física terrestre tradicional. En ese sentido, el equipo con el cual trabajé, se enfocó en la evaluación e implementación del servicio de conectividad satelital Starlink como medio de respaldo y/o complementario al enlace principal, buscando mejorar la disponibilidad del servicio de interconexión entre sedes. La estrategia se fundamentó en los siguientes ejes:

Redundancia de conectividad

Implementar una segunda vía de comunicación por sede que opere de forma independiente del medio principal (fibra óptica o radio), incrementando así la resiliencia de la red ante fallas o caídas del servicio.

Uso de tecnología satelital de baja latencia (LEO)

Apostar por Starlink como solución innovadora frente a los sistemas satelitales tradicionales, reduciendo significativamente los tiempos de respuesta y aumentando la estabilidad de la conexión.

Enfoque ágil en la implementación

Adoptar una metodología ágil para el despliegue de la solución, permitiendo una

planificación incremental, retroalimentación continua y adaptación rápida ante cambios en el entorno operativo o necesidades de la entidad.

Pruebas piloto y escalabilidad progresiva

Iniciar con sedes críticas o de difícil acceso para validar el desempeño de la solución y, en función de los resultados, extender progresivamente su implementación en otras sedes.

Seguridad y gobernanza tecnológica

Garantizar que la integración de la nueva tecnología cumpliera con los lineamientos de seguridad de la información y se adaptara al marco normativo y operativo del entorno institucional. Esta estrategia permitió no solo resolver la problemática de disponibilidad, sino también generar un marco de acción replicable para futuras iniciativas tecnológicas en la entidad.

Ante estos lineamientos, fue preciso establecer los objetivos que guíen el despliegue profesional y que permita validar las competencias y en cumplimiento de lo solicitado pro el área a cargo.

Objetivo general

Mejorar la disponibilidad y continuidad del servicio de interconexión entre las sedes de la entidad mediante la implementación de un medio alternativo de conectividad basado en tecnología satelital Starlink, que permita asegurar la operación institucional ante fallas o interrupciones del enlace principal.

Objetivos específicos

Para cumplir con el objetivo general propuesto, se formularon objetivos específicos que sirvieron como referencia para las acciones realizadas durante la práctica profesional:

Objetivo específico 1

Supervisar el desempeño del servicio de conectividad para asegurar el cumplimiento de los SLA definidos.

Objetivo específico 2

Identificar oportunidades de mejora en los procesos de conexión de red existentes.

Objetivo específico 3

Implementar acciones correctivas y de mejora continua para optimizar los tiempos de conexión y la calidad del servicio.

Objetivo específico 4

Coordinar con los equipos técnicos y áreas involucradas para asegurar una gestión eficiente de la infraestructura de red.

Objetivo específico 5

Monitorear y reportar el estado de los servicios, proponiendo soluciones ante posibles incidencias o riesgos.

Identificación de riesgos

A continuación, se muestra en la tabla 3 los riesgos identificados.

Tabla 3

Identificación de Riesgos

ID	Riesgo	Descripción	Impacto	Probabilidad	Mitigación
R1	Falla del enlace asimétrico	Durante pruebas se detectó que, con el enlace asimétrico caído, no había salida a internet	Alta	Media	Revisión del failover y enrutamiento en el equipo Teldat M10
R2	Falta de IP o configuración BGP incompleta	Se solicitó máscara /30 para BGP entre Teldat y Huawei	Media	Alta	Coordinación anticipada con el equipo de red y documentación clara
R3	Retrasos por falta de coordinación interinstitucional	Reuniones y ventanas de pruebas requerían confirmación múltiple	Media	Alta	Planificación detallada con cronograma compartido y responsables

R4	Equipos mal configurados	Riesgo de usar plantillas no validadas o inadecuadas	Alta	Media	Validación de plantilla Activo/Activo y revisión técnica previa
----	--------------------------	--	------	-------	---

Fases del proyecto

Una de las tareas cruciales del equipo de trabajo, se gestionó en la gestión del proyecto y sus fases relevantes, los cuales se estructuró de la siguiente manera:

Fase de planificación y análisis

El objetivo es definir el escenario técnico, requerimientos y validación de factibilidad cuyas actividades fueron:

- Coordinación con el Poder Judicial y proveedores (GNO, Telefónica, Fractalia).
- Análisis del entorno técnico actual (servicio de fibra óptica 30 Mbps y asimétrico 100 Mbps).
- Aprobación para implementación de esquema Activo/Activo con equipo Teldat M10.
- Identificación de segmentos de red por servicio: voz, gestión, UPS, datos.

Fase de Configuración del Ambiente de Preproducción

El objetivo es preparar entorno controlado para validaciones técnicas antes del despliegue. Para esto es necesario contar con 2 concentradores Teldat de 4 Gbps en HA que se instalara en el centro de datos de la entidad y la implementación del nuevo servicio. Dentro de las actividades desplegadas podemos mencionar:

- Recepción y montaje de los 2 equipos concentradores Teldat de 4 Gbps en H.A modelo SDE-20K
- Instalación de 2 equipos concentradores Teldat de 4 Gbps en H.A modelo SDE-20K
- Para las 22 sedes remotas:

- Recepción de equipo Teldat M10 en sede Puno Carabaya.
- Carga de plantilla Activo/Activo en Teldat M10.
- Asignación de direccionamiento IP y configuración de BGP (máscara /30).
- Verificación de servicios priorizados (ej. servicios Google por enlace asimétrico, el resto por MPLS).

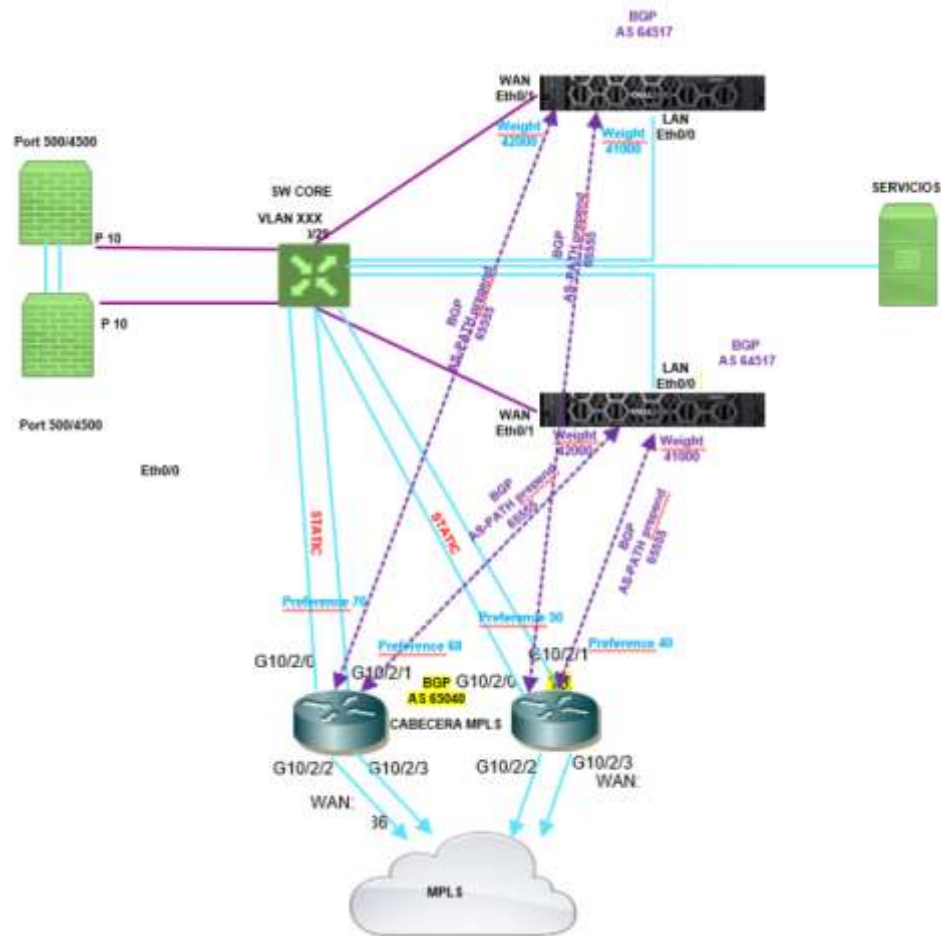
Fase de Desarrollo (Integración Técnica)

