



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**Mejora en el Proceso de Entrega
de un Servicio *Carrier Ethernet*.
Caso Práctico: Proyecto de
100Gbps.**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero en Computación

P R E S E N T A

Héctor Felipe Galicia Iturbe

ASESOR DE INFORME

Ing. Carlos Saucedo Maciel



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A mi madre: Profesora María Guadalupe Iturbe Hernández

Por ser todo para mí y por darme todo por mí, y es que, gracias a su amor, cariño y apoyo incondicional, en un mundo lleno de carencias logró que nunca sufriera ni sintiera ninguna de ellas; por todos los valores, educación, principios y las enseñanzas que me inculcó mismos que me definen como el ser humano que día con día se esfuerza para hacerla sentir orgullosa de la persona que formó. ¡TE AMO MAMI!

A mis abuelos: Mami Tini y Papá Sebastián

A pesar del corto tiempo que los tuve a mi lado, su recuerdo vive en mí por siempre porque su visión de vida, valores y amor trascendieron en sus hijos y sus nietos volviéndose eternos para todos nosotros.

A mi asesor y profesor: Ingeniero Carlos Saucedo Maciel

Por el tiempo, la paciencia, la constancia y el apoyo incondicional que me brindó desde mi estancia en la Facultad de Ingeniería hasta el término de este proceso de titulación, le estaré eternamente agradecido.

A mis profesores y sinodales

Ya que en conjunto con los valores que se me brindaron en el hogar, significaron el complemento de mi educación y gracias a ellos me convertí en el profesionalista que soy actualmente, siendo ejemplo vivo del resultado de su esfuerzo y compromiso con la educación de nuestro país.

A mi novia, amigos y familiares

A mi novia por su amor, apoyo incondicional y el impulso que siempre me da para lograr mis metas y objetivos, es en gran parte a causa de ella que pude iniciar y completar este proceso de titulación, gracias por ser la persona más importante que saca siempre lo mejor de mí. A ella, mis amigos y familiares gracias por todas las vivencias, apoyo, consejos, risas y lágrimas que hemos compartido las cuales me ayudan y me recuerdan a siempre ser perseverante para cumplir mis metas y sueños.

A la UNAM y la Facultad de Ingeniería

Por significar un segundo hogar para mí al cual siempre es grato recordar y visitar ya que uno siempre vuelve a donde fue feliz.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Introducción	3
Capítulo 1. AT y principales proveedores de servicios <i>Carrier Ethernet</i> en México.....	8
1.1 Historia de AT	10
1.2 Misión y Visión de AT.....	11
1.3 AT como <i>Carrier</i>	11
1.4 Organigrama Área de Diseño de Soluciones en AT.....	13
1.5 Principales <i>Carriers</i> en México	15
1.6 Elementos principales de un Servicio <i>Ethernet Private Line</i> en México.....	18
1.7 Modelo de entrega servicio <i>EPL</i> de AT	21
Capítulo 2. Marco Teórico.....	24
2.1 Redes de comunicaciones.....	25
2.1.1 Componentes básicos de una red.....	25
2.1.2 Tipos de redes.....	26
2.2 Modelos de Referencia OSI y TCP/IP	29
2.2.1 Modelo de Referencia OSI	30
2.2.2 Arquitectura de Protocolos TCP/IP.....	33
2.3 Sistemas de Comunicaciones por medio de Fibra óptica	34
2.3.1 La Fibra Óptica, sus clasificaciones y características físicas como medio de transporte.....	34
2.3.2 Fibras Monomodo	39
2.4 <i>Ethernet</i>	40
2.4.1 Funcionamiento de <i>Ethernet</i>	42
2.4.2 La trama <i>Ethernet</i>	45
2.5 <i>Carrier Ethernet</i> y servicios <i>E-Line</i>	47
2.6 Tecnologías de Transporte <i>DWDM</i> y <i>OTN</i>	52
Capítulo 3. Proyecto de 100Gbps.....	59
3.1 Problemática en AT.....	60
3.2 Intervención Profesional	64
3.2.1 Implementación del Nuevo Proceso de Entrega	64
3.3 Implementación y Entrega del proyecto de 100Gbps	74
3.3.1 Metodologías <i>RFC 2544</i> y <i>EtherSAM</i>	74
3.3.2 Resultado de las pruebas de medio y memoria técnica del proyecto	76

Resultados obtenidos y Conclusiones.....	87
Conclusiones personales	100
GLOSARIO	102
BIBLIOGRAFÍA	113

Introducción

Este informe tiene como finalidad presentar de manera general el planteamiento de un problema sobre un proceso de mejora e implementación de un servicio *Carrier Ethernet* que se tuvo dentro de una empresa de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), así como los objetivos de este informe, tanto generales como particulares que guían su desarrollo; seguido del marco teórico que los sustentan y la metodología que se utilizó. Además, se muestra la estructura general del presente informe y finalmente las referencias bibliográficas que se consultaron durante su elaboración.

Este trabajo representa el resultado de mi experiencia profesional dentro de una empresa que brinda servicios de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en México y la forma en la que, en conjunto con los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería ayudaron a mejorar un proceso de entrega de un servicio de tipo *Carrier Ethernet*. Derivado de esto, como objetivo general explico el proceso de entrega de un servicio *Carrier Ethernet* sobre una red de Telecomunicaciones de Fibra Óptica y de forma particular expongo la utilidad de un Ingeniero en Computación dentro de la mejora y sistematización de dicho proceso con la finalidad de que guíe la actividad de futuros profesionistas.

“Los “*Carriers*” son aquellos proveedores de servicios *Carrier Ethernet* el cual es un mecanismo de transporte *Ethernet* de alta velocidad para redes de área metropolitana” (HELD, 2008). Estos *Carriers* apuestan sus esfuerzos por adquirir tecnología innovadora que ayude a extender su cobertura de red utilizando mejores equipos que permitan la transmisión de mayores anchos de banda a un menor costo. Todas estas necesidades que el mercado empresarial y educativo, tanto público como privado, demandan deben ser cubiertas por profesionistas que tengan conocimientos en las redes de comunicación existentes y que

impulsen el desarrollo de nuevas tecnologías, ampliando con esto el campo de estudio de la ingeniería en computación.

Con este informe de actividades profesionales, expongo la importancia de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería los cuales permitieron desempeñarme en el ámbito laboral y posteriormente complementaron desarrollo profesional. Mismos que me ayudaron a proporcionar propuestas de valor para esta compañía particularmente, para mejorar el proceso de entrega de su servicio *Carrier Ethernet* y a destacar en mis actividades como profesionista.

El presente trabajo se enfoca en una problemática que existía dentro de una compañía de servicios del sector TIC, que por motivos de confidencialidad y para fines de este informe llamaremos AT, antes de que se mejorara y estableciera formalmente el proceso de entrega para un servicio *Carrier Ethernet de 100Gbps*¹. Con esto se logró simplificar y mejorar la eficiencia de las tareas de todas las áreas involucradas en la entrega de este servicio, mitigando conflictos internos. Además, se tuvo un impacto positivo en la percepción de los clientes con respecto a la compañía al ofrecer un producto que cumple con sus necesidades y las de sus usuarios.

Con la finalidad anterior se describirá en el primer capítulo a la empresa AT en la cual se desarrolló mi actividad profesional; su historia, misión, visión. Seguido de la descripción y la estructura del área de Diseño de Soluciones dentro de la cual, se desarrolla el contexto de este informe de actividades profesionales, así como el perfil de puesto de un Ingeniero de Diseño de Soluciones donde actualmente me desempeño. También se da una breve

¹ Gigabit por segundo comúnmente abreviado Gbps, Gb/s, Gbit/s o Gbit/seg) se refiere a la velocidad a la que se puede transmitir la información cuya tasa de transferencia tiene un valor de 1000Megabits por segundo.

explicación de los principales proveedores de servicios *Ethernet* en México con la finalidad de reconocer las diferencias y similitudes en la forma de entrega de este tipo de servicios comparado con AT. Finalmente se da una explicación del servicio de tipo *Carrier Ethernet* que cada uno ofrece, señalando sus características y alcances, de esa manera se pretende establecer su relación con las Tecnologías de la Información.

En el capítulo segundo, se definen qué son las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se describen los fundamentos de redes y los conceptos necesarios para entender el funcionamiento de una red de transporte *Carrier Ethernet* de fibra óptica y para el entendimiento y comprensión de mis funciones dentro de la empresa.

En el tercer capítulo se aborda la problemática que existió antes de que se mejorara el proceso de entrega del servicio *Carrier Ethernet de 100Gbps*. Se aborda el proceso que se tenía anteriormente dentro de la empresa y de cómo contribuí a la mejora y elaboración de dicho proceso. Se describen las metodologías utilizadas, conceptos involucrados en su creación y sus resultados. Se explica el caso real de un proyecto de la empresa llamado “*Proyecto de 100Gbps*” el cual se utiliza como estudio de caso, apuntando mi involucramiento profesional en la mejora del proceso, así como los resultados dentro del proyecto.

En el capítulo final se exponen una serie de conclusiones que abordan los resultados de mi experiencia profesional, perspectivas y comentarios dentro de mi ejercicio profesional para el éxito en este proyecto.

Soy egresado de la facultad de Ingeniería por parte de la UNAM, en la carrera de Ingeniería en Computación, generación 2005-2010; durante mi estancia en mi alma mater, obtuve diversos conocimientos tanto en el aspecto académico como personal, los cuáles han sido esenciales para mi desarrollo profesional y humano.

Mi experiencia profesional tiene sus orígenes en el año 2010 siendo recién egresado de la carrera, tiempo en el que se me presentó la oportunidad de entrar a laborar en la empresa redIT anteriormente conocida como METRONET-XERTIX.

Mi ingreso a redIT ocurrió en noviembre del 2010 dentro del centro de operaciones de red (NOC por sus siglas en inglés), la actividad que realizaba principalmente era la de brindar soporte de primer nivel a los clientes para asistencia a fallas de los servicios contratados.

Posteriormente en el año 2013 formé parte del área de ingeniería de redes de datos dentro de la cuál era el encargado de la implementación y diseño de la red, así como de los procesos operativos como habilitación de servicios nuevos, cancelaciones de servicios existentes, soporte hacia el centro de operaciones (NOC) y mantenimiento de la red. Después, en el año 2014 se creó el área de preventa como parte de la organización de la empresa, a la cual ingresé y desempeñé el puesto de Coordinador de Preventa a Carriers, centrando mis funciones principalmente en la planeación y diseño de propuestas basadas en el análisis de las necesidades de los clientes.

Actualmente me desempeño en el puesto de Ingeniero de Diseño de soluciones, posición que ocupó desde el año 2018 dentro de la empresa AT, como lo mencioné anteriormente en el siguiente capítulo hablo un poco de la estructura de la empresa y de las funciones que desempeño en mi puesto actual.

Capítulo 1. AT y principales proveedores de servicios

Carrier Ethernet en México

En este capítulo se habla de la empresa donde se desarrolló el contexto de este informe de actividades profesionales, de su historia y de la relación que existe entre los servicios que brinda con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS), así como del área de Diseño de Soluciones donde actualmente me desempeño. Se enlistan los principales competidores nacionales y su cobertura, con el objetivo de mostrar en qué partes del país se concentran las comunicaciones y las necesidades de contar con servicios de conectividad, particularmente de los servicios tipo (*Ethernet Private Line*²) *EPL* por sus siglas en inglés, así como las diferencias y similitudes de este servicio entre AT y los otros proveedores.

AT es una empresa que proporciona servicios de soluciones de comunicación inalámbricas, particularmente el arrendamiento de espacio en torres de comunicación, además, ofrece soluciones de colocación, sistemas de antenas distribuidas para exteriores y recientemente con la adquisición de una empresa de comunicaciones incrementó su cartera de servicios para soluciones de conectividad particularmente de servicios *Ethernet*³ también llamados *LAN to LAN (L2L)* del inglés (*Local Area Network*⁴ *to Local Area Network*), Servicio *MPLS*⁵ e

² El servicio de EPL es una conexión punto a punto entre dos sitios, está conformado por un elemento clave llamado Ethernet Virtual Connection (EVC) el cual a su vez es definido por el MEF como la asociación de dos o más UNI siendo los UNI la interfaz *Ethernet* estándar la cuál es el punto de demarcación entre un equipo del cliente y la red del proveedor del servicio (Santitoro, 2003-2006).

³ *Ethernet*: Es una tecnología de red de área local (*LAN*) por sus siglas en inglés, que permite la conexión entre varias computadoras por medio de un sistema de red flexible y de bajo costo (Spurgeon C. E., 2000, p. xi).

⁴ *LAN: Local Area Network* o red de área local son redes de tamaño restringido que pueden encontrarse dentro de un solo edificio o abarcar algunos kilómetros, usadas para conectar computadoras y estaciones de trabajo dentro de una empresa con la finalidad de compartir recursos (Tanenbaum, 2003, p. 16)

⁵ *MPLS (Multiprotocol Label Switching)*: Una de las principales tecnologías de transporte más usadas en el mercado. De hecho, es la tecnología más usada en la actualidad para el uso de *Carrier Ethernet*. De acuerdo con Held (2008), Kasim (2007) y Bedell (2003) es una tecnología de intercambio de paquetes diseñada principalmente para acelerar el flujo de tráfico de la red. Para funcionar utiliza una etiqueta de 32 bits (4 bytes) como prefijo en cada paquete la cual proporciona la información de enrutamiento necesaria para que el paquete

Internet Dedicado por medio de una red de alta capacidad de fibra óptica.

1.1 Historia de AT

Al consultar su portal oficial se encontró que AT inició operaciones en el año de 1995, comenzó un proceso de crecimiento por medio de adquisiciones, en 1998 AT se convierte en una empresa independiente, ese mismo año comienza a cotizar en la bolsa de valores de Nueva York.

Al año siguiente comienza sus operaciones en México adquiriendo 3000 sitios lo que lo vuelve el operador independiente de torres de mayor tamaño en el país. Posteriormente en 2005 se fusiona con su principal competidor, convirtiéndose en la empresa de torres más grande en Estados Unidos.

Con operaciones en algunos de los principales países de América Latina como Brasil, Colombia, Chile y Perú, AT ingresa a la lista de las 50 empresas con mejor desempeño de acuerdo con la revista *Bloomberg Businessweek* en el año 2010. Durante el año 2012 abrió operaciones en Uganda y Alemania, logrando también la cifra histórica de 50000 sitios de comunicaciones completados.

En el año 2016 adquiere otros 42,000 sitios de comunicaciones en India sumando aproximadamente 170,000 sitios a nivel mundial. Un año después adquiere a una compañía mexicana que ofrece servicios de conectividad mediante una red de telecomunicaciones de fibra óptica ampliando su portafolio de servicios.

tome la mejor trayectoria a través de la red, optimizando el tiempo requerido para su transporte al mismo tiempo que mejora el rendimiento del tránsito y flujo de información dentro de la red.

1.2 Misión y Visión de AT

AT tiene 4 misiones principales las cuales definen sus principios fundamentales: Ser líderes de la conectividad inalámbrica en todo el mundo, innovación para un futuro móvil, fomento de la eficiencia en toda la industria e incrementar sus activos y capacidades para satisfacer las necesidades de los clientes. En ese sentido su visión es hacer posibles las comunicaciones inalámbricas en todas partes. Gracias a la infraestructura que posee tiene una presencia a nivel mundial que les permite acercarse más y más a esta meta, con la adquisición de una compañía mexicana en el año 2017 esta meta es aún más cercana considerando la cobertura de red de fibra óptica que posee dicha compañía.

1.3 AT como *Carrier*

La empresa mexicana que actualmente forma parte de AT es considerada la primera empresa en México llamada “*Carrier de Carriers*”, la empresa comenzó en sus inicios como proveedores de servicios de última milla, para posteriormente brindar servicios de Data Center, Servicios Administrados, Servicios de seguridad y Servicios de “La Nube” o *Cloud Computing*⁶.

Actualmente esta empresa es la unidad de negocio encargada de ofrecer servicios de conectividad, particularmente servicios *L2L (Local Área Network to Local Área Network)* y servicios de internet dedicado *Dedicated Internet Access (DIA)* por sus siglas en inglés.

⁶ *Cloud Computing* llamada en español computación en la nube es una tecnología que permite ofrecer servicios a través de internet. salesforce, (2000-2017)

Al ser considerado el primer “*Carrier de Carriers*” en México su principal fuente de ingresos, considerada también la columna vertebral del negocio, es el brindar servicios de conectividad a otras empresas quienes a su vez re-venden ese servicio a sus clientes; esto lo logra utilizando sus recursos para establecer una red de fibra óptica metropolitana que le permite como proveedor de “**última milla**” administrar la disponibilidad e integridad de la red y sus servicios, permitiéndole tener una cartera de clientes amplia teniendo la filosofía de no ser competencia directa sino proveedor y aliado.

Muchas empresas del ramo buscan sus servicios debido a su alta disponibilidad y cobertura sin embargo es importante mencionar que, si bien son clientes para muchos proyectos, no dejan de ser competencia para otros, siendo una situación muy común dentro del mercado de Telecomunicaciones.

Empresas, que para fines de este informe y por motivos de confidencialidad llamaremos como **A, B, M y SEGOB**, son una muestra de la cartera de clientes que AT tiene. Actualmente la empresa ofrece servicios de conectividad por medio de redes de fibra óptica metropolitana en varias ciudades del país, de entre las que destacan Guadalajara, Monterrey, Querétaro y por supuesto Ciudad de México.

1.4 Organigrama Área de Diseño de Soluciones en AT

Como se mencionó al comienzo de este capítulo, el contexto donde se realizó este informe de actividades profesionales fue en el área de Diseño de Soluciones de AT (**Figura 1.1**), la cual es la encargada de ser el puente de comunicaciones entre el ejecutivo de ventas y las áreas internas operativas. Su principal función es la de atender las necesidades y requerimientos de los clientes para traducirlas en propuestas técnicas y económicas basadas en el alcance del producto, la tecnología y red disponibles. Estas propuestas deben ser entendibles no solamente para los clientes sino por cada una de las áreas que conforman el proceso de entrega del servicio *Carrier Ethernet* que la empresa ofrece.

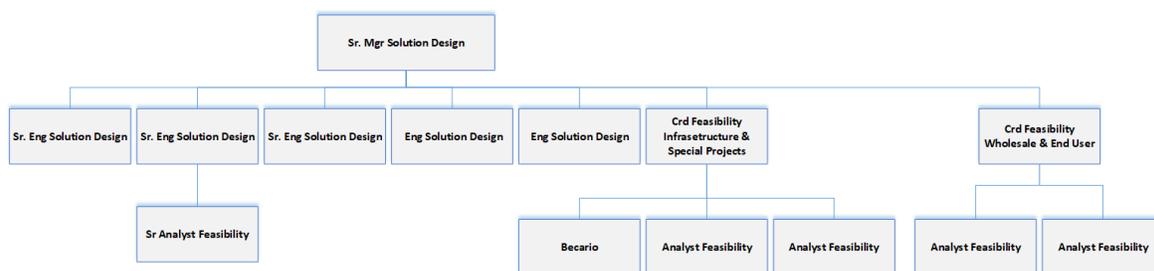


Figura 1.1. Organigrama del área de Diseño de Soluciones en AT creada por el autor de este informe.

Existen dos puestos que conforman la estructura del área de diseño de soluciones: El Analista de Factibilidad y el Ingeniero de Diseño de Soluciones, dicha estructura se muestra en el siguiente organigrama.

El puesto de Analista de Factibilidad se encarga de recibir todas las solicitudes, tanto de los clientes, por medio de un portal de Internet, como por parte de los ejecutivos de ventas. Clasifican las solicitudes con base en el tipo de servicio que puede ser estándar o no estándar. Esta clasificación se hace al verificar características como son: cantidad de sitios, el ancho de banda, la cobertura de red respecto a él/los sitio(s) o cualquier otro requerimiento particular; si alguna de estas características no cumple con la solución estándar definida

dentro del producto el analista envía el proyecto a un Ingeniero de Diseño de Soluciones para su análisis y generación de propuesta. Por otro lado, si la solicitud cumple con los criterios para ser estándar el analista únicamente confirma al ejecutivo o al cliente que el proyecto es factible considerando la lista de precios establecida.

