



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

**Migración de un enlace 10GbE Trasandino Chile-
Argentina sobre red OTN lineal a una red OTN con
redundancia para mejorar la disponibilidad del
servicio**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Erik Alejandro QUIJANDRIA ÑACARI

ASESOR

Mg. Ana Milagros CORONEL CHAMORRO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Quijandria, E. (2025). *Migración de un enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre red OTN lineal a una red OTN con redundancia para mejorar la disponibilidad del servicio*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Erik Alejandro Quijandria Ñacari
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47293966
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Ana Milagros Coronel Chamorro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09752919
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2165-0742
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Edwin Hurcaya Gonzales
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	43490981
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Teofilo Matias Huablocho Perez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25420840
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	José Carlos Hurtado Rantes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08558088
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.6. Comunicaciones ópticas
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: World Trade Center Torre 1 – Piso 4 País: Uruguay Departamento: Montevideo Provincia: Montevideo Distrito: Pocitos Calle: Dr. Luis Alberto de Herrera 1248 Latitud: -34.90439 Longitud: -56.13669
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2023 – Mayo 2024
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

ACTA N°002/FIEE-CTGT/2025

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 11 de abril del 2025, como presidente de Jurado el **MSC. HUARCAYA GONZALES EDWIN**, integrado por el Miembro de Jurado el **ING. HURTADO RANTES, JOSÉ CARLOS**, el Miembro de Jurado **ING. HUABLOCHO PEREZ, TEOFILO MATIAS** y Miembro Asesor la **MG. CORONEL CHAMORRO, ANA MILAGROS**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. **ERIK ALEJANDRO QUIJANDRIA ÑACARI** con código N° **10190006** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **MIGRACIÓN DE UN ENLACE 10GBE TRASANDINO CHILE-ARGENTINA SOBRE RED OTN LINEAL A UNA RED OTN CON REDUNDANCIA PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de **DIECISIETE (17)**.

Ciudad Universitaria, 11 de abril del 2025

MSC. HUARCAYA GONZALES EDWIN

Presidente Jurado

ING. JOSE CARLOS HURTADO RANTES

Miembro Jurado

ING. HUABLOCHO PEREZ, TEOFILO

Miembro Jurado

MG. ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO

Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo . **ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO** mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional: **MIGRACIÓN DE UN ENLACE 10GBE TRASANDINO CHILE-ARGENTINA SOBRE RED OTN LINEAL A UNA RED OTN CON REDUNDANCIA PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO.**, presentado por el bachiller ERIK ALEJANDRO QUIJANDRIA ÑACARI, para optar al título profesional de Ingeniero Electrónico. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 4% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

Lima, 11 de Abril de 2025


Firma del Asesor

DNI: 09752919

Nombres y apellidos del asesor:

ANA MILAGROS CORONEL CHAMORRO

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Elmer y Gladis, quienes depositaron su confianza en mí y me apoyaron incondicionalmente, y a mi esposa Rosa e hijos, Sebastián y Miranda, quienes con su luz me guían en caminos inciertos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y mi familia por acompañarme durante la realización del presente trabajo.

Gracias a mi asesora la Ing. Ana Coronel y a todo el equipo del Programa de Titulación quienes me apoyaron en la gestión para poder acceder al título profesional de Ingeniero Electrónico bajo la modalidad del TSP.

A los profesores, compañeros de estudio y trabajo, quienes me permitieron aprender de sus experiencias.

RESUMEN

El presente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado “Migración de un enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre red OTN lineal a una red OTN con redundancia para mejorar la disponibilidad del servicio” tiene como objetivo mostrar como la migración de un servicio de 10GbE Trasandino Chile-Argentina, inicialmente operando sobre una red de transporte óptico (inglés *Optical Transport Network*, OTN) lineal con tecnología INFINERA, a una red OTN con redundancia basada en tecnología CIENA, mejora la disponibilidad del servicio y reduce los tiempos de indisponibilidad ante eventos. Para ello se empieza con la descripción de la red OTN lineal donde inicialmente se encontraba configurado el servicio y se identifican los eventos en un periodo determinado que ocasionan la baja disponibilidad del servicio. Posteriormente se describe el proceso de migración y la nueva red OTN con redundancia a la que el servicio es migrado.

Adicionalmente se realiza un análisis, sobre un periodo determinado, de los eventos que afectan al servicio y la nueva disponibilidad sobre la red OTN con redundancia a la que fue migrada.

Finalmente, luego de los análisis correspondientes de ambas soluciones se procede a detallar las conclusiones y recomendaciones finales.

Palabras claves: migración, red OTN, trasandino, redundancia, disponibilidad

ABSTRACT

This report for the Professional Sufficiency Work titled “Migration of a 10GbE Trasandean Chile-Argentina link from a linear OTN network to a redundant OTN network to improve service availability” aims to demonstrate how the migration of a 10GbE Trasandean Chile-Argentina service, initially operating on a linear optical transport network (OTN) using INFINERA technology, to a redundant OTN network based on CIENA technology improves service availability and reduces downtime during events. The report begins with a description of the linear OTN network where the service was initially configured and identifies events over a specified period that caused low service availability. It then describes the migration process and the new redundant OTN network to which the service was migrated.

Additionally, an analysis is conducted over a specified period of events affecting the service and the new availability on the redundant OTN network after migration.

Finally, after the corresponding analysis of both solutions, the report details the conclusions and final recommendations.

Keywords: migration, OTN network, trasandean, redundant, availability

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
2.1. Institución – Actividad que desarrolla	2
2.2 Periodo de duración de la actividad	2
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	2
2.3.1 Finalidad	2
2.3.2 Objetivos	3
2.4 Razón social	3
2.5 Dirección postal	3
2.6. Correo electrónico del profesional a cargo	3
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	4
3.1 Organización de la actividad	4
3.2 Finalidad y objetivos de la actividad	5
3.2.1 Finalidad	5
3.2.2 Objetivos	6
3.3 Problemática	6
3.3.1 Problema General	6
3.3.2 Problemas Específicos	6
3.3.3 Justificación e importancia de la actividad	7
3.4 Metodología	7

3.4.1 Bases teóricas	8
3.4.2 Marco conceptual	9
3.4.2.1 Tráfico de Internet	9
3.4.2.2 Red de Transporte Óptico (OTN)	10
3.4.2.3 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)	17
3.4.2.4 10GbE LAN PHY sobre OTN	19
3.4.2.5 Red OTN Transandina Chile-Argentina de Telxius	20
3.4.2.6 Red OTN Lineal y con redundancia	23
3.4.2.7 Análisis de disponibilidad de servicios	27
3.5 Procedimiento	29
3.5.1 Etapa 1: Presentación del caso	29
3.5.1.1 Reclamo de cliente	29
3.5.1.2 Análisis y descripción del servicio 10GbE sobre red OTN lineal	30
3.5.2 Etapa 2: Recopilación y análisis de incidencias	32
3.5.3 Etapa 3: Evaluación y ejecución de plan de mejora	36
3.5.4 Etapa 4: Comparación del rendimiento del servicio	39
3.6 Resultado de la actividad	42
CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
4.1 Descripción de la implementación	47
4.2 Evaluación económica	47
CAPITULO V: CONCLUSIONES	52
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS	54
CAPÍTULO VIII: ANEXOS	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la actividad	4
Figura 2: Crecimiento del ancho de banda fijo	9
Figura 3: Crecimiento de conexiones de usuarios	10
Figura 4: Dominios y capas de OTN	12
Figura 5: Envoltorio digital OTN	12
Figura 6: Topología del dominio óptico	14
Figura 7: Jerarquía de multiplexación OTN	17
Figura 8: Componentes DWDM	18
Figura 9: Trama GFP y Ethernet	20
Figura 10: Infraestructura óptica en Chile	22
Figura 11: Infraestructura óptica en Argentina	23
Figura 12: Red OTN lineal, segmento Barracas – Gral. Paz sobre sistema INFINERA	24
Figura 13: Esquema de una conexión óptica con path-protection	25
Figura 14: Red OTN redundada, segmento Gral. Paz – Valparaíso sobre sistema INFINERA	26
Figura 15: Red OTN redundada, segmento Barracas – Valparaíso sobre sistema CIENA	26
Figura 16: Red OTN redundada, segmento Santiago – Valparaíso sobre sistema CIENA	27
Figura 17: Diagrama de la configuración inicial del servicio 10GbE	30
Figura 18: Leyenda de elementos en diagrama de servicios	31
Figura 19: Gráfico de tiempo de indisponibilidad mensual del servicio sobre red OTN lineal	34
Figura 20: Gráfico de cantidad de interrupciones por segmento y causa	35
Figura 21: Gráfico de tiempo y cantidad de indisponibilidad por segmento	35

Figura 22: Diagrama de la configuración final del servicio 10GbE	38
Figura 23: Gráfico del tiempo de indisponibilidad mensual del servicio sobre red OTN con redundancia	41
Figura 24: Gráfico de disponibilidad del servicio 10GbE	45
Figura 25: Gráfico de MTTR del servicio 10GbE	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Velocidades de línea de OTN estándares	15
Tabla 2: Velocidades de ODUk estándares	16
Tabla 3: Tipos de redes ópticas según su extensión geográfica	21
Tabla 4: Cronograma de la ejecución del trabajo	29
Tabla 5: Reporte de incidencia al 13/11/2023	30
Tabla 6: Reporte de incidencia del servicio sobre red OTN lineal periodo Nov/23 – Feb/24	33
Tabla 7: Cronograma del proceso de migración	39
Tabla 8: Reporte de incidencia del servicio sobre red OTN con redundancia periodo Feb/24 – May/24	40
Tabla 9: Tabla comparativa de cantidad y tiempo de interrupción del servicio 10GbE sobre red OTN lineal y red OTN con redundancia	42
Tabla 10: Cálculo de tiempos y tiempos promedios de las incidencias del servicio 10GbE sobre la red OTN lineal	43
Tabla 11: Cálculo de tiempos y tiempos promedios de las incidencias del servicio 10GbE sobre la red OTN con redundancia	44
Tabla 12: Duración de etapas de implementación	47
Tabla 13: Detalle de la inversión CAPEX en total	48
Tabla 14: Detalle del costo OPEX mensual	48
Tabla 15: Detalle de ingreso mensual por alquiler de servicio	49
Tabla 16: Datos del SLA firmado con cliente	49
Tabla 17: Flujo de Caja (USD)	50

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En un mundo donde el tráfico de datos crece exponencialmente, son las redes OTN las que sirven de infraestructura y soporte para la provisión y operación de enlaces de alta capacidad que permiten el transporte de datos y contenido en nuestro día a día. Este informe de Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP) reconoce la importancia de los servicios de transporte de datos en el entorno actual y la necesidad de que estos se encuentren aptos para ser utilizados en todo momento, lo que se conoce como disponibilidad del servicio.

Se presenta y analiza el caso de un servicio 10GbE sobre una red OTN lineal en un tramo Trasandino Chile-Argentina que muestra un bajo nivel de disponibilidad, lo que genera una disminución en la calidad del servicio con el cliente. Posteriormente se definen los objetivos y la problemática del TSP, luego se describen las características de una red OTN y los beneficios sobre los servicios que son transportados por una red OTN con redundancia.

Para resolver el problema de la baja disponibilidad del servicio 10GbE Trasandino Chile-Argentina se presenta como solución la migración del enlace de una red OTN lineal, sobre tecnología INFINERA, a una red OTN con redundancia, sobre tecnología CIENA, detallando las diferencias principales en la infraestructura de ambos sistemas (tecnologías) y el sistema de protección con el que cuenta este último sistema. Así también se detalla el proceso de migración del servicio que involucra la configuración de los equipos terminales.

Seguidamente se realiza una evaluación de la disponibilidad del servicio 10GbE tras la migración para realizar un análisis comparativo entre la solución inicial y la solución final, lo que permite determinar y comprobar los beneficios de una red OTN con redundancia.

CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1. Institución – Actividad que desarrolla

Telxius Cable America es un proveedor de servicios de conectividad a nivel global, con una infraestructura que combina redes de cables submarinos y terrestres que se extienden a lo largo de 100,000 kilómetros e interconecta alrededor de 100 PoP en 17 países; cuenta con una cartera de servicios de capacidad, colocación y tránsito IP, sobre los cuales ofrece distintas soluciones de acuerdo con las necesidades de sus clientes.

2.2 Periodo de duración de la actividad

Octubre 2023 – Mayo 2024

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

2.3.1 Finalidad

Telxius es un proveedor de red de alta calidad y confiabilidad (Tier 1) y referente global de interconectividad, cuya finalidad es continuar siendo líder en el rubro de manera sostenible en el tiempo.

2.3.2 Objetivos

- Cumplir los compromisos con los clientes mediante un gobierno corporativo basado en principios de negocio responsable que orienta la actuación de su personal a tomar decisiones basadas en la integridad, la transparencia y respeto a la legalidad.
- Minimizar el impacto de su actividad en el medioambiente, mediante un sistema de gestión medioambiental para controlar su huella de carbono.
- Ayudar a alcanzar a la sociedad prosperidad siendo el empleador de preferencia, mediante el bienestar y desarrollo de su personal, fomentando una cultura de diversidad e inclusión.

2.4 Razón social

Telxius Cable America S.A.

2.5 Dirección postal

Dr. Luis Alberto de Herrera 1248, WTC Torre 1 - Piso 4, Montevideo, Uruguay

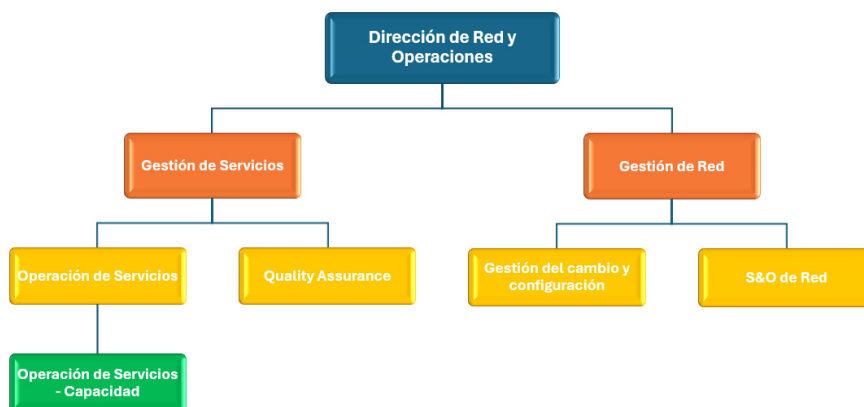
2.6. Correo electrónico del profesional a cargo

Oskar Machicao (oskar.machicao@telxius.com)

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

Figura 1: *Organigrama de la actividad*



Nota. Diagrama de la organización en donde se realiza la actividad. (Elaboración propia).

La actividad del Trabajo de Suficiencia Profesional, titulado Migración de un enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre red OTN lineal a una red OTN con redundancia para mejorar la disponibilidad del servicio, se lleva a cabo dentro de la Dirección de Red y Operaciones, y dentro de ella con la participación de las gerencias de Gestión de Servicios y Gestión de Red, con las jefaturas y subgerencias, que se describen a continuación:

Operación de Servicios: área que se encarga de atender y gestionar las solicitudes y reclamos de los clientes sobre sus servicios en operación. Estos servicios pueden ser de Capacidad, Colocation e IP.

Operación de Servicios – Capacidad: subárea de Operación de Servicios, atiende las solicitudes y reclamos de los clientes de servicios de Capacidad,

dentro de la cartera de productos de Telxius. Estos servicios son Global Carrier Ethernet, Private Line, Wavelength y Espectro.

Quality Assurance: área que se encarga de medir los niveles de calidad del servicio y gestionar mejoras con los proveedores de Telxius.

Gestión del cambio y configuración: área que se encarga de evaluar el impacto de los trabajos sobre los servicios y realizar configuraciones de servicios, en la red de Telxius.

S&O de Red: Supervisión y Operación de Red, área que se encarga de supervisar y operar la red de Telxius, detectando y gestionando los eventos o fallas en la red.

El caso presentado en el Trabajo de Suficiencia Profesional se coordina desde el área de Operación de Servicios – Capacidad. El proceso se inicia cuando el cliente realiza un reclamo sobre el servicio, informando que la disponibilidad que se brinda en el enlace de 10GbE Trasandino Chile-Argentina es baja para la operación de su negocio y requiere una evaluación y un plan para mejorar la disponibilidad.

La evaluación de la disponibilidad y el plan de mejora se realiza entre las áreas de Operación de Servicio, Quality Assurance y S&O de Red. El plan de mejora se ejecuta entre las áreas de Operación de Servicios y Gestión del cambio y configuración, que consiste en la migración del servicio a una red OTN con redundancia y la notificación de la ventana de mantenimiento en la que se ejecuta. Finalmente, al concluir la migración, el cliente da la conformidad de que su servicio está operando correctamente.

3.2 Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1 Finalidad

Mejorar la disponibilidad de un enlace 10GbE Trasandino Chile – Argentina mediante la migración de la red de transporte óptico (OTN) desde una red lineal a una red con redundancia.

3.2.2 Objetivos

- Analizar los eventos que causan la baja disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre la red OTN lineal.
- Evaluar una solución para resolver la baja disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre la red OTN lineal.
- Realizar la migración del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina a la red con redundancia.
- Comprobar la mejora en la disponibilidad del enlace 10GbE post-migración.

3.3 Problemática

3.3.1 Problema General

¿De qué manera la migración de un enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina a una red OTN red redundada mejora la disponibilidad del servicio?

3.3.2 Problemas Específicos

- ¿Qué eventos causaban la baja disponibilidad del servicio del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre la red OTN lineal?
- ¿Cómo se realiza la evaluación de la solución para resolver la baja disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre la red OTN lineal?
- ¿Cómo se realiza la migración del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina a la red OTN con redundancia?
- ¿Se logra mejorar la disponibilidad del servicio luego de la migración y cuáles son estas mejoras?

3.3.3 Justificación e importancia de la actividad

Justificación práctica: Las empresas de telecomunicaciones que brindan servicios de capacidad deben cumplir las Especificaciones de nivel del servicio (inglés *Service Level Specifications*, SLS) establecidos en los Acuerdos de nivel de servicio (inglés *Service Level Agreement*, SLA) contratados por sus clientes. Para los servicios de capacidad, la disponibilidad, que se define como el tiempo en que el servicio se encuentra disponible en un periodo, es un SLS crítico. Un análisis de la disponibilidad del servicio permite reconocer puntos de mejora y la reconfiguración del servicio sobre una red OTN con redundancia es una solución que consigue un incremento en la disponibilidad del servicio.

Justificación económica: La baja disponibilidad del servicio conlleva pérdidas económicas en la operación del negocio del cliente, por lo que es usual que los contratos entre la operadora, que provee el servicio de enlace de capacidad, y el cliente, que utiliza el enlace para llevar el tráfico de sus operaciones, se establezcan penalidades por incumplimiento en la disponibilidad acordada del servicio. La identificación de las causas de una baja disponibilidad y la implementación de soluciones permite evitar pérdidas económicas, no solo a la operadora, sino también al cliente.

3.4 Metodología

Para el trabajo de suficiencia profesional se consideran las siguientes etapas que permiten la comprensión del problema, la evaluación de la solución y su implementación, para la mejora de la disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina.

- **Etapas 1:** Presentación del caso. Se detallan las características principales del enlace y el ámbito en donde se recibe el reclamo del cliente.
- **Etapas 2:** Recopilación y análisis de incidencias. Para estudiar el reclamo del cliente se realiza una recopilación de las incidencias sobre el enlace en

periodo noviembre 2023 – febrero 2024, lo que permite identificar los principales tipos de fallas y los tiempos de afectación por incidencia.

- **Etapa 3:** Evaluación y ejecución de plan de mejora. Una vez identificada la situación real del enlace se evalúa la propuesta de migración a una red OTN con redundancia y se describe el proceso de migración, que es un trabajo inter-áreas, el cual es coordinado desde Operación de Servicios.
- **Etapa 4:** Comparación del rendimiento del servicio. Tras la migración se realiza una nueva recopilación de las incidencias en el enlace en el periodo febrero 2024 – mayo 2024, y se procede a analizar y comparar el rendimiento del enlace sobre la red OTN con redundancia.

3.4.1 Bases teóricas

Para la elaboración del presente informe se han tomado en cuenta los siguientes trabajos previos:

- (Tornero, 2018) en este trabajo de suficiencia profesional se detallan las principales características de un enlace 10GbE sobre una red OTN entre Boca Ratón, USA y Santiago, Chile, lo que nos sirve como punto de partida para conocer las características del servicio que se tratará en este informe.
- (Róka, 2022) en este artículo publicado por la revista MDPI, se explica la relevancia que tienen los esquemas de protección sobre redes ópticas para asegurar la disponibilidad del servicio que es uno de los factores más importantes para las operadoras de redes, lo que permite comprender como brindar protección a un servicio mejora su disponibilidad.
- (Fawas, y otros, 2003) en este artículo basado en una conferencia y publicado por IEEE se discute sobre los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y las especificaciones de nivel de servicio (SLS) sobre enlaces de capacidad transportados sobre redes ópticas.