El objetivo es integrar los enlaces y servicios bajo el modelo activo-pasivo en el centro de datos y activo-activo en las sedes remotas. Dentro de las actividades desplegadas podemos mencionar:

- Topología diseñada e implementada para los dos concentradores SDE-20K del centro de datos, tal como se detalla en la Figura 16.

Figura 15

Topología de la solución en el centro de datos



- Configuración de los túneles encriptados en modo activo / pasivo 2 equipos concentradores marca Teldat de 4 Gbps en H.A modelo SDE-20K.
- Validación de los recursos de los 2 concentradores SDE-20K, como se muestra en las figuras 16 y 17.

Figura 16

Primer concentrador



Figura 17

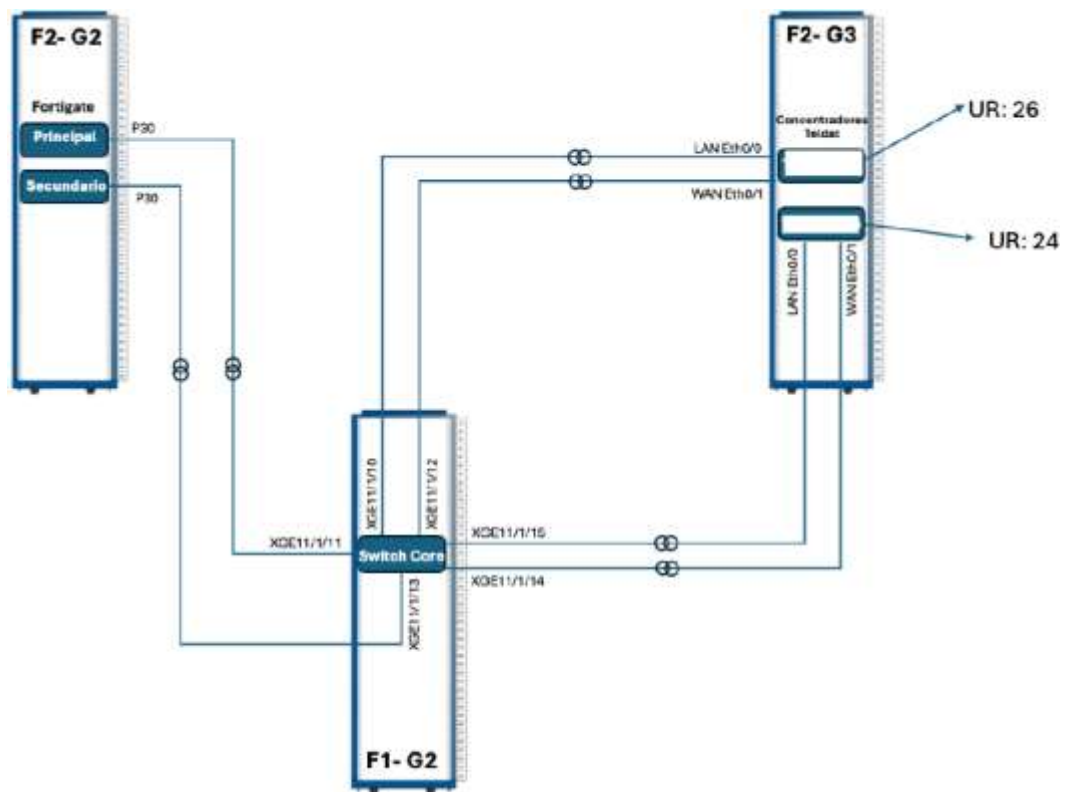
Segundo concentrador



- Aplicación de políticas de enrutamiento y validación de servicios.
- Mapa de gabinetes que aloja los equipos teldat, firewall y switch core que permiten el servicio, tal cómo se detalla en la siguiente figura 18.

Figura 18

Mapa de gabinetes que aloja los equipos teldat, firewall y switch core



- Concentradores instalados en el gabinete tal como se muestra en las siguientes figuras 19, 20 y 21.

Figura 19

Parte frontal de concentradores



Figura 20

Parte posterior de concentradores



Figura 21

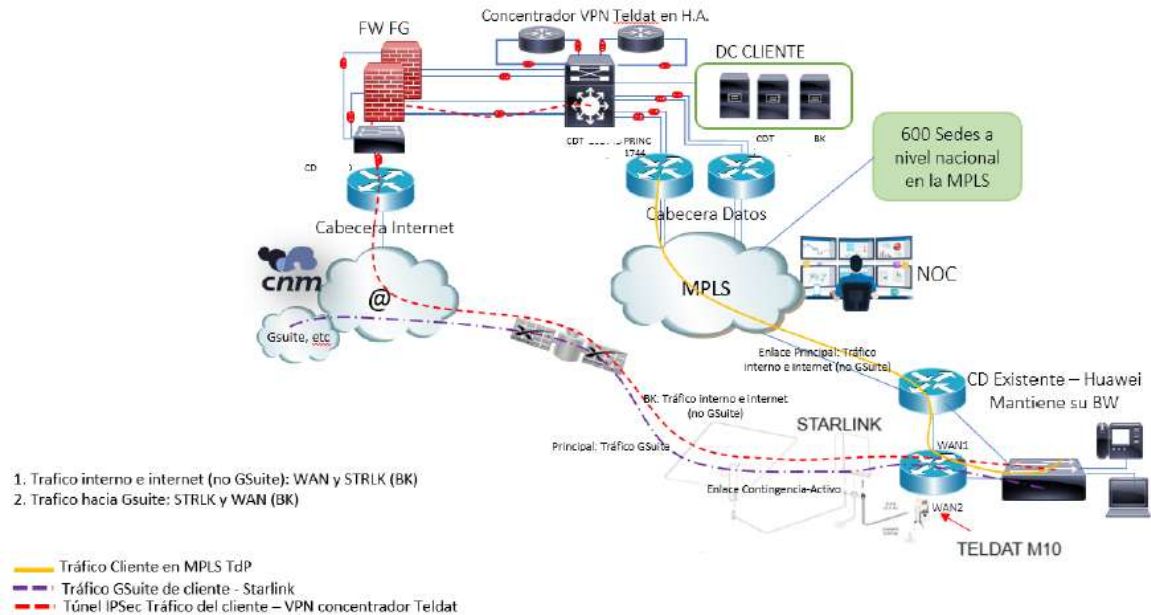
Interconexión física por fibra entre ambos concentradores



- Para las sedes remotas, topología diseñada e implementada para el teldatM10 y Starlink en la sede remota, tal como se detalla en la figura 22.

Figura 22

Topología general de la solución



- Configuración conjunta de equipos: Teldat M10 + Router Huawei.
- Aplicación de políticas de enrutamiento y validación de servicios.
- Coordinación remota y presencial para soporte técnico en sitio.