El Ingeniero de Diseño de Soluciones es el encargado de generar la propuesta técnica y económica cuando existe un requerimiento que se considera no estándar basado en los alcances del producto *Carrier Ethernet* definido por AT. Esta propuesta está sujeta a los alcances de la red y tecnología disponible además de que debe cumplir con las necesidades del cliente; Finalmente el Ingeniero de Diseño de Soluciones envía la propuesta terminada al ejecutivo de ventas para definir un precio de venta basado en sus costos. Si por algún motivo no es posible cumplir cabalmente con el requerimiento la propuesta ofrecida considera una alternativa similar que le brinde al cliente el resultado que espera del producto.

Formalmente el Ingeniero de Diseño de Soluciones debe cumplir con el siguiente perfil de acuerdo con la descripción oficial. Como primer punto, debe tener estudios en el área de Ingeniería en Telecomunicaciones o afín y experiencia en productos de telecomunicaciones, redes y tecnologías de nueva generación de transporte, ruteo y fibra óptica; también debe contar con competencias en las áreas de servicio al cliente, trabajo en equipo y comunicación efectiva.

Con respecto a la descripción y funciones generales el Ingeniero de Diseño de Soluciones debe ser capaz de diseñar conforme a las normas y estándares establecidos, la arquitectura de la red de fibra óptica, así como la definición de los materiales, equipos, mano de obra y costos para su construcción que permitan cumplir con los requerimientos del cliente, además de apoyar técnicamente a las áreas comerciales en el proceso de la venta.

De entre sus principales responsabilidades se encuentran la de definir correcta y oportunamente el diseño de arquitectura de la red de fibra óptica conforme a las necesidades del cliente, determinar los costos y mano de obra derivados del diseño de red para las propuestas hacia los clientes y la de ser el consultor técnico tanto del cliente como de las áreas comerciales con la finalidad de ofrecer el diseño más adecuado al cliente.

El Ingeniero de Diseño de Soluciones mantiene relaciones con las áreas de ingeniería, legal, finanzas y de ventas, por mencionar algunas. Su dominio de los fundamentos técnicos y conocimientos prácticos de un servicio *Ethernet* debe ser alto, por todos estos motivos, considero que el ingeniero de soluciones funge como el puente de conexión entre el área comercial y el área operativa.

1.5 Principales *Carriers* en México

De acuerdo con (Martínez, 2016) un *Carrier* es aquella empresa de comunicaciones que se encarga del transporte de datos e información de otras empresas que a su vez ofrecen servicios como el internet o la telefonía, en otras palabras, su negocio es el transporte de datos utilizando sus redes de transporte para llevarlo a cabo.

México es uno de los países que más inversión y desarrollo poseen en el ámbito de las comunicaciones, en los últimos años la cantidad de competidores ha disminuido debido a que empresas de mayor tamaño las absorbieron o se han ido a la banca rota, esto ocasionó que en la actualidad el mercado nacional de proveedores de conectividad se concentre en un pequeño grupo de empresas, a continuación menciono a las principales, que para fines de este informe y por motivos de confidencialidad llamaremos **TX, A, B y M**, mostrando su cobertura y sus servicios de forma general con la finalidad de exponer al final del capítulo la situación del mercado nacional para servicios *Ethernet*.

Con la mayor red a nivel nacional, la empresa **TX** es considerado el proveedor más grande de servicios *Carrier Ethernet* en el país gracias a su cobertura ofreciendo servicios de línea privada (*Ethernet Private Line*) también llamado “*L2L (Local Área Network to Local Área Network)*”, Internet Dedicado, Internet residencial y telefonía. Cada uno de estos servicios los ofrece gracias a la cobertura nacional que tiene, sin embargo, es importante aclarar que esta cobertura no utiliza Fibra óptica en su totalidad, como usualmente se utiliza para servicios de nivel *Carrier*. Esta empresa también utiliza cable de cobre, microondas o fibra óptica dependiendo de la cobertura y el sitio en cuestión.

Otra empresa que ofrece estos servicios es **A**, la cual es una empresa mexicana creada en 1996 que brinda servicios a pequeñas y medianas empresas, gobierno y a residenciales, su cartera de servicios abarca las soluciones de TI, seguridad, centros de datos y conectividad principalmente, para el caso de conectividad como caso particular su servicio *Ethernet LAN to LAN* cuyas características cumplen con los estándares internacionales definidos por el MEF⁷.

También, la empresa **B** es una empresa de telecomunicaciones que proporciona servicios de datos y larga distancia a otros proveedores, posee una red de fibra óptica de aproximadamente ocho mil kilómetros con cobertura en algunas de las principales ciudades de México y en los estados de Texas y California en Estados Unidos.

De entre sus principales clientes se encuentran empresas y operadores de telecomunicaciones

⁷ MEF: *Metro Ethernet Forum* es una asociación de industrias no lucrativa compuesta por más de 200 empresas encargada de definir los estándares para ofrecer servicios de comunicación ágiles, asegurados y orquestados que permiten a los usuarios el rendimiento dinámico y la seguridad necesaria para prosperar en la economía digital (MEF, 2009 - 2018).

“*wholesaler*”⁸, corporativos y entidades del Gobierno Federal y estatal dentro del sector público, su cartera de productos incluye Internet, servicios en la nube, telefonía, soluciones administradas y de seguridad, centro de datos. Sus servicios de conectividad incluyen QoS⁹, *clear channel*¹⁰, punto a punto o punto multipunto y *Ethernet* enlace.

Otra empresa dedicada a este ramo es **M**, empresa de telecomunicaciones mexicana fundada en 1996, cuenta con 7808 kilómetros de fibra óptica en 73 ciudades dentro del territorio nacional. Proporcionan servicio de datos, voz, móvil, televisión y de accesos de microonda. Su cartera de productos incluye el servicio de internet dedicado, *LAN to LAN*, *MPLS* y Troncal SIP¹¹.

Particularmente para su servicio de *LAN to LAN* utilizan un circuito punto a punto que crean una red privada interconectando dos domicilios del cliente que permite transmitir voz, video y/o datos.

⁸ *Wholesaler*: Aquella entidad, persona o firma que adquiere grandes cantidades de bienes o servicios de varios productores y/o marcas para después venderlos a minoristas. (WebFinance Inc., 2018)

⁹ *Quality of Service* en español Calidad de Servicio de acuerdo con (cisco, 2007) y con (Cabello, 2015) es un conjunto de tecnologías que permiten a una red establecer mecanismos para proporcionar un mejor servicio y rendimiento de datos para dar mayor fluidez en el tráfico de la red, ofreciendo un mejor manejo en el ancho de banda, variaciones de latencia y de retraso (Delay). En otras palabras, otorga prioridad al tráfico según el tipo de datos transportados.

¹⁰ Clear Channel : Se le considera a un canal también llamado línea que conecta dos puntos y que es dedicado enteramente al tráfico o ancho de banda entre esos dos puntos contrastando con una línea compartida en el cual el medio es compartido con otros usuarios, en este tipo de canal el ancho de banda es usado en su totalidad para transmisión, no hay porciones del canal que son usados para control o señalización de tramas (Dong, Jieli, 2007)

¹¹ Troncal SIP: Es un servicio de telefonía que permite a los proveedores de telefonía conectar el PBX (Private Branch Exchange) de los clientes a la red telefónica, haciendo posible realizar llamadas telefónicas sobre la tecnología de voz sobre IP (VoIP). (telsome, 2018).

1.6 Elementos principales de un Servicio *Ethernet Private Line* en México

Como se mencionó al inicio de este capítulo la competencia entre las empresas dedicadas a brindar servicios de conectividad es grande particularmente para los servicios de tipo línea privada conocidos como *Ethernet Private Line (EPL)*. Estos servicios son altamente solicitados debido a la estabilidad, privacidad, seguridad y alta disponibilidad que proporcionan por lo que resulta importante enlistar los elementos más importantes con los cuales tienen que contar, tomando como referencia las similitudes y diferencias que los principales *Carriers* de México ofrecen de acuerdo a lo mencionado anteriormente en este capítulo.

El *MEF* es la entidad encargada de establecer y definir el modelo general de referencia y atributos con los que debería de cumplir este tipo de servicio; de entre los cuales podemos mencionar el ser implementados dentro de una red *Metro/Carrier Ethernet* y que los equipos del cliente llamados *CE (customer equipment)* deben unirse o agregarse a la red del proveedor de servicios usando una interfaz estándar que pueden ser 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps o 100Gbps *Ethernet*. Independientemente de esto, debido a que es un modelo general pueden existir diferencias entre la forma de entrega de un proveedor y otro. A continuación, enlisto dos elementos claves que varían entre un *Carrier* y otro basado en mi experiencia profesional:

1.- Tiempos de Entrega: Es una de las características más importantes que los proveedores de servicios deben tener puesto que ha significado la diferencia entre ganar o perder un proyecto. Esto va ligado a la cobertura que cada proveedor tenga y al tipo de concesión que manejen ya que, de acuerdo a las figuras 2, 3, 4 y 5 mostradas anteriormente, aunque algunos

proveedores tienen cobertura a nivel nacional con presencia en varios Estados de la República, su cobertura de red local dentro de cada Estado es mínima o inexistente, lo que provoca que sus tiempos de entrega sean demasiado altos y dependan de otros proveedores para entregar servicios. Contrariamente proveedores como AT, los cuales tienen gran cobertura a nivel metropolitano pero que no tienen la concesión para la construcción de red de larga distancia, poseen tiempos de entrega para clientes locales muy cortos, sin embargo, sus tiempos para servicios de larga distancia son elevados puesto que dependen a su vez de los proveedores que si poseen larga distancia.

Esta dependencia mutua ha sido el punto clave para el equilibrio entre *Carriers* nacionales y parte del éxito de AT, ya que cuando un proveedor no tiene cobertura en un sitio donde su cliente lo requiera, se ve obligado a buscar a algún proveedor que si la tenga. De tal forma que ambos se ven beneficiados.

La empresa mexicana que forma parte de AT y actualmente se encarga del negocio de fibra, se considera el principal “*Carrier de Carriers*” por lo mencionado anteriormente, ya que mientras los otros *Carrier* se encargan de negociar la contratación de enlaces *Ethernet* con las empresas e instituciones en el país, AT negocia directamente con estos *Carrier* para servir como proveedor de última milla de todos estos enlaces *Ethernet*. En otras palabras, AT se convierte en el proveedor de los proveedores de servicios sin necesidad de tratar directamente con el usuario final, dando una sensación de seguridad a sus clientes evitando así conflictos de interés.

Hoy en día AT fibra ofrece servicios tipo *Wholesale* a los otros *Carriers* al mismo tiempo que atiende los requerimientos de la parte empresarial, siendo estas las dos divisiones principales del negocio.

2.-Disponibilidad: Comercialmente llamado *SLA (Service Level Agreement)*¹² se considera el punto clave para los servicios de conectividad. Se refiere, entre otras cosas, al tiempo en el que un servicio se encuentra disponible y sin afectación. Los *SLA* existen para definir las obligaciones que el proveedor de servicios debe cumplir, además de las características y métricas o *KPI*¹³'s que el servicio debe poseer.

Basado en mi experiencia profesional, sé que los servicios *EPL* ofrecidos por los proveedores antes mencionados poseen un *SLA* menor en comparación al *SLA* ofrecido por AT, tomando como referencia su servicio *Ethernet* estándar. La causa principal de esta disponibilidad menor es la forma en la que diseñan su red, ya que utilizan un concepto de red jerarquizada no protegida, la cual está conformada por una red troncal comúnmente llamada *Backbone*¹⁴. A la red troncal se conectan los nodos de distribución, que son sitios que están conectados por dos rutas físicas de fibra para tener redundancia en caso de que una ruta falle. De estos nodos se derivan los nodos de agregación, que pueden o no estar conectados por dos rutas de fibra; finalmente a los nodos de agregación se conectan todos los sitios de los usuarios finales llamados accesos por medio de un solo cable de fibra no protegido. Es en

¹² Un Acuerdo de nivel de servicio, en inglés *Service Level Agreement* es un contrato entre un proveedor de servicios y un cliente interno o externos que establece las funciones, obligaciones, responsabilidades y estándares del servicio que el proveedor está obligado a cumplir (TechTarget, 2006-2018).

¹³ Key Performance Indicator por sus siglas en inglés, hablando en el área de *Carrier Ethernet* se trata de una métrica que proporciona información acerca del desempeño del servicio *Carrier Ethernet*, usualmente incluye la latencia de tramas *Ethernet*, el *jitter*, el cuál más adelante será definido, pérdida de tramas y la disponibilidad del servicio (Liu, 2016)

¹⁴ *Backbone*: Se le considera una línea de transmisión de mayor tamaño que se encarga de transportar líneas de transmisión más pequeñas interconectadas a ella, a nivel local permiten la interconexión de redes de área local (LAN) para lograr una conexión de red de área amplia (WAN) o de larga distancia, así como para abarcar distancias de forma eficiente, los puntos de interconexión son llamados nodos de red. (TechTarget, 2007).

cada uno de estos sitios donde se instala el equipo terminal o *CPE*¹⁵ que brindará el servicio *Ethernet*.

Usualmente la tecnología de transporte usada en este tipo de redes es *IP/MPLS*¹⁶, este diseño de red y forma de entrega se asimila a la de una compañía de cable, donde el servicio está desprotegido y sin ningún tipo de redundancia hasta llegar al nodo de agregación más cercano.

Esta forma de entrega es la más utilizada por otros *Carriers* para ofrecer su servicio *EPL* estándar ya que resulta más rápido y económico de implementar, sin embargo, sacrifica disponibilidad y calidad. El nivel de disponibilidad de los *Carriers* en México para una solución estándar de esta clase de servicios va desde el 98.50% hasta el 99.80% de disponibilidad mensual; este porcentaje depende del medio de transmisión que puede ser fibra óptica, cable de cobre o microondas y del diseño de red de cada proveedor.

1.7 Modelo de entrega servicio *EPL* de AT

AT destaca de la mayoría de los *Carriers* ya que su solución “estándar” de entrega para un servicio *Carrier Ethernet* posee una disponibilidad mayor del 99.95%, lo que se traduce en que el servicio no puede encontrarse caído o afectado por más de 21.60 minutos durante un mes. Esto supone una ventaja importante sobre sus competidores, ya que, aunque las necesidades de los clientes puedan variar, todos buscan la disponibilidad más alta como el

¹⁵ Customer Premises Equipment: Es el equipo, usualmente propiedad del proveedor de servicios, que se localiza dentro de las instalaciones del cliente y es el encargado de proporcionar el servicio de comunicación.

¹⁶ MPLS: Multiprotocol Label Switching es una tecnología de transporte de datos que utiliza el protocolo de intercambio de etiquetas o LDP por sus siglas en inglés, es usualmente utilizada en redes de tipo *Carrier Ethernet*.

requerimiento de mayor importancia.

Este nivel de disponibilidad es logrado por AT gracias a la topología y diseño de su red, siendo también una red jerarquizada con la diferencia de que tanto el *backbone*, los nodos de distribución y nodos de agregación, se encuentran conectados en una red con topología de anillo, la cual posee dos diferentes rutas de fibra óptica. El único punto desprotegido es el cable de fibra llamado acometida, el cual se deriva del anillo de red e ingresa al sitio del cliente donde se conecta al equipo CPE que proporciona el servicio *EPL*.

Asimismo, los elementos que físicamente componen el servicio se muestran a continuación en la **Figura 1.2** creada por el autor de este informe:

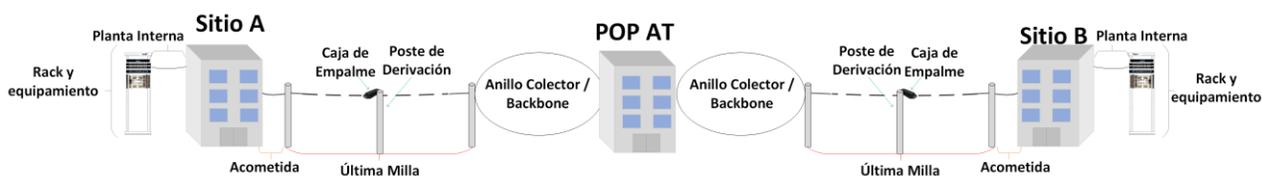


Figura 1.2. Elementos del servicio *Ethernet LAN to LAN* o *EPL* de AT.

En el diagrama se observa lo explicado anteriormente, los únicos puntos desprotegidos son los segmentos de cable de fibra óptica que ingresan al edificio llamados acometida y última milla, los cuales, usualmente se encuentran a pocos metros afuera del inmueble. AT siempre procura diseñar su red de forma que el anillo de fibra pase lo más cerca posible del sitio del cliente.

Este es el gran diferenciador en comparación de las otras compañías y es lo que permite a AT ofrecer una mayor disponibilidad utilizando recursos similares a la de sus competidores, ya que también se proporciona un solo puerto de un solo equipo *CPE* sin realizar una inversión mayor puesto que las trayectorias de los anillos se planean con base dos puntos: estrategia comercial y expectativa de crecimiento. Debido a que los insumos, infraestructura

y el personal son parte de AT, el costo de implementación disminuye considerablemente en comparación con otros competidores.

El conocer la cobertura de los principales *Carriers* en México, nos ayuda a tener un panorama más amplio de los niveles de comunicación y conectividad que tiene cada parte del territorio nacional, además nos da una muestra del comportamiento del mercado y sus necesidades.

Con la forma en la que AT implementa y proporciona su servicio *Carrier Ethernet EPL* ayuda a comprender por qué su propuesta continúa siendo atractiva para sus clientes, además de competitiva dentro del mercado laboral actual.

Con todo lo mencionado anteriormente podemos concluir que el perfil profesional de un Ingeniero de Diseño de Soluciones dentro de AT, requiere una especialización y manejo de conocimientos técnicos, los cuáles un Ingeniero en Computación posee al contar con la base técnica y académica necesaria para el desarrollo de estas funciones.

Capítulo 2. Marco Teórico

En este capítulo abordaré los fundamentos teóricos que ayudan a comprender este informe de actividad profesional, así como el caso práctico que se explica en el Capítulo 3. Se aborda el concepto de redes, sus topologías, particularmente la topología de anillo, también de los modelos de referencia que dictan el funcionamiento de las redes de comunicaciones actuales, así como una revisión amplia sobre *Ethernet*. Adicionalmente explico el funcionamiento de la fibra óptica como medio de transmisión y tecnologías de transporte *WDM* y *OTN*; finalmente muestro el modelo básico de un servicio *Carrier Ethernet* tipo *EPL* con sus características y su funcionamiento.

2.1 Redes de comunicaciones

Una red es el conjunto de elementos, ya sean computadoras u otros dispositivos, que se interconectan entre sí a través de un medio de transporte de datos con el objetivo de compartir servicios, recursos e información. Los elementos que definen la estructura de una red dependen del tipo de relación que existe entre ellas y sus elementos los cuáles pueden ser de dos tipos: cliente-servidor y uno a uno o igual a igual. Los componentes de una red varían dependiendo del *Hardware*¹⁷ que se esté utilizando.

2.1.1 Componentes básicos de una red

Uno de estos componentes son los servidores los cuales son los equipos o computadoras encargados de administrar el acceso de los usuarios dentro de la red hacia los recursos, también controlan el funcionamiento de la red. El siguiente componente son las estaciones de trabajo llamadas así a las computadoras conectadas dentro de una red, aunque no la

¹⁷ Hardware: Se les consideran así a todas partes físicas de una computadora como sus componentes eléctricos y electrónicos, mecánicos, periféricos y todo aquel elemento físico.

administran ya que solamente tienen privilegios para acceder a los recursos. Cualquier computadora puede ser estación de trabajo.