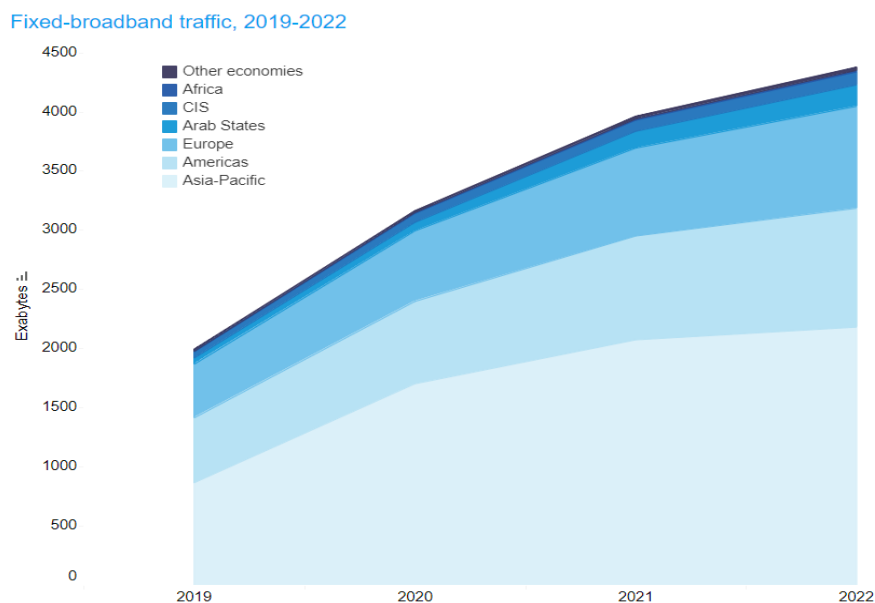
3.4.2 Marco conceptual

Ante la creciente demanda de tráfico de internet, una de las principales actividades de las operadoras de telecomunicaciones Nivel 1 (inglés *Tier 1*), es brindar servicios de interconectividad a sus clientes. Estos servicios, usualmente conexiones punto a punto, son transportados sobre su infraestructura de redes ópticas terrestres y submarinas. Una vez en operación, estos deben cumplir con los SLA y SLS entre cliente y operadora.

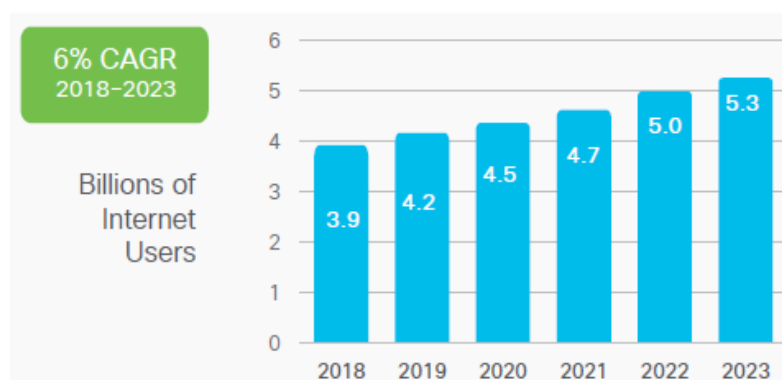
3.4.2.1 Tráfico de Internet

El tráfico de internet crece año a año y se espera que la tendencia de crecimiento continúe a consecuencia del uso de nuevas tecnologías y el mayor acceso de la población a Internet. Como se puede apreciar en las figuras 2 y 3, hay un crecimiento consistente en el ancho de banda y en el número de conexiones de usuarios.

Figura 2: Crecimiento del ancho de banda fijo



Nota. El gráfico muestra el tráfico de ancho de banda fijo en el periodo 2019 – 2022 en distintas regiones y a nivel global. (ITU, 2022).

Figura 3: *Crecimiento de conexiones de usuarios*

Nota. El gráfico muestra el total anual de conexiones de usuarios a Internet, por billones, en los años del 2018 al 2023. (Cisco, 2020).

Esta continua y creciente demanda de acceso al tráfico de Internet es usualmente atendida por las operadoras Tier 1 haciendo uso de tecnología OTN, que permite optimizar la infraestructura DWDM (inglés *Dense Wavelength Division Multiplexing*) desplegada.

3.4.2.2 Red de Transporte Óptico (OTN)

Las redes ópticas que utilizan el estándar OTN son cruciales para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda, causada por las nuevas tecnologías como transmisión de video de alta definición (en inglés *High Definition Streaming*), computación en la nube (en inglés *Cloud Computing*), realidad virtual (en inglés *Virtual Reality*, VR), realidad aumentada (en inglés *Augmented Reality*, AR), etc. Es por lo que son consideradas el núcleo de las telecomunicaciones, ya que sobre estas se interconectan la gran mayoría de redes en el mundo. ITU-T define OTN en una serie de estándares, entre los cuales la especificación G.709 actúa como la principal definición de la tecnología.

A. Características de OTN

- **Multiplexión:** permite que múltiples señales de cliente se puedan transportar en una única señal óptica, haciendo más eficiente el uso de la fibra óptica.

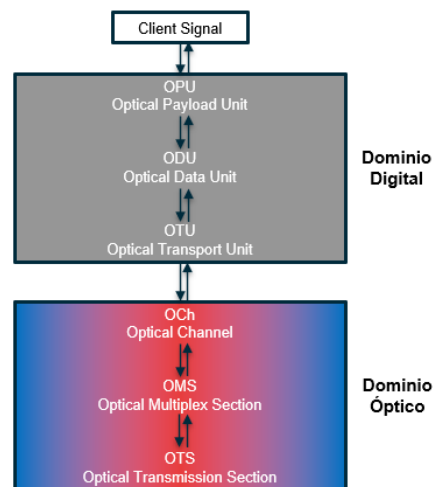
- **Transparencia:** distintos tipos de señales de datos pueden ser transportados (como SDH/SONET, Ethernet, etc.)
- **Corrección anticipada de errores:** FEC (ingles *Forward Error Correction*) es un mecanismo avanzado para detectar y corregir los errores en la transmisión, que otorga una mejor calidad del servicio.
- **Supervisión y gestión:** brinda herramientas que permiten supervisar y gestionar la red.

B. Ventajas de OTN: De acuerdo con (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015) entre las principales ventajas de OTN se tienen:

- **Reducción de costos de transporte:** permite que varias señales de clientes se puedan transportar en una única longitud de onda.
- **Uso eficiente del espectro óptico:** facilita el uso eficiente de la capacidad de DWDM.
- **Determinismo:** dedica un ancho de banda específico para cada servicio, lo que significa que garantiza la capacidad de red y el rendimiento controlado.
- **Flexibilidad y adaptabilidad:** Facilita la integración de nuevas tecnologías, sin necesidad de rediseñar la infraestructura.
- **Seguridad por diseño:** aseguran un alto nivel de seguridad y privacidad mediante la separación física del tráfico en circuitos dedicados.

C. Arquitectura OTN: Según la recomendación (ITU-T, Architecture of the optical transport network, 2024), donde se describe la arquitectura funcional de redes de transporte óptico, OTN provee transporte, agregación, enrutamiento, supervisión y supervivencia de las señales de cliente. Para lograr esto, procesa la señal de cliente en el dominio digital, añadiendo cabeceras y FEC. A la señal resultante se le asigna una longitud de onda para ser transportada a través del dominio óptico.

Figura 4: *Dominios y capas de OTN*

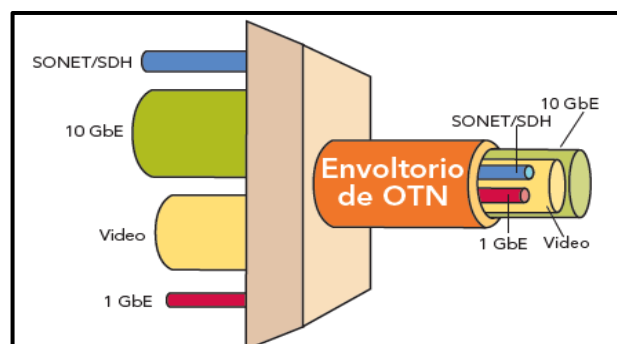


Nota. La imagen presenta los dominios y capas del protocolo OTN. Elaboración propia.

A continuación, se describirán los dominios y capas que se observan en la figura 4.

- **Dominio Digital:** como se muestra en la figura 5, a través de la agregación de cabeceras y FEC se envuelve la señal de cliente en una señal OTN, permitiendo encapsular transparentemente diferentes tipos de servicios y permitiendo corregir errores que se puedan generar al transportarse por el medio óptico. Se divide en las siguientes capas:

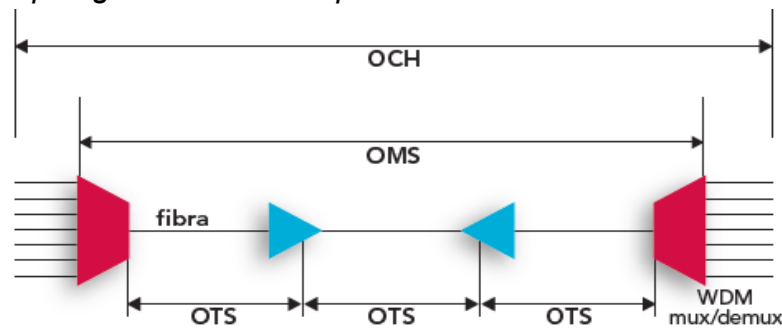
Figura 5: *Envoltorio digital OTN*



Nota. La imagen representa la capacidad de OTN para encapsular distintos protocolos. (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015).

- **Optical Payload Unit (OPU):** permite la encapsulación y mapeo de diversos tipos de señales de cliente haciendo uso de distintos estándares como GFP (*Generic Framming Procedure*) y GMP (*Generic Mapping Procedure*).
- **Optical Data Unit (ODU):** su carga está compuesta por la señal OPU y su cabecera contiene información para la operación, gestión y monitoreo del canal de datos ópticos y las conexiones tándem.
 - **Monitoreo de conexiones tándem (inglés *Tandem Connection Monitoring, TCM*):** permite al operador de red monitorear una señal que pasa a través de redes de terceros. OTN puede habilitar hasta 6 niveles de TCM.
- **Optical Transport Unit (OTU):** su carga está compuesta por una o más señales ODU, su cabecera proporciona las funciones eléctricas para la administración del canal óptico y cuenta con FEC que permite la corrección de errores.
 - **FEC:** OTN implementa un código Reed-Solomon RS (255,239) para la detección y corrección de errores generados en el medio, lo que brinda eficiencia, al reducir la necesidad de regeneradores 3R (regeneración, reformación y resincronización) en la red, y robustez, al soportar una transmisión de datos más fiable y consistente.
- **Dominio Óptico:** por este se transporta una señal óptica, que es la señal resultante del dominio digital a la cual se le asigna una longitud de onda, viajando sobre el medio a través de una señal óptica multiplexada. En la figura 6 se muestra la topología:

Figura 6: Topología del dominio óptico



Nota. En la imagen se presentan las distintas secciones que comprenden el dominio óptico del protocolo OTN. (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015)

- **Optical Channel (OCh):** La señal OTU del dominio digital es llevada al dominio óptico al asignarle una longitud de onda. La gestión del OCh reside en la señal OTU.
- **Optical Multiplex Section (OMS):** es la capa entre multiplexores y demultiplexores ópticos, en la cual se transporta una señal óptica compuesta por longitudes de ondas multiplexadas, donde cada longitud de onda representa un OCh.
- **Optical Transmission Section (OTS):** es la capa entre cualquier elemento óptico de la red OTN, incluyendo amplificadores, en la cual se transporta una señal óptica compuesta por longitudes de ondas multiplexadas, donde una longitud de onda contiene la señal OSC y el resto son OCh.
 - **Canal de supervisión óptica (inglés *Optical Supervisory Channel, OSC*):** es un canal óptico que contiene la cabecera de un grupo de longitudes de ondas y un Canal de Comunicación de Datos (inglés *Data Communication Channel, DCC*) entre puntos de amplificación y/o terminación. Es utilizado para la supervisión y gestión de la infraestructura óptica.

D. Velocidad de bits en OTN: De acuerdo con (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015), las velocidades de OTN son iguales o mayores que las velocidades de bits del tráfico de cliente. Existen dos tipos de asignaciones para una

señal ODU, transparente, que asigna la carga útil completa del cliente a una ODU, y no transparente, que elimina una parte de la carga para conservar la capacidad de red.

Tabla 1: *Velocidades de línea de OTN estándares*

Interfaz OTN	Velocidad de transmisión (Gb)	Servicios usuales
OTU1	2.66	SONET OC-48 SDH STM-16
OTU2	10.70	10GbE WAN Phy 10GbE LAN Phy (usando GFP) SONET OC-192 SDH STM-64
OTU2e	11.09	10GbE LAN Phy (directamente mapeado sobre OTN)
OTU3	43.01	SONET OC-768 SDH STM-256 40GbE
OTU3e2	44.58	4xOTU2e
OTU4	111.81	100GbE

Nota. En la table se presenta las velocidades en Gb de los paquetes OTU y los servicios usualmente encapsulados en cada tipo de paquete. (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015).

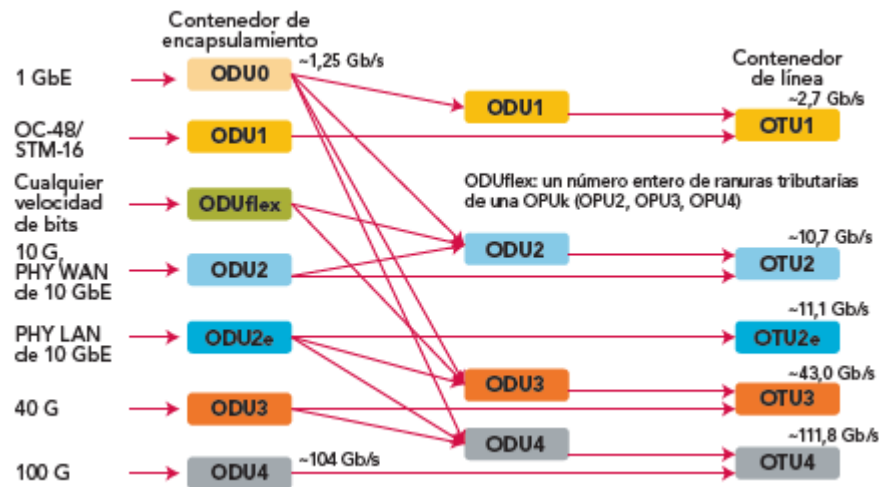
Tabla 2: Velocidades de ODUk estándares

Interfaz OTN	Velocidad de transmisión (Gb)	Servicios usuales
ODU0	1.244	1GbE (1000 BASE-X)
ODU1	2.50	2xODU0 SONET STS-48 SDH STM-16
ODU2	10.037	8xODU0 4xODU1 SONET STS-192 SDH STM-64 10GbE WAN PHY
ODU2e	10.40	10GbE LAN PHY
ODU3	40.319	32xODU0 16xODU1 4xODU2 SONET STS-256 40GbE
ODU3e2	41.6	4xODU2e
ODU4	104.794	80xODU0 40xODU1 10xODU2 2xODU3 100GbE
ODUflex(GFP)	Cualquier velocidad configurada	Transporte de paquetes por GFP

Nota. En la table se presenta las velocidades en Gb de los paquetes OTU y los servicios usualmente encapsulados en cada tipo de paquete. (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015).

E. Jerarquía de Multiplexación OTN: En OTN se pueden multiplexar contenedores ODU inferiores a contenedores superiores, como se puede ver en la figura 7. Es usual que en redes OTN existan asignaciones de bajo orden (inglés *Low Order*, LO) y de alto orden (inglés *High Order*, HO), lo que permite que sobre un OCh se pueda transmitir más de una señal de cliente, por ejemplo, un OCh con carga OTU3 es capaz de llevar una señal multiplexada de hasta 4xODU2e, es decir 4 servicios 10GbE LAN PHY.

Figura 7: Jerarquía de multiplexación OTN



Nota. El gráfico presenta los órdenes de encapsulación de distintos protocolos sobre OTN. (Littlewood, Masoud, & Follis, 2015).

3.4.2.3 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

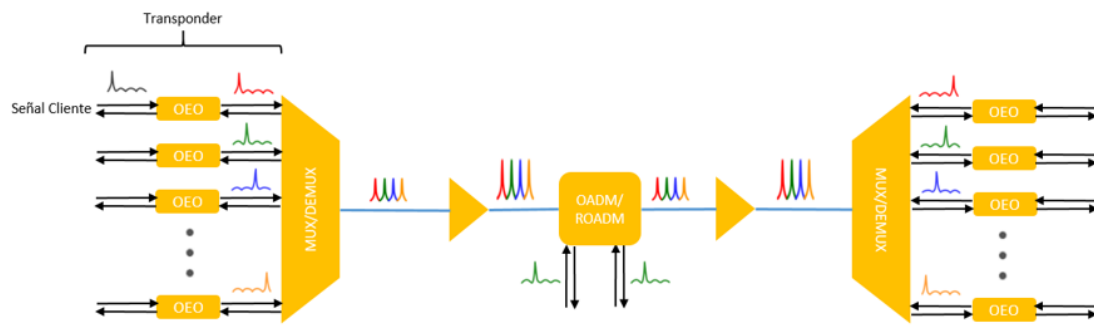
La multiplexación por división en longitudes de onda densa (DWDM) es una técnica avanzada de multiplexación utilizada en redes ópticas, que pueden transmitir, simultáneamente, múltiples señales de datos de diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra.

A. Características: Entre las principales características de DWDM tenemos:

- **Alta densidad**, es capaz de transportar múltiples longitudes de onda (canales), usualmente de 40 a 100 o incluso más, en un ancho de banda de unos cuantos THz.
- **Alta capacidad**, las longitudes de onda son capaces de transportar datos de alta velocidad, a menudo entre 1 Gbps hasta 400 Gbps, permitiendo capacidades totales de varios Tbps en una sola fibra.

B. Componentes: En la figura 8 se muestran los principales componentes de una red DWDM, que se describirán a continuación

Figura 8: Componentes DWDM



Nota. La imagen muestra los distintos elementos que componen una red DWDM. Elaboración propia.

- **Transponder:** encargado de convertir una señal de cliente, en una señal óptica con una longitud de onda asignada y viceversa en el receptor. Existe un elemento denominado Muxponder con funciones similares al transponder, la diferencia es que este componente puede combinar múltiples señales de cliente en una señal óptica con longitud de onda asignada.
- **Multiplexor/Demultiplexor óptico (MUX/DEMUX):** se encarga de multiplexar y demultiplexar las señales ópticas para el transporte sobre la fibra óptica.
- **Amplificador de línea óptica:** usualmente denominados OLA (inglés *Optical Line Amplifier*), este componente compensa la pérdida de potencia del medio de transmisión, fibra óptica, amplificando la señal óptica recibida para transmitirla nuevamente por el medio. Existen 2 principales tipos de amplificadores:
 - **Amplificador EDFA (inglés *Erbium Dopped Fiber Amplifier*),** basándose en el principio de emisión estimulada, el amplificador contiene una fibra dopada con Erblio y un láser de bombeo. La señal DWDM se acopla al láser de bombeo que se encarga de excitar los átomos de Erblio llevándolos a un estado de energía más alto, lo que permite que esta ganancia de energía se transfiera a la señal DWDM, amplificándola.
 - **Amplificador RAMAN,** basándose en el fenómeno de dispersión de Raman, el amplificador contiene una fibra de amplificación

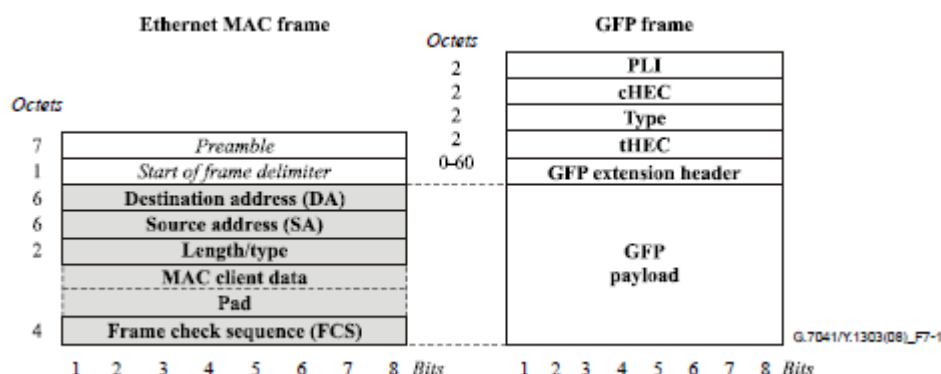
Raman y un láser de bombeo de alta potencia en una longitud de onda cercana a la señal DWDM. Si bien los amplificadores RAMAN pueden utilizarse en el sentido de transmisión de un enlace DWDM, su uso está más extendido en la recepción, en donde a través de un bombeo de luz en reversa la señal DWDM se amplifica con la excitación de la fibra de amplificación Raman.

- **Multiplexor óptico de subida y bajada:** usualmente denominado OADM (inglés *Optical Add/Drop Multiplexer*) se encargan de agregar (Add) y extraer (Drop) longitudes de onda específicas de una señal DWDM dejando pasar el resto de las longitudes de onda. Anteriormente, una limitante de este tipo de componente era que las longitudes de ondas que se podían agregar y extraer eran fijas durante su operación, por lo que se denominan OADM fijos o F-OADM (inglés *Fixed OADM*) lo que suponía una desventaja en cuanto a flexibilidad de la red. En la actualidad existe un tipo de OADM reconfigurable o ROADM (inglés *Reconfigurable OADM*) que permite la configuración remota de las longitudes de onda a agregar y extraer en la red.