Fase de Pruebas y Depuración

El objetivo es validar la disponibilidad, redundancia y rendimiento de la solución implementada. Dentro de las actividades desplegadas podemos mencionar:

- Validación de los dos peer de BGP de la siguiente forma (up/down y state/PfRcd con datos) según lo demuestra las siguientes figuras 23 y 24.

Figura 23

BGP en concentrador principal

```
admin@SDE1-ZAVALA$ protocols vrf LAN_467466 bgp show ip summary
IPv4 Unicast Summary (VRF LAN_467466):
BGP router identifier 10.10.10.1, local AS number 64517 vrf-id 7
BGP table version 118272
RIB entries 9821, using 1691 KiB of memory
Peers 2, using 1449 KiB of memory

Neighbor      LocalAddr    V    AS    MsgRcvd  MsgSent    TblVer  InQ  OutQ  Up/Down    State    PfxRcd  PfxSnt Desc
-----
-              -            4    65040  185673   161699    0       0    0  02w1d21h  Established  4369   4539 N/A
-              -            4    65040  185772   161699    0       0    0  02w1d21h  Established  4368   4539 N/A

Total number of neighbors 2
```

Figura 24

BGP en concentrador secundario

```
admin@SDE2-ZAVALA$ protocols vrf LAN_467466 bgp show ip summary
IPv4 Unicast Summary (VRF LAN_467466):
BGP router identifier 10.10.10.2, local AS number 64517 vrf-id 7
BGP table version 118177
RIB entries 9815, using 1690 KiB of memory
Peers 2, using 1449 KiB of memory

Neighbor      LocalAddr    V    AS    MsgRcvd  MsgSent    TblVer  InQ  OutQ  Up/Down    State    PfxRcd  PfxSnt Desc
-----
1              -            4    65040  185699   161763    0       0    0  02w1d21h  Established  4369   4538 N/A
1              -            4    65040  185735   161763    0       0    0  02w1d21h  Established  4368   4538 N/A

Total number of neighbors 2
admin@SDF2-ZAVALA$
```

- Validación de los equipos conectados como se demuestran la figura 25 y 26.

Figura 25

Equipos conectados al concentrador principal

```
admin@SDE1-ZAVALA$ protocols vrf LAN_467466 bgp show ip summary
IPv4 Unicast Summary (VRF LAN_467466):
BGP router identifier 10.10.10.1, local AS number 64517 vrf-id 7
BGP table version 159153
RIB entries 9069, using 1700 KiB of memory
Peers 39, using 48 KiB of memory
Peer groups 1, using 64 bytes of memory

Neighbor      LocalAddr    V    AS    MsgRcvd  MsgSent    TblVer  InQ  OutQ  Up/Down    State    PfxRcd  PfxSnt Desc
-----
*100.254.8.1  100.254.8.1  4    64518  2204     7685      0       0    0  1d12h37m  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.8  100.254.8.1  4    64518  710      3381      0       0    0  12:56:02  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.5  100.254.8.1  4    64518  383      2186      0       0    0  04:39:45  Established  7      4212 N/A
*100.254.8.6  100.254.8.1  4    64518  225      2150      0       0    0  01:47:56  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.9  100.254.8.1  4    64518  711      3857      0       0    0  11:45:54  Established  1      4212 N/A
*100.254.8.18 100.254.8.1  4    64518  2251     8750      0       0    0  1d1:00m   Established  5      4212 N/A
*100.254.8.17 100.254.8.1  4    64518  1304     4790      0       0    0  21:37:32  Established  1      4212 N/A
*100.254.8.13 100.254.8.1  4    64518  795      2330      0       0    0  13:07:21  Established  1      4212 N/A
*100.254.8.14 100.254.8.1  4    64518  100      820       0       0    0  03:04:29  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.15 100.254.8.1  4    64518  244      1030      0       0    0  04:00:36  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.20 100.254.8.1  4    64518  543      2652      0       0    0  10:35:12  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.12 100.254.8.1  4    64518  743      3296      0       0    0  12:14:09  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.19 100.254.8.1  4    64518  631      2073      0       0    0  10:29:48  Established  7      4212 N/A
*100.254.8.16 100.254.8.1  4    64518  1549     5352      0       0    0  1d03:06m  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.30 100.254.8.1  4    64518  265     1393      0       0    0  04:21:00  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.21 100.254.8.1  4    64518  27     234       0       0    0  00:16:30  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.22 100.254.8.1  4    64518  867     2621      0       0    0  10:01:12  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.23 100.254.8.1  4    64518  1549     9560      0       0    0  25:44:06  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.25 100.254.8.1  4    64518  6       97       0       0    0  00:02:56  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.26 100.254.8.1  4    64518  780     2187      0       0    0  21:36:15  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.38 100.254.8.1  4    64518  1840     4392      0       0    0  17:10:30  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.31 100.254.8.1  4    64518  93       480       0       0    0  01:24:14  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.32 100.254.8.1  4    64518  3223     6732      0       0    0  1d12:58m  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.34 100.254.8.1  4    64518  544     2657      0       0    0  10:35:49  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.35 100.254.8.1  4    64518  737     2235      0       0    0  12:09:29  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.17 100.254.8.1  4    64518  3122     9814      0       0    0  2d13:06m  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.39 100.254.8.1  4    64518  328     1376      0       0    0  05:24:25  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.41 100.254.8.1  4    64518  380     1330      0       0    0  04:54:03  Established  4      4212 N/A
*100.254.8.44 100.254.8.1  4    64518  562     2467      0       0    0  09:16:37  Established  5      4212 N/A
*100.254.8.45 100.254.8.1  4    64518  1152     4523      0       0    0  10:43:35  Established  5      4212 N/A
```

Figura 26

Equipos conectados al concentrador secundario

```
admin@DE2-ZAVALLAS protocols vrf SEC_4968001 bgp show ip summary
```

IPv4 Unicast Summary (VRF SEC_4968001):
 BGP router identifier 10.174.24.251, local AS number 64516 vrf-id 0
 BGP table version 211330
 RIB entries 9067, using 1700 Kib of memory
 Peers 68, using 48 Mib of memory
 Peer groups 1, using 64 bytes of memory