Similar a estos últimos tenemos a los nodos que pueden ser cualquier elemento que esté conectado dentro de la red, no necesariamente computadoras y que de igual forma pueden compartir sus servicios para ser utilizados por el mismo usuario. También tenemos el *switch* que es el dispositivo más utilizado para interconectar redes junto con el *router* que se encarga de reenviar los mensajes y la información a través de la red. Finalmente, las redes cuentan con las tarjetas de red quienes realizan la interconexión entre servidores, estaciones de trabajo y nodos.

2.1.2 Tipos de redes

Las redes pueden clasificarse tomando en cuenta 3 aspectos importantes, si hablamos de su tamaño pueden ser de tipo *LAN*, *MAN* y *WAN*. Con respecto al tipo de medio de transporte o físico pueden ser alámbricas e inalámbricas y finalmente por el tipo de topología que tengan, pueden ser bus, anillo, estrella y malla. A continuación, explico de manera general las redes por su tamaño ya que Carrier Ethernet puede aplicarse en cualquiera de ellas. Primero tenemos a la Red de Área Local (*LAN* por sus siglas en inglés) son aquellas en las que el conjunto de sus elementos como los nodos, recursos y componentes se encuentran dentro de una misma organización conectados dentro de un área geográfica pequeña, como una oficina un edificio o conjunto de edificios por medio de una red, la cual en su mayoría de las veces es de tipo *Ethernet*.

Las *LAN* pueden estar formadas desde dos computadoras o varias de ellas conectadas por medio de distintos medios de transporte y topologías, incluso pueden estar conectadas con

otras *LAN* por medio de ondas, cables o fibra óptica, de esta forma la red a su vez será administrada por medio de un equipo servidor.

Las Redes de Área Metropolitana (por sus siglas en inglés *MAN*) se conforman por grupos de *LAN* interconectadas entre sí y abarcan desde un conjunto de oficinas hasta zonas de campus y zonas de corporativos en un área determinada. Una de las características notorias de las *MAN* es que son redes de alta velocidad o de banda ancha, lo que permite la cobertura en un área extensa siendo la fibra óptica o el cable de par trenzado los medios de transmisión utilizados. La cobertura de las redes *MAN* es a partir de los 4 o 5 km en adelante (en la mayoría de los casos) están compuestos por dos buses unidireccionales para transferencia de información. Pueden ser públicas o privadas dependiendo si es un solo edificio o varios los que comprenden a la red y de la forma en la que envían la información.

Las Redes de Área Amplia (por sus siglas en inglés *WAN*), son aquellas compuestas por varias *LAN* o *MAN* conectadas entre sí en una extensa área geográfica, por cualquiera de los medios de transmisión conocidos, ya sea cableado, aéreo o fibra óptica. El mejor ejemplo de este tipo de red es el Internet. Las redes *WAN* pueden abarcar desde los 100Km y 1000Km, puede comunicar a países y continentes mediante los *ISP*¹⁸.

Las redes, basándonos en el medio de transporte físico, pueden dividirse en Redes Alámbricas¹⁹ y Redes Inalámbricas²⁰ aunque hoy en día es muy común encontrar Redes Híbridas las cuales utilizan tanto cables como antenas para la transmisión de la información.

¹⁸ Los *ISP* o Internet Service Provider por sus siglas en inglés son aquellas entidades usualmente empresas encargadas de proporcionar servicios de Internet a clientes.

¹⁹ Las redes Alámbricas son aquellas que utilizan cables como medio de transmisión usualmente par trenzado y conectores Rj45 o fibra óptica.

²⁰ Las redes Inalámbricas utilizan ondas electromagnéticas para transmitir la información y por medio de una antena emisora/receptora propagan estas ondas.

Con respecto a su diseño en términos generales, se le considera topología a la manera en que los elementos de una red están interconectados o bien la forma en la que está diseñada la red. Para fines más prácticos consideramos la topología de la red como la representación geométrica de la relación de enlace-dispositivos. Para elegir una topología de red se toman en cuenta factores como la resistencia o tolerancia a las fallas y la distribución de los elementos de la red para poder ubicar dichas fallas con mayor facilidad. Debido a que la topología define la forma en la que los elementos de la red se encontrarán conectados, el desempeño de la red dependerá en gran medida de la topología que se decida implementar en ella. Existen dos tipos de topologías: la Topología Lógica²¹ y la Topología Física²². A su vez estas pueden ser de tipo Topología de Bus, Topología de Anillo, Topología Estrella y Topología de Malla. Para fines de este informe me centraré en la topología de anillo ya que fue la utilizada en el caso práctico explicado en el Capítulo 3.

La **Topología de Anillo** consiste en un arreglo lógico y no físico como tal, en la cual, los elementos de la red se encuentran conectados uno seguido del otro por medio de su propio cable. La principal diferencia con respecto a la topología de bus es que no hay terminadores de la red y los extremos de esta se encuentran unidos. Las redes *LAN* diseñadas con topología de Anillo (**Figura 2.1**) están basadas en la tecnología *token ring* en vez de *Ethernet* y se utilizan en grandes redes de telecomunicaciones. A pesar de que originalmente estaban basadas en otra arquitectura, hoy en día es común que utilicen *Ethernet* para su uso ya que gracias a una técnica llamada *CSMA/CD* o acceso múltiple por censado de portadora con

²¹ Topología Lógica: Se le llama así a la trayectoria que una señal recorre a lo largo de los nodos de la red de manera lógica.

²² Topología Física: Es la forma en la que está diseñada físicamente la red y el medio de transmisión dentro de ella.

detección de colisiones (la cuál será explicada más adelante), permite que cada nodo transmita en el momento que desee; en caso de que dos lo quieran hacer al mismo tiempo, su mecanismo de detección de colisiones ayuda a detectar esta situación esperando un lapso aleatorio para poder intentar transmitir nuevamente.

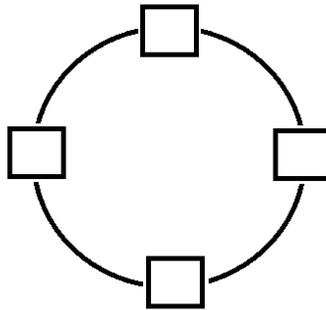


Figura 2.1. Topología de Anillo creada por el autor de este informe.

2.2 Modelos de Referencia OSI y TCP/IP

Gracias al auge de las redes de comunicación más y más personas tenían acceso a ellas y su uso se volvió cotidiano, sin embargo, cada proveedor tenía sus propias normas, lo que representó un problema de compatibilidad e interoperabilidad al momento de dar mantenimiento; cambiar algún componente, mejorar una red o comunicarse con otra red, puesto que frecuentemente era necesario cambiar toda infraestructura para que existiera compatibilidad entre un proveedor y otro. Esto ocasionó que fuera necesaria la implementación de normas y recomendaciones llamadas estándares, bajo las cuales las redes pudieran implementarse y así definir sus procesos, correcto funcionamiento, características eléctricas y físicas de los equipos de comunicación que las conforman, creándose con esto el Modelo de Referencia OSI.

2.2.1 Modelo de Referencia OSI

El modelo OSI (*Open System Interconnection*) fue creado por la Organización Internacional de Estándares (ISO por sus siglas en inglés), este define protocolos, normas y métodos necesarios para la interconexión de computadoras y la creación de redes, así como su estructura básica. A pesar de ser un modelo conceptual su uso es frecuente ya que es de gran ayuda al momento de diseñar redes y resolver problemas de red por medio de la ingeniería.

El modelo está conformado por 7 capas que dividen los métodos y protocolos necesarios en una conexión de red. Es importante aclarar que el modelo OSI no es una arquitectura de red puesto que no especifica protocolos y servicios exactos a utilizar en cada capa, sino que define la función de cada una de ellas; por esta razón se considera un modelo de referencia en donde la capa superior depende de la inferior. Las capas que conforman al modelo OSI se muestran a continuación (**Figura 2.2**):

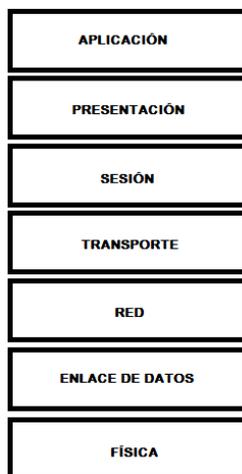


Figura 2.2. Imagen del Modelo OSI creado por el autor de este informe.

Para fines de este informe me centraré en las Capas Física y de Enlace de Datos, **la Capa Física** se encarga de definir las propiedades físicas del medio de transmisión, así como la forma en la que se transmite. Entre sus principales funciones se encuentran: definir el medio físico por el que viajara la información, definir los materiales o componentes mecánicos y

eléctricos, garantizar la existencia de una conexión, pero sobre todo asegurarse que el envío de flujo de bits a través del medio de transmisión sea íntegro. En otras palabras: si de un lado se está enviando un bit 1, la capa física se encarga de asegurar que el otro lado reciba el mismo bit 1 y no un bit 0.

Esta capa posee cuatro características principales: mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento. La primera especifica los circuitos para transmitir la señal a través de los conductores, mientras las eléctricas especifican como se representan los bits y su velocidad de transmisión. Las funcionales definen la función de cada uno de los circuitos, tanto del medio de transmisión como de la interfaz física del sistema y las de procedimiento, definen la secuencia de eventos dentro de un medio físico durante el intercambio de flujo de bits.

En esta capa se lleva a cabo el envío de bits a través del medio de transmisión el cual puede ser un cable de red. Las conexiones físicas pueden ser punto-punto²³ o multipunto²⁴ y de tipo *Half Dúplex*²⁵ o *Full Dúplex*²⁶. Dentro de las especificaciones de la capa física se define el medio físico como el tipo de cable a utilizar, el voltaje, la temporización de las señales eléctricas y el alcance o distancia máxima del medio de transmisión; todos estos elementos definen en gran parte el diseño de la red.

La Capa de enlace de datos define por medio de estándares, la transformación de un medio de comunicación puro en una línea de transmisión que al llegar a la capa de red se encontrará

²³ El tipo de conexiones punto-punto también son llamadas conexiones de uno a uno en el cual se envía la información de un punto hacia otro solamente.

²⁴ Las conexiones multipunto llamadas también conexiones uno a muchos o muchos a muchos, la información puede viajar desde un origen hacia muchos destinos o múltiples orígenes a muchos destinos.

²⁵ Tipo de transmisiones que se realizan en una sola dirección a la vez (unidireccionales).

²⁶ Tipo de transmisiones que se realizan en ambas direcciones de manera simultánea (bidireccionales).

libre de errores. En otras palabras, le da un significado a los bits que transporta la capa física haciendo un servicio de transferencia de datos fiable a través del medio físico. Se ocupa también del direccionamiento físico, acceso al medio y la detección de errores estableciendo un protocolo confiable a través de la capa física para que la capa 3 pueda transmitir datos. Esto lo logra fragmentando los datos de entrada en tramas de datos las cuales están compuestas por cientos o miles de bytes, después transmite estas tramas en secuencia detectando y corrigiendo los errores; si la transmisión de datos es confiable el receptor envía una trama de confirmación de recepción.

Dentro de esta capa también se encuentran mecanismos de regulación de tráfico los cuáles le indican al transmisor que tanta capacidad de almacenamiento tiene el receptor al momento del envío. La capa de enlace de datos se divide a su vez en dos subcapas, la subcapa *LLC*²⁷ y subcapa *MAC*²⁸. La subcapa *LLC* es la encargada de tareas como el establecimiento y finalización de una llamada y la transferencia de datos, mientras que la subcapa *MAC* es la encargada del direccionamiento, detección y corrección de errores, así como la composición y descomposición de las tramas. En esta capa se define el direccionamiento físico, de tal forma que cada host sabrá que tramas están destinadas a ellos por medio de un direccionamiento único que permite conocer las características de hardware de red y de fabricante que se utilizan. Las *NIC*²⁹ y sus controladores generalmente son las encargadas de realizar la función de la capa de enlace de datos.

²⁷ *Logical Link control* o sub capa de control de enlace lógico por sus siglas en inglés

²⁸ *Media Access Control* o sub capa de control de acceso al medio por sus siglas en inglés.

²⁹ Network Interface Card, es la tarjeta de red que cualquier aparato posee para poder comunicarse entre sí y compartir recursos.

2.2.2 Arquitectura de Protocolos TCP/IP

El llamado modelo de referencia *TCP/IP* mostrado en la **Figura 2.3**, fue originalmente definido el año de 1974, sin embargo, no fue sino hasta el año de 1988 que la filosofía que respalda su diseño fue explicada. Su principal objetivo consistía en ofrecer una arquitectura flexible la cual garantizara que las conexiones existentes no se interrumpieran y se mantuvieran intactas si la red sufría la pérdida de algún elemento o *hardware* siempre y cuando el origen y el destino se encontraran funcionando. Mundialmente se le denomina familia de protocolos *TCP/IP* y se compone de una gran familia de protocolos utilizados como los estándares de Internet y definidos por la *Internet Architecture Board* o *IAB* por sus siglas en inglés.

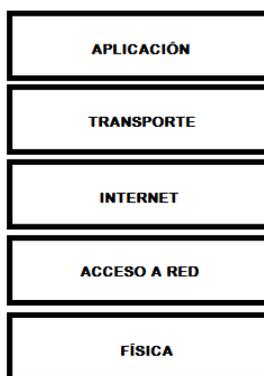


Figura 2.3. Esquema del Modelo TCP/IP creada por el autor de este informe.

La Capa Física en el modelo TCP/IP es equivalente a las capas Física y Enlace de datos en el modelo OSI ya que es la encargada de definir la interfaz física entre un dispositivo y el medio de transmisión. Especifica las características de este último, la velocidad de los datos y la naturaleza de las señales.

Gracias a estos dos modelos de referencia entendemos la importancia de los protocolos y normas dentro de las redes de comunicación actuales; particularmente al conocer las funciones de las capas físicas en cada modelo y de la capa de enlace de datos dentro del

modelo OSI, podemos comprender la manera en la los elementos físicos de una red interactúan entre sí para intercambian información cumpliendo con su finalidad.

2.3 Sistemas de Comunicaciones por medio de Fibra óptica

Podemos definir a un sistema de comunicaciones por medio de Fibra Óptica de acuerdo a lo que menciona Agrawal (2002) y DeCusatis (2008), como un sistema de comunicaciones electrónicas que utiliza la luz como medio de transporte de la información. La necesidad de transmitir mayor capacidad a mayor distancia, fue una de las razones principales de la aparición de los sistemas de comunicaciones ópticos. Las redes y sistemas de comunicaciones de telefonía que utilizaban par de cables eléctricos como medio de transmisión, fueron rápidamente desplazados por los cables coaxiales. Sin embargo, no existió un medio de transmisión ni una fuente de poder adecuados para señales ópticas sino hasta el año de 1950 con la invención del láser y posteriormente en 1966 cuando se sugirió que la fibra óptica podría ser la mejor opción como medio de transmisión.

La Fibra Óptica como medio de transmisión para sistemas de comunicaciones usa frecuencias que rondan los ~ 100 THz en la región visible del espectro electromagnético. En otras palabras, este tipo de sistemas utilizan ondas luminosas y emplean la fibra óptica como medio de transmisión de la información.

2.3.1 La Fibra Óptica, sus clasificaciones y características físicas como medio de transporte

La fibra óptica permite la comunicación por medio de pulsos de luz que representan los datos que se van a transmitir. Su creación data de la década de 1920 y su uso parcial se dio en los años 50 principalmente para imágenes médicas en distancias pequeñas. De acuerdo con Westpennwire (2017) comenzó a usarse como medio de transmisión a principios de los años

70, particularmente cuando la empresa *Corning Glass Works* desarrolló un cable que poseía una pérdida de 20dB/Km. En la actualidad un cable de fibra óptica posee una pérdida muy baja de 0.5dB/Km para fibras monomodo (tipo de fibra óptica que será explicada más adelante). La siguiente imagen (**Figura 2.4**) muestra las partes que conforman una fibra óptica:

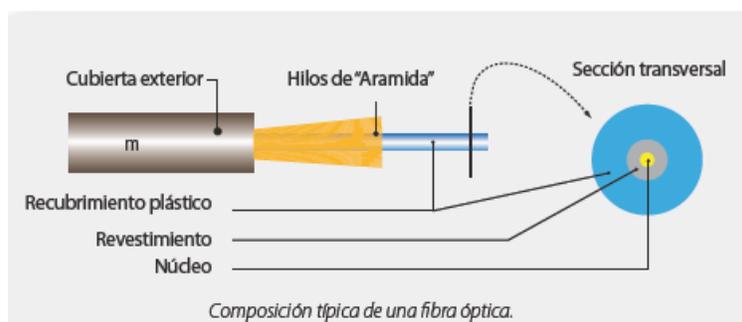


Figura 2.4. Composición de la Fibra óptica (Casasola, Toni , 2013)

Hablando de sus características físicas y de acuerdo con Agrawal (2002) y con Reynolds (2010) la fibra óptica es un medio de transmisión conformada por un núcleo cilíndrico de hilo de vidrio de silicio o filamento transparente llamado núcleo, que también puede estar formado por materiales plásticos y, dependiendo del tipo de fibra, puede medir de 8 a 62.5 micras (μ^{30}). Este núcleo está rodeado de una capa llamada revestimiento que posee un índice de refracción³¹ menor que la del núcleo. Este revestimiento está compuesto usualmente por cuarzo o por plástico similar al del mismo núcleo y su tamaño es de 125 μm . Existe una tercer capa protectora llamada cubierta que también está conformada de un material plástico y mide 250 μm .

³⁰ También llamada micrómetro o micrón, la micra, como anteriormente era llamada, es una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro. Se le abrevia comúnmente con el símbolo μm .

³¹ La refracción es el cambio de dirección que una onda sufre al pasar de un medio a otro de distinta densidad.

Para poder funcionar confina al haz de luz dentro del núcleo de la fibra utilizando un ángulo de reflexión superior al ángulo crítico que permite la reflexión total interna dentro del núcleo. El cambio de índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento es lo que permite que la luz se transporte dentro de la fibra utilizando un concepto llamado apertura numérica, el cual indica el ángulo máximo que un determinado sistema acepta para poder transportar luz. Por medio de este ángulo la luz ingresa a la fibra y se refleja muchas veces a lo largo del núcleo hasta llegar al otro extremo. La Universidad Politécnica de Madrid (2012) define a la apertura numérica llamado también ángulo de aceptación (**Figura 2.5**) como el ángulo de entrada de radiación por el extremo de la guía, en otras palabras, la apertura numérica se refiere al ángulo máximo que el haz de luz puede formar para ingresar a la fibra óptica y que pueda ser transportada dentro de ella, cualquier ángulo mayor no podrá ser transportado.

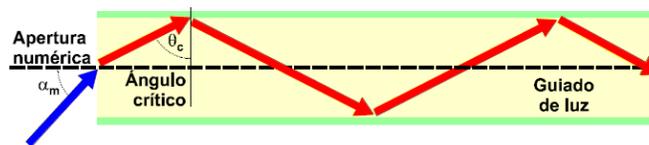


Figura 2.5. Concepto de apertura numérica (Universidad Politecnica de Madrid, 2012).

Como se puede observar en esta imagen el haz de luz se emite por arriba del ángulo crítico, el cuál determina cual es el ángulo máximo de aceptación a la entrada de la fibra óptica. Con esto comprobamos que un ángulo crítico (θ_c) determinará el ángulo máximo de aceptación (α_m). Al seno de este ángulo se le denomina apertura numérica, cualquier ángulo mayor provocará que la luz no sea reflejada a través de la fibra.