3.4.2.4 10GbE LAN PHY sobre OTN

La señal de cliente 10GbE LAN PHY (10.3125 Gbps) no puede ser ajustada directamente sobre una señal OTU2 estándar y su contenedor OPU2 (9.995 Gbps). Para lograr envolver este tipo de señal de cliente existen 2 soluciones:

- A. GFP:** específicamente GFP-F (Generic Framing Procedure – Framed) que está diseñado para señales de cliente basadas en paquetes de longitud variable. Como se puede ver en la figura 9, a la señal de cliente 10GbE LAN PHY se le retira los 7 bytes de preámbulo y el byte delimitador de inicio de la trama, el resto de los bytes pasa a formar parte de la carga de la trama GFP (GFP Payload), esta acción sumada al uso de algunos bytes de la cabecera del OPU2 permite acoplar una señal 10GbE LAN PHY dentro de una señal OTU2.

Figura 9: Trama GFP y Ethernet

Nota. La imagen muestra cuales son los octetos, de una trama Ethernet, utilizados por el protocolo GFP, para formar su carga útil. (ITU-T, Generic framing procedure, 2016)

B. Over-clocked OTN: GFP supone una solución práctica para transportar señales 10GbE LAN PHY sobre OTU2, sin embargo, está presenta algunas desventajas como pérdida de bytes que pueden ser de utilidad para los operadores de red y/o algunas aplicaciones, así también genera un aumento de procesamiento que puede incrementar la latencia. Over-clocked OTN es una tecnología que permite superar estas limitantes, pues compensa la tasa de desajuste que existe con 10GbE LAN PHY, mediante el uso de contenedores OTN que operan a velocidades superiores. El contenedor OTU2e (OTU2 extended) tiene una velocidad de transmisión de 11.09 Gbps que permite mapear directamente una señal 10GbE LAN PHY sobre OTN.

3.4.2.5 Red OTN Transandina Chile-Argentina de Telxius

Como se ha podido detallar en los puntos anteriores, el uso del estándar OTN y la aplicación de tecnología DWDM supone una ventaja en cuanto a transparencia, flexibilidad y uso eficiente del espectro óptico, para las redes ópticas de las operadoras de telecomunicaciones Tier 1.

Telxius, una operadora de telecomunicaciones Tier 1, brinda servicios de capacidad a nivel internacional. Para lograr esto, cuenta con una

infraestructura óptica tanto terrestre como submarina, que permite interconectar distintos países, tanto en América como en Europa.

El presente trabajo se desarrolla sobre un servicio de capacidad 10GbE entre Santiago, Chile y Barracas, Argentina, que es transportado por una red OTN con tecnología DWDM, a través de una infraestructura óptica terrestre que pasa por la cordillera de los Andes.

En la tabla 3 se comparten los tipos de redes óptica según su extensión geográfica, la red OTN Trasandina Chile-Argentina de Telxius es una red Extended long-haul (en español larga distancia extendida)

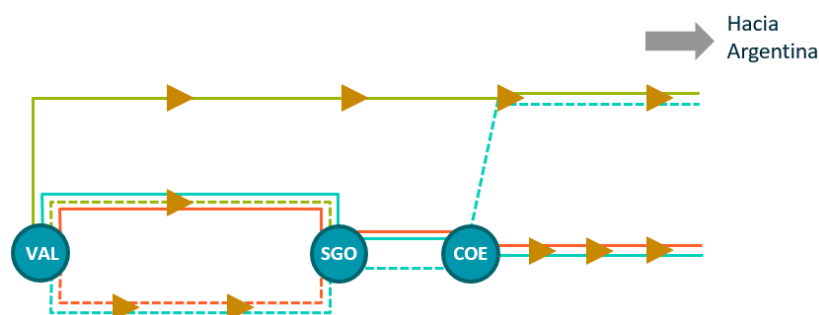
Tabla 3: *Tipos de redes ópticas según su extensión geográfica*

Tipo de red	Extensión geográfica
Long-Haul (LH)	Entre 600 – 1000 Km
Extended long-haul (EHL)	Entre 1000 – 2000 Km
Ultra long-haul (UHL)	Entre 2000 – 4000 Km

Nota. En la tabla se presentan los diferentes tipos de redes ópticas según la distancia geográfica que recorren. (Senior, 2009).

A. Infraestructura óptica de red OTN Trasandina en Chile: Permite la subida, bajada y paso de servicios de capacidad en Chile. Consta de un largo sistema de cables de fibras ópticas que permiten distribuir servicios y brindar diversidad geográfica. Sobre redes ópticas desplegadas en equipos OTN/DWDM de distintos proveedores de tecnología, como CIENA e INFINERA.

En la figura 10 muestra la red OTN Trasandina en Chile, que presenta 3 puntos de regeneración y multiplexación de canales ópticos, también 10 puntos de amplificación. Los puntos de regeneración y multiplexación en Chile son, Valparaíso (VAL), Santiago (SGO) y Chiloé (COE).

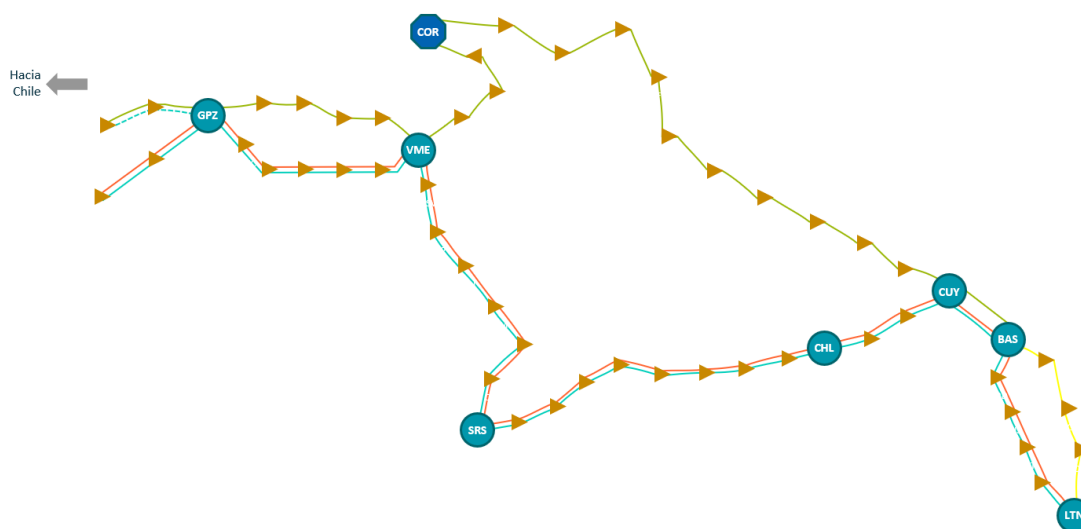
Figura 10: Infraestructura óptica en Chile

Nota. La imagen muestra un diagrama de la infraestructura de red OTN en Chile, incluyendo nodos de multiplexación y amplificación, así como rutas de fibra. Elaboración propia.

B. Infraestructura óptica de red OTN Trasandina en Argentina: Permite la subida, bajada y paso de servicios de capacidad en Argentina. Consta de un largo sistema de cables de fibras ópticas que permiten distribuir servicios y brindar diversidad geográfica, también cuenta con redes ópticas desplegadas sobre equipos OTN/DWDM de distintos proveedores de tecnología, como CIENA e INFINERA.

En la figura 11 muestra la red OTN Trasandina en Argentina, que presenta 7 puntos de regeneración y multiplexación de canales ópticos, 1 punto OADM y 49 puntos de amplificación. Los puntos de regeneración y multiplexación en Argentina son, Gral. Paz (GPZ), Villa Mercedes (VME), Santa Rosa (SRS), Chivilcoy (CHL), Cuyo (CUY), Barracas (BAS) y Las Toninas (LTN).

Figura 11: Infraestructura óptica en Argentina



Nota. La imagen muestra un diagrama de la infraestructura de red OTN en Argentina, incluyendo nodos de multiplexación y amplificación, así como rutas de fibra. Elaboración propia.

3.4.2.6 Red OTN Lineal y con redundancia

Las redes OTN, como cualquier tipo de red, son susceptibles a eventos que puedan causar su indisponibilidad o disminuir su rendimiento, estos eventos tienen diversos orígenes como fallas fortuitas, deterioro de los componentes, mala manipulación, etc., por lo que son diseñadas para asegurar un mínimo de disponibilidad.

Según (Róka, 2022) desde la perspectiva de los operadores de red, la disponibilidad de la red es uno de los factores más importantes que determinan la fiabilidad. Para mantener activos los servicios en las redes ópticas estas emplean esquemas de protección.

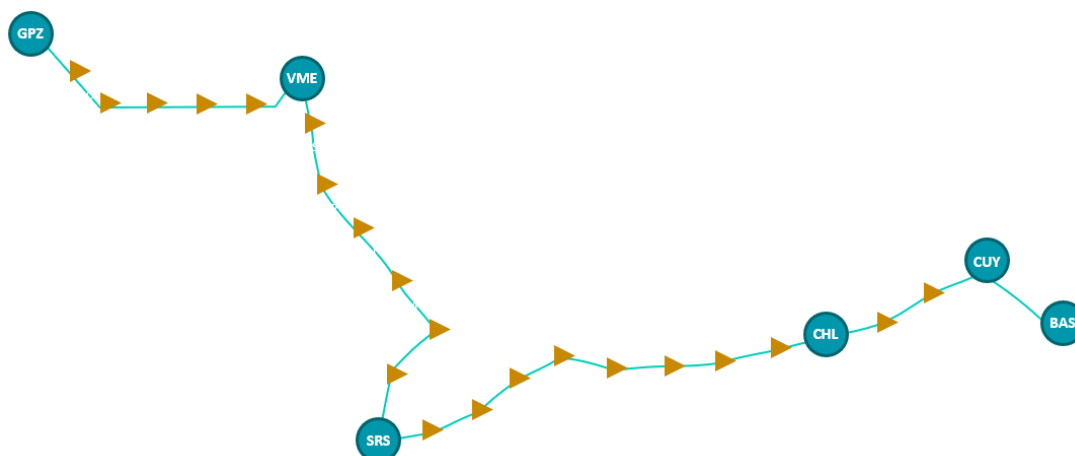
Telxius a lo largo de su red OTN Trasandina Chile-Argentina despliega sistemas lineales y redundantes, estos últimos permiten ofrecer a sus clientes enlaces con protección, que brindan una mayor disponibilidad del servicio.

A. Red OTN Lineal: Una red OTN lineal es una red óptica basada en el estándar G.709 que permite el transporte de servicios de capacidad de alta velocidad y que no cuenta con una ruta alternativa o sistema de

protección. A continuación, se describe el segmento y sistema en donde se presenta este tipo de red:

- **Segmento Barracas – Gral. Paz, sistema INFINERA:** Es una red desplegada sobre equipos INFINERA que permiten el transporte de señales ópticas a lo largo de Argentina entre Barracas y Gral. Paz, en la figura 12 se pueden observar los nodos de regeneración y multiplexación, así como los puntos de amplificación

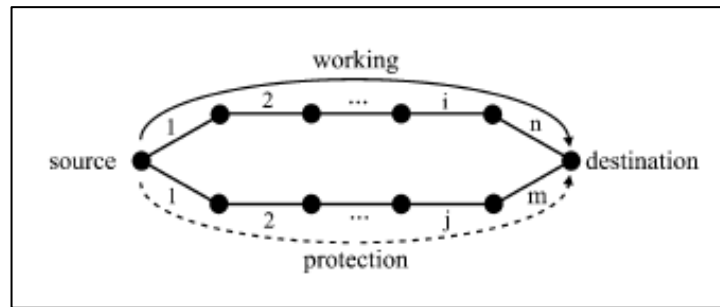
Figura 12: Red OTN lineal, segmento Barracas – Gral. Paz sobre sistema INFINERA



Nota. La imagen muestra un diagrama de la red OTN Lineal sobre equipos INFINERA, incluyendo nodos de multiplexación y amplificación. Elaboración propia.

B. Red OTN con redundancia: Es una red óptica basada en G.709 que aplica sistemas de protección de rutas lo que permite mejorar la supervivencia del servicio ante fallas. Las redes OTN con redundancia, que despliega Telxius en Chile y Argentina, emplean una protección de camino (inglés *path-protection*), es decir que entre el punto fuente y destino existen 2 rutas por la que los canales ópticos pueden ser transportados, como se puede ver en la figura 13.

Figura 13: Esquema de una conexión óptica con path-protection

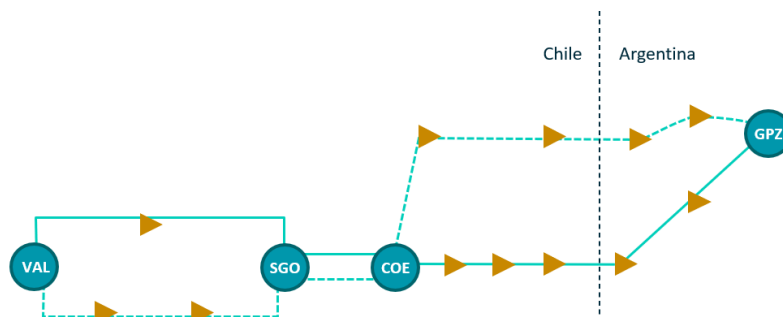


Nota. La imagen muestra una conexión óptica con un origen (inglés *source*) y destino (inglés *destination*) la cual cuenta con un camino de trabajo (inglés *working*) y un camino de protección (inglés *protection*). (Tornatore, Maier, & Pattavina, 2005).

Los sistemas INFINERA y CIENA emplean equipos que permiten la conmutación óptica de la red OTN con redundancia, sin embargo, estos conmutadores ópticos operan sobre etapas distintas de la transmisión. Sobre el sistema INFINERA se emplea un equipo conmutador óptico que opera sobre la señal DWDM, lo que hace que todos los canales ópticos en una sección OMS conmuten de forma simultánea ante un evento sobre la ruta activa. Mientras que sobre el sistema CIENA este equipo opera sobre el canal óptico, por lo que ante un evento sobre la ruta activa es el OCh el que conmuta a su ruta de protección.

- **Segmento Gral. Paz – Valparaíso, sistema INFINERA:** Consta de 3 subsegmentos Gral. Paz – Chiloé, Chiloé – Santiago y Santiago – Valparaíso, desplegados sobre tecnología INFINERA, en cada extremo de los subsegmentos se encuentran los conmutadores ópticos. En la figura 14 se detallan los nodos de multiplexación y regeneración, también los puntos de amplificación, la línea continua indica el camino principal y la línea punteada el camino de protección.

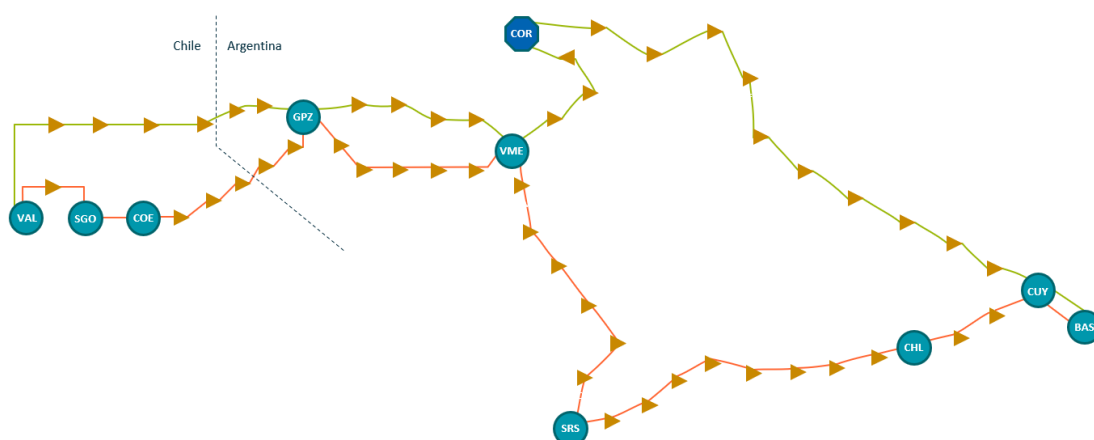
Figura 14: Red OTN redundada, segmento Gral. Paz – Valparaíso sobre sistema INFINERA



Nota. La imagen muestra un diagrama de la red OTN con redundancia sobre equipos INFINERA, incluyendo nodos de multiplexación y amplificación. Elaboración propia.

- **Segmento Barracas – Valparaíso, sistema CIENA:** Los conmutadores ópticos de CIENA se encuentran ubicados en Barracas y Valparaíso, y como se indicó anteriormente, estos actúan sobre el OCh. En la figura 15 se detallan los nodos de multiplexación y regeneración, también los puntos de amplificación. La línea color naranja indica el camino denominado Ruta Centro y la línea color verde el camino denominado Ruta Norte.

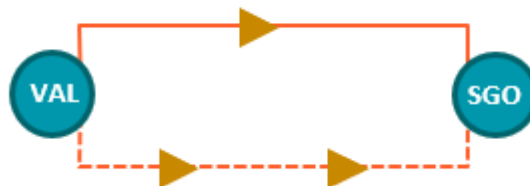
Figura 15: Red OTN redundada, segmento Barracas – Valparaíso sobre sistema CIENA



Nota. Se muestra un diagrama de la red OTN con redundancia sobre equipos CIENA, incluye nodos de multiplexación y amplificación. Elaboración propia.

- **Segmento Santiago – Valparaíso, sistema CIENA:** Los conmutadores ópticos de CIENA se encuentran ubicados en Santiago y Valparaíso. En la figura 16 se detallan los nodos de multiplexación y regeneración, también los puntos de amplificación, la línea continua indica el camino principal y la línea punteada el camino de protección.

Figura 16: Red OTN redundada, segmento Santiago – Valparaíso sobre sistema CIENA



Nota. La imagen muestra un diagrama de la red OTN con redundancia sobre equipos CIENA, incluyendo nodos de multiplexación y amplificación. Elaboración propia.

3.4.2.7 Análisis de disponibilidad de servicios

La disponibilidad es un parámetro importante determinado por el Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA), especialmente para los servicios con alta demanda.

Un SLA es un contrato formal entre un proveedor de servicios y un cliente, que contiene especificaciones técnicas detalladas denominadas especificaciones de nivel de servicio (en inglés *Service Level Specification*, SLS). Un SLS es un conjunto de parámetros y valores que definen el servicio ofrecido al cliente. (Fawas, y otros, 2003)

Para el análisis de disponibilidad de servicio en una red OTN se utilizan parámetros que miden distintos tiempos:

- **Tiempo medio hasta el fallo (inglés *Mean Time To Fail*, MTTF)**, es el tiempo medio que transcurre desde la última recuperación del servicio hasta que falla nuevamente.

- **Tiempo medio hasta reparar (inglés *Mean Time To Repair*, MTTR)**, es el tiempo medio que transcurre desde que falla el servicio hasta que recupera.
- **Tiempo medio entre fallas (inglés *Mean Time Between Failures*, MTBF)**, es el tiempo medio que transcurre desde la recuperación de la anterior falla hasta la recuperación de la última falla.

Estos parámetros se relacionan de la siguiente forma:

$$MTBF = MTTF + MTTR$$

La disponibilidad (en inglés *Availability*, A) del servicio puede ser evaluada con los parámetros anteriormente mencionados, con la siguiente formula:

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{MTTF}{MTBF} ; A \leq 1$$

El valor de A siempre es menor o igual que 1, y es usual que este se represente en porcentaje:

$$A(\%) = A \times 100\%$$

También se suele evaluar la indisponibilidad (inglés *Unavailability*, U) que se representa en la siguiente formula:

$$U = 1 - A = \frac{MTTR}{MTTF + MTTR} = \frac{MTTR}{MTBF}$$

$$U(\%) = (1 - A) \times 100\%$$

3.5 Procedimiento

El proceso se divide en 4 etapas y este inicia con el reclamo de cliente, por la baja disponibilidad que presenta el enlace de 10GbE Trasandino Chile – Argentina. Y finaliza luego del periodo de monitoreo del servicio tras la migración de una red OTN lineal a una con redundancia, en la tabla 4 se detalla el cronograma de lo ejecutado.

Tabla 4: Cronograma de la ejecución del trabajo

Etapas	Fechas	2023				2024			
		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	31/10/2023 - 13/11/2023		s s						
2	01/11/2023 - 09/02/2024		s s s s	s s s s	s s s s	s s			
3	05/12/2023 - 09/02/2024			s s s s	s s s s	s s			
4	09/02/2024 - 31/05/2024					s s s	s s s s	s s s s	s s s s

Nota. En la tabla se presenta el cronograma semanal (S) de las 4 etapas en que la que se ejecutó el trabajo. Elaboración propia.

3.5.1 Etapa 1: Presentación del caso

Se detalla el ámbito en donde se recibe el reclamo del cliente y las características principales del enlace.

3.5.1.1 Reclamo de cliente

La actividad se desarrolla sobre un servicio 10GbE, transportado por la red OTN Trasandina Chile-Argentina, para un cliente en Chile.

Tras su reciente activación, el 31 de octubre del 2023, al área de Operación de Servicios – Capacidad de Telxius llega un reclamo de cliente, el 13 de noviembre del 2023, por medio del responsable comercial de la cuenta. El cliente expresa su inconformidad, pues con pocos días en operación el servicio ha mostrado una baja disponibilidad y solicita una evaluación y plan de mejora.