Neighbor	LocalAddr	V	AS	MsgRcvd	MsgSent	TblVer	In0	Out0	Up/Down	State	Prefix	Prefix Desc
*100.254.0.2	100.254.0.70	4	64516	2190	6094	0	0	0	0 1d12h22m	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.4	100.254.0.70	4	64516	178	859	0	0	0	0 07:52:50	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.5	100.254.0.70	4	64516	790	3322	0	0	0	0 13:05:15	Established	2	4222 N/A
*100.254.0.6	100.254.0.70	4	64516	231	971	0	0	0	0 03:40:32	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.9	100.254.0.70	4	64516	714	3057	0	0	0	0 11:48:36	Established	1	4222 N/A
*100.254.0.10	100.254.0.70	4	64516	2236	6691	0	0	0	0 1d13h03m	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.11	100.254.0.70	4	64516	30	221	0	0	0	0 00:14:39	Established	1	4222 N/A
*100.254.0.13	100.254.0.70	4	64516	802	3687	0	0	0	0 13:10:04	Established	1	4222 N/A
*100.254.0.14	100.254.0.70	4	64516	1391	4931	0	0	0	0 23:05:15	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.15	100.254.0.70	4	64516	331	1375	0	0	0	0 05:27:11	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.16	100.254.0.70	4	64516	644	2681	0	0	0	0 10:38:06	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.17	100.254.0.70	4	64516	743	3252	0	0	0	0 12:10:35	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.18	100.254.0.70	4	64516	632	2781	0	0	0	0 10:23:18	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.19	100.254.0.70	4	64516	196	921	0	0	0	0 03:18:19	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.20	100.254.0.70	4	64516	200	1206	0	0	0	0 04:23:39	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.21	100.254.0.70	4	64516	26	244	0	0	0	0 00:21:14	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.22	100.254.0.70	4	64516	204	881	0	0	0	0 03:28:31	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.23	100.254.0.70	4	64516	1503	9224	0	0	0	0 22:50:00	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.25	100.254.0.70	4	64516	0	107	0	0	0	0 00:05:31	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.26	100.254.0.70	4	64516	700	3184	0	0	0	0 11:19:10	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.30	100.254.0.70	4	64516	1051	4399	0	0	0	0 12:21:05	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.31	100.254.0.70	4	64516	94	607	0	0	0	0 01:26:46	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.32	100.254.0.70	4	64516	2221	6672	0	0	0	0 1d12h03m	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.34	100.254.0.70	4	64516	848	2857	0	0	0	0 10:38:31	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.35	100.254.0.70	4	64516	739	3233	0	0	0	0 12:12:12	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.37	100.254.0.70	4	64516	3054	10153	0	0	0	0 2d12h31m	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.39	100.254.0.70	4	64516	712	3132	0	0	0	0 11:45:17	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.43	100.254.0.70	4	64516	730	3355	0	0	0	0 11:50:19	Established	4	4222 N/A
*100.254.0.44	100.254.0.70	4	64516	564	2470	0	0	0	0 09:19:15	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.45	100.254.0.70	4	64516	2247	6869	0	0	0	0 1d13h05m	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.46	100.254.0.70	4	64516	2197	8696	0	0	0	0 1d12h29m	Established	5	4222 N/A
*100.254.0.48	100.254.0.70	4	64516	644	2768	0	0	0	0 10:38:23	Established	5	4222 N/A

- Desde las sedes remota, Validación de escenarios con fallas (asimétrico down, MPLS up) del túnel desde el router teldat de la sede hasta el concentrador ubicado en el centro de datos de la entidad, con medición de respuesta con ping, tal como se muestra en la figura 27.

Figura 27

Validación de escenarios con fallas (asimétrico down, MPLS up)

```
PJ-SEDE-1 -S IP vrf+ping vrf VPN1 169.254.0.1 source 169.254.0.81
```

```
PING : 56 data bytes
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=0. time=38. ms
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=1. time=22. ms
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=2. time=21. ms
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=3. time=30. ms
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=4. time=30. ms
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=5. time=25. ms
64 bytes from 169.254.0.1: icmp_seq=6. time=26. ms
```

```
---- PING Statistics----
8 packets transmitted, 7 packets received, 12% packet loss
round-trip (ms) : min/avg/max = 21/27/38
```

- Validación de escenarios con fallas (asimétrico up, MPLS down) de la conectividad desde el router teldat de la sede hasta internet (DNS Google: 8.8.8.8) con medición de respuesta con ping, tal como se muestra en la figura 28.

Figura 28

Validación de escenarios con fallas (asimétrico up, MPLS down)

```
PJ-SEDE-                               -S IP+ping vrf WAN1 8.8.8.8

PING : 56 data bytes
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=0. time=54. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1. time=49. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2. time=55. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3. time=60. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4. time=49. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=5. time=54. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=6. time=46. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=7. time=88. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=8. time=57. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=9. time=49. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=10. time=81. ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=11. time=53. ms

---- PING Statistics----
13 packets transmitted, 12 packets received, 7% packet loss
round-trip (ms)  min/avg/max = 46/57/88
```

- Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra (MPLS) y Starlink UP, tal como se muestra en la figura 29.

Figura 29

Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra (MPLS) y Starlink UP

Objeto de Prueba Sede de Prueba: Contacto de Sede: Fecha: Hora: Observación	Enlace Contingencia Activo Starlink con Router Teldat- VPN sobre internet y Trafico Separado Sede: Juan Perez 3/06/2025 12:00 pm - 2:00 pm Ambos enlaces en funcionamiento Fibra óptica y Starlink. Solo los servicios Gsuite trafican por el Starlink, el resto por FO		
PRUEBA	STATUS	RESULTADO	OBS
ping 10.100.10.5 indicar tiempo en ms	si		Concentrador Teldat Zavala
ping 172.18.0.10 indicar tiempo en ms	si		switch core

- Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra down (MPLS) y Starlink UP, tal como se muestra en la figura 30.

Figura 30

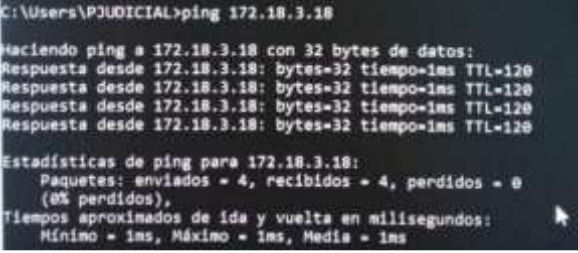
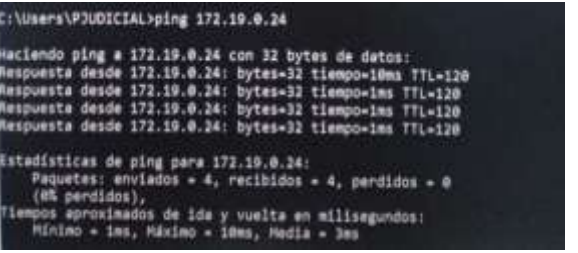
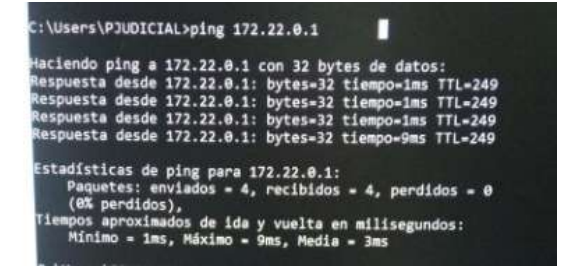
Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra down (MPLS) y Starlink UP



- Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra up (MPLS) y Starlink down, tal como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Ejecución de protocolo de pruebas SD-WAN Teldat con fibra up (MPLS) y Starlink down

ping 172.18.3.18 indicar tiempo en ms	si		cliente zavalá
ping 172.19.0.24 indicar tiempo en ms	si		JAV
ping 172.22.0.1 indicar tiempo en ms	si		Palacio de justicia

Documentación de observaciones de las pruebas

Escenario 1. Ambos enlaces operativos (Starlink y Fibra MPLS en estado up)
 En este escenario, tanto el enlace de fibra óptica (MPLS) como el enlace satelital Starlink se encuentran activos. La política de ruteo establecida permite que únicamente los servicios de Google Workspace (Gsuite) utilicen el enlace Starlink, mientras que el resto del tráfico se enruta por la fibra óptica. El comportamiento observado fue el esperado, cumpliendo con los objetivos de segmentación y balanceo de tráfico definidos.

Escenario 2. Starlink operativo y Fibra MPLS fuera de servicio (down)

Se simula una falla desconectando el enlace de fibra óptica. Como resultado, todo el tráfico de red se enruta únicamente a través de Starlink. El sistema respondió correctamente al evento, manteniendo la conectividad de los servicios críticos, tal como se había previsto.