Es importante aclarar que, de acuerdo con Dutton (1998), la luz forma parte del espectro electromagnético igual a una onda de radio, la única diferencia es que la luz trabaja en una longitud de onda distinta. Esto se observa en la representación general del espectro electromagnético, el cual divide las ondas de frecuencia alta con longitud de onda corta y

ondas de frecuencia baja con longitud de onda larga. La siguiente imagen (**Figura 2.6**) muestra el rango del espectro electromagnético visible para el ojo humano:

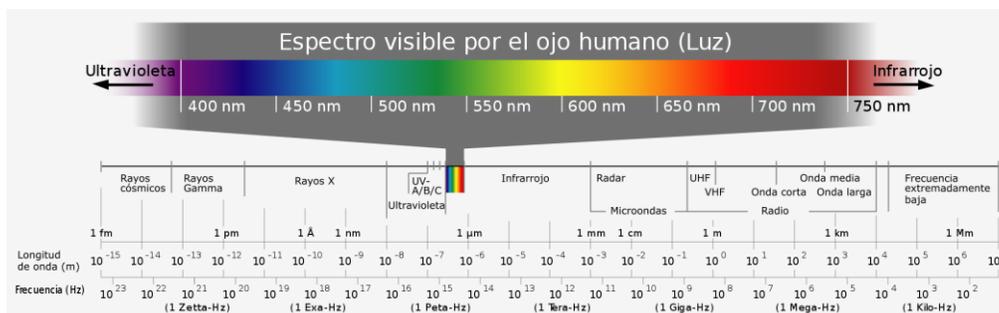


Figura 2.6. Espectro electromagnético visible por el ojo humano (Horst, 2006).

Particularmente para la fibra óptica, la transmisión de la información se realiza utilizando la modulación o variación de un haz de luz el cual es invisible para el ojo humano. Este rango se encuentra debajo de la radiación infrarroja, dentro de este espectro existen porciones llamadas ventanas que presentan una menor atenuación o pérdida. Existen 3 tipos de ventana las cuáles utilizan un rango de longitudes de onda (λ) específico, los tipos de fibra monomodo y multimodo, que serán definidos más adelante, trabajan en estas ventanas.

La primera ventana va de los 800 a 900 nm³² y la fibra óptica utiliza la longitud de onda (λ) de 850nm para fibras multimodo. La segunda va de los 1250 a 1350 nm y la fibra óptica utiliza la longitud de onda (λ) de 1310 nm para fibras monomodo y multimodo. La tercera va de los 1500 a 1600 nm y la fibra óptica utiliza la longitud de onda (λ) de 1550 nm para fibras monomodo.

³² nm: Un nanómetro es una unidad de longitud equivalente a una milmillonésima parte de un metro (10^{-9} metros).

En la **Figura 2.7** se muestran las ventanas utilizadas por la fibra óptica dentro del espectro electromagnético:

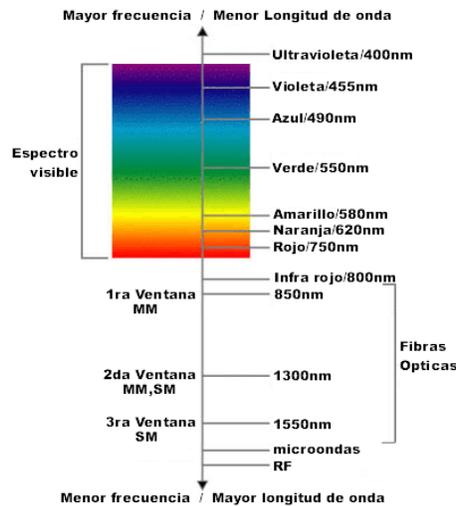


Figura 2.7. Ventanas de trabajo de la fibra óptica dentro del espectro electromagnético. (Schnitzler, 2019)

Para transmitir la luz a través de la fibra óptica se requiere hacer un cambio de señal eléctrica a pulsos de luz para después enviarlos hacia el núcleo de la fibra, al llegar al otro extremo el receptor transforma los pulsos de luz nuevamente a la señal eléctrica. Esto lo logran por medio de equipos opto electrónicos.

Algunas de las principales ventajas de la Fibra Óptica son que puede transportar mayores anchos de banda, son menos propensas a interferencias electromagnéticas, menores pérdidas, es más segura ya que no emite señales de radiofrecuencia haciendo más complicado que la información pueda ser vista por alguien externo; además de que pueden trabajar a niveles extremos de temperatura, presión y humedad. Sin embargo, su principal desventaja es su costo de instalación y de interconexión elevado necesitando equipamiento y mantenimiento costoso.

2.3.2 Fibras Monomodo

Podemos definir la Fibra Óptica de acuerdo con dos criterios generales: por el tipo de materiales que la componen y por la forma en la que la luz es transportada a través de ella; para fines de este informe nos centraremos en el segundo criterio. Conforme a lo que menciona Tomasi (2003), para diferenciar los tipos de fibra óptica por la forma en la que la luz es transportada se utiliza el término de modos de propagación. Este modo es el camino o trayectoria que un haz de luz sigue en el interior de una fibra. Dependiendo del tipo de modo se definen dos tipos de fibra óptica: monomodo y multimodo. Estos dos tipos de fibras a su vez se clasifican dependiendo del índice de refracción que posea (escalonado o gradual). Para fines de este informe hablaré de manera particular de la fibra monomodo ya que son las utilizadas en el caso real descrito en el Capítulo 3.

Las fibras monomodo de índice escalonado (**Figura 2.8 (a)**) utilizan el concepto de reflexión total para funcionar. Contienen un núcleo de diámetro pequeño entre $8\ \mu\text{m}$ y $11\ \mu\text{m}$ para que la luz solo pueda seguir un solo modo o trayectoria dentro del núcleo. Su principal ventaja es que manejan mayores anchos de banda teniendo pérdidas bajas, sin embargo, su fabricación es costosa ya que se necesita un láser direccional muy exacto debido al complicado acoplamiento de la luz a la fibra.

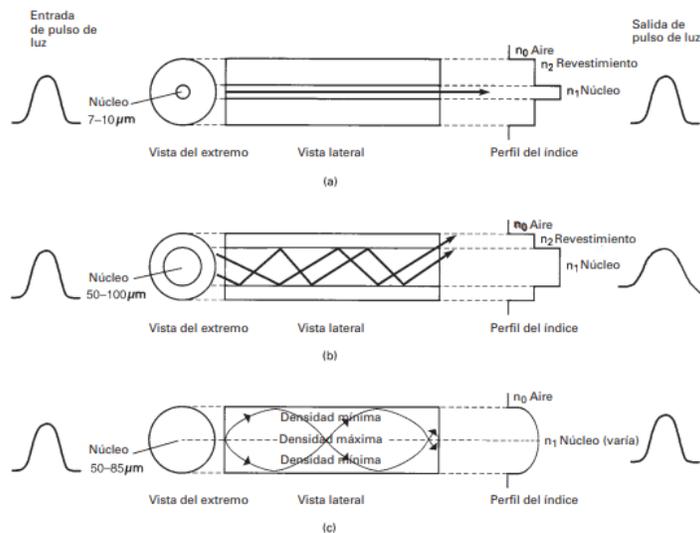


Figura 2.8. Tipos de Fibra Óptica basado en su índice (Tomasi, 2003).

En esta sección se ha mostrado la importancia de la fibra óptica para las comunicaciones hoy en día. Gracias a los avances que se han tenido desde su creación, hoy es considerada el medio de transmisión predilecto en prácticamente todo el mundo para grandes velocidades, ya que permite el envío de información a través de largas distancias con pérdidas menores en comparación con otros medios. En la actualidad todas las redes consideradas *Carrier Ethernet* sin importar su tamaño o si le pertenecen a una empresa grande o pequeña se encuentran implementadas en gran medida sobre fibra óptica.

2.4 Ethernet

Ethernet es un conjunto de protocolos o tecnología de red de área local (*LAN*) creado por el Dr. Bob Metcalfe en el año de 1973, la cual permite la conexión entre una variedad de equipos de cómputo por medio de un sistema de red flexible y de bajo costo que opera en las capas: física y de enlace de datos del modelo *OSI*. Debido a estas características y a su funcionamiento se volvió tan popular que todos los fabricantes de computadoras en la

actualidad soportan su uso. El estándar que especifica todo su funcionamiento y como debe de utilizarse está definido por la *IEEE*³³ con el nombre oficial de estándar *IEEE 802.3*.

En el año 2003 una nueva versión de *Ethernet* con sus especificaciones fue liberada bajo el nombre de *IEEE 802.3ae* el cual lograba alcanzar una velocidad de 10Gbps siendo el estándar más rápido hasta el año 2010. Este estándar define a su vez 5 estándares de transmisión de la capa física del modelo OSI. En la **Tabla 1** creada por el autor de este informe basado en lo dicho por Held (2008) y Kasim (2007) se muestran estas especificaciones:

Tabla 1. Tabla de Estándares *Ethernet* de capa física para 10Gbps creada por el autor de este informe.

Estándar 802.ae	Descripción de capa Física
10GBASE-SR	Para distancias de 26 a 82m sobre fibra multimodo
10GBASE-LR	Para distancias de hasta 25Km sobre fibra mono modo
10GBASE-ER	Para distancias de hasta 40K sobre fibra mono modo transmitiendo en una ventana de 1550nm
10GBASE-ZR	Para distancias de hasta 80Km. No está especificado por la IEEE sin embargo muchos fabricantes lo utilizan.
10GBASE-LX4	Para distancias de 240 a 300m sobre fibra multimodo en una ventana de 1310nm y sobre fibra mono modo para distancias de hasta 10Kms
Nomenclatura: 10GBASE XYZ	X: S=Short, 850nm L=Long, 1310nm E=extra Long, 1550nm Y= R(LAN serial) W=WAN,OC-192c X= LAN Z= # canales

La siguiente versión del estándar *Ethernet* de mayor velocidad de acuerdo con la IEEE apareció hasta el año 2010 con la introducción del estándar IEEE 802.3ba que trabaja con velocidades de 40Gbps y 100Gbps. La versión más reciente de *Ethernet* soporta velocidades de 200Gbps Y 400Gbps llamada *IEEE802.3bs* publicada en el año 2017. Existen una versión

³³ *Institute of Electrical and Electronics Engineers* es la organización profesional técnica más grande del mundo dedicada al progreso de la tecnología para beneficio de la humanidad. Se le considera la voz de confianza para la ingeniería, computación y tecnologías de la información alrededor del mundo debido al gran número de publicaciones, conferencias, estándares de tecnología, actividades profesionales y educacionales y a sus más de 423000 miembros en más de 160 países (IEEE, 2019).

más nueva que soporta hasta 400Gbps sobre fibra multimodo sin embargo se encuentra en proceso de liberación formal como estándar y su nombre formal será el *IEEE802.3cm*.

2.4.1 Funcionamiento de *Ethernet*

El diseño de *Ethernet* se realizó en un pedazo de papel al que titularon *Draft Ethernet Overview* (**Figura 2.9**), Metcalfe estaba convencido de que podía mejorar el sistema de la red Aloha. Para lograrlo desarrollo un mecanismo de detección de colisiones e incluyo junto con él la función de escuchar antes de hablar (*listen before talk*), con la cual las estaciones de trabajo escucharían el medio en busca de actividad antes de transmitir. Si el medio se encontraba inactivo entonces podría comenzar la transmisión; en otras palabras, las haría “sensibles” al medio, además logró que el canal se volviera compartido soportando el acceso de múltiples estaciones (acceso múltiple). Al juntar todos los componentes creó el protocolo de acceso a un canal *Ethernet* el cuál llamó *Carrier Sense Multiple Acces with Collisión Detect* abreviado *CSMA/CD*, este protocolo en conjunto con otro algoritmo³⁴ creado por Metcalfe permitieron que el sistema *Ethernet* utilizara el 100% del canal, que en esa época utilizaba como medio un cable coaxial.

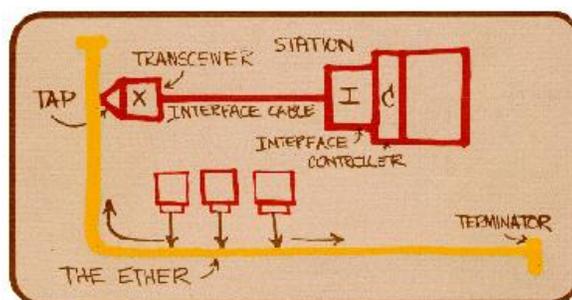


Figura 2.9. Dibujo del sistema Ethernet original “*Draft Ethernet Overview*” (IEEE, 2003).

³⁴ Un algoritmo es un grupo finito de operaciones que están organizadas de manera lógica con el objetivo de realizar una función específica o solucionar un problema, toma su nombre del matemático árabe Al-Khwarizmi considerado el padre del álgebra.

El conjunto de protocolos *Ethernet* se compone de los siguientes elementos:

- 1.- **La interfaz física**, que interconectara a los dispositivos la cual puede ser cable coaxial, cable de par trenzado, fibra o cualquier otro medio. A esto se le llama “*el Ether*”.
- 2.- Un conjunto de protocolos o normas de control de acceso al medio (**MAC**) por sus siglas en inglés, utilizados para comunicar los dispositivos, construir las tramas, transmitir las y recibirlas al igual que procesarlas en caso de errores; además de toda la señalización asociada a establecer a comunicación.
- 3.- La **trama Ethernet**, la cual es el contenedor de datos usadas para la transmisión y recepción entre las interfaces físicas de los dispositivos de la red.

En la siguiente imagen (**Figura 2.10**) creada por el autor de este informe y basado en lo explicado por Spurgeon (2000), se puede observar las subcapas que conforman *Ethernet* dentro del modelo de referencia OSI:

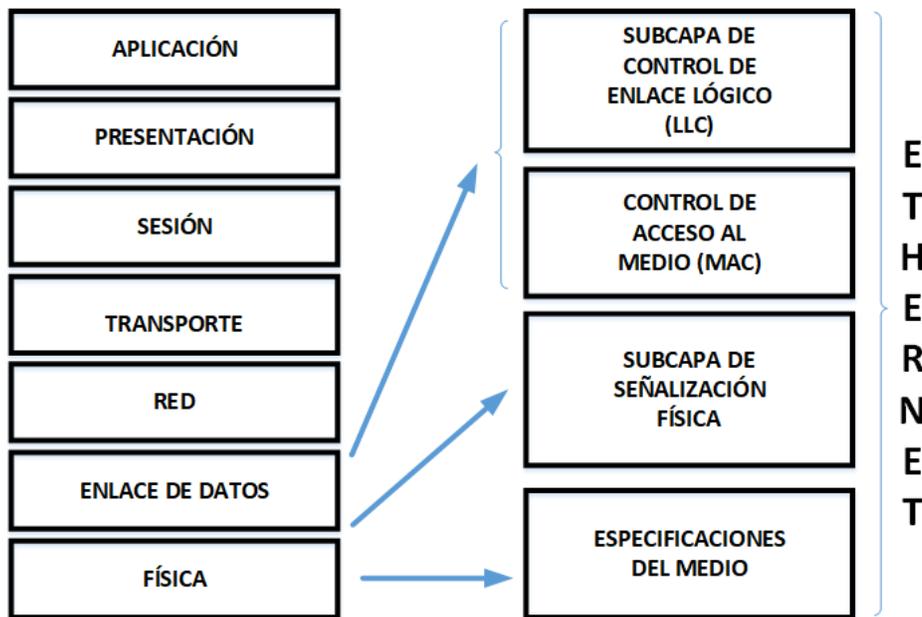


Figura 2.10. Ethernet dentro del modelo de referencia OSI creada por el autor de este informe.

En esta imagen tenemos los 3 elementos clave que definen el funcionamiento de *Ethernet*.

Dentro de la capa física se encuentran las especificaciones del medio, así como en la capa de

enlace de datos el estándar *IEEE802.3* el cual se subdivide en dos subcapas: control de acceso al medio (*MAC*) y control del enlace lógico (*LLC*). La subcapa de *LLC* se localiza en la parte superior de la capa de enlace de datos del Modelo *OSI* y se encarga de proporcionar la interfaz entre la subcapa *MAC* y las capas superiores de la aplicación o dispositivo. También es la encargada del multiplexaje y demultiplexaje³⁵ de las tramas transportadas dentro de la subcapa *MAC* y su tercera función es la de proporcionar un control de flujo, la respuesta de recepción y la recuperación en caso de ser necesario.

Sin importar la versión del estándar *802.3 Ethernet* que se esté utilizando el control de enlace lógico *LLC* no cambiará debido a que los campos de control están pensados para su utilización dentro de todos los sistemas *LAN* no solo de *Ethernet*; por lo cual la subcapa de *LLC* no se considera formalmente parte de las especificaciones del estándar *IEEE 802*. Todas las subcapas debajo de la subcapa *LLC* serán específicas de cada tecnología *LAN*, en otras palabras y para el caso de *Ethernet* como se mostró en la Figura 11, todos los estándares específicos y propios de él se muestran debajo de la subcapa *LLC*.

La subcapa de *MAC* es la encargada de definir las capacidades independientes del medio de la capa física teniendo dos principales funciones: Encapsulación de datos y el manejo de acceso al medio. Existe una tercera subcapa localizada entre *LLC* y *MAC* llamada subcapa de control *MAC* encargada de iniciar la transmisión de las tramas y de recuperación de las mismas en caso de que exista un error en la transmisión.

³⁵ El multiplexaje es la técnica de combinar varias señales para ser transportadas por un mismo medio físico, la demultiplexación realiza la acción inversa al separar las señales combinadas a su forma original para poder ser entregadas a su destino.

2.4.2 La trama *Ethernet*

El corazón del sistema *Ethernet* (**Figura 2.11**) es la trama debido a que es el “contenedor” utilizado para entregar los datos. El protocolo *IEEE 802.3* definió un formato de trama *Ethernet* básico y los campos que la componen llamados unidad de protocolo de datos o *PDU*³⁶, por sus siglas en inglés, los cuáles se miden en bytes³⁷ se describen en la siguiente imagen:

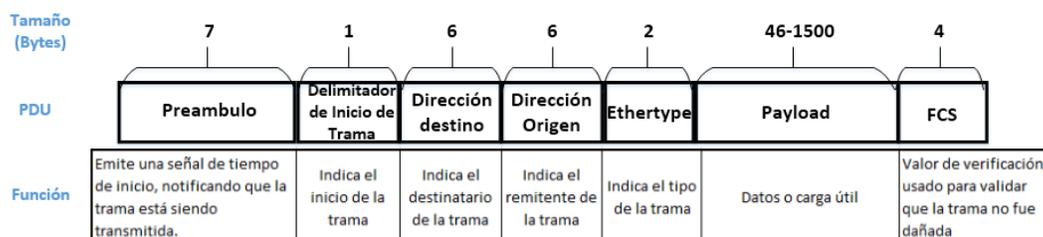


Figura 2.11. Trama *Ethernet* definida inicialmente en el estándar *IEEE 802.3* en 1997 creada por el autor de este informe. Como se puede observar en la imagen, el tamaño máximo de una trama *Ethernet* estándar llamado Unidad Máxima de Transferencia (por sus siglas en inglés MTU) es de 1526 bytes, la cual contiene una carga útil de hasta 1500 bytes. Sin embargo, el estándar *IEE 802.3* define el tamaño mínimo de la trama en 64bytes y el máximo en 1518 bytes ya que no incluye los *PDU* de Preámbulo e inicio de trama. Es importante mencionar que existen diferentes opciones de la trama *Ethernet* que se han ido incorporando al estándar para añadir nuevas capacidades y tecnologías; el principal ejemplo de esto es el uso de *VLAN*³⁸ la cual añade 4 bytes al encabezado de la trama *Ethernet* original resultando en 1522 bytes.

³⁶ *PDU*: Protocol Data Unit por sus siglas en inglés, es la unidad de protocolo de datos y especifica la unidad de información utilizada por alguna capa del modelo OSI en particular para transmitir información entre dos entidades de una red, se conforma de dos partes: la unidad de control de un protocolo específico y los datos a transmitir.

³⁷ 1 Byte = 8 bits.

³⁸ *VLAN*: Virtual Local Área Network o red de área local virtual, es un método que permite crea redes virtuales independientes, aunque físicamente se encuentren en una misma red física, la principal ventaja de este método

Retomando la estructura de los modelos *OSI* y *TCP/IP* se considera que cada paquete de información de los protocolos de alto nivel o de capas superiores tiene sus propios datos y direccionamiento. La trama *Ethernet* utiliza el campo de *payload*³⁹ para transportar estos paquetes de protocolos de alto nivel; a este método de organización se le llama encapsulamiento (Figura 2.12). El mecanismo de encapsulamiento permite a protocolos independientes y distintos trabajar en conjunto. El ejemplo más común ocurre con los paquetes definidos dentro de la capa de red y la trama *Ethernet* definida dentro de la capa de enlace de datos, en donde la trama *Ethernet* transporta el paquete de la capa de red a su destino como si se tratase de datos dentro del *PDU payload*. Por lo tanto, estos datos son desconocidos, es responsabilidad de la estación destino y de la capa de red comunicarse con el paquete del protocolo que se extrae del *payload* de la trama *Ethernet*.