Se solicita al área de Quality Assurance asistencia para obtener un reporte de incidencias del servicio el cual contenga, el ticket de atención, la

fecha de creación, tiempo de indisponibilidad y la causa de la interrupción del servicio, esto último es usualmente denominado RFO (en inglés *Reason for Outage*), esto se detalla en la tabla 5:

Tabla 5: Reporte de incidencia al 13/11/2023

Ticket	Fecha	Tiempo de indisponibilidad	RFO
CSE0045916	11/11/2023	00 Días 10 Hr 16 min 00 seg	Corte de fibra óptica terrestre entre La Paz y Alto Pencoso, Argentina. La causa del corte no fue determinada.
CSE0045969	13/11/2023	00 Días 15 Hr 11 min 00 seg	Corte de fibra óptica terrestre entre las Gral. Paz y San Martin, Argentina. El corte fue ocasionado por vandalismo.

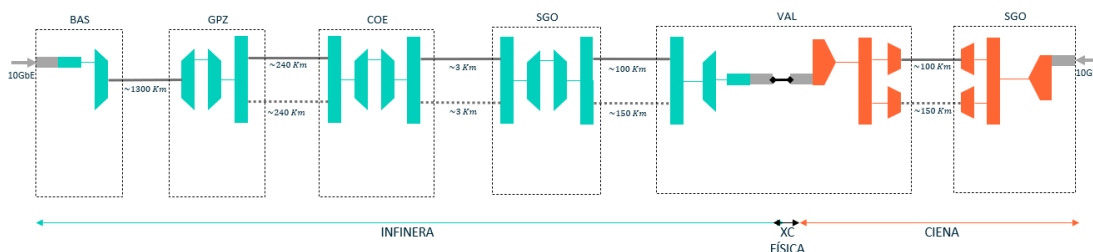
Nota. La tabla muestra el reporte de incidencias sobre el servicio 10GbE al 13 de noviembre 2023, tras 2 semanas en operación. Elaboración propia.

Se observa que el servicio, tras solo 2 semanas en operación, ha sufrido 2 caídas que generan un tiempo de indisponibilidad de 26.10 horas, que es un tiempo elevado para un servicio de capacidad.

3.5.1.2 Análisis y descripción del servicio 10GbE sobre red OTN lineal

Para continuar con la evaluación del servicio, se procede a revisar la configuración del servicio con el apoyo de S&O de Red. En la figura 17 se presenta la configuración del servicio.

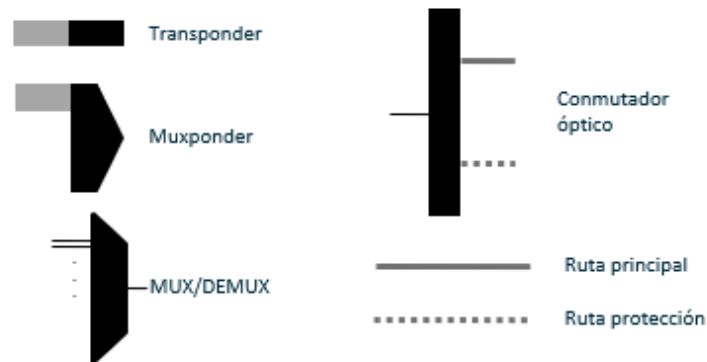
Figura 17: Diagrama de la configuración inicial del servicio 10GbE



Nota. La imagen muestra la configuración inicial del servicio sobre distintos segmentos de red OTN y tecnologías. Elaboración propia.

En la figura 18 se muestra una leyenda de los elementos que se observan en los diagramas de servicios.

Figura 18: *Leyenda de elementos en diagrama de servicios*



Nota. Se muestran las representaciones gráficas de los distintos elementos que comprenden los diagramas que se muestran en el estudio. Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama del servicio, el transporte de este se puede separar en 4 etapas:

- **Segmento Barracas – Gral. Paz, sistema INFINERA:** El servicio es empaquetado en OTN en Barracas y multiplexado en DWDM para ser transportado por una red lineal hasta Gral. Paz
- **Segmento Gral. Paz – Valparaíso, sistema INFINERA:** El OCh que envuelve el servicio 10GbE pasa por 3 subetapas:
 - **Gral. Paz – Chiloé:** En Gral. Paz el OCh es multiplexado en DWDM. La señal DWDM es conectada a un conmutador óptico para ser transportada por una de las rutas hasta Chiloé.
 - **Chiloé – Santiago:** En Chiloé el OCh es multiplexado en DWDM. La señal DWDM es conectada a un conmutador óptico para ser transportada por una de las rutas hasta Santiago.
 - **Santiago – Valparaíso:** En Santiago el OCh es multiplexado en DWDM. La señal DWDM es conectada a un conmutador óptico para ser transportada por una de las rutas hasta Valparaíso.

- **Valparaíso CLS:** El servicio es desempaquetado de OTN de la tecnología INFINERA y por medio de una conexión física pasa a equipos de tecnología CIENA. Se aplica nuevamente FEC a la señal OTU, lo que supone una ventaja pues se realiza una corrección de errores luego de un transporte de cientos de kilómetros.
- **Segmento Valparaíso – Santiago, sistema CIENA:** El servicio es envuelto en OTN en Valparaíso y el OCh es conectado al conmutador óptico. Cada una de las rutas cuenta con un MUX/DEMUX. Finalmente, la señal DWDM es demultiplexada y el servicio 10GbE desempaquetado del OCh y OTU.

Con la información conseguida se logra identificar 2 desventajas en el diseño actual del servicio:

- El servicio es susceptible a interrumpirse al estar configurado sobre el segmento Barracas – Gral. Paz, sistema INFINERA, al ser lineal (sin redundancia) una sola falla en el segmento lo indispondría.
- El servicio es más susceptible a interrumpirse debido a que recorre una mayor distancia óptica sobre la red lineal entre Barracas y Gral. Paz, de aprox. 1,300 Km. Mientras que sobre la red con redundancia entre Gral. Paz y Santiago la distancia óptica es de aprox. 443 Km sobre la ruta principal y 543 Km aprox. sobre la ruta protección.

3.5.2 Etapa 2: Recopilación y análisis de incidencias

La etapa 2 consiste en identificar las incidencias que afectan al servicio y recopilarlas para analizar los tiempos de indisponibilidad y las causas de interrupción. Esta etapa abarca el periodo donde el servicio se encuentra configurado sobre la red OTN lineal, que es el periodo noviembre 2023 – febrero 2024.

En la tabla 6 se listan las incidencias que impactan al enlace sobre la red OTN lineal, y en ella se muestran los 4 datos siguientes:

- Ticket: referencia del caso que se brinda a cliente desde área de Operación de Servicios.

- Fecha: fecha de ocurrencia de la falla.
- Tiempo de indisponibilidad: tiempo hasta la recuperación del servicio.
- RFO: causa de interrupción.

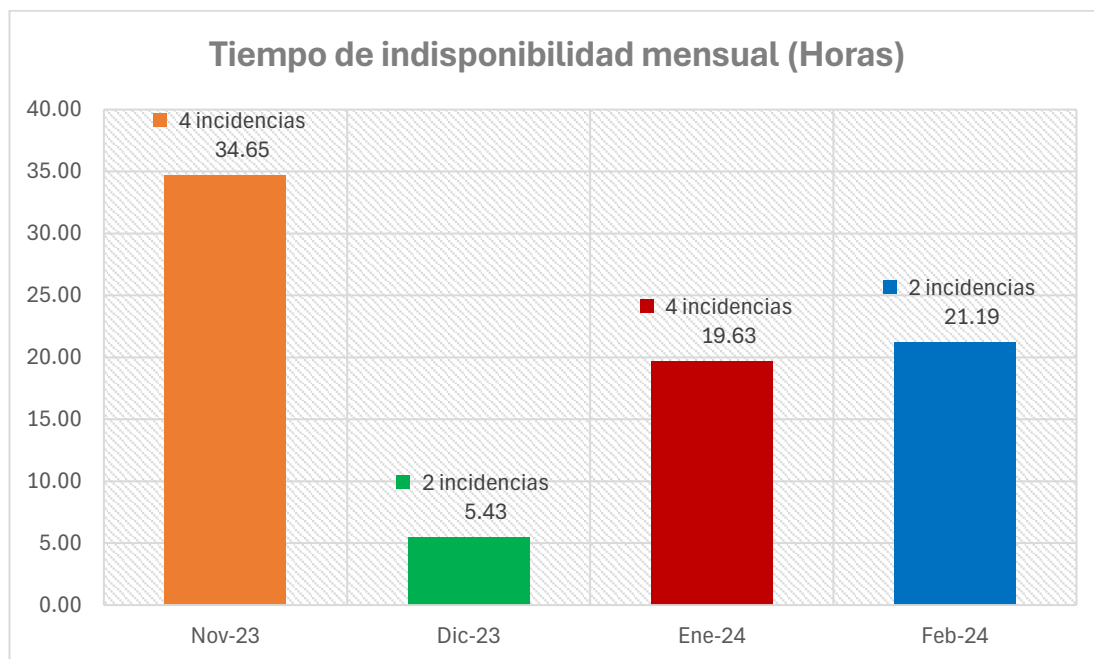
Tabla 6: Reporte de incidencia del servicio sobre red OTN lineal periodo Nov/23 – Feb/24

Ticket	Fecha	Tiempo de indisponibilidad	RFO
CSE0045916	11/11/2023	00 Días 10 Hr 16 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre La Paz y Alto Pencoso, Argentina. La causa del corte no fue determinada.
CSE0045969	13/11/2023	00 Días 15 Hr 50 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre General Paz y San Martin, Argentina. El corte fue ocasionado por vandalismo.
CSE0046284	26/11/2023	00 Días 04 Hr 11 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre 9 de Julio y Bragado, Argentina. El corte fue causado por una actividad no notificada.
CSE0046293	26/11/2023	00 Días 04 Hr 22 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre General Paz y San Martin, Argentina. El corte fue ocasionado por vandalismo.
CSE0046821	15/12/2023	00 Días 05 Hr 12 min 00 seg	Falla de energía en Alto Pencoso, Argentina.
CSE0046844	15/12/2023	00 Días 00 Hr 13 min 33 seg	Falla de energía en Alto Pencoso, Argentina.
CSE0047302	10/01/2024	00 Días 05 Hr 58 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre General Paz y San Martin, Argentina. El corte fue ocasionado por vandalismo.
CSE0047343	11/01/2024	00 Días 04 Hr 43 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre General Paz y San Martin, Argentina. El corte fue ocasionado por vandalismo.
CSE0047553	19/01/2024	00 Días 07 Hr 03 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre San Luis y Villa Mercedes, Argentina. El corte fue ocasionado por trabajos de terceros.
CSE0047877	31/01/2024	00 Días 01 Hr 54 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre General Paz y San Martin, Argentina. El corte fue ocasionado por vandalismo.
CSE0047935	03/02/2024	00 Días 17 Hr 44 min 07 seg	Corte de fibra óptica entre Valparaíso y Algarrobo (ruta de protección) + corte de fibra óptica entre Valparaíso y Curacaví (ruta principal). Ambos eventos causados por incendio.
CSE0048090	07/02/2024	00 Días 03 Hr 27 min 00 seg	Alta degradación de fibra óptica entre Curacaví y Valparaíso, la causa de la degradación no pudo ser determinada + corte de fibra óptica entre Valparaíso y Algarrobo, causado por accidente vehicular.

Nota. La tabla muestra el reporte de incidencias del servicio 10GbE durante su operación sobre la red OTN lineal, periodo Noviembre 2023 – Febrero 2024. Elaboración propia.

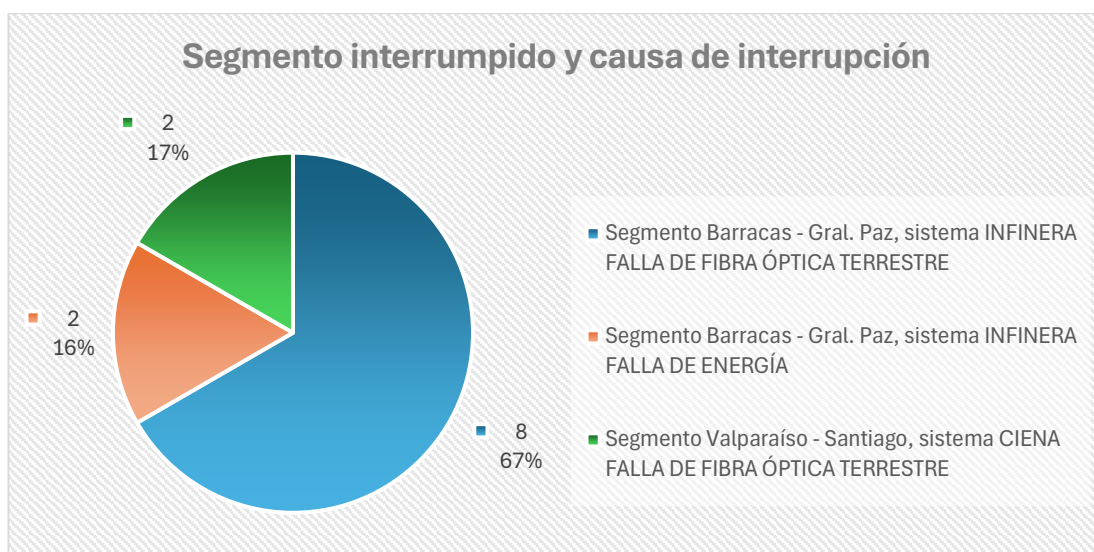
Durante el periodo analizado se detectan 12 eventos que generan un total de tiempo de indisponibilidad de 80.90 horas. En la figura 19 se detallan los tiempos de indisponibilidad de forma mensual.

Figura 19: Gráfico de tiempo de indisponibilidad mensual del servicio sobre red OTN lineal



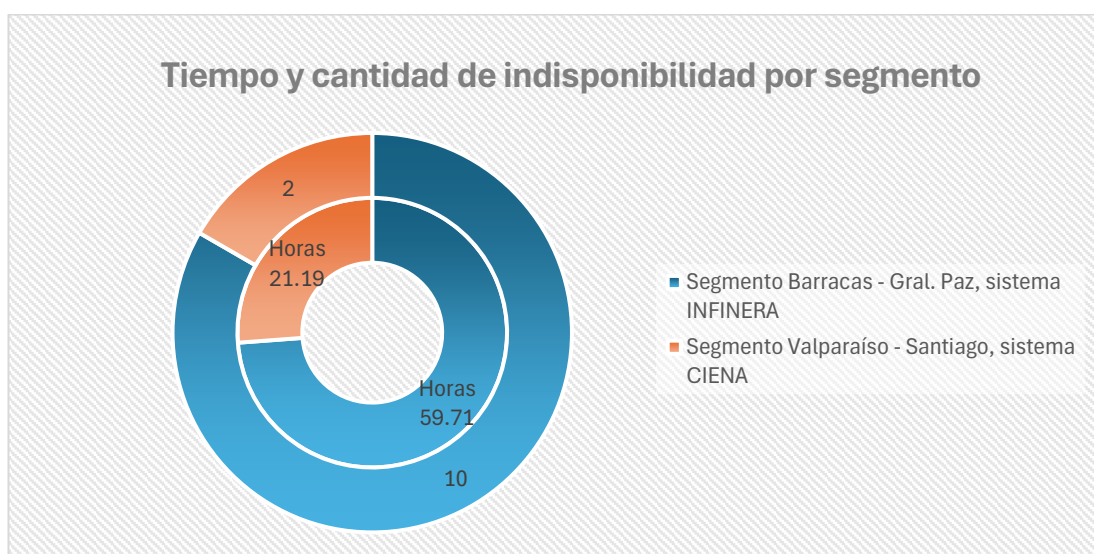
Nota. El gráfico muestra los tiempos de indisponibilidad mensual que el servicio 10GbE en su configuración sobre red OTN lineal sufre en el periodo Noviembre 2023 – Febrero 2024. Elaboración propia.

Con la información recopilada se puede analizar el número de veces que un segmento de red es interrumpido y las causas de la interrupción, esto se muestra en la figura 20:

Figura 20: Gráfico de cantidad de interrupciones por segmento y causa

Nota. En el gráfico se cuentan la cantidad de interrupciones por causa de falla y segmento interrumpido. Elaboración propia.

Se puede observar que el segmento más afectado es Barracas – Gral. Paz, sistema INFINERA con 10 incidentes en total, de los cuales 8 son a causa de eventos de fibra óptica terrestre. Esto se observa nuevamente en la figura 21, donde se analiza el tiempo y cantidad de indisponibilidad por segmento.

Figura 21: Gráfico de tiempo y cantidad de indisponibilidad por segmento

Nota. El gráfico muestra la duración y cantidad de interrupciones por segmento. Elaboración propia.

Con la información obtenida y analizada se confirman las desventajas identificadas en la Etapa 1:

- El servicio es susceptible a interrumpirse cuando ocurre una falla en el segmento terrestre Barracas – Gral. Paz, sistema INFINERA. Los 10 eventos ocurridos en este segmento fueron eventos simples, es decir que un único evento indisponde totalmente el servicio.
- El servicio es más susceptible a interrumpirse por ser un tramo lineal y extenso. Esto se puede evidenciar en que, de los 12 eventos ocurridos en el periodo de análisis, 10 ocurrieron en el segmento terrestre Barracas – Gral. Paz, sistema INFINERA.

3.5.3 Etapa 3: Evaluación y ejecución de plan de mejora

Luego del análisis del servicio y tras haberse identificado las desventajas del diseño actual, se inicia la elaboración de la propuesta de migración, a una red con redundancia; la premisa es evitar el paso del servicio sobre la red lineal entre Barracas y Gral. Paz.

Esta etapa requiere la colaboración interáreas de Gestión de Servicio y Gestión de Red, e inicia el 05 de diciembre 2023 tras la solicitud de evaluación de factibilidad, al área de Gestión de Red, para migrar el servicio de la red OTN lineal en el segmento Barracas – Gral. Paz sobre sistema INFINERA a una red OTN con redundancia.

El 12 de diciembre 2023, tras el análisis de factibilidad para la migración, que consiste en buscar capacidad libre a donde se puede migrar el servicio, se recibe la propuesta, mostrada en el anexo A, donde se muestra la factibilidad del servicio, y esta consiste en:

- Migrar los segmentos Barracas – Gral. Paz y Gral. Paz – Valparaíso configurados sobre sistema INFINERA al segmento Barracas – Valparaíso sobre sistema CIENA. Sin embargo, al no haber disponibilidad de puertos de 10Gb en los muxponder de CIENA, se

hará uso de una solución que permita subir el servicio a una señal 100Gb, para la cual existen puertos libres en los muxponder de CIENA.

- Subir el enlace 10GbE a una señal 100GbE a través de Carrier Ethernet en Barracas y Valparaíso.
- Nueva interconexión física entre equipos intermedios en Valparaíso CLS.
- Migrar a un nuevo OCh sobre el mismo segmento Valparaíso – Santiago, sistema CIENA.

Una vez confirmada la factibilidad para la migración y con el detalle de la propuesta esta es enviada el 14 de diciembre 2023 al área de Configuraciones quien se encarga de realizar las modificaciones sobre la red de Telxius, para alistar la nueva ruta, estos cambios consisten en lo siguiente:

- En Barracas
 - Configuración Carrier Ethernet sobre equipo SAS-BAS-01 (CIENA 5170) para subir/bajar el servicio 10GbE a una señal 100GbE.
 - Configuración muxponder de OTN sobre equipo BB-BAS-11 (CIENA 6500) para transportar la señal 100GbE sobre un OCh (400Gb) hasta Valparaíso.
- En Valparaíso
 - Configuración muxponder de OTN sobre equipo BB-VAL-15 (CIENA 6500) para transportar la señal 100GbE sobre un OCh (400Gb) hasta Barracas.
 - Configuración Carrier Ethernet sobre equipo SAS-VAL-01 (CIENA 5170) para subir/bajar el servicio 10GbE a una señal 100GbE.
 - Interconexión entre equipos BB-VAL-15 y BB-VAL-FPBH-06, conexión física entre los puertos 10GbE.

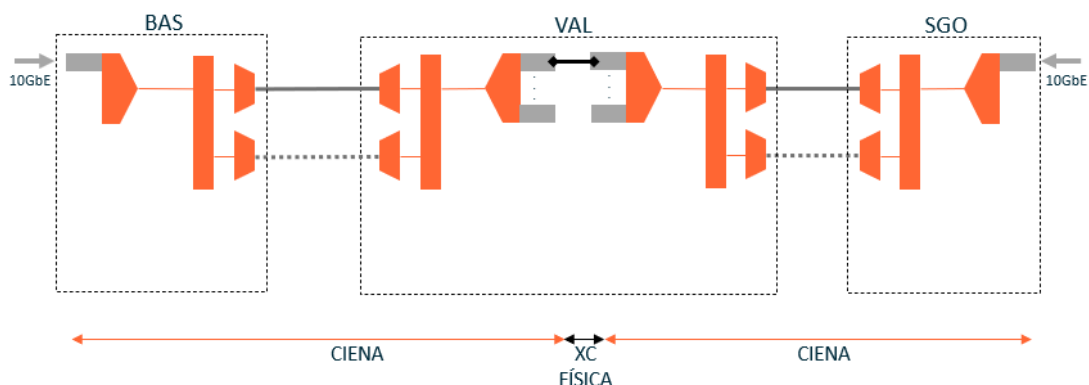
- Configuración muxponder de OTN sobre equipo BB- VAL-FPBH-15 (CIENA 6500) para transportar la señal 10GbE sobre un OCh (100Gb) hasta Santiago.
 - Configuración muxponder de OTN sobre equipo BB-VAL-FPBH-06 (CIENA 6500) para transportar la señal 10GbE sobre un OCh (100Gb) hasta Santiago.
- En Santiago
- Configuración muxponder de OTN sobre equipo BB-SGO-08 (CIENA 6500)

En el Anexo B se muestra el detalle de los parámetros configurados sobre los distintos equipos CIENA.