Escenario 3. Fibra MPLS operativa y Starlink fuera de servicio (down)

Se simula una caída del servicio Starlink. Todo el tráfico se enruta por la fibra óptica. Sin embargo, se detectó pérdida de acceso al sistema de gestión del equipo Teldat. Este inconveniente fue solucionado configurando una política específica en el firewall perimetral que permite el tráfico any hacia la dirección IP 51.116.111.88 mediante el protocolo HTTPS. Una vez aplicada la solución, el resultado fue satisfactorio.

Conclusión de los escenarios de prueba

Los tres escenarios evaluados permitieron validar la eficiencia del diseño de red activo-activo propuesto. Se confirmó el funcionamiento adecuado de las políticas de ruteo, la capacidad de conmutación automática ante fallas y la continuidad operativa de los servicios esenciales. Además, se identificaron oportunidades de mejora en la configuración del acceso de gestión, las cuales fueron atendidas con éxito.

A continuación, se expone la tabla 4 que contiene los resultados correspondientes a los escenarios de desempeño y conmutación de enlaces.

Tabla 4

Escenario de funcionamiento y conmutación de enlaces

Escenario	Condición de los enlaces	Comportamiento observado	Resultado
Ambos enlaces activos	Starlink: Up Fibra MPLS: Up	Gsuite tráfico por Starlink. El resto del tráfico se enruta por fibra óptica.	Comportamiento esperado. Correcta segmentación y balanceo de tráfico.
Fibra caída,	Starlink: Up	Todo el tráfico de red se	Conectividad

Starlink activo	Fibra MPLS: Down	enruta por Starlink.	mantenida. Resultado satisfactorio
Starlink caído, Fibra activa	Starlink: Down Fibra MPLS: Up	Todo el tráfico se enruta por fibra óptica. Se pierde acceso a la gestión del equipo Teldat.	Se resolvió con una política en el firewall (any hacia 51.116.111.88 vía HTTPS). Resultado final positivo

Fase de Implementación y Despliegue

El objetivo es poner en producción la solución en el entorno operativo de una sede de la entidad. Dentro de las confirmaciones obtenidas podemos mencionar:

Los resultados obtenidos en los tres escenarios de prueba permitieron confirmar la efectividad del diseño e implementación del esquema de conectividad activo-activo utilizando enlaces de fibra óptica (MPLS) y tecnología satelital Starlink. Cada prueba fue ejecutada bajo condiciones controladas, simulando caídas de uno u otro enlace, así como el funcionamiento simultáneo de ambos. En todos los casos, se observó una respuesta adecuada del sistema, con una conmutación automática fluida y sin pérdida de servicios críticos.

Especial atención se prestó a la priorización del tráfico de Gsuite, que fue correctamente dirigido por el canal Starlink, mientras que el resto del tráfico utilizó la fibra óptica, cumpliendo con los objetivos de segmentación definidos en la etapa de planificación. Asimismo, se identificó una oportunidad de mejora en la gestión del acceso remoto al equipo Teldat, la cual fue corregida mediante una política específica en el firewall perimetral. Esta solución fue implementada sin afectar el tráfico productivo, lo que demuestra la solidez del diseño de red y la flexibilidad del entorno configurado. La validación de estos escenarios reafirma que la arquitectura propuesta es viable, robusta y preparada para soportar las condiciones operativas de la institución.

Coordinación con usuarios finales y áreas técnicas de la entidad. El éxito de las pruebas no solo dependió de la correcta implementación técnica, sino también de una adecuada coordinación con las distintas áreas involucradas. Se realizó una planificación conjunta con las áreas técnicas de la entidad, específicamente con personal de infraestructura, comunicaciones y soporte TI, para garantizar que las pruebas no interfieran con los procesos judiciales ni con la operatividad diaria de la sede de la entidad. Además, se mantuvo una comunicación constante con los usuarios finales, informándoles de los objetivos, alcance y tiempos estimados de ejecución de cada escenario de prueba.

Esta coordinación permitió generar confianza en los equipos involucrados, asegurar la disponibilidad de recursos clave y establecer mecanismos de retroalimentación inmediata ante cualquier eventualidad detectada durante las pruebas. El acompañamiento técnico y funcional durante toda la jornada de validación también facilitó la detección temprana de observaciones menores, las cuales fueron resueltas oportunamente. Esta sinergia interinstitucional entre el equipo técnico proveedor del servicio y las áreas responsables de la entidad fue determinante para lograr una implementación exitosa y alineada a los requerimientos operativos de la institución.

Activación oficial del esquema activo-activo en la sede. Una vez concluidas satisfactoriamente las pruebas de funcionalidad y conmutación, se procedió con la activación oficial del esquema de conectividad activo-activo en la sede de la entidad. Esta etapa marcó el inicio formal de la operación bajo el nuevo modelo de redundancia, el cual permite garantizar la alta disponibilidad del servicio de conectividad ante eventualidades que afecten cualquiera de los enlaces. La activación fue registrada y documentada mediante los canales oficiales del área de tecnología de la entidad, incluyendo los informes técnicos correspondientes y la actualización de las configuraciones de red en los repositorios institucionales. Asimismo, se brindó un informe ejecutivo que detalló el comportamiento de la red durante las pruebas, las acciones correctivas

aplicadas y las recomendaciones de seguimiento para asegurar la continuidad del esquema.

Posteriormente, se dejó operativo un monitoreo proactivo que brinda la capacidad de monitorear en tiempo real el estado de los dos enlaces, así como las rutas de tráfico establecidas. Esta activación representa un hito en el proceso de modernización tecnológica de la sede, al incorporar una solución híbrida que combina conectividad tradicional y satelital, brindando mayor resiliencia a los servicios digitales de la entidad.

Fase de Mantenimiento y Soporte

La fase de mantenimiento y soporte tiene como objetivo asegurar la continuidad operativa del servicio de red activo-activo implementado en la sede de la entidad, así como garantizar la resolución oportuna de incidencias posteriores al despliegue. Esta etapa es fundamental para preservar la estabilidad de la infraestructura, monitorear el comportamiento del entorno híbrido (fibra y Starlink) y realizar ajustes técnicos que optimicen el desempeño según la evolución de las necesidades del usuario final. Lejos de tratarse de un componente accesorio, el mantenimiento forma parte integral del ciclo de vida del proyecto, asegurando que la solución implementada mantenga sus niveles de eficiencia y disponibilidad a lo largo del tiempo. Dentro de las actividades desplegadas podemos mencionar:

Soporte remoto y presencial tras el despliegue. Entre las principales actividades desarrolladas en esta fase, se incluye el soporte técnico remoto y presencial, brindado tanto por el equipo responsable de la implementación como por los especialistas asignados a la operación del servicio. Este soporte permite atender requerimientos técnicos, resolver incidencias reportadas por los usuarios y asegurar que la configuración de los dispositivos continúe alineada con los objetivos del área de tecnología del PJ. Además, se implementaron procedimientos de escalamiento para casos de fallas críticas, lo que permite activar mecanismos de atención prioritaria ante eventos que puedan comprometer la conectividad o los servicios alojados en la red.

Monitoreo del comportamiento de la red híbrida. Otra actividad clave es el monitoreo continuo del comportamiento de la red híbrida, lo cual se realiza mediante herramientas de supervisión de tráfico, latencia, disponibilidad de enlaces y estabilidad del enrutamiento. Esta supervisión permite identificar tendencias, anticipar posibles problemas y evaluar en tiempo real el rendimiento de cada canal de comunicación. A través de paneles de control y reportes periódicos, el personal técnico puede verificar si las rutas activas y de respaldo están operando correctamente, y si los servicios priorizados (como Gsuite) se están direccionando conforme a las políticas definidas.