Este funcionamiento es similar al de un camión, siendo *Ethernet* el camión y su carga útil la caja donde se transporta la mercancía; dentro de la caja es donde se transportan los paquetes de red. *Ethernet* desconoce que hay dentro de ese paquete lo que le permite transportar toda clase de protocolos de red de forma transparente y sin importar el funcionamiento de estos. Sin embargo, es necesario que el software⁴⁰ de protocolo y el sistema *Ethernet* interactúen entre sí para proporcionar el correcto direccionamiento a la trama *Ethernet*. En la siguiente imagen (**Figura 2.12**) creada por el autor de este trabajo se muestra el mecanismo de encapsulamiento de datos dentro del modelo *OSI*:

es que permite segmentar las redes físicas en varias redes virtuales lo que ayuda a una mejor administración de los elementos que la conforman.

³⁹ También llamada carga útil, son los datos que contienen la información que se desea ser transmitida dentro de una red de computadoras y está conformada por bytes.

⁴⁰ Software se refiere a cualquier conjunto de programas de computadora, instrucciones o reglas lógicas que permiten realizar funciones dentro de una computadora.

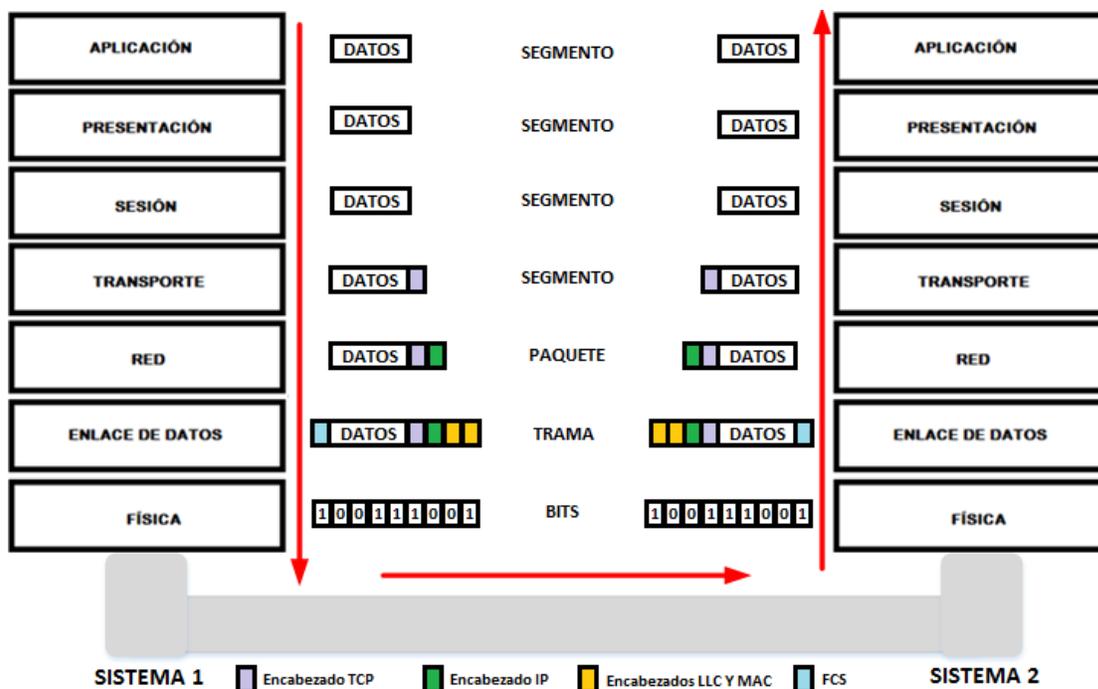


Figura 2.12. Encapsulamiento de datos en el modelo OSI creada por el autor de este informe.

Aunque en sus inicios *Ethernet* estaba diseñada para operar únicamente en redes de área local (*LAN*), dentro de una misma área geográfica como una oficina, pequeñas empresas o instituciones que se encontraran dentro de algunos kilómetros, pudiendo transmitir velocidades de 10Mbps en un cable coaxial o cable de par trenzado sobre una tecnología de topología de Bus. Hoy en día *Ethernet* es sinónimo de la tecnología de red dominante usada en redes de áreas local, Metropolitana y de área amplia para la conexión y comunicaciones de computadoras personales, servidores, impresoras y muchos otros dispositivos.

2.5 Carrier Ethernet y servicios E-Line

En un principio los servicios *Ethernet* respondían a las necesidades de los clientes a nivel metropolitano, de ahí que se llamaran servicios *Metro Ethernet*. Con el incremento de la demanda, la necesidad de mayor ancho de banda y debido a que ya no se ofrecían solamente a nivel Metropolitano, los servicios fueron renombrados como *Carrier Ethernet* siendo un sinónimo de altas velocidades, alta disponibilidad y de cobertura extendida. Este concepto

nació bajo la necesidad de hacer de *Ethernet* cada vez más viable como tecnología y como servicio más allá de su alcance inicial para redes *LAN*. Con esto en mente podemos decir que *Carrier Ethernet* es la aplicación del conjunto de protocolos *Ethernet* para la entrega de servicios a nivel Metropolitano, Regional o Mundial por parte de los *Carriers*.

El *MEF* ha definido formalmente a *Carrier Ethernet* como “*aquel servicio de tipo Carrier Class*⁴¹ estandarizado y ubicuo⁴² que está definido por 5 atributos que lo distinguen de las *LAN basadas en Ethernet* (Kasim, 2007, p. 74)”. Estos atributos se muestran en la **Figura 2.13** creada por el autor de este informe y basado en la información de Omnitron (2018):



Figura 2.13. Atributos de *Carrier Ethernet* creada por el autor de este informe.

⁴¹ Carrier Class o de grado o clase operador se refiere a un elemento, sistema, equipo o componente de hardware o software que es altamente confiable y probado para trabajar a toda su capacidad, cumplir e incluso exceder el estándar de nivel de disponibilidad que una red y sus soluciones deben tener, al mismo tiempo que poseen mecanismos de recuperación de fallas y redundancia muy veloces siendo menores a 50 milisegundos (Hawkings, 2007)

⁴² Que está presente en todas partes y al mismo tiempo.

Con base en lo anterior el MEF ha definido un modelo de Servicio *Carrier Ethernet* (**Figura 2.14**) que se compone de los siguientes elementos:

- (a) ***Carrier Ethernet Network***. Es la red del proveedor de servicios u operador por la cual viaja el servicio.
- (b) ***Customer Edge (CE)***. Es el equipo del cliente o suscriptor del servicio.
- (c) ***User Network Interface (UNI)***. Es el punto de demarcación físico entre el proveedor de servicios y el cliente.

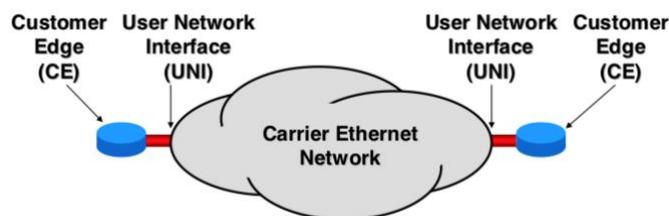


Figura 2.14. Modelo básico de un servicio *Carrier Ethernet* (The MEF Forum, 2013)

Tomando como referencia este modelo los 3 principales tipos de servicios *Carrier Ethernet* que son **E-Line**, **E-LAN** y **E-Tree** existe más de una clase de servicio *Ethernet* definido para cada uno de los 3 tipos de servicios que existen, los cuales se clasifican por el método de identificación que usen en los *UNIs*. El primero es el basado en Puerto o *Port Based* que asocian todas las *VLAN ID* de las *UNIs* a un solo *EVC*⁴³; por lo tanto, son referidos como “privados” (P) y el otro método de identificación es el basado en *VLAN* o *VLAN Based* donde se asocian los *EVC* de cada *UNI* con un número de *VLAN* como identificador para poder multiplexarlos; estos son referidos como “privados virtuales” (VP). A continuación, se

⁴³ *Ethernet Virtual Connection*: Es una asociación de dos o más *UNIs* que limita el intercambio de tramas entre las *UNIs* dentro de la conexión virtual *Ethernet* (The MEF Forum, 2014)

muestra una tabla (**Tabla 2**) elaborada por el autor de este informe, que muestra los servicios y sus clases:

Tabla 2. Tabla con los tipos de Servicios *Carrier Ethernet* creada por el autor de este informe.

Tipo de Servicio	Basado en Puerto (Port Based)	Basado en VLAN (VLAN Based)
<i>E-Line</i> (EVC Punto a Punto)	<i>Ethernet Private Line (EPL)</i>	<i>Ethernet Virtual Private Line (EVPL)</i>
<i>E-LAN</i> (EVC Multipunto a Multipunto)	<i>Ethernet Private LAN (EP-LAN)</i>	<i>Ethernet Virtual Private LAN (EVP-LAN)</i>
<i>E-Tree</i> (EVC enraizado o rooted)	<i>Ethernet Private Tree (EP-Tree)</i>	<i>Ethernet Virtual Private Tree (EVP-Tree)</i>

Para fines de este informe me centraré en el servicio **EPL** ya que en él se basa el caso real expuesto en el siguiente capítulo. Los servicios **E-Line** son servicios punto a punto que proporcionan una conexión entre dos entidades llamadas *UNI*, utilizando un *EVC* para establecer la conexión. Se les considera una evolución de las típicas líneas privadas ya que ofrecen mayores anchos de banda dedicados. Estos servicios asocian dos *UNIS* por medio de un *EVC* el cual delimitará el ancho de banda. Cada *UNI* puede tener varios *EVC* entregados en interfaces distintas, una para cada *EVC*; así mismo cada *EVC* se encarga de transportar la trama de datos de servicio, que es como se le llama al paquete de datos que se pretende enviar. El servicio *E-Line* es la base de los servicios punto a punto y también el más simple de ellos. En su forma más básica llamada *best effort* significa que no puede asegurar el desempeño del ancho de banda, en otras palabras, dará su mejor esfuerzo para poder trabajar; sin embargo, en su forma *Premium* puede proporcionar ancho de banda simétrico y dedicado. Además, se le pueden establecer objetivos de desempeño específicos con un nombre definido de *Class of Service* (CoS Name) basado en los atributos de servicios como el *delay* o retardo, *Inter-frame-delay variation* también llamado *jitter*, *loss ratio* o pérdida de tramas y disponibilidad. Todos estos conceptos serán definidos en el siguiente capítulo de este informe.

Los servicios *E-Line* basados en puerto llamados *Ethernet Private Line Service* (EPL) mostrado en la **Figura 2.15**, proporcionan alto grado de transparencia de las tramas del servicio que son enviadas, esto se debe gracias a que casi todos los campos en cada trama de servicio son idénticos tanto en el emisor como en el receptor cuando la trama es recibida. Este tipo de servicio no permite la multiplexación, lo cual significa que el *UNI* es utilizado únicamente para ese servicio debido al alto grado de transparencia que debe tener. Por lo tanto, no es necesario que exista una coordinación entre el cliente y el proveedor de servicio ya que todas las tramas son mapeadas dentro de un solo *EVC* en el *UNI*.

Otra de las características de los servicios *EPL* es que incluyen un flujo de perfil de ancho de banda el cual estará basado en un nombre definido de *CoS* cuando el atributo llamado *Token Share* se encuentre habilitado.

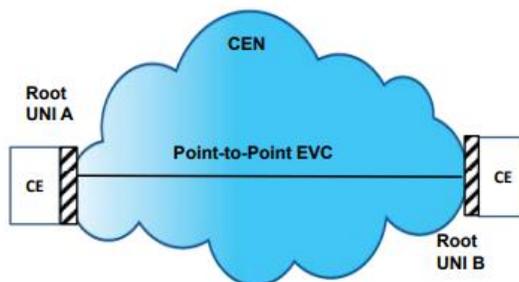


Figura 2.15. Servicio E-Line tipo *EPL* (MEF, 2014, pág. 19)

El *MEF* ha sido un instrumento fundamental en la definición, estandarización y el desarrollo de los servicios *Carrier Ethernet* y es debido a la evolución del sector empresarial y de sus necesidades que la evolución de estos servicios continúa avanzando día a día buscando la forma de comunicar a mayor velocidad y a mayores distancias sin altas pérdidas en el transcurso. *Carrier Ethernet* les permite a los proveedores de servicios reducir costos de operación simplificando su infraestructura y generando mayores ganancias por los servicios que ofrecen a través de este conjunto de tecnologías.

2.6 Tecnologías de Transporte *DWDM* y *OTN*

La forma de poder conectar a los clientes y negocios a una red *WAN* ha sido una de las principales preocupaciones para los proveedores de servicios, la confiabilidad y disponibilidad siempre serán criterios que se deben procurar al momento de diseñar una red. Los servicios *Carrier* han evolucionado de una forma eficiente para cumplir con estas necesidades y superarlas gracias a los avances de la tecnología, particularmente las tecnologías de transporte disponibles como lo son *SONET/SDH*⁴⁴, *DSL*⁴⁵ o *PON*⁴⁶. Para fines de este informe hablaré de *WDM* y *OTN*.

Con el uso de la fibra óptica como medio de transmisión en los años 70's vino una necesidad de transportar mayor información utilizando mejor *hardware* ocasionando que las redes y sus componentes evolucionaran. Un parte aguas de esta evolución fue la comercialización de la tecnología *WDM* a finales de los años 90's y principios del año 2000, la cual permite la transmisión de Terabits de información con el uso de una sola fibra utilizando el método de multiplexación por división de longitud de onda; esto lo logra al "juntar" diferentes señales ópticas de distintas frecuencias y transportarlas sobre una sola fibra óptica simulando el

⁴⁴ *Synchronous Digital Hierarchy* por sus siglas en inglés, es un estándar de telecomunicaciones de transporte para conectar sistemas de transmisión de fibra óptica, hasta antes de su estandarización internacional por la ITU (International Telecommunications Union) se le conocía con el nombre de *SONET*.

⁴⁵ *Digital Subscriber Line*: Tecnología que utiliza la red de telefonía existente para el transporte de datos simultáneo al servicio de Telefonía para ofrecer usualmente conexiones a Internet con un ancho de banda.

⁴⁶ *Passive Optical Network*: Tecnología de comunicaciones que proporciona una conexión punto a multipunto, utilizan una terminal Central óptica llamada OLT a partir de la cual se utilizan dispositivos ópticos pasivos llamados splitters que distribuyen la señal de entrada hacia múltiples salidas o clientes.

transporte de varias fibras virtuales sobre una fibra física. Existen dos tipos de tecnología *WDM*: *CWDM*⁴⁷ y *DWDM*⁴⁸, para fines de este informe hablaré a detalle de *DWDM*.

La Fibra Óptica posee distintas ventanas de trabajo o longitudes de onda (λ) preferidas para el envío de los datos dependiendo de si es monomodo o multimodo. *DWDM* utiliza la fibra monomodo para trabajar debido a que maneja frecuencias ópticas altas llamadas Banda C y Banda L, que operan entre las ventanas de longitud de onda de 1530nm y 1620nm que son frecuencias no utilizadas en la banda espectral de la fibra monomodo, como se muestra en la siguiente imagen:

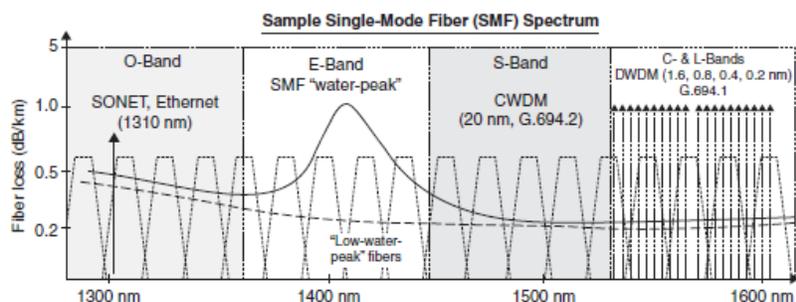


Figura 2.16. Bandas de trabajo de la fibra óptica monomodo dentro del espectro electromagnético (Kasim, 2007, pág. 199)

Basado en la **Figura 2.16** y de acuerdo con Kasim (2007) podemos observar que las frecuencias de la fibra monomodo usuales para el uso de tecnología *SDH/SONET* y *Ethernet* se encuentran en la banda O en 1310nm. Con respecto a la tecnología *DWDM*, al trabajar dentro de las bandas C y L que operan a más de 1530nm, podemos tener desde 32 a 128 canales disponibles para el envío de información. De acuerdo con Bedell (2003) incluso es

⁴⁷ *Coarse Wavelength Division Multiplexing* o division aproximada de longitud de onda por sus siglas en inglés, permite el multiplexaje de pocas longitudes de onda a cortas distancias trabaja en un rango de ventanas de longitudes de onda de 1270nm a 1610nm que permiten tener 18 canales para envío de información separados cada 20nm.

⁴⁸ *Dense Wavelength Division Multiplexing* o Multiplexaje Denso por división de longitudes de onda por sus siglas en inglés, permite el multiplexa de muchas longitudes de onda a largas distancias.

posible tener hasta 160 canales no protegidos que se multiplexan dentro de la señal óptica para ser transmitida sobre una sola fibra óptica.

Los sistemas *DWDM* conforme a lo que explica Tomasi (2003), utilizan esencialmente como forma de operación el fenómeno de la dispersión de longitud de onda donde las distintas señales provenientes de varias fuentes son moduladas por láseres de erbio dopado que trabajan a distintas longitudes de onda lo que provoca que todas las señales ingresen a la fibra al mismo tiempo. Sin embargo, al ser transportadas a través de ella toman rutas distintas, provocando que lleguen en instantes diferentes; esto genera un arcoíris de distintas longitudes de onda con unas 20000 millonésimas de segundo de duración.

Cuando hablamos de *DWDM* la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*ITU* por sus siglas en inglés) indica que el patrón de separación entre una longitud de onda y otra es de 0.8nm o hasta 0.4nm dependiendo del número de canales disponibles.

OTN (Optical Transport Network) también llamado recomendación G.709, es un grupo de estándares desarrollados por la *ITU* y su grupo 15 (SG15) para redes *WDM* que permite el transporte de multiservicios de los datos teniendo como su principal ventaja la transparencia de cualquier tipo de protocolos. De acuerdo con Gorshe (2009) surgió debido al boom que tuvieron las telecomunicaciones al final de la década de los 90's y principios del año 2000 por la especulación que se tenía acerca de que las redes completamente ópticas serían las que prevalecerían en un futuro.

Ramaswami (2009) menciona que *OTN* fue diseñado para el tráfico de paquetes de datos de transporte como *Ethernet*, *IP* o *SONET/SDH* sobre fibra óptica. Usualmente es llamada la tecnología de envoltura digital, por la cualidad de poder envolver cualquier señal del cliente dentro de un contenedor preservando su estructura nativa y su información general de

operación, monitoreo y administración (*OAM* por sus siglas en inglés); este funcionamiento es una forma de encapsulamiento de la trama de datos sin importar el protocolo que utilice. Su idea inicial consistía en el uso de redes con un *backbone* simple en el cual las señales de los clientes eran ópticas y utilizaban *WDM* para ser multiplexadas y encaminadas. Esto se logra sin la necesidad de que algún elemento en la red tuviera que realizar algún procesamiento eléctrico de las señales de estos clientes, ya que al hacerlo provocaría una dependencia de ellas. El estándar *G.709* publicado por la *ITU* establece las interfaces para *OTN*, mientras que el estándar *G.872* define su arquitectura la cual en un inicio era muy similar al funcionamiento de *SONET/SDH*.

Un ejemplo del funcionamiento de *OTN* se muestra en la siguiente imagen (**Figura 2.17**) creada por el autor de este informe.