Las configuraciones son finalizadas el 20 de diciembre 2023 y para confirmar el correcto funcionamiento de la red se realizan 2 pruebas de certificación, las cuales se muestran en el Anexo C, detallando las pruebas RFC2544 y BERT (24 Horas).

A continuación, en la figura 22 se muestra un diagrama con la configuración final del servicio entre Barracas y Santiago, sobre una red OTN con redundancia.

Figura 22: Diagrama de la configuración final del servicio 10GbE



Nota. La imagen muestra la configuración final del servicio sobre distintos segmentos de red OTN. Elaboración propia.

Una vez recibida la configuración y operatividad de la nueva capacidad para transportar el servicio 10GbE Trasandino Chile-Argentina, se procede a coordinar con cliente una ventana para realizar la migración del servicio, y debido a congelamiento de la red por época de fiestas se agenda una primera ventana para el 12 de enero 2024, sin embargo, esta y otra más son reagendadas debido a distintas razones:

- Ventana 12/Enero/2024, se reagenda por cruzarse con actividad de mantenimiento de la red.
- Ventana 26/Enero/2024, se reagenda a solicitud de cliente.

Finalmente, se coordina una ventana para el 09 de febrero 2024, fecha en donde se realiza el cambio de interconexión entre equipo de cliente y equipos de transmisión en Barracas y Valparaíso, y tras el visto bueno de cliente se concluye la ventana para iniciar una nueva fase de operación del servicio sobre la red OTN con redundancia de extremo a extremo. En la tabla 7 se presenta el cronograma de las actividades necesarias para realizar la migración del servicio 10GbE de una red lineal a una red con redundancia.

Tabla 7: Cronograma del proceso de migración

Actividades	Fechas	2023			2024		
		Diciembre			Enero		
Evaluación de factibilidad	05/12/2023 - 12/12/2023	s	s				
Configuración de nuevo servicio	14/12/2023 - 20/12/2023	s					
Gestión de ventana para la migración	20/12/2023 - 09/02/2024	s	s	s	s	s	s

Nota. La table muestra el cronograma del proceso de migración del servicio 10GbE de la red OTN lineal a la red OTN con redundancia. Elaboración propia.

3.5.4 Etapa 4: Comparación del rendimiento del servicio

En esta etapa se realiza un monitoreo del servicio, tras su migración a una red OTN con redundancia, en el periodo febrero 2024 – mayo 2024 y se recopilan las incidencias que causan su interrupción.

Con la información obtenida se consigue analizar el tiempo y cantidad de incidencias del servicio sobre la red OTN con redundancia y compararla contra lo obtenido en la etapa 2. En la tabla 8 se listan las incidencias que

impactan al enlace sobre su nueva configuración en la red OTN con redundancia, en el periodo indicado anteriormente. En esta tabla se muestran los 4 datos siguientes:

- Ticket: referencia del caso que se brinda a cliente desde área de Operación de Servicios.
- Fecha: fecha de ocurrencia de la falla.
- Tiempo de indisponibilidad: tiempo hasta la recuperación del servicio.
- RFO: causa de interrupción.

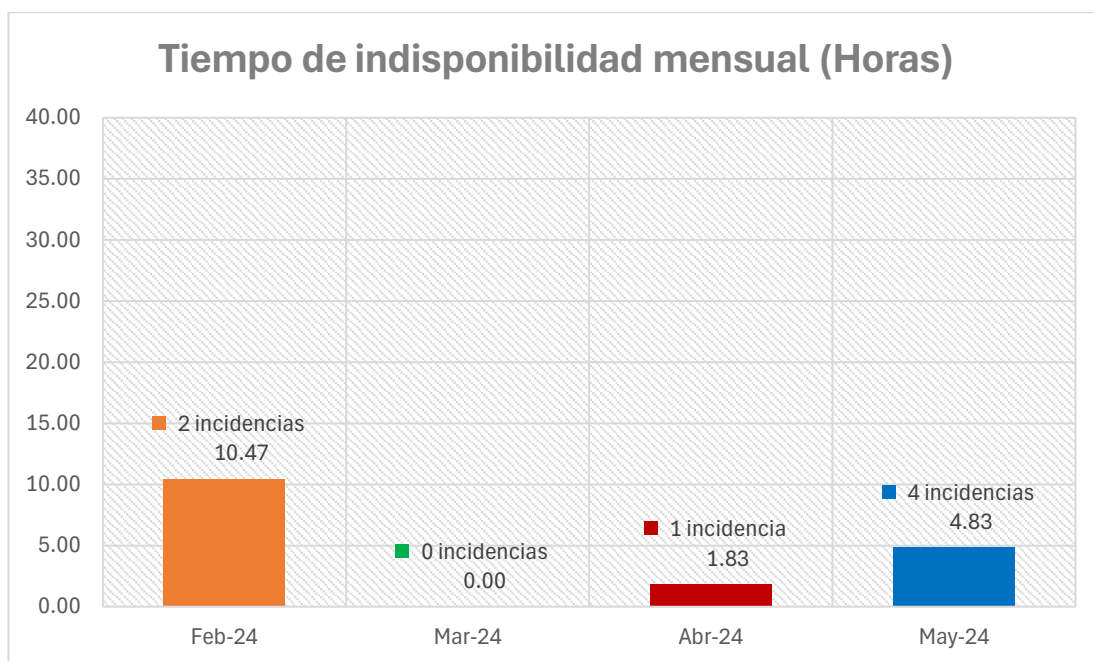
Tabla 8: Reporte de incidencia del servicio sobre red OTN con redundancia periodo Feb/24 – May/24

Ticket	Fecha	Tiempo de indisponibilidad	RFO
CSE0048171	09/02/2024	00 Días 07 Hr 30 min 00 seg	Bloqueo de equipo de transmisión en Barracas y Valparaíso, se realiza reinicio de interfaz hand off 1+0.
CSE0048299	14/02/2024	00 Días 02 Hr 58 min 00 seg	Corte de fibra óptica, entre Gral. Paz y Santa Rosa (Ruta Norte), Argentina, causado por trabajos de terceros + corte de fibra óptica entre San Luis y Alto Pencoso (Ruta Centro), Argentina, causado por vandalismo.
CSE0050283	23/04/2024	00 Días 01 Hr 50 min 00 seg	Corte de fibra óptica, entre Las Catitas y San Martín (Ruta Centro), Argentina, causado por una actividad no notificada + corte de fibra óptica entre Rio Cuarto y Villa Mercedes (Ruta Norte), Argentina, causado por vandalismo.
CSE0050744	08/05/2024	00 Días 00 Hr 05 min 00 seg	Corte de fibra óptica, entre Los Andes y Las Cuevas (Ruta Norte), Chile, sin causa determinada + corte de fibra óptica entre Santiago y Curacaví (Ruta Centro), Chile, causado por trabajos de terceros.
CSE0050770	09/05/2024	00 Días 01 Hr 24 min 00 seg	Corte de fibra óptica entre Santiago y Melocotón (Ruta Centro), Chile, causado por accidente vehicular + corte de fibra óptica entre Rafaela y Santa Fe (Ruta Norte), Argentina, causado por vandalismo.
CSE0050781	09/05/2024	00 Días 02 Hr 51 min 00 seg	Corte de fibra óptica, entre Santiago y Melocotón (Ruta Centro), Chile, causado por accidente vehicular + corte de fibra óptica entre Rafaela y Santa Fe (Ruta Norte), Argentina, causado por vandalismo + corte de fibra óptica entre Mercedes y Chivilcoy (Ruta Centro), Argentina, causado por mordedura de roedor.
CSE0050834	10/05/2024	00 Días 00 Hr 30 min 00 seg	Alta degradación de fibra óptica entre Rafaela y Santa Fe (Ruta Norte), Argentina. La causa de la degradación no pudo ser determinada. La degradación no supero el umbral para la conmutación del servicio, pero genero una ráfaga de errores en el enlace.

Nota. La tabla muestra el reporte de incidencias del servicio 10GbE durante su operación sobre la red OTN con redundancia, periodo Febrero 2024 – Mayo 2024. Elaboración propia.

Durante el periodo analizado se detectan 7 eventos que generan en total un tiempo de indisponibilidad de 17.13 horas, en la figura 23 se detalla el tiempo de indisponibilidad de forma mensual.

Figura 23: *Gráfico del tiempo de indisponibilidad mensual del servicio sobre red OTN con redundancia*



Nota. El gráfico muestra los tiempos de indisponibilidad mensual que el servicio 10GbE en su configuración sobre red OTN lineal sufre en el periodo Noviembre 2023 – Febrero 2024. Elaboración propia.

En contraste con la data obtenida en el periodo noviembre 2023 – febrero 2024, con el servicio configurado sobre la red OTN lineal, se observa una reducción de la cantidad de interrupciones y duración de estas, lo que es un primer indicio de mejora, como se presenta en la tabla 9.

Tabla 9: *Tabla comparativa de cantidad y tiempo de interrupción del servicio 10GbE sobre red OTN lineal y red OTN con redundancia*

Servicio 10GbE	Sobre OTN lineal	Sobre OTN con redundancia	Variación
Cantidad de interrupciones	12	7	La cantidad de interrupciones se redujo un 42%
Tiempo de interrupción (Horas)	80.90	17.13	El tiempo de interrupción se redujo un 78%

Nota. En la tabla se compara el comportamiento del servicio 10GbE sobre la red OTN lineal versus sobre la red OTN con redundancia. Elaboración propia.

3.6 Resultado de la actividad

En esta sección se realiza el cálculo de la disponibilidad del servicio tanto en su configuración sobre la red OTN lineal como la red OTN con redundancia, lo que permite comprobar si la migración ha logrado el objetivo de mejorar a disponibilidad del enlace.

Como se indica en el punto 3.4.2.7 del presente informe, para el análisis de la disponibilidad se utilizan los tiempos MTTR, MTTF y MTBF, estos parámetros son promedios y para el caso práctico en cuestión se obtienen promediando los tiempos de las incidencias sobre el servicio.

Para el cálculo del MTTR se promedia el tiempo hasta la reparación (inglés *Time To Repair*, TTR) del total de incidencias. El TTR se consigue calculando el tiempo transcurrido desde la fecha/hora de interrupción y la fecha/hora de recuperación de cada incidencia sobre el servicio.

Para el cálculo del MTTF se promedia el tiempo hasta la falla (inglés *Time To Fail*, TTF) del total de incidencias. El TTF se consigue calculando el tiempo transcurrido desde la última recuperación del servicio hasta una nueva interrupción, esto es la diferencia de tiempo entre la fecha/hora de recuperación de la anterior incidencia y la fecha/hora de interrupción de la nueva incidencia.

Para el cálculo del MTBF se promedia el tiempo entre fallas (inglés *Time Between Failures*, TBF) del total de incidencias. El TBF es la suma de los tiempos transcurridos TTR y TTF.

En la tabla 10 se presentan las incidencias del servicio 10GbE sobre la red OTN lineal, recopiladas en la etapa 2, y se calcula el TTR, TTF y TBF de cada una de estas. Con estos datos se obtienen los tiempos promedios, con los que se evalúan la disponibilidad del servicio con la configuración inicial.

Tabla 10: *Cálculo de tiempos y tiempos promedios de las incidencias del servicio 10GbE sobre la red OTN lineal*

Caso	Fecha/Hora (UTC) de Interrupción	Fecha/Hora (UTC) de Recuperación	TTR (Horas)	TTF (Horas)*	TBF (Horas)
CSE0045916	11/11/2023 01:00	11/11/2023 11:16	10.27	265.00	275.27
CSE0045969	13/11/2023 15:35	14/11/2023 07:25	15.83	52.32	68.15
CSE0046284	26/11/2023 03:08	26/11/2023 07:19	4.18	283.72	287.90
CSE0046293	26/11/2023 15:04	26/11/2023 19:26	4.37	7.75	12.12
CSE0046821	15/12/2023 11:05	15/12/2023 16:17	5.20	447.65	452.85
CSE0046844	15/12/2023 19:24	15/12/2023 19:38	0.23	3.12	3.35
CSE0047302	10/01/2024 06:25	10/01/2024 12:23	5.97	610.78	616.75
CSE0047343	11/01/2024 02:17	11/01/2024 07:00	4.72	13.90	18.62
CSE0047553	19/01/2024 17:22	20/01/2024 00:25	7.05	202.37	209.42
CSE0047877	31/01/2024 21:03	31/01/2024 22:57	1.90	284.63	286.53
CSE0047935	02/02/2024 17:46	03/02/2024 11:30	17.74	42.82	60.55
CSE0048090	07/02/2024 14:56	07/02/2024 18:23	3.45	99.43	102.88
PROMEDIO Servicio 10GbE sobre red OTN lineal			MTTR	MTTF	MTBF
			6.74	192.79	199.53

Nota. En la tabla se calculan los tiempos de recuperación, falla y entre fallas de cada incidencia en el servicio sobre la red OTN lineal, estos valores se promedian para caracterizar el comportamiento servicio . Elaboración propia.

(*) Para el cálculo del primer TTF, al no existir fecha/hora de recuperación anterior, se utiliza la fecha/hora de puesta en operación del servicio, 31 de octubre 00:00 UTC.

La disponibilidad del servicio 10GbE sobre la red OTN lineal, que denominaremos A_i , se calcula de la siguiente manera

$$A_i(\%) = \frac{MTTF}{MTBF} \times 100\% = \frac{192.79}{199.53} \times 100\%$$

$$A_i(\%) = 96.62\%$$

En la tabla 11 se presentan las incidencias del servicio 10GbE sobre la red OTN lineal, recopiladas en la etapa 4, y se calcula el TTR, TTF y TBF de cada una de estas. Con estos datos se obtienen los tiempos promedios, con lo que se evalúa la disponibilidad del servicio con la configuración final.

Tabla 11: Cálculo de tiempos y tiempos promedios de las incidencias del servicio 10GbE sobre la red OTN con redundancia

Caso	Fecha/Hora (UTC) de Interrupción	Fecha/Hora (UTC) de Recuperación	TTR (Horas)	TTF (Horas)	TBF (Horas)
CSE0048171	09/02/2024 09:00	09/02/2024 16:30	7.50	38.62	46.12
CSE0048299	14/02/2024 19:42	14/02/2024 22:40	2.97	123.20	126.17
CSE0050283	23/04/2024 03:00	23/04/2024 04:50	1.83	1636.33	1638.17
CSE0050744	08/05/2024 16:40	08/05/2024 16:45	0.08	371.83	371.92
CSE0050770	09/05/2024 03:36	09/05/2024 05:00	1.40	10.85	12.25
CSE0050781	09/05/2024 11:22	09/05/2024 14:13	2.85	6.37	9.22
CSE0050834	10/05/2024 14:50	10/05/2024 15:20	0.50	24.62	25.12
PROMEDIO			MTTR	MTTF	MTBF
Servicio 10GbE sobre red OTN con redundancia			2.45	315.97	318.42

Nota. En la tabla se calculan los tiempos de recuperación, falla y entre fallas de cada incidencia sobre el servicio configurado en la red OTN con redundancia, estos valores se promedian para caracterizar el comportamiento servicio . Elaboración propia.

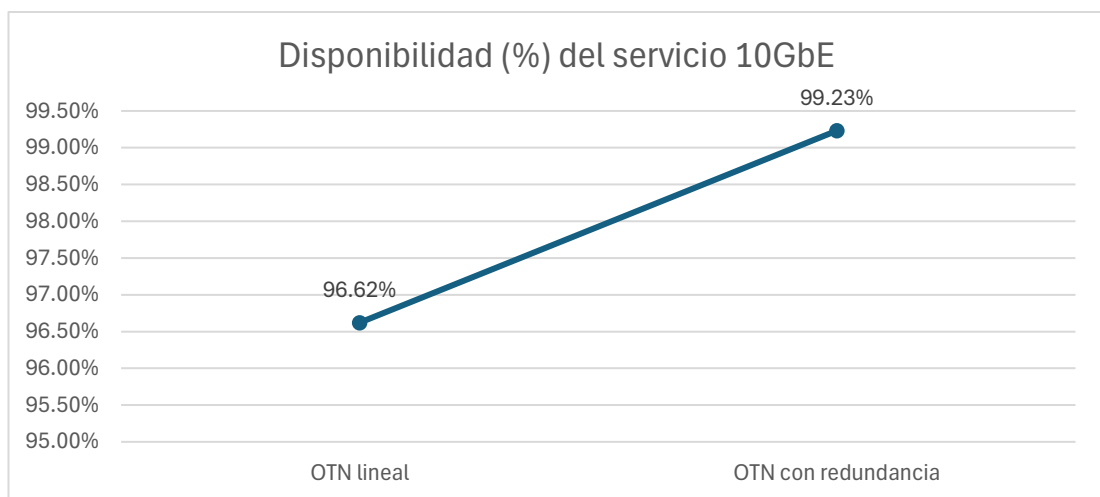
La disponibilidad del servicio 10GbE sobre la red OTN con redundancia, que denominaremos A_f , se calcula de la siguiente manera

$$A_f(\%) = \frac{MTTF}{MTBF} \times 100\% = \frac{315.97}{318.42} \times 100\%$$

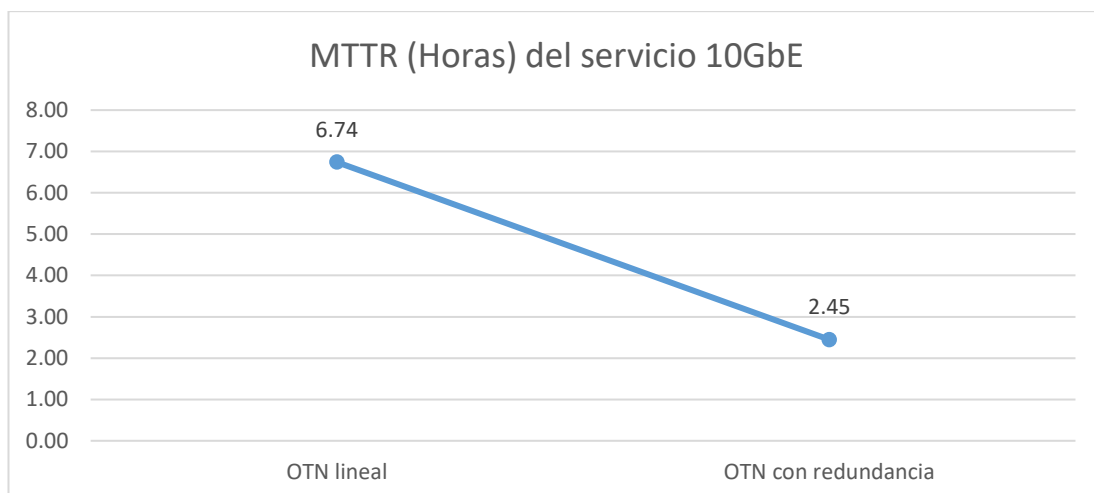
$$A_f(\%) = 99.23\%$$

Los resultados al evaluar la disponibilidad del servicio 10GbE sobre las dos distintas redes OTN muestran que el enlace presenta una mayor disponibilidad cuando es transportado por una red OTN con redundancia, como se muestra en la figura 24. Adicional a esto, si se compara el MTTR del servicio se puede observar que este se recupera en un menor tiempo cuando es transportado por una red OTN con redundancia, como se muestra en la figura 25.

Figura 24: Gráfico de disponibilidad del servicio 10GbE



Nota. El gráfico compara la disponibilidad del servicio 10GbE sobre su configuración inicial sobre red OTN lineal y su configuración final sobre red OTN con redundancia. Elaboración propia.

Figura 25: *Gráfico de MTTR del servicio 10GbE*

Nota. El gráfico compara el MTTR del servicio 10GbE sobre su configuración inicial sobre red OTN lineal y su configuración final sobre red OTN con redundancia. Elaboración propia.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

El trabajo se ha implementado en 4 etapas que permitieron reconocer el problema, recopilar y analizar datos, ejecutar un plan de mejora y comparar el rendimiento del servicio. En la siguiente tabla se mencionan las etapas y los periodos de ejecución:

Tabla 12: *Duración de etapas de implementación*

N°	Etapas	Inicio	Fin	Duración (semanas)
1	Presentación del caso	Nov-23	Nov-23	2
2	Recopilación y análisis de datos	Nov-23	Feb-24	14
3	Evaluación y ejecución de plan de mejora	Dic-23	Feb-24	10
4	Comparación del rendimiento del servicio	Feb-24	May-24	15

Nota. En la tabla se presenta la fecha inicio y fin de cada etapa y su duración en semanas. Elaboración propia.

4.2 Evaluación económica

En la tabla 13 se comparte un cuadro resumen de los montos a nivel de inversión que se tuvieron que ejecutar para la realización del trabajo, se detallan por número de personal, costo hora-hombre y cantidad de horas trabajadas.

Tabla 13: Detalle de la inversión CAPEX en total

Detalle	Personal	Hora-Hombre (USD)	Horas	TOTAL (USD)
Experto Operación de Servicios	1	15.625	100	1562.50
Experto Operación de Red	1	15.625	10	156.25
Experto Configuración de Red	1	12.500	12	150.00
Analista Quality Assurance	1	9.375	20	187.50
Ojos y Manos remotas	2	12.500	2	50.00
INVERSIÓN TOTAL				2106.25

Nota. La tabla muestra a detalle la inversión CAPEX, cada ítem tiene un valor asignado por hora y el número de horas requeridas. Elaboración propia.