Gestión de cambios menores (ajustes de rutas, segmentación, servicios). Asimismo, la fase contempla la gestión de cambios menores, que incluye ajustes en las rutas estáticas o dinámicas, la actualización de políticas de segmentación de red y la incorporación o exclusión de servicios específicos del esquema de balanceo. Estos cambios son documentados y gestionados bajo un enfoque controlado, asegurando que cada modificación no afecte negativamente la estabilidad general del sistema. En esta etapa también se aprovechan las observaciones y sugerencias del usuario final para mejorar aspectos funcionales o de acceso a determinados servicios.

Esta fase garantiza la continuidad del proyecto a mediano y largo plazo, asegurando que la configuración activo-activo funcione correctamente desde el punto de vista técnico y pueda ajustarse de manera flexible a los cambios en el contexto tecnológico y operativo de la entidad.

Cronograma del proyecto

Para el correcto desarrollo del proyecto de implementación del escenario activo-activo con la tecnología Starlink y el equipo Teldat M10 en la sede Ancón del Poder Judicial, se definieron una serie de fases estructuradas de manera cronológica. Cada fase respondió a objetivos específicos y fue ejecutada con la participación coordinada entre la entidad, el

proveedor de servicios de red y el equipo técnico de soporte.

Una planificación detallada fue determinante para garantizar tanto el respeto a los plazos como la alineación entre los distintos actores del proyecto. La tabla 5 presenta el cronograma con las fechas de inicio y término de cada etapa, complementado con un diagrama de Gantt simplificado que permite observar la secuencia de tareas y su tiempo de ejecución.

Tabla 5

Cronograma del proyecto

Fase	Actividades principales	Inicio	Fin	Duración
Planificación y Análisis	Recolección de requerimientos, coordinación con partes involucradas	12/05/2025	15/05/2025	4 días
Configuración del Ambiente de Preproducción	Carga de plantilla, configuración IP/BGP, pruebas técnicas previas	16/05/2025	26/05/2025	7 días
Desarrollo (Integración Técnica)	Integración de enlaces, validación técnica, coordinación interinstitucional	27/05/2025	30/05/2025	4 días
Pruebas y Depuración	Ejecución de protocolo de pruebas, revisión de fallas	2/06/2025	4/06/2025	3 días
Implementación y Despliegue	Activación oficial de esquema activo-activo	5/06/2025	6/06/2025	2 días
Mantenimiento y Soporte	Soporte post-implementación	9/06/2025	En curso	Indef.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Antes de la implementación de la tecnología Starlink, la sede de la entidad presentaba limitaciones significativas en la estabilidad y velocidad de conexión. El servicio tradicional, basado en enlaces terrestres, mostraba latencias elevadas, interrupciones frecuentes y una disponibilidad que no superaba el 93 % mensual, afectando la continuidad de los servicios digitales judiciales.

Comparación de indicadores técnicos

En la tabla 6 se muestra la comparativa de indicadores antes y después de la implementación de Starlink.

Tabla 6

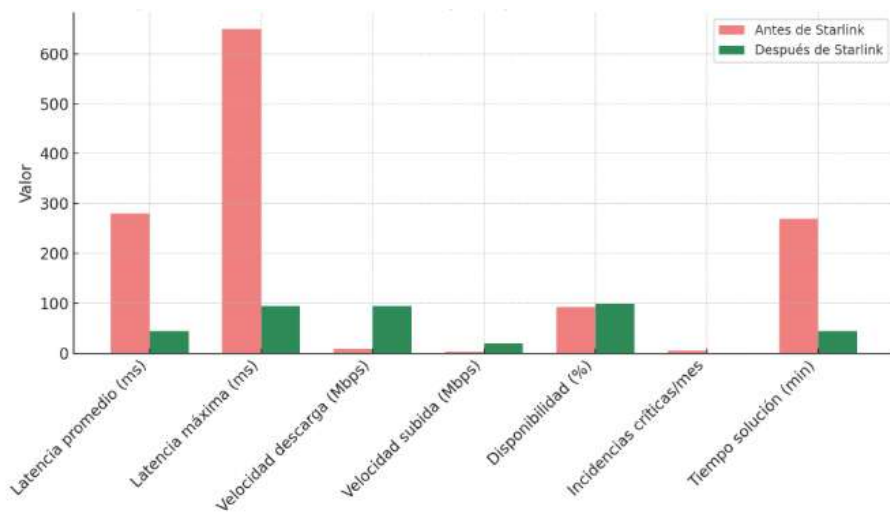
Indicadores antes y después de la implementación de Starlink

Indicador	Antes de Starlink	Después de Starlink
Latencia promedio (ms)	280	45
Latencia máxima (ms)	650	95
Velocidad de descarga (Mbps)	8	95
Velocidad de subida (Mbps)	3	20
Disponibilidad mensual (%)	93 %	99.6 %
Incidencias críticas/mes	6	1
Tiempo promedio de solución	4 h. 30 min.	45 min.

Además, se puede observar gráficamente los indicadores en la figura 32.

Figura 32

Comparativa de indicadores antes y después de Starlink (valores estimados)



Los resultados muestran una reducción del 83,9 % en la latencia promedio y un incremento superior al 1 000 % en la velocidad de descarga. La disponibilidad del servicio superó el 99 %, alineándose con estándares de alta disponibilidad para servicios críticos.

Impacto operativo

La mejora en la conectividad permitió mantener activos los sistemas judiciales en tiempo real, reduciendo las interrupciones en audiencias virtuales y en el acceso a sistemas de gestión de expedientes. Se reportó una disminución del 85 % en quejas de usuarios por fallas de conexión y una mayor capacidad para ejecutar actualizaciones de sistemas fuera del horario laboral sin riesgo de desconexiones.

Percepción de los usuarios

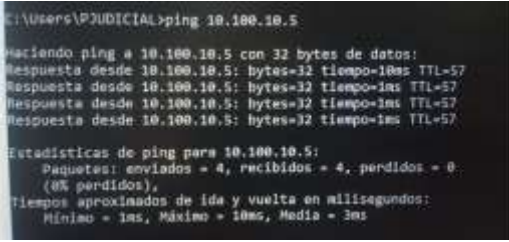

De acuerdo con encuestas internas, el 92 % de los colaboradores de la sede manifestó que el nuevo servicio de conexión “cumple o supera” sus expectativas, destacando la estabilidad y velocidad como principales beneficios. Algunos señalaron que, en casos de condiciones climáticas adversas, se percibió una leve disminución de la velocidad, pero sin impacto significativo en el trabajo diario.

Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de conectividad

La implementación del esquema activo-activo con tecnología Starlink permitió optimizar de manera significativa los tiempos de conectividad entre la sede remota y el centro de datos de la entidad. Antes de la solución, la latencia promedio alcanzaba valores de 280 ms, lo cual afectaba la apertura de sesiones, el acceso a sistemas judiciales y el uso de servicios en la nube. Con la integración de Starlink bajo la administración de SD-WAN, se logró una latencia promedio de 45 ms, es decir, una reducción superior al 80 %. Esto se reflejó en un acceso más rápido a aplicaciones críticas como Gsuite y el sistema de gestión de expedientes. La figura 33 muestra la ejecución del protocolo de pruebas con Starlink y MPLS activos, donde se validó el balanceo de tráfico y el enrutamiento inteligente que favoreció una conectividad estable y ágil.