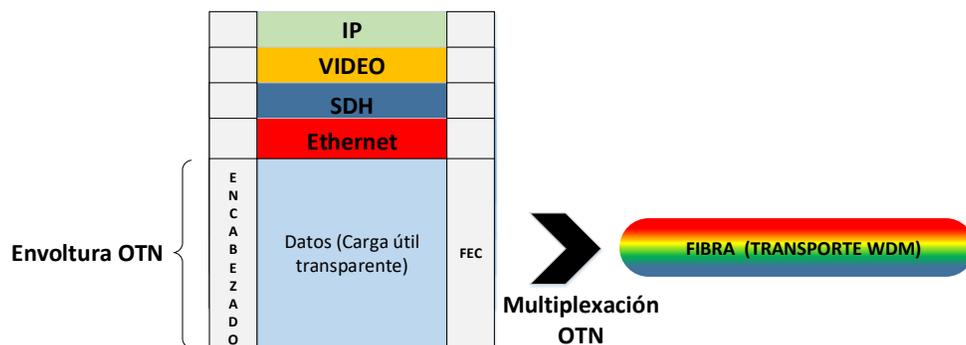


Figura 2.17. Imagen de la transparencia en *OTN* creada por el autor de este informe.

La *ITU* establece a *OTN* como un conjunto de elementos de red ópticos conectados por medio de enlaces de fibra óptica, los cuáles soportan la administración, monitoreo y operación de redes ópticas con diversas topologías como punto a punto, anillo y malla. Los elementos ópticos que componen una red *OTN* permiten el transporte, agregación, enrutamiento y preservación de las señales del cliente al mismo tiempo que pueden regenerar la señal a distintos niveles comenzando por la retransmisión (1R), reamplificación (2R) y reformación (3R). También define la interfaz de la red en términos de la jerarquía, funcionalidad de

encabezado, la estructura de las tramas, la tasa de transferencia de bits y el formato de mapeo de las señales del cliente. En la **Figura 2.18** creada por el autor de este informe, basado en lo que indica Ramaswami (2009) se observa el trato de las señales dentro de cada capa que conforman *OTN* y su función.

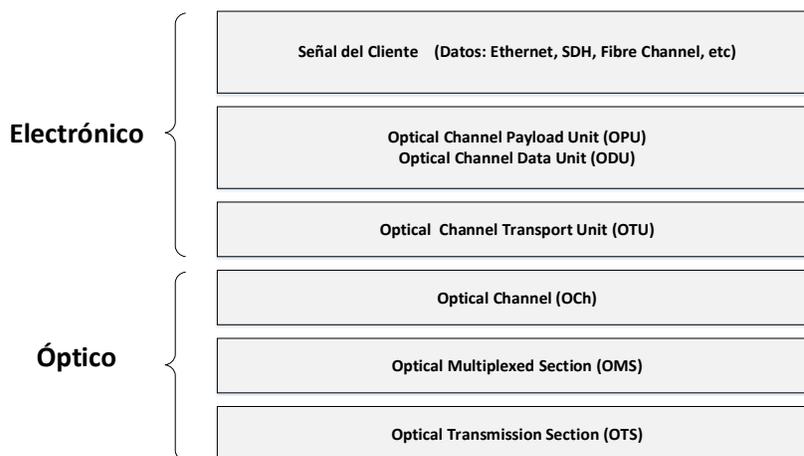


Figura 2.18. Imagen de la Jerarquía de señales en OTN creada por el autor de este informe.

Primero tenemos a la **OTS** que se encarga de administrar los segmentos del enlace de fibra óptica entre los componentes ópticos como los multiplexores *WDM*. Por su parte la sección **OMS** gestiona los enlaces de fibra óptica entre los multiplexores ópticos y los *switches*. En la sección llamada **OCh** administra las conexiones ópticas entre los regeneradores. La **OTU** proporciona identificación de las conexiones ópticas, monitorea el desempeño de *Bit Error Rate (BER)* y posee un encabezado para trazar tramas *OTN*, además de proporcionar un canal de comunicaciones entre los extremos de la conexión óptica. Finalmente, la **ODU** proporciona el identificador de cada conexión, monitorea el desempeño del bit error rate (BER), tiene indicadores de alarmas y proporciona canal de comunicaciones entre ambos extremos. La **ODU** además posee la **OPU** que adapta las señales de los clientes a las tramas OTN.

Respecto a su operación, de acuerdo con la *ITU* (2017) en su publicación G.872, explica que varias secciones de encabezados son añadidas a la señal cliente (datos), estos encabezados en conjunto con la corrección de errores que proporciona *FEC* (*Forward Error Correction*) forman la unidad de transporte óptico (*OTU*). La *OTU* es transportada por una longitud de onda como un canal óptico (*OCh*). Como existen muchos canales que son transportados por *OTN* un encabezado adicional debe ser añadido a cada canal para permitir las funcionalidades de administración que *OTN* posee. Las capas de multiplexado óptico y de transmisión se crean añadiendo encabezados adicionales junto con el canal óptico.

Como se muestra en la **Figura 2.19**, la trama de *OTN* está conformada por 4 filas y 4080 columnas de bytes. El envío de la trama comienza con la línea 1 de izquierda a derecha, cada línea está compuesta de 16 bloques *FEC* intercalados de 255bytes cada uno teniendo un total de 4080 bytes. Cada bloque posee un encabezado de 1 byte, 238 bytes de *payload* y 16 bytes de *FEC* redundantes; los encabezados *OTUk* y *ODUk* se encuentran en la columna uno a la catorce de la trama. El encabezado *OTUk* reside en la fila 1 y el encabezado *ODUk* está en las columnas 2 a 4. Finalmente, el encabezado *OPUk* se encuentra en las columnas 15 y 16 de la trama. Como dato adicional la letra k al final de cada encabezado representa la tasa de transferencia **k=0**:1.24Gbps, **k=1**:2.50Gbps, **k=2**:10.04Gbps, **k=3**:40.32Gbps, **k=4**:101.79Gbps.

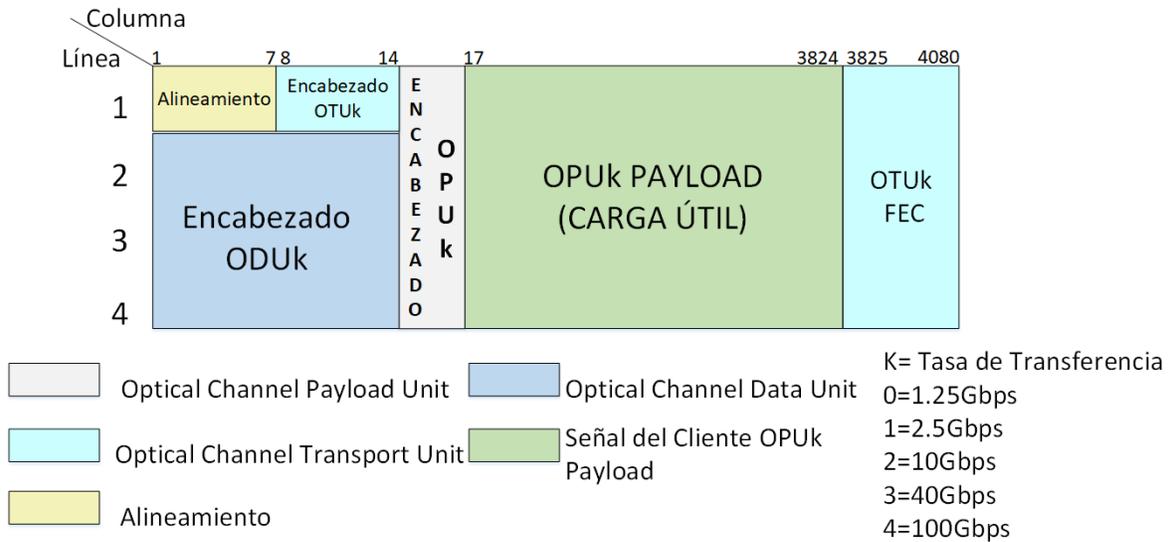


Figura 2.19. Imagen del formato de Trama OTN creada por el autor de este informe.

Con los fundamentos y conceptos explicados dentro de este capítulo, me doy cuenta de la importancia que la tecnología y las redes de comunicación tienen hoy en día. Además, al explicar el funcionamiento detrás de una red de fibra óptica y las técnicas de transporte que pueden ser empleadas en ella, permite tener un entendimiento profundo de la necesidad de transmitir información a mayores velocidades y grandes distancias; por otro lado, ayuda a comprender el papel de la tecnología dentro de la vida cotidiana de la sociedad, particularmente en la profesión de un Ingeniero en Computación. Con esto confirmo por qué en la actualidad las redes de Fibra Óptica que utilizan a *WDM* y *OTN* como tecnologías de transporte y basadas en *Ethernet* siguen estando a la vanguardia de las redes comunicación. Con toda esta información recopilada, el caso práctico abordado en el siguiente capítulo podrá ser comprendido con mayor claridad.

Capítulo 3. Proyecto de 100Gbps

En este capítulo hablaré sobre la problemática que existió al laborar dentro de la empresa AT antes de que se implementaran mejoras en el proceso de entrega para servicios tipo *EPL*, particularmente para un servicio *Ethernet* de *100Gbps*; adicionalmente explicaré mi aportación y participación profesional en la creación, mejora y establecimiento de dicho proceso para poder desempeñar mis funciones como ingeniero de diseño de soluciones dentro de esta empresa.

3.1 Problemática en AT

Para entender parte de la problemática que se tenía en el área de diseño de soluciones resulta necesario conocer la forma en la que se dictaminaban los sitios donde se requerían los servicios de tipo *EPL*. En la **Figura 3.1**, se muestran en un diagrama realizado por el autor de este informe con los elementos que componen la red de transporte física a nivel fibra óptica considerando su diseño jerarquizado y su respectiva explicación:

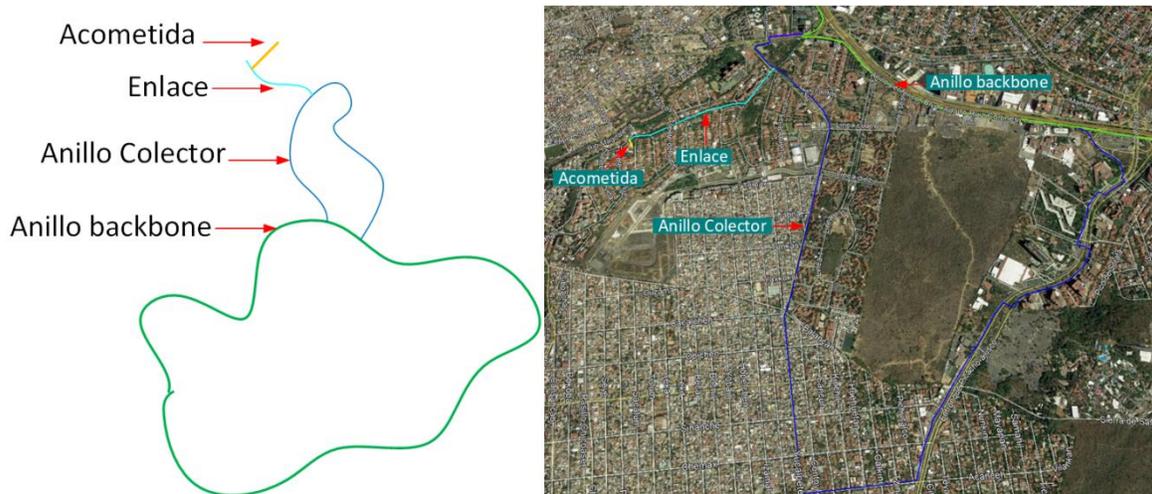


Figura 3.1. Elementos de la red de transporte de AT a nivel fibra óptica.

Primero tenemos al **anillo backbone** compuesto por cables de 216, 144 y 96 hilos de fibra óptica. El tamaño de cable depende de la ubicación de la red, este tipo de anillo se considera,

como su nombre lo indica, la columna vertebral de la red física. A él se conectan los anillos colectores y su trayectoria está planeada con el objetivo de conectar los nodos principales de la red de transporte. En la imagen se le representa en color verde.

Por su parte **el anillo colector** se compone por cables de 144 y 96 hilos de fibra. Al igual que el cable de anillo *backbone*, el tamaño del cable depende la ubicación de la red, este tipo de anillo se implementa cuando hay varios sitios que se encuentran fuera de la cobertura del anillo *backbone*. Por diseño de red, se deriva desde una caja de empalme y sigue la trayectoria planeada para poder conectar a los sitios requeridos y finalmente se conecta nuevamente al anillo *backbone* desde otra caja de empalme distinta a la de la primera derivación. Este tipo de anillos son los que permiten aumentar la cobertura de red sin perder la diversidad de rutas físicas.

El **enlace** es un cable de fibra usualmente de 48 hilos que se utiliza en proyectos donde el sitio a conectar se encuentra alejado de la red protegida con diversidad de rutas. Puede medir desde algunos metros hasta kilómetros y su longitud dependerá del tipo de proyecto y de la importancia y urgencia del mismo. Cuando existe un enlace del cual se derivan varios clientes se deben realizar trabajos en la red para transformarlo en Anillo Colector, con la finalidad de darle protección con otra trayectoria y evitar afectar la disponibilidad de los servicios. Finalmente tenemos a la **acometida** que es un cable de 12 hilos de fibra cuando se conecta a un cliente/usuario final ó de 48 hilos si el sitio a conectar es un POP de entrega o Centro de Datos de otro *Carrier*.

Gracias a la definición de los componentes de la red física los dictámenes de los sitios de interés de los clientes se podían realizar de una forma ordenada, procurando respetar el diseño de red establecido. Sin embargo, a pesar de que en ese tiempo existían procesos establecidos de entrega internos, no permitían dar respuesta rápida y eficaz a los clientes, lo que provocó

que los servicios muchas veces no cumplieran con sus necesidades. La razón principal de que esto sucediera, era que no se tenía un área que se encargara de fungir como traductor entre el cliente y las áreas internas.

El área de preventa surgió como respuesta a esta problemática, en parte también a que los competidores poseían ya sus respectivas áreas de preventa bien definidas y establecidas dentro de su organización, poniendo en desventaja a empresas como AT que no contaban con un área de este tipo. Dentro de AT fue necesario definir las funciones y responsabilidades del área de preventa desde cero, con lo cual se tuvieron que establecer nuevos acuerdos entre áreas para mejorar la atención a los clientes.

Cuando ingresé al área de preventa en el 2014 desempeñé el puesto de Coordinador de Preventa a *Carriers*, una de mis primeras funciones fue la de apoyar al establecimiento de estos acuerdos. En la siguiente imagen (**Figura 3.2**) creada por el autor de este informe se muestra el proceso de entrega de un servicio *Ethernet* antes de que existiera el área de preventa (hoy Diseño de Soluciones), con base en los acuerdos internos que se tenían.

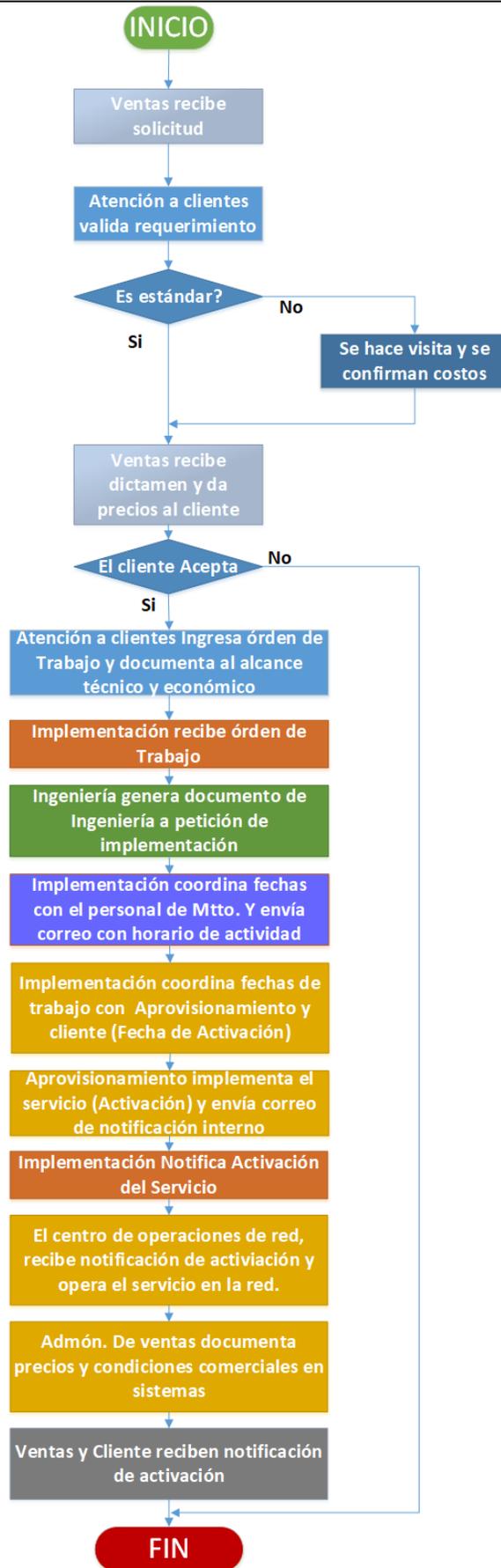


Figura 3.2. Proceso de entrega general de un servicio *Ethernet LAN to LAN* de AT hasta junio del 2016.

Como se puede observar la principal carencia de este proceso era que no existía ningún tipo de validación técnica con respecto a los requerimientos del cliente sino hasta que llegaba al área de ingeniería y aprovisionamiento, lo que ocasionaba que comúnmente se tuvieran que confirmar los alcances técnicos al momento de la implementación. Esto causaba retardos en la entrega o incluso cancelaciones del servicio ya que no era posible cumplir con estos requerimientos. Otro de los principales inconvenientes con este proceso era contar con una confirmación de la ganancia y los costos de cada proyecto lo que ocasionaba que, al analizarlos a fondo, muchos servicios no proporcionaban una ganancia significativa o incluso algunas veces era nula puesto que su costo de implementación resultaba mayor.

3.2 Intervención Profesional

Con la demanda de mayores anchos de banda y el aumento de requerimientos especiales por parte de los clientes, era demasiado notoria la ineficiencia en el proceso de entrega y por ende la necesidad de implementar mejoras y cambios en su estructura. Una de las principales causas de modificar el proceso fue que ya no era factible ni costeable modificar el equipamiento usado en servicios de mayor capacidad una vez adquiridos y listos para ser utilizados. Los costos derivados de estos cambios, en muchas ocasiones, eran absorbidos por AT ya que los clientes no estaban dispuestos a pagar por ellos argumentando que desde un principio se indicaba todo lo necesario en el requerimiento. Con esto en mente decidí involucrarme en las acciones que la empresa debió tomar para poder solucionar este problema.

3.2.1 Implementación del Nuevo Proceso de Entrega

Como ya se mencionó con anterioridad, el proceso que había presentaba áreas de mejora para operar de forma eficiente, por tal razón, era necesario encontrar la forma de mejorarlo sin

interferir en la operación diaria ya que la entrega de servicios no podía detenerse. Es en este punto donde apliqué mis conocimientos y experiencia para llevar a cabo este objetivo. Para lograrlo, debía conocer la situación actual de la empresa desde un punto de vista general y una forma de saber esto era realizando un análisis FODA⁴⁹, en la siguiente tabla (**Tabla 3**) creada por el autor de este informe se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 3. Análisis FODA de la situación de la empresa AT.