Para conocer los costos relacionados al servicio se debe tomar en cuenta los gastos que se realizan para la operación y mantenimiento (O&M) de la red, estos incluyen los gastos relacionados al Centro de Operaciones de Red (en inglés *Network Operation Center*, NOC), al personal de las estaciones, repuestos e implementos, y pagos a los proveedores de infraestructura y energía. Estos gastos son distintos dependiendo de las características del servicio, en la tabla 14 se detallan los costos promedios en la red de Telxius.

Tabla 14: Detalle del costo OPEX mensual

Detalle	Costo mensual (USD)
O&M servicio 10Gb Trasandino Chile-Argentina sobre red OTN lineal	1775.00
O&M servicio 10Gb Trasandino Chile-Argentina sobre red OTN con redundancia	2366.67

Nota. En la tabla se indica el costo operativo por el mantenimiento del servicio 10GbE tanto en la red OTN lineal como en la red OTN con redundancia. Elaboración propia.

El ingreso que Telxius percibe por el alquiler del servicio se detalla en la tabla 15:

Tabla 15: *Detalle de ingreso mensual por alquiler de servicio*

Detalle	Ingreso mensual (USD)
Alquiler de servicio 10GbE Trasandino Chile-Argentina	3550.00

Nota. En la tabla se presenta el ingreso percibido por la empresa por el alquiler o arrendamiento del servicio 10GbE. Elaboración propia.

Este ingreso se ve afectado si es que se incumple el SLS de disponibilidad firmado con cliente en el SLA, pues se tiene que devolver créditos en la siguiente facturación. En la siguiente tabla se comparten datos del SLS y penalidad que se firma con cliente.

Tabla 16: *Datos del SLA firmado con cliente*

Detalle	Valor	Observación
SLS Disponibilidad	99%	Para el cálculo del tiempo se utiliza un mes de 30 días (720 Horas), para incumplir el SLS se debe superar las 7.2 horas de indisponibilidad.
Penalidad por incumplimiento SLS disponibilidad	1.3%	Del precio de alquiler del servicio por hora adicional al tiempo permitido

Nota. En esta tabla se muestran algunos detalles técnicos del SLA acordado con cliente, tales como la Disponibilidad y el costo de Penalidad. Elaboración propia.

Con los tiempos de indisponibilidad mensual calculados en la Etapa 2 y 4 del apartado 3.5, siempre que el tiempo de indisponibilidad mensual supere las 7.2 horas, se puede calcular los créditos a devolver mes a mes, de dos formas, con la disponibilidad mensual del servicio:

$$\text{Crédito} = (\text{Penalidad}\%)(\text{Precio de Alquiler})(\text{SLS} - \text{Disponibilidad})(720)$$

O con el tiempo de indisponibilidad mensual:

$$\text{Crédito} = (\text{Penalidad\%})(\text{Precio de Alquiler})(\text{Tiempo de indisponibilidad} - 7.2)$$

Por ejemplo, para el mes de noviembre 2023 el tiempo de indisponibilidad fue de 34.65 horas:

$$\text{Crédito} = (1.3\%)(3550)(34.65 - 7.2)$$

$$\text{Crédito} = \$1266.82$$

Este crédito por devolver se aplica en la facturación de diciembre 2023.

A continuación, en la tabla 17, se comparte el flujo de caja en el periodo octubre 2023 – mayo 2024, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La inversión se ha distribuido a lo largo de los 7 meses entre noviembre 2023 y mayo 2024.
- En el mes de febrero 2024 se realiza una ponderación para calcular el costo, tomando en cuenta que los primeros 8 días el servicio estuvo configurado sobre una red OTN lineal y los posteriores 21 días sobre una red OTN con redundancia.
- Los ingresos están afectos a los créditos calculados por incumplimiento de SLS del mes anterior si aplicará.

También se realiza el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) con una tasa de 10% y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Tabla 17: Flujo de Caja (USD)

Flujo de caja	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24	Feb-24	Mar-24	Abr-24	May-24
Inversión	0.00	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89
Costos	1,775.00	1,775.00	1,775.00	1,775.00	2,203.45	2,366.67	2,366.67	2,366.67
Ingresos	0.00	3,550.00	2,283.18	3,550.00	2,976.20	2,421.54	3,550.00	3,550.00
Flujo	-1,775.00	1,474.11	207.29	1,474.11	471.86	-246.02	882.44	882.44

VAN	\$ 1,785.82
TIR	47%

Nota. En la tabla se elabora el flujo de caja del trabajo realizado en valores de USD. Elaboración propia.

De los resultados obtenidos, se puede apreciar que el VAN es mayor que cero y el TIR (49%) es mayor que la tasa de descuento (10%) con lo que se puede afirmar que el plan ejecutado es rentable.

Para el mes 8 (junio 2024), el flujo de caja no se ve afectado por gastos de inversión o devolución de créditos por penalidades, siendo de USD 1,183.33; este flujo es menor al que se tenía previsto al momento del contrato con cliente, USD 1,775.00.

Sin embargo, si tomamos en cuenta que en promedio el servicio 10GbE sobre la red OTN lineal tenía una disponibilidad de 96.62%, y el SLS es de 99.00%, en promedio los créditos por penalidades son de USD 790.83. Si aplicamos el crédito por penalidad al flujo previsto obtenemos un flujo real del servicio sobre la red OTN lineal de USD 984.17, lo que finalmente es menor al flujo de caja actual, USD 1,183.33, por el servicio sobre la red OTN con redundancia.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se llega a las siguientes conclusiones:

- Al analizar los eventos que causan la baja disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre la red OTN lineal durante la operación del servicio en su configuración inicial, se observa que las incidencias que causan la interrupción del servicio, por ende, su baja disponibilidad, ocurren en su mayoría sobre la red OTN lineal en el segmento Barracas – Gral. Paz sistema INFINERA.
- Luego de evaluar las soluciones para resolver la baja disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina sobre la red OTN lineal se determina que la migración de dicho enlace hacia una red OTN con redundancia permite mejorar la disponibilidad del servicio al ofrecer una mejor resiliencia ante fallas, pues si ocurre una falla en la ruta activa el servicio conmuta a su ruta de respaldo; y reducir los tiempos de recuperación, dado que tras la falla en paralelo de sus rutas solo requiere la recuperación de una de estas para que el servicio se restablezca.
- Se realiza la migración del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina a la red con redundancia en forma secuencial y sin contratiempos a nivel técnico, debido a una eficiente coordinación entre las áreas de Operación de Servicios, Gestión del cambio y configuración, y S&O de Red, así como también a la pericia técnica de cada una de estas.
- Se comprueba la mejora en la disponibilidad del enlace 10GbE Trasandino Chile-Argentina luego del trabajo de migración de este, desde una red OTN lineal a una red OTN con redundancia. Además, se consigue cumplir el SLA firmado entre las partes, asegurando la rentabilidad del servicio y mejorando la relación operadora-cliente.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

A continuación, se indican las recomendaciones obtenidas de la implementación del proyecto:

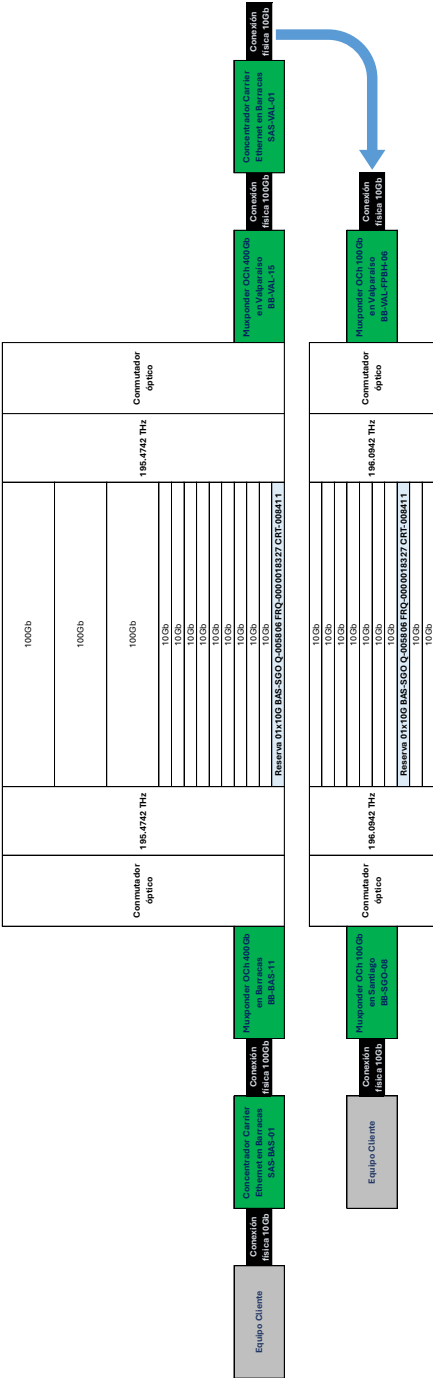
- Ante el reclamo de un cliente por baja disponibilidad de un servicio se recomienda realizar un análisis de las incidencias que la causan, por un periodo no menor a 3 meses. Esto permite obtener una cantidad razonable de datos para analizar, y luego identificar el problema y definir un plan de mejora.
- Mantener informado al cliente sobre los problemas identificados, que causan la baja disponibilidad, así como de las alternativas de solución, para una buena relación operadora-cliente.
- Entender la criticidad del servicio para la operación del cliente, en la fase de preventa y provisión, con la finalidad de definir desde el inicio si es necesario que se transporte sobre una red OTN con redundancia.
- Para la planificación de la migración del servicio se debe considerar mantenimientos o actividades en la red del proveedor o cliente; que pudieran interferir en la correcta ejecución de la migración, para evitar cancelaciones de ventana y retrasos.
- En el análisis de la disponibilidad del servicio, tener en cuenta los costos de aplicación de penalidades de acuerdo con el contrato en comparación con los gastos que se generan para incrementar la disponibilidad del servicio, a fin de que la operadora no vea afectado sus ingresos.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

- Cisco. (2020). *Cisco Annual Internet Report (2018–2023)*.
- Fawas, W., Daheb, B., Audouin, O., Berde, B., Vigoureux, M., Du-Pond, M., & Pujolle, G. (2003). Service Level Agreement and Provisioning in Optical Networks. *Annals of telecommunications* (págs. 36-38). París: IEEE.
- ITU. (2022). *Facts and Figures 2023*. Obtenido de <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2023/10/10/ff23-internet-traffic/>
- ITU-T. (2016). *Generic framing procedure*. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.7041-201608-I/en>
- ITU-T. (2024). *Architecture of the optical transport network*. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.872-202403-I/en>
- Littlewood, P., Masoud, F., & Follis, E. (2015). *Redes de transporte óptico*. Hanover, MD: Ciena.
- Róka, R. (2022). Performance Analysis of Wavelength Division Multiplexing-Based Passive Optical Network Protection Schemes by Means of the Network Availability Evaluator. *MDPI*.
- Senior, J. M. (2009). *Optical Fiber Communications Principles and Practice*. Essex, England: Pearson Education Limited.
- Tornatore, M., Maier, G., & Pattavina, A. (2005). Availability Design of Optical Transport Networks. *IEEE*.
- Tornero, Y. (2018). *Implementación y Evaluación de un Servicio 10 Gigabit Ethernet LAN PHY sobre una Red de Transporte Submarina*.
- Velásquez, L. (2015). Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú. *Diseño de una red de transporte de datos multidepartamental Carrier Ethernet con protección G.8032*. Lima, Lima, Perú.

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

Anexo A: Factibilidad para la migración del servicio



Anexo B: Configuración de equipos CIENA

- Concentrador Carrier Ethernet en Barracas (SAS-BAS-01, CIENA 5170)

```

SAS-BAS-01> configuration show | include
virtual-switch create vs
virtual-switch set vs description
port set port 30 max-frame-size 9600 description
cpu-interface sub-interface create cpu-subinterface
sub-port create sub-port 1_1_43 1 parent-port 43 classifier-precedence 108 ingress-l2-transform pop egress-l2-transform push-8100.386.map
sub-port create sub-port 1_1_30 1 parent-port 30 classifier-precedence 100
sub-port add sub-port 1_1_43 1 class-element 100 vtag-stack 386
sub-port add sub-port 1_1_30 1 class-element 1 vlan-untagged-data
sub-port add sub-port 1_1_30 1 class-element 2 l2-control
sub-port add sub-port 1_1_30 1 class-element 3 vtag-stack *
l2-cft set vs profile
l2-cft enable vs
virtual-switch interface attach sub-port 1_1_43 1 vs
virtual-switch interface attach sub-port 1_1_30 1 vs
virtual-switch interface attach cpu-subinterface
cfm service create vs md md4
cfm map create service sub-port 1_1_30 1 type up mepid 2
virtual-link-loss-indication create instance-group direction bidirectional
virtual-link-loss-indication add instance-group port-instance 30 mode source action-group PSM_AG2
virtual-link-loss-indication add instance-group cfm-instance mode destination
pm create sub-port 1_1_30 1 pm-instance 1_1_30 1 profile-type BasicTxRx bin-count 1

```

The screenshot displays the CIENA 5170 configuration interface. The top section shows a table of ports (1-40) with their status and configuration. The bottom section shows a detailed view of the SFP-30 type-ssl configuration, including operational state, admin state, and various settings like signal content type, Sfp, and Mtu.

Port	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Port	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Port	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

SFP-30 type-ssl

Primary state: In Service

Part number: XCVR-S10V31

Serial number: WX19112602040

Subslot: 30

ETHERNET | 100GigE-30

Operational state: Up

Admin state: Up

Mac address: [redacted]

Acceptable frame type: All

Signal content type: Mac_transport

Sfp: Disabled

Fixed containment: Disabled

Mtu: 9600

DSR ETHERNET | 100GigE-30

ETHERNET | 30-1_1_30

Cfm service indexes: 2

Vll state: Enabled

Interface type: UNI

Ingress cos map name: Default_ResolvedCosMap

Vll instance group: [redacted]

Control frame tunneling: Enabled

Control frame tunneling profile name: [redacted]

Evc id: [redacted]

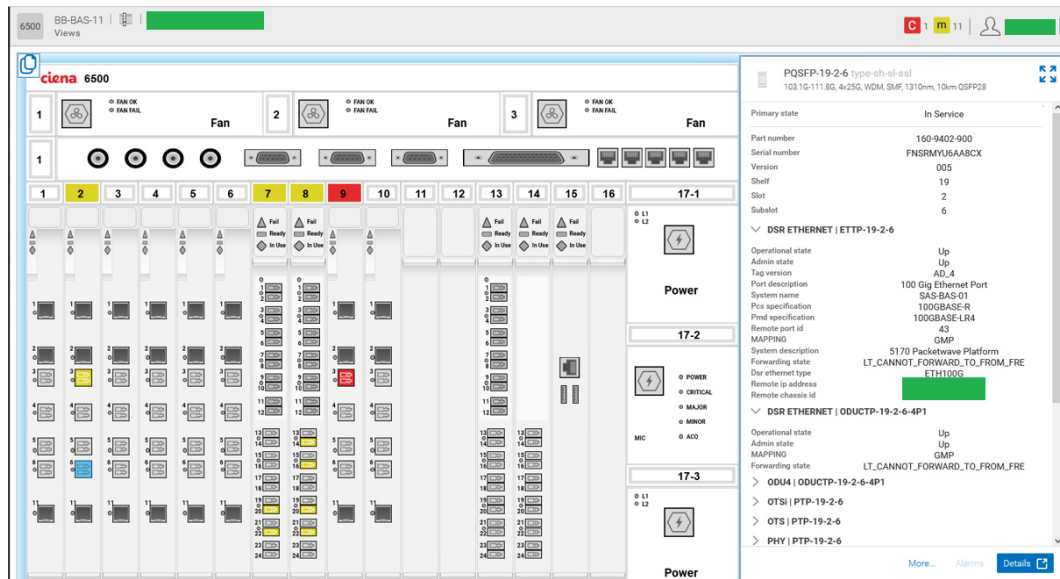
Signal content type: VCE

Ingress cos policy: L2PcpCos

Ingress cos profile name: Default_ResolvedCosProfile

Por razones de seguridad se ha ocultado información sensible.

- Muxponder OCh 400Gb en Barracas (BB-BAS-11, CIENA 6500)



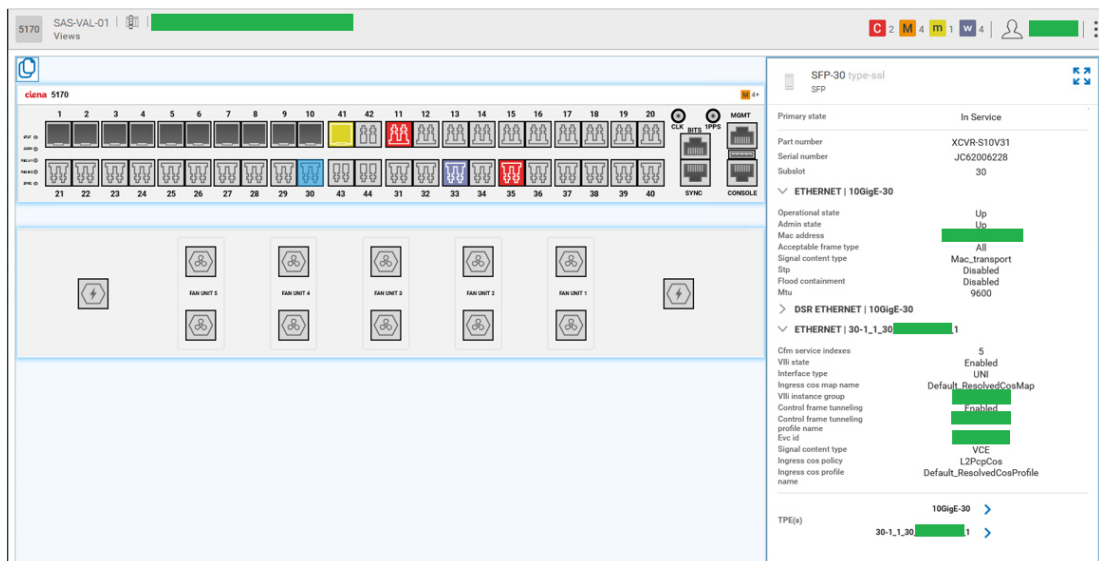
Por razones de seguridad se ha ocultado información sensible.

- Concentrador Carrier Ethernet en Valparaíso (SAS-VAL-01, CIENA 5170)

```

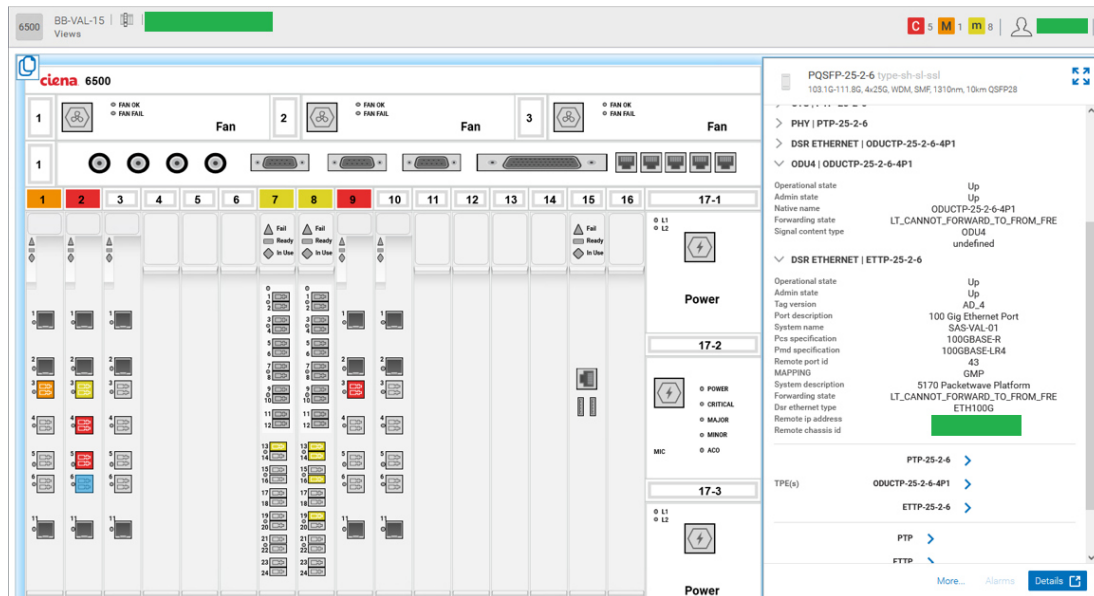
SAS-VAL-01> configuration show | include
virtual-switch create vs
virtual-switch set vs
port set port 30 max-frame-size 9600 description
cpu-interface sub-interface create cpu-subinterface
sub-port create sub-port 1 1 43
sub-port create sub-port 1 1 30
sub-port add sub-port 1 1 43
sub-port add sub-port 1 1 30
sub-port add sub-port 1 1 30
sub-port add sub-port 1 1 30
l2-cft set vs
l2-cft enable vs
virtual-switch interface attach sub-port 1 1 43
virtual-switch interface attach sub-port 1 1 30
virtual-switch interface attach cpu-subinterface
cfm service create vs
cfm service enable service
cfm mep create service
virtual-link-loss-indication create instance-group
virtual-link-loss-indication add instance-group
virtual-link-loss-indication add instance-group
pm create sub-port 1 1 30

```



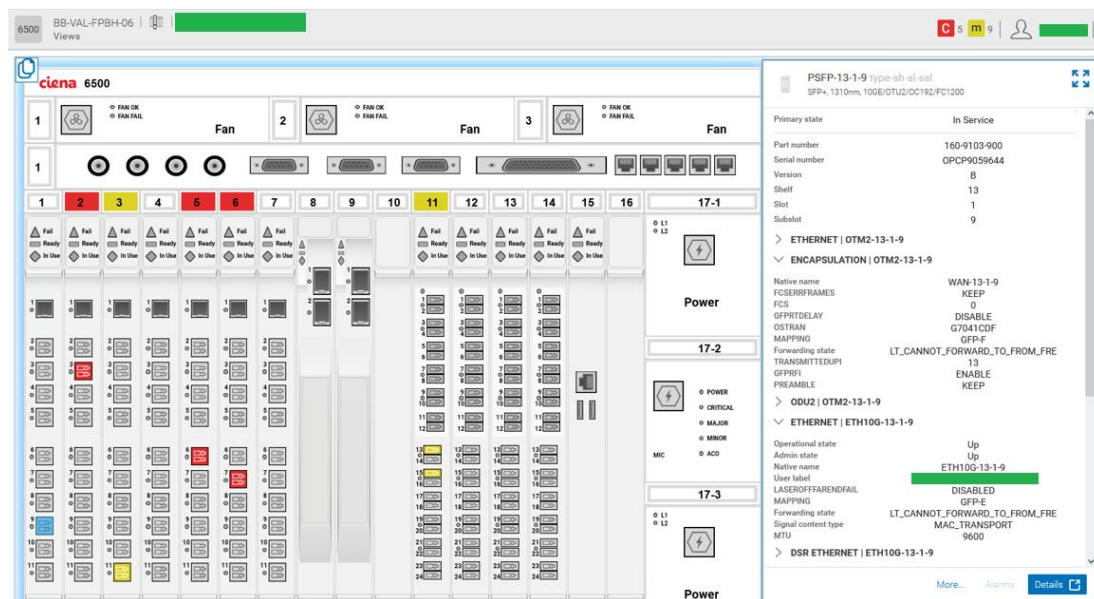
Por razones de seguridad se ha ocultado información sensible.