Figura 33

Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de conectividad

Objeto de Prueba Sede de Prueba: Contacto de Sede: Fecha: Hora:	Enlace Contingencia Activo Starlink con Router Teldat- VPN sobre internet y Trafico Separado		
Observación	Sede Juan Perez 3/06/2025 12:00 pm - 2:00 pm		
	Ambos enlaces en funcionamiento Fibra óptica y Starlink. Solo los servicios Gsuite trafican por el Starlink, el resto por FO		
PRUEBA	STATUS	RESULTADO	OBS
ping 10.100.10.5 indicar tiempo en ms	si	 <pre>C:\Users\PJUDICIAL>ping 10.100.10.5 Poniendo ping a 10.100.10.5 con 32 bytes de datos: Respuesta desde 10.100.10.5: bytes=32 tiempo=1ms TTL=57 Respuesta desde 10.100.10.5: bytes=32 tiempo=1ms TTL=57 Respuesta desde 10.100.10.5: bytes=32 tiempo=1ms TTL=57 Respuesta desde 10.100.10.5: bytes=32 tiempo=1ms TTL=57 Estadísticas de ping para 10.100.10.5: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 10ms, Media = 3ms</pre>	Concentrador Teldat Zavala
ping 172.18.0.10 indicar tiempo en ms	si	 <pre>C:\Users\PJUDICIAL>ping 172.18.0.10 Poniendo ping a 172.18.0.10 con 32 bytes de datos: Respuesta desde 172.18.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=247 Respuesta desde 172.18.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=247 Respuesta desde 172.18.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=247 Respuesta desde 172.18.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=247 Estadísticas de ping para 172.18.0.10: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms</pre>	switch core

Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de disponibilidad

En términos de disponibilidad, el enlace satelital Starlink demostró ser un respaldo eficiente frente a interrupciones de la red tradicional de fibra óptica. Durante las pruebas, se simuló la caída total del servicio MPLS, con lo cual Starlink asumió inmediatamente todo el tráfico de red, manteniendo la operación de los servicios críticos sin interrupciones perceptibles para los usuarios. Esta capacidad de conmutación automática permitió que la disponibilidad mensual del servicio alcanzara el 99.6 %, en comparación con el 93 % registrado antes de la implementación. En la figura 34 se evidencia la ejecución de protocolo de pruebas con MPLS inactivo y Starlink operativo, asegurando la disponibilidad continua de los sistemas judiciales y plataformas colaborativas.

Figura 34

Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de disponibilidad




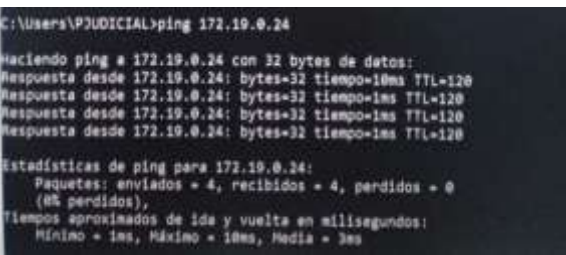
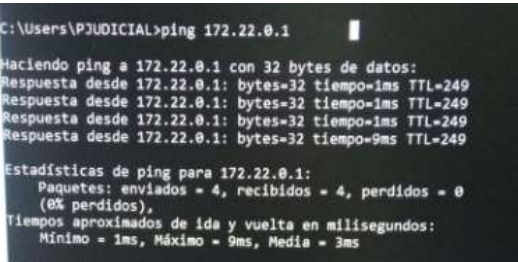
Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de continuidad

La continuidad operativa de los servicios tecnológicos de la entidad fue otro de los aspectos más relevantes observados con la integración de Starlink. Durante las pruebas, al simular la caída del servicio satelital, el sistema de SD-WAN redirigió automáticamente el tráfico hacia el enlace de fibra óptica sin afectar los procesos en curso. Este comportamiento redujo de manera drástica los tiempos de interrupción, pasando de promedios de 4 horas y 30

minutos a tan solo 45 minutos en la resolución de incidencias. La figura 35 muestra el escenario donde Starlink se encontraba fuera de servicio y MPLS en operación, evidenciando la capacidad de mantener la continuidad de los servicios críticos incluso frente a contingencias, lo que asegura la resiliencia tecnológica de la entidad.

Figura 35

Resultados en cuanto a la mejora de tiempos de continuidad

<p>ping 172.18.3.18 indicar tiempo en ms</p>	<p>si</p>		<p>cliente zavala</p>
<p>ping 172.19.0.24 indicar tiempo en ms</p>	<p>si</p>		<p>JAV</p>
<p>ping 172.22.0.1 indicar tiempo en ms</p>	<p>si</p>		<p>Palacio de justicia</p>

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El presente capítulo expone las conclusiones derivadas del análisis comparativo de los indicadores técnicos y operativos obtenidos antes y después de la implementación de la tecnología Starlink en la sede de la entidad. Estas conclusiones se sustentan en los resultados cuantitativos y cualitativos descritos en el capítulo anterior, y reflejan el grado de cumplimiento de los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación. Asimismo, permiten identificar oportunidades de mejora y evaluar la viabilidad de replicar la solución en otras sedes con características similares de conectividad.

Eficiencia comprobada de Starlink como enlace redundante activo-activo

La implementación de Starlink, en conjunto con el Teldat M10, demostró mejoras sustanciales en latencia, velocidad y disponibilidad, asegurando la continuidad de los servicios críticos en la sede de la entidad.

Reducción de interrupciones y tiempos de respuesta

El número de incidencias críticas disminuyó drásticamente, y el tiempo promedio de solución se redujo de 4 h 30 min a 45 min, optimizando la productividad y la atención a los usuarios internos.

Alineación con estándares de alta disponibilidad

La disponibilidad mensual del 99.6 % sitúa la solución dentro de parámetros exigidos para infraestructuras críticas, garantizando operaciones judiciales ininterrumpidas.

Percepción positiva y adopción por parte de usuarios

La satisfacción del personal con el nuevo servicio confirma su valor como solución tecnológica viable para sedes con limitaciones de conectividad terrestre.

Viabilidad de replicación

La experiencia exitosa en la sede sugiere que el modelo puede implementarse en otras sedes de la entidad ubicadas en zonas con baja cobertura de fibra óptica, contribuyendo a cerrar brechas de conectividad institucional.

Competencias desarrolladas

El desarrollo de esta investigación permitió poner en práctica y consolidar diversas competencias adquiridas a lo largo de la formación profesional. Entre ellas destacan.

Gestión de proyectos de TI: aplicando conocimientos de Administración de Proyectos de Software, Gestión de Procesos BPM y Planeamiento Estratégico, así como las metodologías aprendidas en Taller de Tesis, se logró estructurar y ejecutar un proyecto tecnológico bajo objetivos claros y medibles.

Diseño e implementación de redes y telecomunicaciones: gracias a la formación en Redes I y II, Telecomunicaciones y Redes Inalámbricas, se fortalecieron las competencias técnicas para integrar soluciones de conectividad híbridas y de alta disponibilidad.

Arquitectura y calidad de software: la experiencia en cursos como Modelado y Análisis de Software, Diseño y Arquitectura de Software y Calidad y Pruebas de Software contribuyó a aplicar enfoques estructurados en la validación y control del sistema implementado.

Seguridad y continuidad del servicio: con la base en Sistemas Operativos y Administración de Bases de Datos, se adquirió la capacidad de establecer medidas de seguridad y control en ambientes críticos de operación.