Análisis Interno	Análisis Externo
<u>F</u>ortalezas	<u>O</u>portunidades
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejores tiempos de Entrega ▪ Alta disponibilidad de los servicios ▪ Rapidez y atención a cambios 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eficientar el proceso de entrega de servicios (revisión de costos y alcance técnico) ▪ Productos limitados
<u>D</u>ebilidades	<u>A</u>menazas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definición y alcance de servicios ▪ Delimitación de responsabilidades ▪ Ausencia de tecnología de Punta ▪ Carencia de documentación completa ▪ Capacitación adecuada de los servicios ▪ Falta de un proceso de atención a clientes y posventa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta Competencia en el mercado ▪ Permisos de Construcción Denegados ▪ Sabotaje y ataques a la red

Primero realicé un análisis externo de las Amenazas y Oportunidades que la empresa y el proceso anterior tenían; particularmente de las amenazas hacia AT encontramos que la principal es la gran competencia que existe en el mercado; las empresas son varias y cada una busca ofrecer un mejor servicio haciendo difícil desbancar a la competencia. Otra de ellas es que, aunque AT tiene la concesión para operar la red de fibra, debe solicitar permisos a las autoridades locales cada vez que requiera hacer un trabajo en la calle, con el riesgo que

⁴⁹ El análisis FODA es una herramienta que permite analizar la situación de una empresa que permite generar un diagnóstico de la misma y con base en él elaborar estrategias para su desarrollo.

el permiso les sea negado, situación común en algunas partes de las ciudades, por los mismos vecinos del lugar y/o cada vez que hay un cambio de gobierno finalmente la posibilidad de sabotaje y ataques a la red siempre han estado presentes.

Respecto a las áreas de oportunidad, encontré principalmente eficientar el proceso de entrega de servicios con la finalidad de reducir costos. Adicionalmente la limitada cartera de productos de AT en comparación con sus competidores, puesto que al tener como principales clientes los mercados de *wholesale* y empresarial, la diversidad de productos debería de ser mayor. Cabe destacar que esta área de oportunidad se compensa con la atención que se les da a los productos existentes siendo en varios aspectos superiores en calidad a la de sus competidores como ya se explicó en el Capítulo 1 de este informe.

Al realizar el análisis interno de la situación de la empresa encontré como debilidades, la falta de un alcance y definición del servicio estándar ofrecido. Falta de una correcta delimitación de las responsabilidades de cada área. Ausencia de tecnología de punta en comparación a algunos competidores. Carencia de una documentación completa y eficiente para cada servicio. También faltaba una adecuada capacitación de los servicios hacia todas las áreas involucradas en la entrega y finalmente la creación de un proceso de posventa y atención al cliente adecuados.

Cuando analicé las fortalezas de la empresa encontré, como principales diferenciadores, en comparación con sus competidores, primero los tiempos de entrega ofrecidos ya que, a pesar de los retrasos por falta de una validación técnica, los tiempos de entrega en muchas ocasiones seguían siendo menores que los de las otras empresas. Otra fortaleza era la disponibilidad de los servicios, así como la “resiliencia” que mostraba la red ante eventualidades y finalmente la rapidez en la atención y ejecución de los cambios solicitados por los clientes.

Con el análisis hecho de la situación en la que se encontraba la empresa me centré en atacar particularmente sus debilidades y áreas de oportunidad. Como primera acción a seguir supe que se necesitaba una estrategia que permitiera la mejora continua de sus servicios y procesos sin afectar su operación; por tal motivo, decidí aplicar el modelo *PDCA*⁵⁰ (*Plan, Do, Check, Act*) conforme a lo definido por la ISO en el estándar 9001:2015 el cual se muestra en la

Figura 3.3.

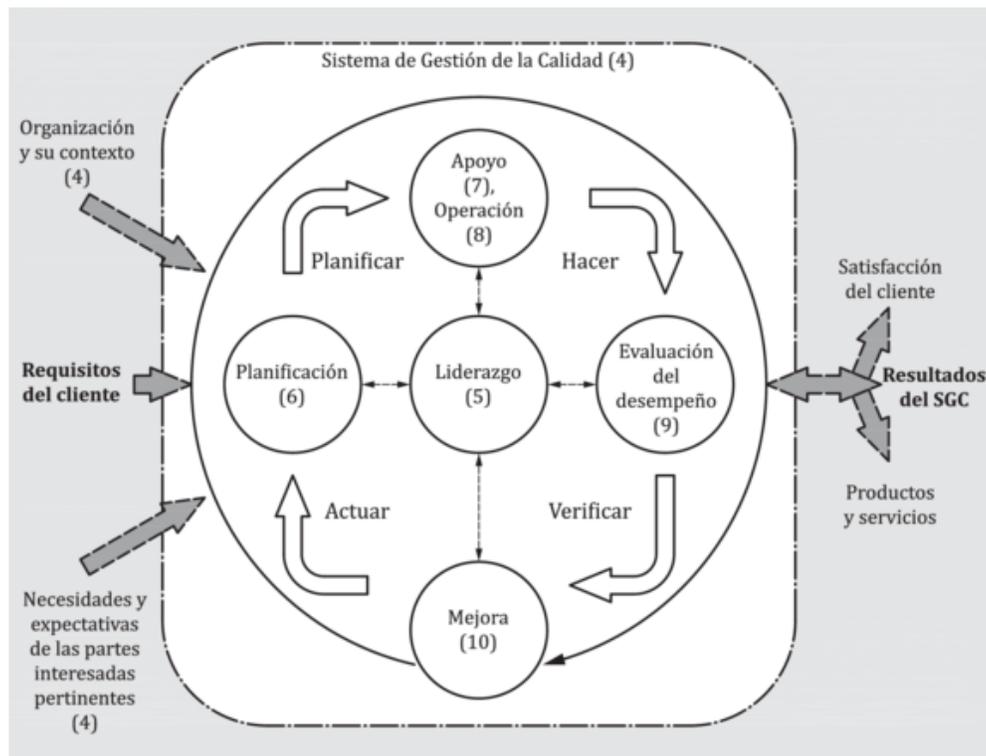


Figura 3.3. Estructura del ciclo PDCA o PHVA (International Organization for Standardization, 2015).

En la primera etapa de Planificación (*Plan*) me enfoqué en implementar una validación técnica y económica para cada servicio que se vendía para lo cual necesitaba de dos recursos principales: una propuesta técnica que explicara a detalle el alcance del servicio y un análisis

⁵⁰ El ciclo *Deming* o *PDCA* es una metodología o modelo enfocado en la implementación de un sistema de mejora continua de la calidad que hoy en día es considerada una herramienta de gran utilidad en el control de procesos y solución de problemas de las empresas.

de costos que sustentara la inversión a realizar. La validación técnica permitiría que las áreas trabajaran con mayor eficiencia mientras que el análisis de costos permitiría ayudar a que el proyecto se vendiera adecuadamente, ya que en caso de que el costo real al momento de la implementación pudiera ser un poco mayor al presupuestado, la ganancia final cumpliría con los indicadores financieros establecidos por la empresa, asegurando la continuidad del negocio. También, como parte de esta etapa me reuní con las áreas involucradas en el proceso de entrega escuchando sus quejas, opiniones y puntos de vista, generando una lluvia de ideas. Gracias a esto, examiné el tipo de información que cada área recibía en comparación con la que necesitaban para poder trabajar adecuadamente; además determiné que era necesario redefinir el alcance de las responsabilidades de cada área y su respectiva capacitación de los procesos y los servicios.

En la siguiente etapa de Hacer (**Do**) llevé a cabo la aplicación de las actividades definidas en la etapa anterior, con lo cual, pude estandarizar la entrega de la información en cada etapa del proceso, más adelante se explican los documentos generados; busqué el apoyo de cada área para que aplicaran los cambios en sus actividades respetando el alcance de sus roles y responsabilidades. Se implementaron los cambios utilizando como prueba algunos servicios de baja capacidad buscando con esto confirmar la existencia de mejoras.

En la etapa de Verificación (**Check**) confirmé si los objetivos planteados en la etapa de planificación se estaban cumpliendo y si había alguna meta que no se había alcanzado, para esto realicé una comparativa de mejora con respecto al proceso anterior utilizando como referencia particular los dos proyectos anteriores de 100Gigabit *Ethernet* que la empresa había proporcionado. El primero fue un enlace de Tijuana, México a San Diego, EUA. El segundo fue un servicio local en la Ciudad de México, sin embargo, ambos servicios tuvieron problemas en su implementación debido a la falta de una revisión técnica con el cliente.

Para el servicio de Tijuana se utilizaron equipos que no permitían el cambio de una trayectoria física a otra en caso de falla por un problema en sus tarjetas, afectando el servicio en repetidas ocasiones. Cabe mencionar que el proveedor del equipo continúa validando este problema a la fecha ya que lo consideran un problema de software; como resultado el servicio tuvo que implementarse nuevamente sobre otro tipo de equipo. Los costos de este cambio fueron pagados por AT.

Para el segundo servicio, los equipos adquiridos no contaban con la interfaz que el cliente necesitaba ya que nunca hubo una validación de este punto sino hasta el momento de su instalación. Este problema ocasionó un retraso en la entrega que provocó un doble trabajo de todas las áreas y un aumento de costos que también debieron ser absorbidos por AT.

El servicio *Ethernet* de 100Gbps que se implementó como caso real para probar el nuevo proceso careció de estos problemas de implementación y de costos, gracias a la previa validación de los requerimientos con el cliente. Para esta etapa en particular realicé pruebas del nuevo proceso para servicios de menor capacidad. También tuve que volver a ejecutar algunas de las actividades de la etapa anterior (*Do*) y redefinirlas (planificarlas) puesto que no resultaron prácticas al momento de implementarlas. Por todo lo anterior considero que esta es una de las bondades del modelo PDCA, ya que me permitió enfocar mis esfuerzos en resolver problemas que solo se manifestaron en la práctica y mitigarlos volviendo a la etapa de planificación las veces que fue necesario hasta lograr obtener una solución óptima en la etapa de verificación.

En la última etapa de Actuar (*Act*) completé la fase de pruebas que realicé con algunos servicios de menor capacidad con resultados positivos, tuve una retroalimentación positiva de las demás áreas. La mejora fue evidente y posteriormente implementé las mejoras en el proceso general con su respectiva documentación permitiéndome aplicarlo en la

implementación para el servicio de 100Gbps explicado en la siguiente sección de este informe de actividades.

Como resultado de aplicar el modelo PDCA al proceso existente logré los siguientes cambios:

1.- Para la primera etapa de prefactibilidad se generó un documento de Excel creado por Diseño de Soluciones para uso de los ejecutivos comerciales donde se les pide la información técnica mínima necesaria para atender una solicitud. Este documento se convirtió en el primer entregable del nuevo proceso por parte del área comercial hacia el área de Diseño de Soluciones, el cual debe ser cargado dentro de una oportunidad con un folio asignado en el sistema Salesforce, sistema que también se comenzó a utilizar poco tiempo después como parte de las mejoras. El segundo documento generado fue una lista de precios actualizada, ya existía este documento en el proceso anterior, sin embargo, no contaba con el análisis a detalle de los costos que requería cada proyecto que mantuviera precios competitivos al mismo tiempo que sustentara la inversión, sino más bien estaba enfocada en ofrecer precios más bajos a los clientes en comparación de los competidores. La nueva lista de precios se puede considerar como el segundo documento entregable del nuevo proceso, los precios ofrecidos dentro de ella se basan en la investigación que el área de producto realiza del mercado y cada precio indicado en ella sustenta la implementación del servicio *EPL* solicitado respecto al ancho de banda requerido, siempre y cuando se encuentre dentro de los parámetros estándar. Tanto el documento de Excel como la lista de precios se mostrarán más adelante en este capítulo como parte de los resultados junto con su respectiva explicación.

2.- En la etapa de factibilidad el área de Diseño de Soluciones utiliza el documento de Excel enviado por el ejecutivo comercial para dictaminar los sitios y determinar si se encuentran dentro de la cobertura estándar utilizando 3 criterios: la distancia del sitio al punto más cercano a la red de transporte, el ancho de banda y las notas del requerimiento; si todos estos

criterios cumplen con el estándar del servicio, el Analista de Factibilidad proporciona respuesta al ejecutivo comercial indicando que el servicio es estándar y que se puede considerar la lista de precios para dar respuesta al cliente. Si el requerimiento no cumple con alguno de estos criterios o hay algo que soliciten fuera del estándar, el Analista de Factibilidad asigna el folio de la oportunidad en el sistema Salesforce al Ingeniero de Diseño de soluciones.

3.- Dentro de la etapa de Diseño, el Ingeniero de Diseño de soluciones analiza el requerimiento y las notas determinando, primeramente, el alcance técnico, después valida si es factible con medios propios, como el equipo, la red y la tecnología de transporte existente, en caso afirmativo genera un documento llamado Hoja de Costos, en el cual se define todo el equipamiento, construcción y costos adicionales estimados necesarios para poder implementar el servicio, posteriormente envía este documento junto con el dictamen de la solución al ejecutivo de ventas por medio de una notificación en el sistema Salesforce para que pueda se pueda definir el precio a ofrecer por el servicio. Este documento se considera el tercer entregable del nuevo proceso y fue generado gracias a la información interna de costos de infraestructura de construcción de planta externa, planta interna, así como de equipamiento e infraestructura con los que se cuenta cada área. Si por alguna razón el requerimiento no es factible con medios propios o existen dudas respecto al alcance de la tecnología disponible en la red, se realiza un comité técnico en el cual se analizan las posibles opciones, si es necesario incluso es posible contactar a los proveedores de equipo para determinar la mejor opción, una vez acordada la solución y su alcance junto con el equipamiento e infraestructura necesarios debidamente documentados, el Ingeniero de Soluciones genera un documento en formato de Word llamado propuesta técnico-económica que explica a detalle el alcance de la solución propuesta, este documento es el cuarto

entregable generado dentro del nuevo proceso y si el Ingeniero de Soluciones lo considera necesario puede solicitar comunicarse con el cliente a través del Ejecutivo Comercial para explicar la solución propuesta a un nivel técnico.

Tanto la Hoja de Costos como la Propuesta Técnico-Económica son documentos generados gracias a la cooperación de las áreas internas de la organización, particularmente: Finanzas, Producto, Ingeniería, Planta Interna y Planta Externa (Fibras) y ambos documentos serán explicados más adelante dentro de este capítulo.

4.- En la etapa de implementación el ejecutivo de ventas anexa dentro del folio del sistema Salesforce la solicitud formal de ingreso del servicio por parte de la cliente llamada *SOW* (*Statement of Work*) por sus siglas en inglés, que es un documento que describe, en la mayoría de los casos, de manera general el objetivo del proyecto, su alcance, el tipo de producto, los requerimientos técnicos y el alcance comercial como es el plazo de contratación y el precio en el que se vendió, en algunos casos y dependiendo del tipo de proyecto el *SOW* puede indicar las actividades específicas a realizar, los entregables y los tiempos de implementación sin embargo, esta información usualmente se define posterior al ingreso formal debido a los cambios que pueden existir en el calendario de entrega.

El ejecutivo de diseño de soluciones recibe el folio de Salesforce con el *SOW* anexo y realiza la comparación de lo que se trabajó a nivel factibilidad junto con sus costos y lo que se está ingresando junto con el precio en el que se vendió, si coincide y el precio cumple con la lista de precios o los indicadores financieros definidos dentro de la Hoja de Costos, se genera un número de orden de trabajo llamada OT el cual es el número de identificación que el servicio tendrá durante toda su vigencia, posteriormente el ejecutivo de diseño envía la notificación de creación de OT a través del sistema Salesforce hacia el área de administración de ventas

anexando las condiciones técnicas y comerciales para que puedan ser documentadas en el repositorio de información interno llamado SAM.

Ya con el número de OT el área de administración de ventas notifica al área de implementación el ingreso del servicio junto con el dictamen generado por Diseño de Soluciones donde se especifican las condiciones técnicas y comerciales de lo que se va a implementar, el área de implementación designa un *Project Manager (PM)* el cual es el encargado de establecer comunicación con el cliente para coordinar fechas en las que se realizará la inspección física en cada sitio y determinar los trabajos necesarios para su activación, una vez realizada la visita el *PM* proporciona el anteproyecto de construcción interna al cliente quien debe firmar de aceptación. Si el sitio donde se requiere el servicio no se encuentra conectado a la red de transporte el *PM* también coordina al personal de planta externa para que realicen los trabajos necesarios en la calle y hacer llegar la fibra hasta el edificio, a esto se le llama internamente acometer el inmueble.

Finalmente, en la etapa de entrega ya con el anteproyecto firmado y la fibra lista para “acometer” el edificio, el *PM* coordina al personal de aprovisionamiento para que instalen el equipo dentro del sitio, se corra la prueba de medio para validar que todo este correcto y después enviar los resultados al cliente para que firme de aceptación y poder enviar el correo de notificación de activación satisfactoria al cliente, al centro de operaciones de red (NOC) y al Ejecutivo de Ventas.

Gracias al correo de notificación, el área de administración de ventas puede documentar la activación del servicio dentro del repositorio de información interna SAM y realizar la documentación pertinente para fines fiscales para que se comience a facturar el servicio.

Estas son las actividades de las etapas dentro del nuevo proceso de entrega, donde contribuí a que el flujo de trabajo no se viera detenido en una o varias etapas como ocurría con el

proceso anterior lo cual permitió implementar de manera exitosa el caso práctico que se explica a continuación.

3.3 Implementación y Entrega del proyecto de 100Gbps

Con el nuevo proceso de entrega definido era necesario confirmar su utilidad para la empresa, sobre todo considerando que ya se habían implementado con anterioridad 2 servicios de este tipo con resultados pocos favorables, tanto para AT como para los clientes. El proyecto de entrega de un servicio *EPL* de 100Gbps significó la oportunidad perfecta para confirmar esto. La aplicación del nuevo proceso me permitió conocer desde un inicio los requerimientos técnicos del cliente:

- a) Servicio de línea privada tipo *EPL* que cumpliera con los estándares del MEF en términos del desempeño (*Troughput*, *Frame Loss*, *Delay* y *Jitter*).
- b) La entrega debería de ser en interfaz *100GigaEthernet* bajo el estándar IEEE 802.3bj para fibra tipo monomodo ventana de trabajo de 1550nm conector tipo LC.
- c) Se requería tecnología de transporte WDM que ofreciera transparencia de cualquier protocolo a partir de la Capa 2 del Modelo OSI.
- d) Un *MTU* de 9000 bytes.
- e) La transparencia en el envío de *VLAN* por parte del Cliente y de cualquier tipo de tráfico sin importar que fuera de tipo video, voz o datos.
- f) El ancho de banda inicial solicitado era por 100Gbps y la expectativa de crecimiento final de todo el proyecto era por 400Gbps.
- g) Disponibilidad del servicio (SLA) del 99.95%

3.3.1 Metodologías *RFC 2544* y *EtherSAM*

Para poder medir la calidad del servicio y comprobar a los clientes que lo están adquiriendo cumple con los SLA's definidos y con sus necesidades, AT utiliza dos de las metodologías

más usadas para comprobar la calidad del medio físico de un enlace punto a punto y de su capacidad de tasas de transmisión. Estas metodologías son el *RFC 2544* y el *EtherSAM*, las cuáles fueron utilizadas en el caso real que se expondrá más adelante dentro de este capítulo.

La solicitud de comentarios o *RFC* son publicaciones dentro de la comunidad tecnológica que contienen una serie de comentarios, recomendaciones, normas y/o estándares que se deben seguir para asegurar el buen funcionamiento de una red, sus equipos y sus componentes. El concepto fue creado por Steve Crocker en el año de 1969 como una manera informal de establecer algunas reglas que describían la forma en la que dos computadoras se comunicaban en aquél entonces.

El *RFC 2544* es una publicación de carácter informativo que se utiliza como una de las metodologías para comprobar la funcionalidad y desempeño de la conexión entre dos dispositivos de red. Cabe recalcar que en la actualidad existen otros *RFC* que suponen una actualización del *RFC 2544*, su adopción por la mayoría de las empresas proveedoras de servicios de TI es la razón por la cual sigue siendo la metodología más aceptada para demostrar el desempeño de enlaces de comunicación de tipo *EPL*.