- Muxponder OCh 400Gb en Valparaíso (BB-VAL-15, CIENA 6500)



Por razones de seguridad se ha ocultado información sensible.

- Muxponder OCh 100Gb en Valparaíso (BB-VAL-FPBH-06, CIENA 6500)



Por razones de seguridad se ha ocultado información sensible.

- Muxponder OCh 100Gb en Santiago (BB-SGO-08, CIENA 6500)

The screenshot displays the CIENA 6500 network management interface. The top status bar shows the device name 'BB-SGO-08' and a green health indicator. The main view shows a grid of hardware components, including three fans and a large array of ports. The right-hand panel provides detailed configuration for the selected 'PSFP-11-1-9 type-sh-af-ssl' SFP module.

PSFP-11-1-9 type-sh-af-ssl
SFP+, 1310nm, 10GE/OTU2/OC192/FC1200

Version	8
Shelf	11
Slot	1
Subslot	9

ETHERNET | ETH100-11-1-9

- Operational state: Up
- Admin state: Up
- Native name: ETH100-11-1-9
- User label: [REDACTED]
- LASEROFFFARENDFAIL: DISABLED
- MAFFPNO: GFP-E
- Forwarding state: LT_CANTNOT_FORWARD_TO_FROM_FRE
- Signal content type: MAC_TRANSPORT
- MTU: 9600

DSR ETHERNET | ETH100-11-1-9

- OTSI | ETH100-11-1-9
- OMS | ETH100-11-1-9
- OTS | ETH100-11-1-9
- PHY | ETH100-11-1-9
- ETHERNET | OTM2-11-1-9

ENCAPSULATION | OTM2-11-1-9

- Native name: WAN-11-1-9
- FCSERRFRAMES: KEEP
- FCS: 0
- GFPRTDELAY: DISABLE
- OSTRAN: G7041CDF
- MAPPING: GFP-F
- Forwarding state: LT_CANTNOT_FORWARD_TO_FROM_FRE
- TRANSMITTEDUPF: 13
- GFPRI: ENABLE
- PREAMBLE: KEEP

Por razones de seguridad se ha ocultado información sensible.

Anexo C: Pruebas de certificación del servicio 10GbE sobre red OTN con redundancia

- Certificación RFC 2544

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term

Generated by Viavi 5800-100G

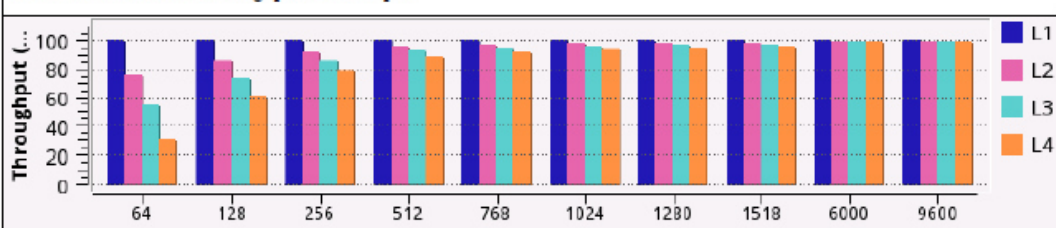
Enhanced RFC 2544 Test

Overall Test Result: Pass	
Throughput	
Latency	
Frame Loss	

Mode	Symmetric Loopback
Tests to Run	Throughput, Latency, Frame Loss
Customer Name	--
Technician ID	--
Test Location	--
Work Order	--
Comments/Notes	--
Instrument	MTS5800-100G
Serial Number	WMSE0163610052
SW Version	29.2.0
Start Date	12/19/2023
End Date	12/19/2023
Start Time	22:18:32
End Time	22:39:23

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term

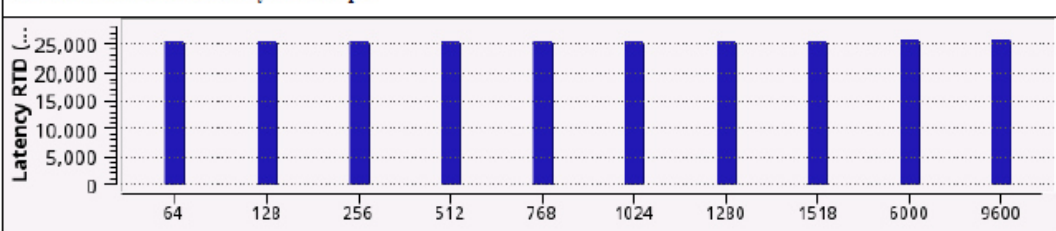
Enhanced RFC 2544: Throughput Test Graph



Enhanced RFC 2544: Throughput Test Results

Pass/Fail	Frame Length (Bytes)	Measured L1 (% Line Rate)	Measured L2 (% Line Rate)	Measured L3 (% Line Rate)	Measured L4 (% Line Rate)	Measured Rate (frms/sec)	Pause Detect	Cfg Rate (L1 Mbps)
Pass	64	99.996	76.187	54.760	30.951	14,880,405	No	10000.0
Pass	128	99.996	86.483	74.321	60.808	8,445,626	No	10000.0
Pass	256	99.996	92.750	86.228	78.982	4,528,809	No	10000.0
Pass	512	99.996	96.237	92.853	89.094	2,349,534	No	10000.0
Pass	768	99.996	97.458	95.174	92.636	1,586,234	No	10000.0
Pass	1024	99.996	98.080	96.356	94.441	1,197,273	No	10000.0
Pass	1280	99.996	98.458	97.073	95.535	961,502	No	10000.0
Pass	1518	99.996	98.696	97.525	96.225	812,715	No	10000.0
Pass	6000	99.997	99.665	99.366	99.034	207,634	No	10000.0
Pass	9600	99.996	99.788	99.601	99.393	129,933	No	10000.0

Enhanced RFC 2544: Latency Test Graph



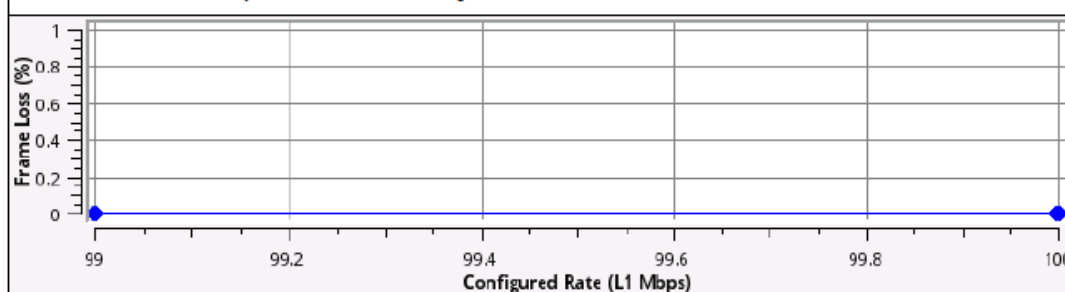
Enhanced RFC 2544: Latency Test Results

Pass/Fail	Frame Length (Bytes)	Latency RTD (us)	Measured L1 Rate (Mbps)	Measured L1 (% Line Rate)	Measured Rate (frms/sec)	Pause Detect

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term

Pass	64	25572.70	9999.600	99.996	14,880,405	No
Pass	128	25578.00	9999.600	99.996	8,445,626	No
Pass	256	25580.70	9999.600	99.996	4,528,809	No
Pass	512	25582.80	9999.600	99.996	2,349,534	No
Pass	768	25584.10	9999.600	99.996	1,586,234	No
Pass	1024	25585.10	9999.600	99.996	1,197,273	No
Pass	1280	25585.90	9999.600	99.996	961,502	No
Pass	1518	25587.30	9999.600	99.996	812,715	No
Pass	6000	25605.60	9999.700	99.997	207,634	No
Pass	9600	25625.70	9999.600	99.996	129,933	No

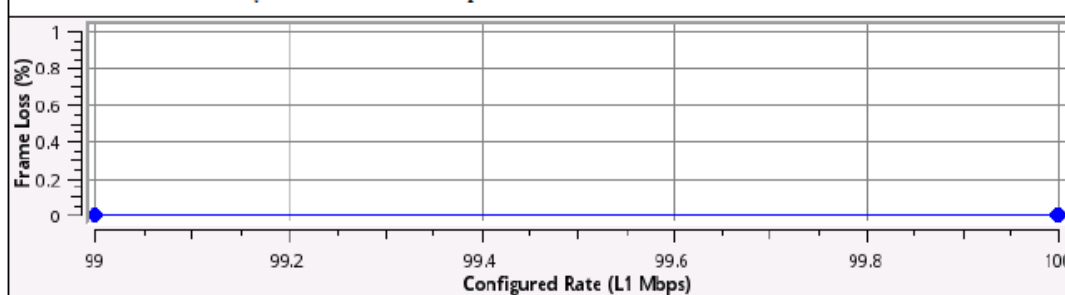
Enhanced RFC 2544: 64 Byte Frame Loss Test Graph



Enhanced RFC 2544: 64 Byte Frame Loss Test Results

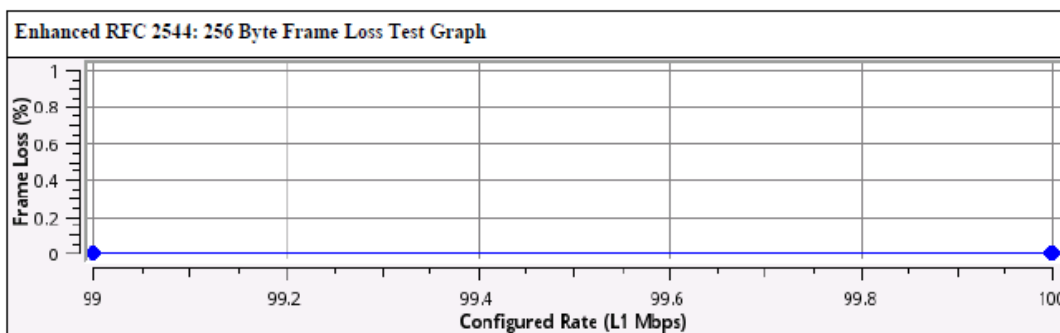
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.000	0.00	0	No	99.000

Enhanced RFC 2544: 128 Byte Frame Loss Test Graph

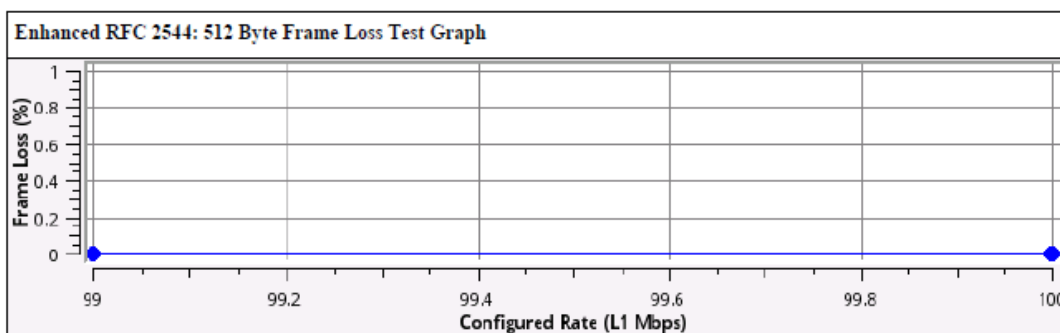


Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term

Enhanced RFC 2544: 128 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.000	0.00	0	No	99.000

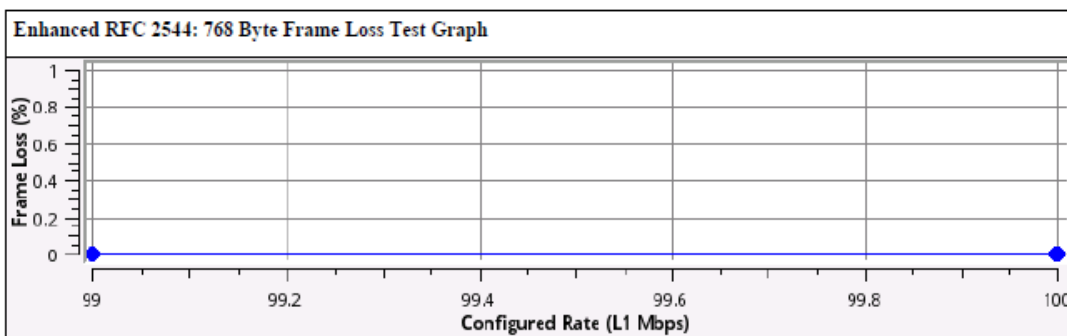


Enhanced RFC 2544: 256 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.001	0.00	0	No	99.000

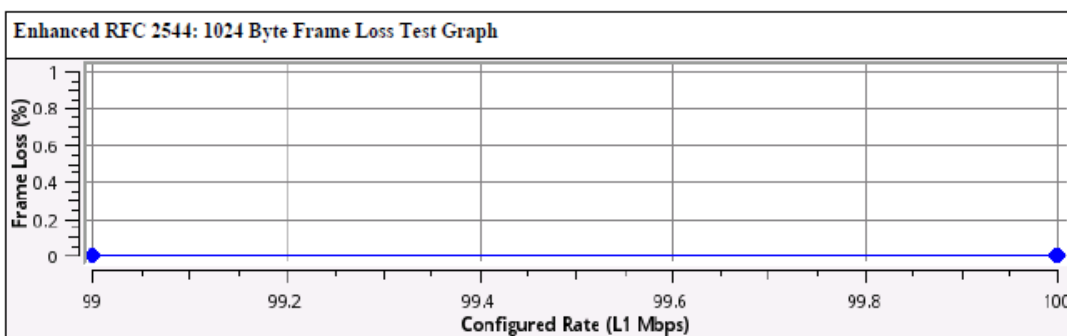


Enhanced RFC 2544: 512 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.000	0.00	0	No	99.000

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term



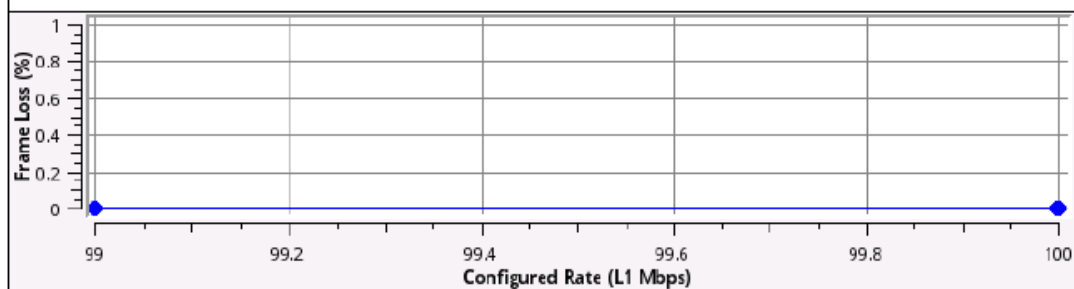
Enhanced RFC 2544: 768 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.000	0.00	0	No	99.000



Enhanced RFC 2544: 1024 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.000	0.00	0	No	99.000

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term

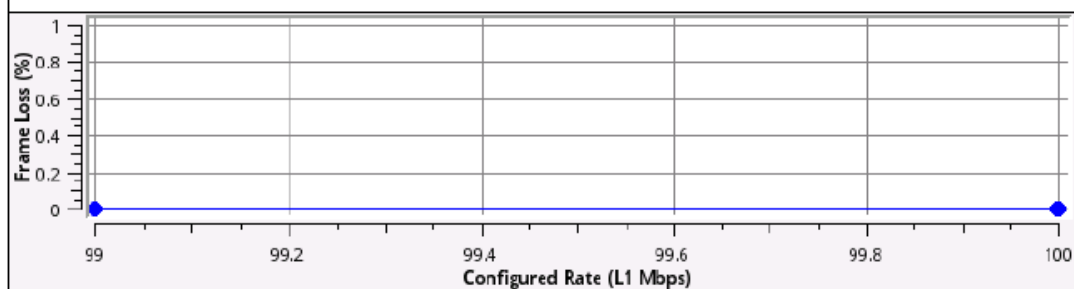
Enhanced RFC 2544: 1280 Byte Frame Loss Test Graph



Enhanced RFC 2544: 1280 Byte Frame Loss Test Results

Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.000	0.00	0	No	99.000

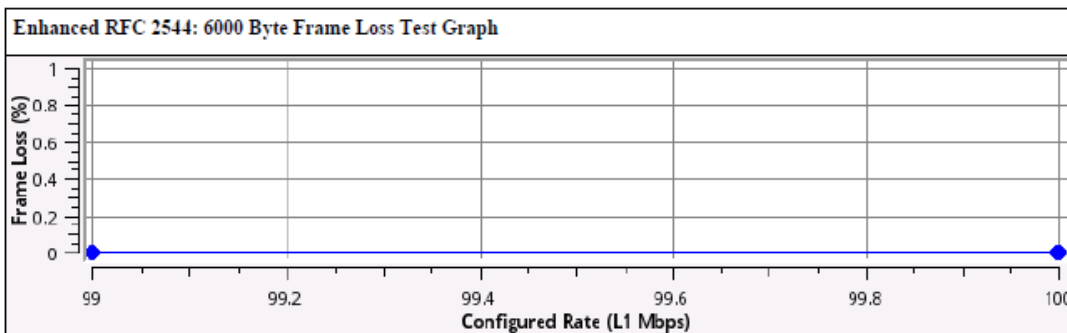
Enhanced RFC 2544: 1518 Byte Frame Loss Test Graph



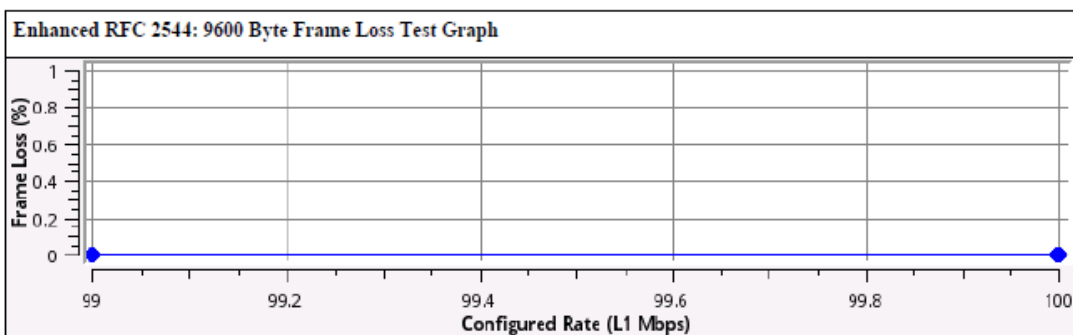
Enhanced RFC 2544: 1518 Byte Frame Loss Test Results

Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.001	0.00	0	No	99.000

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term



Enhanced RFC 2544: 6000 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.997	0.00	0	No	100.000
99.001	0.00	0	No	99.000



Enhanced RFC 2544: 9600 Byte Frame Loss Test Results				
Throughput Rate (%)	Frame Loss Rate (%)	Frames Lost	Pause Detect	Cfg Rate (%)
99.996	0.00	0	No	100.000
99.001	0.00	0	No	99.000

Enhanced RFC 2544: Network Configuration	
Frame Type	DIX
Test Mode	Traffic
Encapsulation	None
Loop Type	Unicast

Enhanced RFC 2544 Report - Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term