Investigación y análisis crítico: mediante la formación en Metodología de la Investigación y Metodología Universitaria, se fortalecieron habilidades para analizar comparativamente indicadores técnicos y sustentar resultados con rigor académico.

Innovación tecnológica y adaptación al cambio: cursos como Big Data y Machine Learning y E-business y Analítica Web aportaron la visión para evaluar tecnologías emergentes

y su impacto en la transformación digital del sector público.

Estas competencias demuestran que el logro de los objetivos no solo responde a una solución tecnológica implementada, sino también a la integración de conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas durante la carrera, lo que fortalece mi formación integral profesional en Ingeniería de Sistemas Computacionales.

Recomendaciones

Las sugerencias siguientes se plantean tomando como base los hallazgos obtenidos y las conclusiones alcanzadas en la investigación, con el propósito de asegurar la sostenibilidad de la solución tecnológica implementada, optimizar su rendimiento a largo plazo y facilitar su replicación en otras sedes con características similares. Asimismo, buscan mitigar posibles riesgos asociados y maximizar el impacto positivo de la inversión realizada.

Monitoreo continuo del rendimiento

Implementar un sistema de monitoreo permanente que registre métricas de latencia, velocidad y disponibilidad, a fin de anticipar posibles degradaciones y actuar de forma proactiva.

Capacitación técnica del personal local

Formar a los responsables de TI en el manejo y configuración del Teldat M10 y en la gestión de incidencias con Starlink para reducir la dependencia de soporte externo.

Planes de contingencia frente a condiciones climáticas

Aunque el impacto ha sido mínimo, se recomienda establecer protocolos alternativos para operaciones críticas en caso de degradación de señal por eventos meteorológicos severos.

Escalabilidad del modelo

Evaluar la viabilidad técnica y presupuestal para replicar el esquema activo-activo con Starlink en otras sedes del Poder Judicial con problemas de conectividad, priorizando zonas rurales o de difícil acceso.

Actualización tecnológica periódica

Revisar cada año la disponibilidad de nuevas versiones de hardware Starlink y firmware del Teldat M10, para garantizar la compatibilidad con futuras demandas de ancho de banda y seguridad.

REFERENCIAS

- Hernández Salazar, E. Y., & Beltrán, C. A. (2022). SCRUM, un enfoque práctico de metodología ágil para la ingeniería de software. *Tecnología, Investigación y Academia*, 8(2), 61–73. <https://doi.org/10.14483/tiac.v8n2.15702>
- Pulido Reina, J. S., & Moncada Puerto, F. A. (2020). La gestión de proyectos ágiles mediante la metodología SCRUM. *Agustiniana Revista Académica*, (30), 1–15. <https://revistas.uniagustiniana.edu.co/index.php/agustiniana/article/view/30>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. Scrum.org. <https://scrumguides.org>
- Beck, K. et al. (2001). *Manifiesto for Agile Software Development*. <https://agilemanifesto.org>
- Highsmith, J. (2010). *Agile project management: Creating innovative products* (2nd ed.). Addison-Wesley.
- Chorus & Ministry of Education. (2021). *Starlink for rural schools: Broadband pilot evaluation report*. Government of New Zealand. <https://www.education.govt.nz>
- Federal Communications Commission (FCC). (2020). *FCC authorizes SpaceX to provide broadband services via Starlink satellites*. <https://www.fcc.gov/document/fcc-authorizes-spacex-provide-broadband-services>
- Gharavi, H., & Hu, B. (2020). *Multitier edge-enabled SD-WAN for critical applications*. *IEEE Communications Magazine*, 58(9), 14–20. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900627>
- Innovation, Science and Economic Development Canada (ISED). (2022). *Connecting Canadians in rural and remote communities through LEO satellites*. Government of Canada. <https://ised-isde.canada.ca>
- Darwish, A., Hassanien, A. E., & Elhoseny, M. (2021). *The impact of Low Earth Orbit (LEO) satellites on the future of Internet connectivity*. In M. Elhoseny & K. Shankar (Eds.), *Intelligent communication technologies and virtual mobile networks* (pp. 145–163).

- Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47411-9_8
- Maral, G., & Bousquet, M. (2020). *Satellite communications systems: Systems, techniques and technology* (6th ed.). Wiley.
- Gastón, C. (2021). *Redes de datos: Fundamentos, diseño y aplicaciones* (2ª ed.). Alfaomega.
- Oliviero, J., & Woodward, T. (2013). *Cisco networking essentials*. Wiley.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer networks* (5th ed.). Pearson.
- Fouquet, H. (2022). *Starlink to the Rescue: How Elon Musk's Satellite Internet Is Helping in Disasters*. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-06/how-starlink-is-helping-in-disasters-from-ukraine-to-hurricane-ian>
- Handley, M. (2019). *Delay is not an option: Low latency routing in space*. En *Proceedings of the 17th ACM Workshop on Hot Topics in Networks* (pp. 85–91). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3365609.3365858>
- Gonzales, C., & Reyes, M. (2014). *Tecnologías de información para el desarrollo rural en América Latina*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad del Pacífico.
- Manifiesto for Agile Software Development. (2001). Recuperado de <https://agilemanifesto.org/>
- Rodríguez, J., & Silva, A. (2022). *Conectividad rural mediante tecnologías emergentes: Experiencias en Sudamérica*. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Sociedad*, 18(2), 85-101.
- Sehgal, A. (2020). *Software Defined WAN for the Enterprise: An Introduction to SD-WAN Architecture and Design*. Apress.
- SpaceX. (2023). *Starlink*. Recuperado de <https://www.starlink.com>
- Rubin, K. S. (2012). *Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process*. Addison-Wesley.
- Schwaber, K. (2004). *Agile Project Management with Scrum*. Microsoft Press.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide*. Scrum.org.

<https://www.scrumguides.org>

Sutherland, J. (2014). *Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time*. Crown Business.

Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986). The new new product development game. *Harvard Business Review*, 64(1), 137–146.

Darwish, T., Kurt, G. K., Yanikomeroğlu, H., Bellemare, M., & Lamontagne, G. (2021). LEO Satellites in 5G and Beyond Networks: A Review from a Standardization Perspective. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.08654>

Forouzan, B. A. (2017). *Data Communications and Networking (5th ed.)*. McGraw-Hill Education.

Gastón, F. (2021). *Redes de datos: conceptos, diseño y configuración de redes modernas*. Alfaomega.

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). *Computer Networking: A Top-Down Approach (8th ed.)*. Pearson.

Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks (5th ed.)*. Pearson.

Zhou, J., Wang, R., Shihada, B., & Alouini, M.-S. (2024). End-to-End Uplink Performance Analysis of Satellite-Based IoT Networks: A Stochastic Geometry Approach. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.19677>

University of Oulu. (2023). *6G researchers evaluate Starlink's performance in rural Finland*.

Recuperado de <https://www.oulu.fi/en/news/6g-researchers-evaluate-starlinks-performance-rural-finland>

Halpin, S. (2023). *Starlink-Telstra partnership: A new route to rural connectivity?* Analysys

Mason. Recuperado de

<https://www.analysismason.com/research/content/articles/starlink-telstra-partnership-a-new-route-to-rural-connectivity/>

- Onag, G. (2024). *Starlink teams up with Indonesian ISPs to improve rural connectivity*. Light Reading. Recuperado de <https://www.lightreading.com/satellite/starlink-teams-up-with-indonesian-isps-to-improve-rural-connectivity>
- AméricaEconomía. (2023). *Entel and Starlink join forces to offer satellite internet to companies in Chile and Peru*. Recuperado de <https://www.americaeconomia.com/en/node/288698>