EtherType	0x0800
Source MAC	00-80-16-94-4F-EF
Auto-increment Source	No
Destination MAC	20-80-58-6A-F2-E0

Enhanced RFC 2544: Test Configuration	
Tests to Run	Throughput, Latency, Frame Loss
Acterna Payload Version	Version 3
Bandwidth Unit	%
Max Test Bandwidth (%)	100.000
Frame Lengths Selected (bytes)	64, 128, 256, 512, 768, 1024, 1280, 1518, 6000, 9600
Throughput Measurement Accuracy	To within 0.1%
Throughput Zeroing-in Process	RFC 2544 Standard
Throughput Frame Loss Tolerance (%)	0
All Tests Duration (s)	28
All Tests Number of Trials	1
Throughput Pass Threshold	Selected
Throughput Pass Threshold (%)	100.000
Configure Max Bandwidth per Frame Size	Not Selected
Latency Pass Threshold	Selected
Latency Pass Threshold (us)	8000000.0
Frame Loss Test Procedure	RFC 2544 Standard
Frame Loss Bandwidth Granularity (%)	1
Test Protection	0

- Certificación BERT por 24 horas

General Info: Device Under Test	
Owner	---
Device Under Test	---
Software Revision	---
Serial Number	---
Comment	---
General Info: Tester Comments	
Test Results	---
Tester	---
General Info: Test Instrument	
Model	Vian 5800v2
SW Revision	25.5.0
BERT Serial Number	WDAE0144670383
Results: Summary / Status	
Summary	ALL SUMMARY RESULTS OK
Results: Summary / SLA / KPI	
Throughput, Current, Rx Mbps, L1	9,999.6
Throughput, Current, Tx Mbps, L1	9,999.6
Throughput, Current, Rx Mbps, L2	9,978.9
Throughput, Current, Tx Mbps, L2	9,978.9
Frame Loss - FLR, Lost Frames	0
Frame Loss - FLR, Frame Loss Ratio	0.0
Round Trip Delay - FD (us), Average	51,247.30
Round Trip Delay - FD (us), Current	51,247.90
Round Trip Delay - FD (us), Maximum	51,257.60
Packet Jitter - FDV (us), Average	0
Packet Jitter - FDV (us), Max Average	0

Packet Jitter - FDV (us), Peak	6.14
Packet Jitter - FDV (us), Instantaneous	2.05
Results: Interface / Signal	
Signal Losses	0
Signal Loss Seconds	0
Sync Loss Seconds	0
Link Loss Seconds	0
Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	-3.4
Optical Tx Level (dBm)	0.1
Laser Bias Current (mA)	60.024
Rx Frequency (Hz)	10,312,507,321
Rx Freq Deviation (ppm)	0.7
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.7
Tx Clock Source	Internal
Tx Frequency (Hz)	10,312,500,000
Tx Freq Deviation (ppm)	0.0
Tx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Local Fault Seconds	0
Remote Fault Seconds	0
Results: Ethernet / L2 Link Stats	
Total Util %, Average	99.996
Total Util %, Current	99.996
Total Util %, Minimum	99.995
Total Util %, Peak	99.997
Current Util %, Unicast	99.996
Current Util %, Multicast	0.000
Current Util %, Broadcast	0.000
Rx Frame Length (us), Current	Unavailable

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Test Report

Rx Pause Length (ms), Minimum	Unavailable
Rx Pause Length (ms), Maximum	Unavailable
Frame Rate, Average	129,932.43
Frame Rate, Current	129,933
Frame Rate, Minimum	129,931
Frame Rate, Peak	129,934
Frame Size, Average	9,600
Frame Size, Minimum	9,600
Frame Size, Maximum	9,600
Rx Mbps, Cur L1	9,999.6
Rx Mbps, Cur L2	9,978.9
Tx Mbps, Cur L1	9,999.6
Tx Mbps, Cur L2	9,978.9
Rx Mbps, L1, Average	9,999.6
Rx Mbps, L1, Minimum	9,999.5
Rx Mbps, L1, Maximum	9,999.7
Rx Mbps, L2, Average	9,978.8
Rx Mbps, L2, Minimum	9,978.7
Rx Mbps, L2, Maximum	9,978.9
ATP, Total Util Cur %	99.996
ATP, Frame Rate Cur	129,933
ATP, Rx Mbps, Cur L1	9,999.6
ATP, Rx Mbps, Cur L2	9,978.9
Round Trip Delay (us), Average	51,247.30
Round Trip Delay (us), Current	51,247.90
Round Trip Delay (us), Minimum	51,243.20
Round Trip Delay (us), Maximum	51,257.60
Packet Jitter (us), Average	0

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Test Report

Packet Jitter (us), Max Average	0
Packet Jitter (us), Peak	6.14
Packet Jitter (us), Instantaneous	2.05
VLAN ID	Unavailable
VLAN User Priority	Unavailable
VLAN ID	Unavailable
VLAN User Pri	Unavailable
VLAN Frame DEI	Unavailable
VLAN ID, PRL DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN2 ID	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN2 User Priority	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN2 Frame DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN2 ID, PRL DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN3 ID	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN3 User Priority	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN3 Frame DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN3 ID, PRL DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN4 ID	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN4 User Priority	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN4 Frame DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN4 ID, PRL DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN5 ID	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN5 User Priority	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN5 Frame DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN5 ID, PRL DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN6 ID	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN6 User Priority	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN6 Frame DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN6 ID, PRL DEI	Unavailable
Preceding SVLANs, SVLAN7 ID	Unavailable

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

Preceding SVLAN's, SVLAN/ User Priority	Unavailable
Preceding SVLAN's, SVLAN/ Frame DEI	Unavailable
Preceding SVLAN's, SVLAN/ ID, PPL, DEI	Unavailable
Peak Interframe Gap (ns)	> 27,000,000
Result: Ethernet / L2 Link Counts	
Received Frames	11,226,161,553
Transmitted Frames	11,226,161,553
Rx Acterna Frames	11,226,161,553
Tx Acterna Frames	11,226,161,553
Pause Frames	0
Rx VLAN Frames	0
Rx Q-in-Q Frames	0
Rx Stacked VLAN Frames	0
Unicast Frames	11,226,161,553
Multicast Frames	0
Broadcast Frames	0
Rx Frame Bytes	107,771,150,908,800
Tx Frame Bytes	107,771,150,908,800
Span Tree Frames	0
64 Byte Frames	0
65-127 Byte Frames	0
128-255 Byte Frames	0
256-511 Byte Frames	0
512-1023 Byte Frames	0
1024->Jumbo Frames	0
Jumbo Frames	11,226,161,553
Result: Ethernet / L2 Filter Stats	
Total Util %, Average	99.996
Total Util %, Current	99.996

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

Total Util %, Minimum	99.995
Total Util %, Peak	99.997
Frame Rate, Average	129.932.43
Frame Rate, Current	129.933
Frame Rate, Minimum	129.931
Frame Rate, Peak	129.934
Frame Size, Average	9.600
Frame Size, Minimum	9.600
Frame Size, Maximum	9.600
Rx Mbps, Cur L1	9.999.6
Rx Mbps, Cur L2	9.978.9
Round Trip Delay (ns), Average	51.247.30
Round Trip Delay (ns), Current	51.247.90
Round Trip Delay (ns), Minimum	51.243.20
Round Trip Delay (ns), Maximum	51.257.60
Packet Jitter (ns), Average	0
Packet Jitter (ns), Max Average	0
Packet Jitter (ns), Peak	6.14
Packet Jitter (ns), Instantaneous	2.05
VLAN ID	Unavailable
VLAN User Priority	Unavailable
SVLAN1 ID	Unavailable
SVLAN1 User Priority	Unavailable
SVLAN1 Frame DEI	Unavailable
SVLAN1 ID, PPL, DEI	Unavailable
SVLAN2 ID	Unavailable
SVLAN2 User Priority	Unavailable
SVLAN2 Frame DEI	Unavailable
SVLAN2 ID, PPL, DEI	Unavailable
SVLAN3 ID	Unavailable

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

SVLAN3 User Priority	Unavailable
SVLAN3 Frame DEI	Unavailable
SVLAN3 ID, PRL, DEI	Unavailable
SVLAN4 ID	Unavailable
SVLAN4 User Priority	Unavailable
SVLAN4 Frame DEI	Unavailable
SVLAN4 ID, PRL, DEI	Unavailable
SVLAN5 ID	Unavailable
SVLAN5 User Priority	Unavailable
SVLAN5 Frame DEI	Unavailable
SVLAN5 ID, PRL, DEI	Unavailable
SVLAN6 ID	Unavailable
SVLAN6 User Priority	Unavailable
SVLAN6 Frame DEI	Unavailable
SVLAN6 ID, PRL, DEI	Unavailable
SVLAN7 ID	Unavailable
SVLAN7 User Priority	Unavailable
SVLAN7 Frame DEI	Unavailable
SVLAN7 ID, PRL, DEI	Unavailable

Results: Ethernet / L2 Filter Counts	
Valid Rx Frames	11,226,161,533
Rx Acterna Frames	11,226,161,533
Rx VLAN Frames	0
Rx Qin-Q Frames	0
Rx Stacked VLAN Frames	0
Unicast Frames	11,226,161,533
Multicast Frames	0
Broadcast Frames	0
Span Tree Frames	0
Rx Frame Bytes	107,771,130,908,800

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

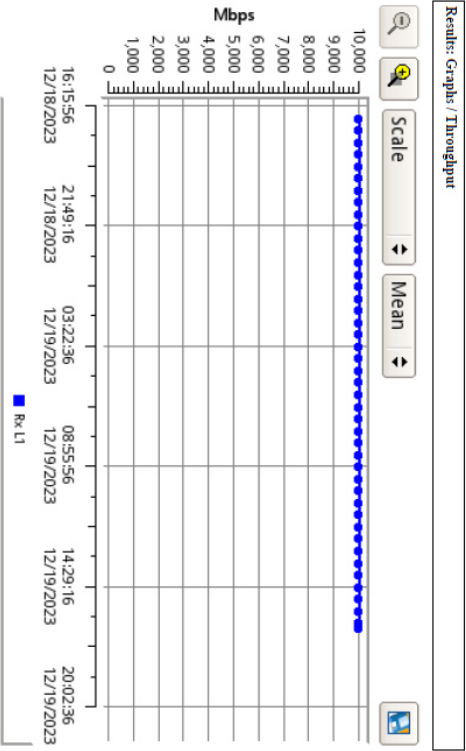
64 Byte Frames	0
65-127 Byte Frames	0
128-255 Byte Frames	0
256-511 Byte Frames	0
512-1023 Byte Frames	0
1024+Jumbo Frames	0

Results: Ethernet / BERT State	
Pattern Losses	0
Pattern Loss Seconds	0
Bit Error Rate	0.00E+00
Bit Errors	0
Bit Errored Seconds	0
Bit Error-Free Seconds	86,400
Bit Error-Free Seconds, %	100

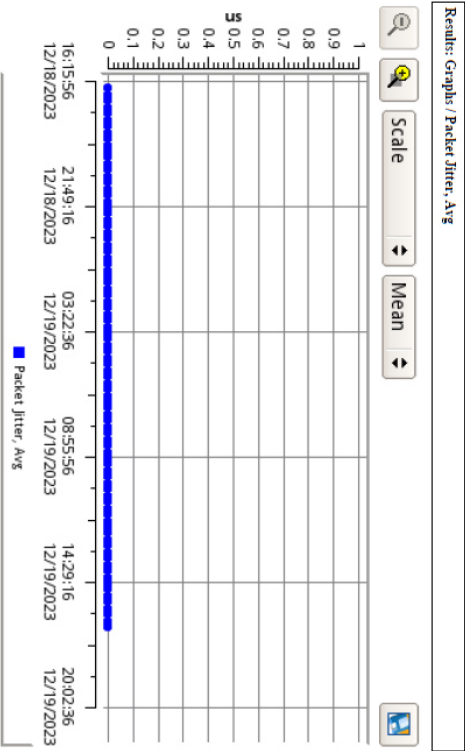
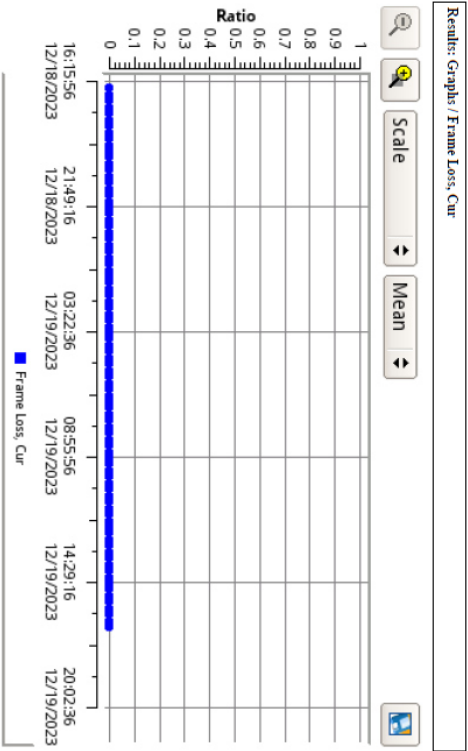
Results: Ethernet / Error State	
Code Violations	0
Code Violation Rate	0.00E+00
Code Violation Seconds	0
Undersized Frames	0
Rxmis	0
Jabbers	0
FCS Errored Frames	0
Errored Frames	0
Errored Blocks (PCS)	0
Block Sync Losses (PCS)	0
Acterna Payload Errors	0
Packet Error Rate	0.00E+00
Lost Frames	0
Frame Loss Ratio	0.0

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Test Report

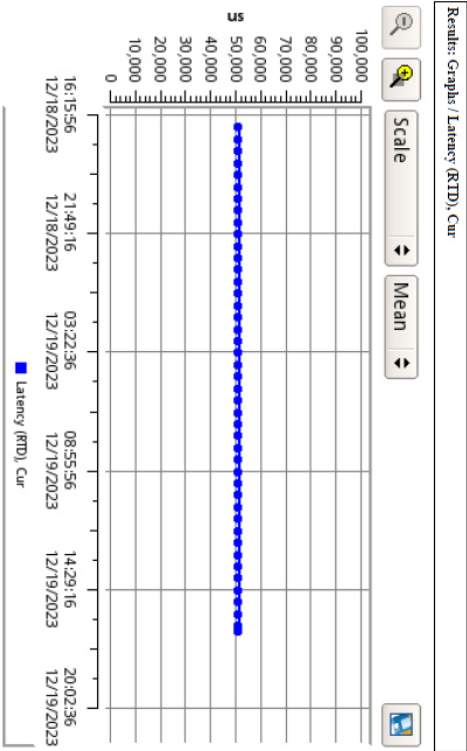
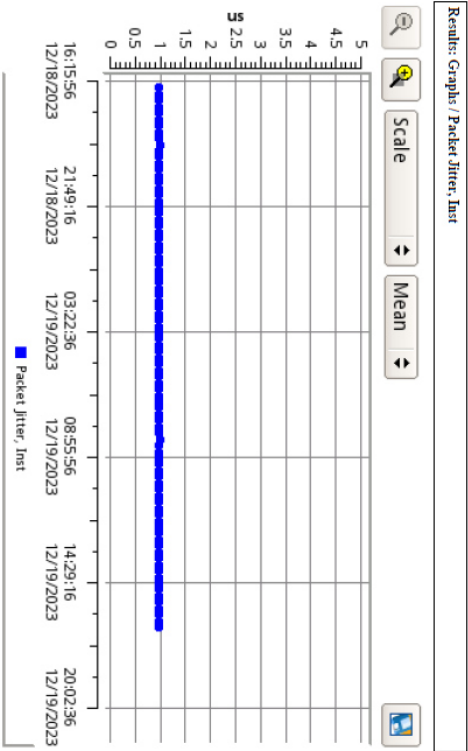
OoS Frames	0
Errored Second	0
Severely Errored Second	0
Unavailable Second	0
Errored Second Ratio	0.0000E+00
Severely Errored Second Ratio	0.0000E+00



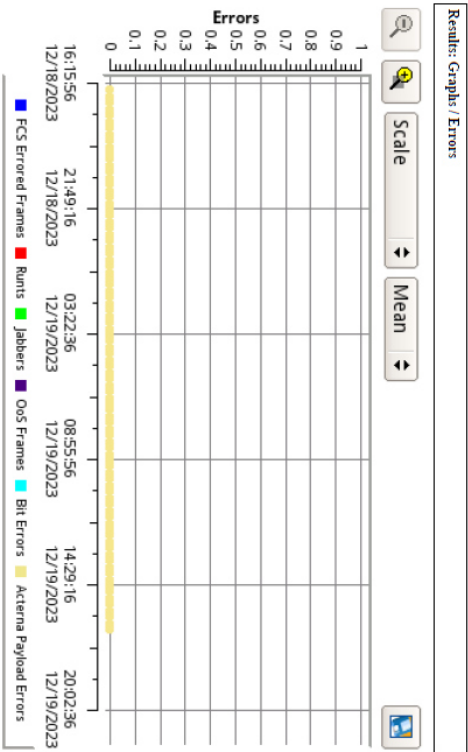
Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Test Report



Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Test Report



Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Test Report



Results: Temperature / All	
SFP Module Temperature	41
Results: Summary / Time	
Current Date	12/19/2023
Current Time	17:39:46
Test Elapsed Time	1d 0h:00m:00s
Test Time Remaining	0s
Results: LEDs	
Signal Present	ON
Sync Acquired	ON
Link Active	ON
Frame Detect	ON
ATP Detect	ON
Pattern Sync	ON

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

VLAN Frame Detect	OFF
SVLAN Frame Detect	OFF
Stacked VLAN Detect	OFF
Local Fault Detect	OFF
Remote Fault Detect	OFF
Setup: Interface	
Optical Connector	SFP
Clock Source	Internal
Internal - Frequency Offset (ppm)	0
Flow Control	OFF
Pause Length (Quanta)	1000
Pause Length (Time - ms)	0.0512
Auto-start traffic when laser turned on	No
Unit Identifier	JD5U-WMAE0144670383-01
Make this unit discoverable	OFF
Source IP	192.168.1.11
Default Gateway	192.168.1.10
Subnet Mask	255.255.255.0
Setup: Connector SFP	
Wavelength (nm)	1550.00
Nominal Bit Rate (Mb/s/sec)	10.700
Minimum Bit Rate (Mb/s/sec)	
Maximum Bit Rate (Mb/s/sec)	
Power Level Type	Average Power
Vendor	ENISAR CORP.
Vendor PN	FTLXI672M3BCL
Vendor SN	ATFOCBW
Vendor Rev	A
Max Rx Level (dBm)	-0.4998

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

Max Tx Level (dBm)	2.0000
Diagnostic Monitoring	1
Diagnostic Byte	104
Transceiver	10G Base-ER, FC Tx Tech LL, FC Trans Media SM
Setup: Ethernet	
Encapsulation	None
Test Mode	Traffic
Frame Type	DX
Frame Size (Bytes)	Jumbo
Jumbo Frame Size	9600
Destination Type	Unicast
Loop Type	Unicast
Destination MAC	00-80-16-00-00-00
Source MAC Type	Factory Default
Default MAC	00-80-16-93-29-19
Auto-increment MAC	No
# MACs in Sequence	2
EtherType	0x800
Tx Payload	Acetna
Acetna Payload	BERT
Acetna Payload Ver	Version 2
Tx BERT Pattern	2^31 - 1
Setup: Traffic	
Load Type	Constant
Load Unit	Percent
Allow flooding	No
Load (%)	100
Setup: Filters / Ethernet	
Encapsulation	Don't Care

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

Destination Type	Don't Care
Source MAC Type	Don't Care
Setup: Filters / Byte Pattern	
Use Byte Pattern as	Don't Care
Setup: Filters / Payload	
Payload Analysis	On
Use Tx Payload settings	Yes
Rx Payload	Aderna
Rx BERT Pattern	2^31 - 1
Setup: Filters / TPID	
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x88A8
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x8100
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x8100
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x8100
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x8100
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x8100
User Allowable SYLAN TPID (hex)	0x8100
Setup: Service Disruption	
Enable Service Disruption	OFF
Separation Time (ms)	300
Threshold Time (ms)	50
Signal Loss	ON
Event Trigger: Sync Loss	ON
Event Trigger: Local Fault	ON
Event Trigger: Remote Fault	ON
Event Trigger: Errored Blocks (PCS)	ON
Event Trigger: Code Violation	ON
Event Trigger: Interframe Gap	OFF

Port 1: 10GigE LAN Layer 2 Traffic Term Test Report

Minimum Threshold (ms)	0.05					
Event Trigger: FCS	ON					
Setup: Timed Test						
Test Type	Timed Test					
Timed Test Duration	1d 0h:00m:00s					
Create Report on Completion of Timed Test	Yes					
Setup: Toolbar / Peak IFC						
Tx and Rx	Couple					
Setup: Toolbar / Errors						
Error Type	FCS					
Insertion Style	Single					
Log: Event Log						
No.	Event	Date	Start Time	Stop Time	Duration	
1	START	12/18/2023	16:15:56.0	--	--	
2	STOP	12/19/2023	16:15:56.0	--	--	
Log: SD - Summary						
No.	Date	Start	Stop	Dur. (ms)	Status	
Log: SD - Details						
No.	Event	Date	Start	Stop	Dur. (ms)	Status
Log: SD - Statistics						
		Duration (ms)	Start Time	Stop Time	Status	
	Longest	***	***	***	***	
	Shortest	***	***	***	***	
	Last	***	***	***	***	
	Average	***				