Conforme lo indica la *IETF* el documento define y discute una serie de pruebas que describen las características y desempeño de la conexión entre dos dispositivos, así como el formato en la que deben presentarse los resultados de las 4 pruebas que lo conforman. La prueba de *Throughput* es la primera de ellas y se encarga de medir la tasa de transferencia de tramas sin error por segundo que un dispositivo puede transmitir, en otras palabras, valida el ancho de banda del enlace. La prueba de Latencia mide el intervalo de tiempo que una trama necesita para viajar desde un dispositivo origen al dispositivo destino. Por su parte la prueba de *Frame Loss* mide el porcentaje de tramas perdidas y finalmente la prueba de *Back to Back*

mide la cantidad máxima de tramas enviadas dentro de una ráfaga que el servicio puede recibir sin pérdidas.

Por su parte la metodología *ITU-T Y.156sam* normalmente llamada prueba de *EtherSAM* nos brinda la posibilidad de validar todas pruebas del *RFC 2544* con la ventaja de poder correr las pruebas con distintos tamaños de trama al mismo tiempo contrario al *RFC 2544*. Sin embargo, su principal ventaja radica en que no solo permite enviar tramas sino también permite realizar QoS⁵¹ que permite simular el envío de diferentes tipos de tráfico como pueden ser *Real Time*⁵² (video y/o voz), datos críticos y datos normales, lo que otorga una prueba más cercana a la realidad ya que es el tipo de información que los clientes envían. Además, permite usar QoS para dar prioridad a un tipo de tráfico en particular conforme a las necesidades del cliente, para asegurar su envío en caso de saturación del medio.

Actualmente los *RFC* son en su mayoría publicaciones de carácter formal y aunque no todos son considerados estándares, cada uno ayuda al progreso y crecimiento de lo que hoy conocemos como internet y de las redes de menor tamaño.

3.3.2 Resultado de las pruebas de medio y memoria técnica del proyecto

Dentro del proceso mejorado se ejecutan distintas etapas, desde la aceptación de la propuesta en el área de factibilidad, hasta la entrega de resultados de las pruebas de medio de *RFC 2544* y *EtherSAM* hacia el cliente. Una vez aceptados estos resultados y con la firma del cliente el servicio se da por entregado y se procede a ingresar toda la información del mismo a los

⁵¹ QoS: Calidad de Servicio por sus siglas en inglés se refiere al rendimiento de un enlace o una red desde la perspectiva de un usuario que permite medir el desempeño de los servicios simulando tráfico con requerimientos especiales como son el ancho de banda, retardos, disponibilidad, etc.

⁵² El tipo de tráfico Real Time o en tiempo real se refiere a aplicaciones que por su naturaleza y funcionamiento requieren que el envío de la información no sufra de retardos ni pérdidas en todo momento, como video, llamadas de voz sobre IP (VoIP), videoconferencias, etc.

sistemas de información internos para su debida documentación y administración. Es importante mencionar que por motivos de confidencialidad algunas partes de las evidencias de la entrega del servicio y memoria técnica no pudieron ser mostradas en este informe.

Para el proyecto de 100Gbps las pruebas de medio descritas con anterioridad se realizaron con equipos de medición marca Viavi modelo MTS-5800. La prueba de medio se realizó por un periodo de 24 horas a petición del cliente y conforme lo establece el estándar para este tipo de servicios. Los resultados y la memoria técnica se muestran a continuación:

En las dos primeras imágenes que aparecen en la **Figura 3.4** se muestran los datos de la prueba, del equipo de medición con su versión de software, el modelo y número de serie. De igual forma se muestran los resultados de la prueba que fueron exitosos de forma general, la fecha y hora de inicio y fin, así como la configuración de la misma en donde se aprecia que se midieron los parámetros del RFC 2544 (*Frame Loss, Delay, Delay Var ó Jitter y Throughput*).

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test Report - Port 1: 100GigE Layer 2 Traffic Term

Generated by Viavi 5800

Customer Name	[REDACTED]
Technician ID	redIT
Test Location	MSO [REDACTED]
Work Order	BH010348
Comments/Notes	TELCO SALA C RACK LTE_01_06 ODF DEMARCACION PORT 01
Instrument	MTS5800-100G
Serial Number	WMSE0113270461
SW Version	25.4.0

SAMComplete Overall Test Result: Pass

Start Date	04/07/2019
End Date	04/08/2019
Start Time	13:46:02
End Time	13:48:23

Service Configuration

1 [REDACTED] ✓

100G

Service Performance

Frame Loss ✓

Delay ✓

Delay Var ✓

Throughput ✓

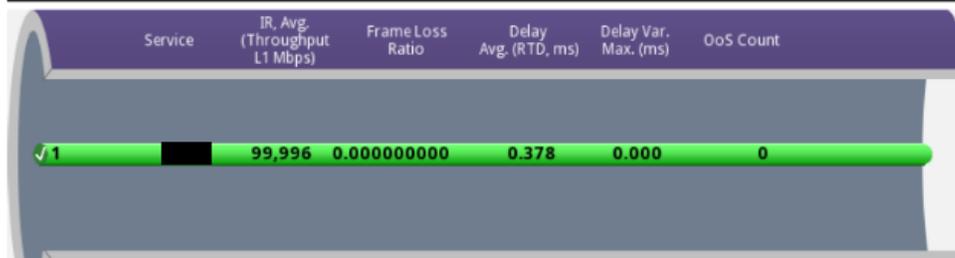
Figura 3.4: Datos del equipo de medición y resumen de la prueba exitosa realizada.

En la **Figura 3.5** se muestra el reporte de resultados medido en *Mbps* para el *Throughput (IR Rate)* y *Frame Loss*, mientras que el *Delay* y *Delay Var* ó *Jitter* se mide en milisegundos (*ms*) adicional a la disponibilidad medida en segundos.

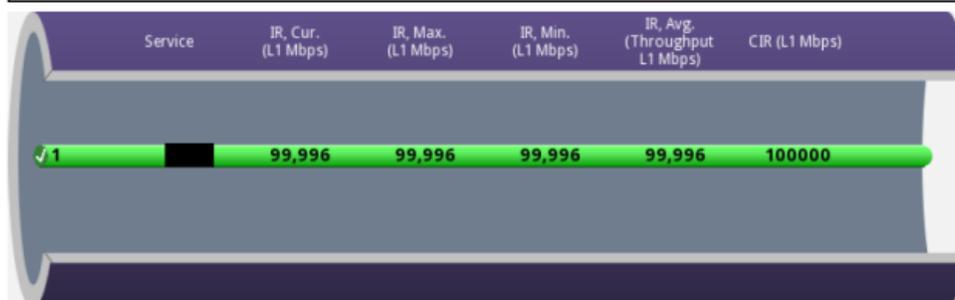
SAMComplete - Ethernet Service Activation Test Report - Port 1: 100GigE Layer 2 Traffic Term

Max Throughput (L1 Mbps)	100,000
CIR Verdict	Pass
IR (L1 Mbps)	99996
Frame Loss Ratio	0.000000000
Frame Delay (RTD, ms)	0.378
Frame Delay Variation (ms)	0.000
Pause Detect	No

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: Overview Service Performance Results



SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: IR Service Performance Results



SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: Delay Variation Service Performance Results

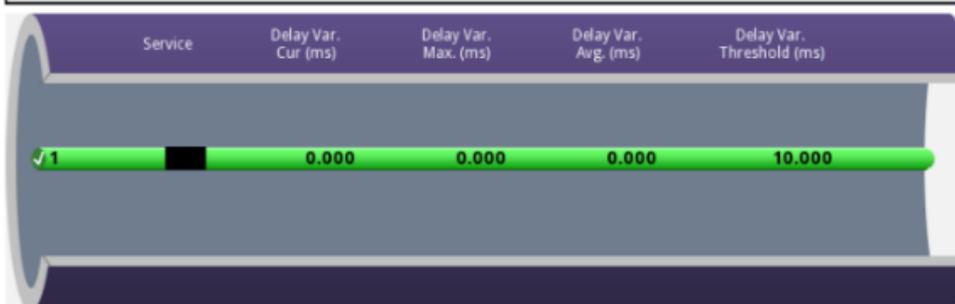




Figura 3.5: Resultados del Throughput, frame loss, delay y jitter de la prueba de medio.

En la **Figura 3.6** se muestran los datos de configuración del equipo de medición considerando, el tipo de tráfico, encapsulación, el tipo y tamaños de tramas configurados así como la prueba que se ejecutó. Además se aprecia el *throughput* del servicio (expresado como *Customer Information Rate o CIR*) donde se configuró el ancho de banda de 100000Mbps. También se muestran los SLA configurados conforme a los parámetros definidos por el *MEF* para servicios *Carrier Ethernet* a nivel Metropolitano los cuáles son: *Frame Loss* ≤ 0.01 % de tramas, *Frame Delay(RTD)* ≤ 5 ms, *Jitter ó Delay Variation* ≤ 10 ms. Adicionalmente se muestra la duración de cada etapa medida en segundos y el porcentaje del ancho de banda (*CIR*) que se utilizó para cada etapa y finalmente el tiempo total de la prueba que fue de 24hrs.

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: Network Configuration	
Service	██████████ 100G
Layer	L1
Frame Size (Bytes)	Random
Frame Type	DIX
Test Mode	Traffic
Encapsulation	None
Loop Type	Broadcast
Source MAC	██████████
Auto-increment Source	No
Destination MAC	██████████

Capítulo 3. Proyecto de 100Gbps

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test Report - Port 1: 100GigE Layer 2 Traffic Term

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: Random/EMIX Lengths	
Frame Size 1	64
Frame Size 2	128
Frame Size 3	256
Frame Size 4	512
Frame Size 5	1024
Frame Size 6	1280
Frame Size 7	Jumbo
Jumbo Size 7	9600

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: SLA Throughput	
CIR	100000
EIR	0
Policing	OFF

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: SLA Burst	
Perform Burst Testing	No

SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: SLA Performance	
Frame Loss Ratio	0.010000000
Frame Delay (RTD, ms)	5.000
Delay Variation (ms)	10.000
Acterna Payload Version	Version 3
Include Frame Delay as an SLA requirement	ON
Include Frame Delay Variation as an SLA requirement	ON

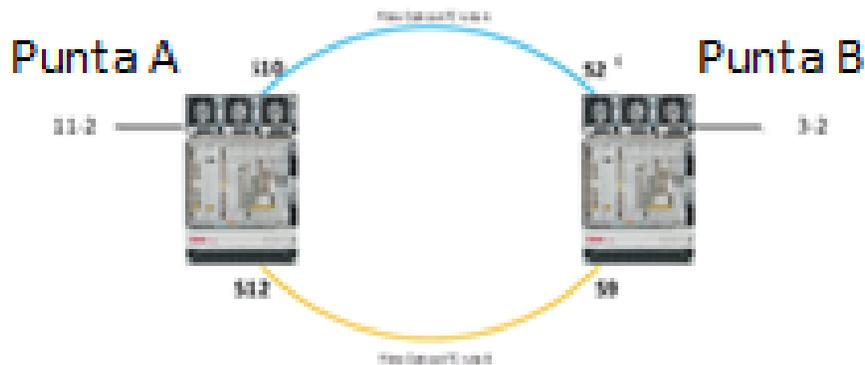
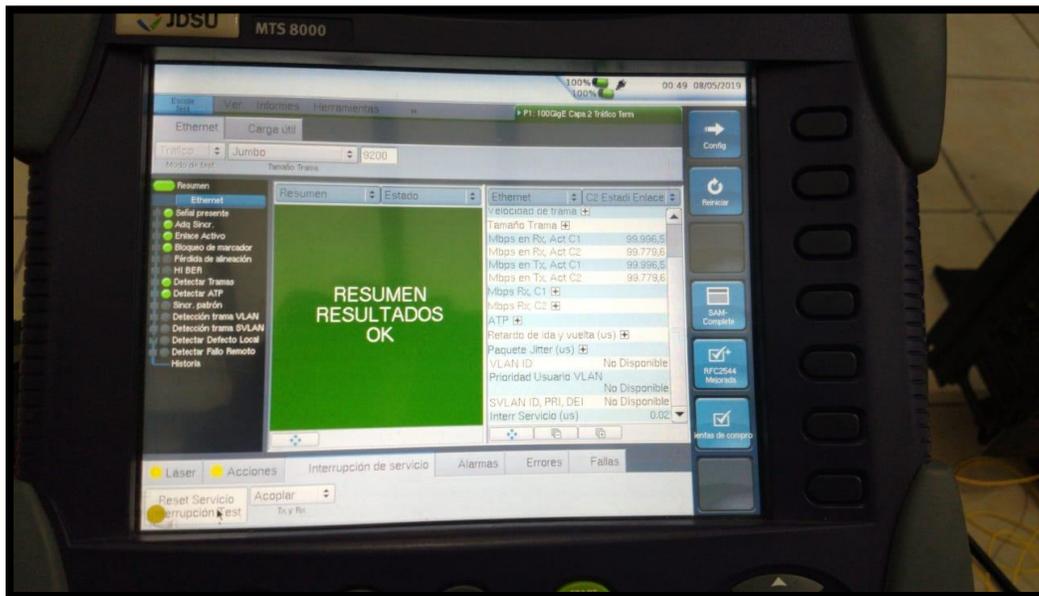
SAMComplete - Ethernet Service Activation Test: Test Controls (Test Ctls)	
Number of Steps Below CIR	3
Step Duration (sec)	15
Step 1 % CIR	25
Step 2 % CIR	50
Step 3 % CIR	75

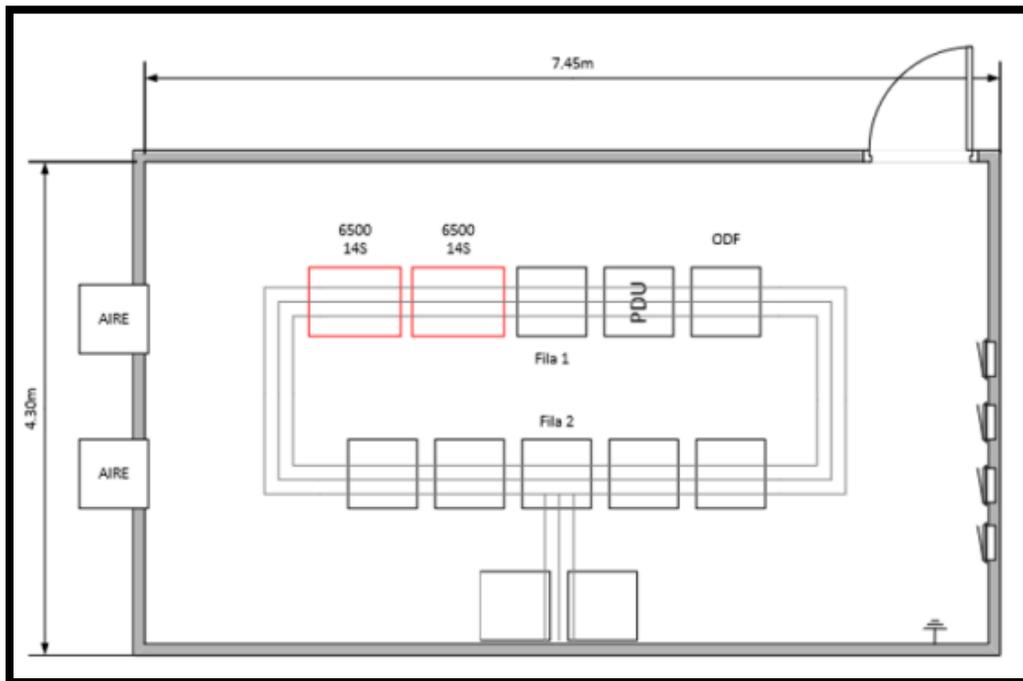
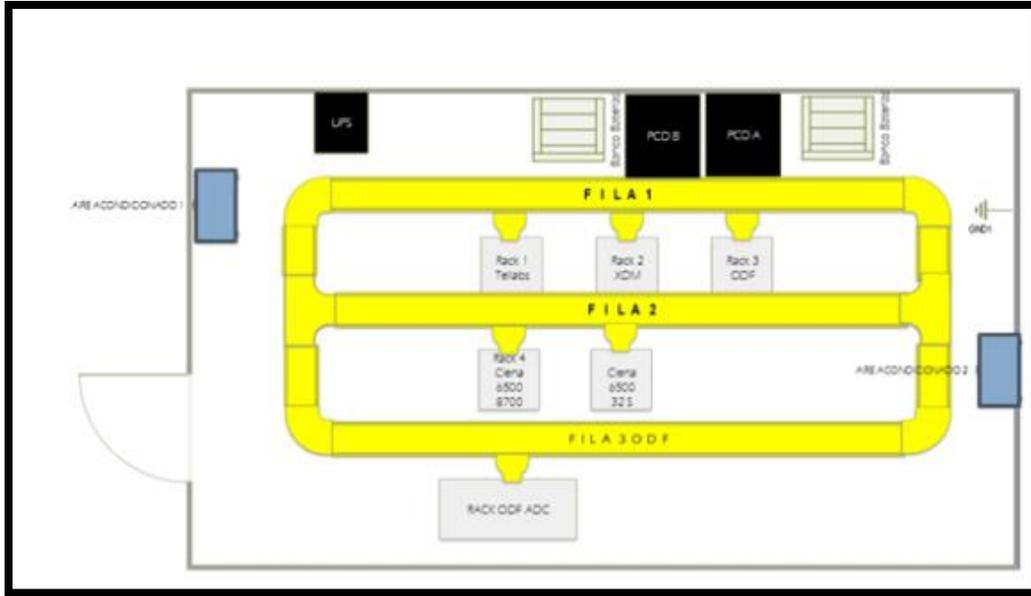
SAMComplete - Ethernet Service Activation Test Report - Port 1: 100GigE Layer 2 Traffic Term

Performance Test Duration	24 Hours
---------------------------	----------

Figura 3.6: Configuración de la prueba en el equipo de Medición.

En referencia a la memoria técnica, en la **Figura 3.7** se muestra primero los equipos de medición con los resultados de la prueba de medio exitosa. Posteriormente el diagrama de conexión entre los equipos, para finalmente mostrar su ubicación física y la ubicación de los equipos dentro de los racks en cada sitio.





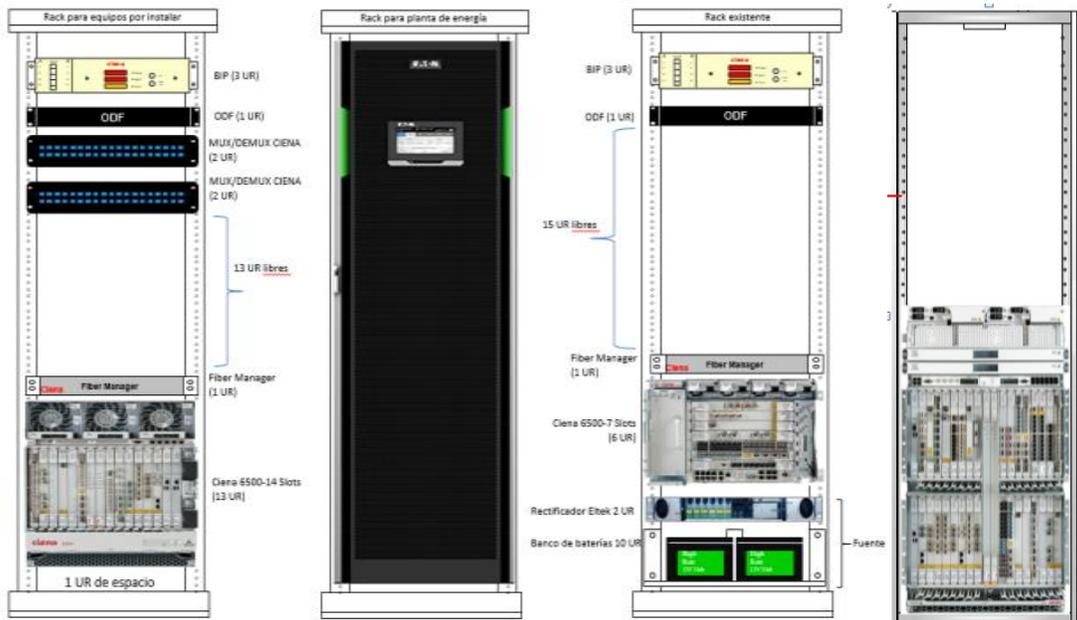
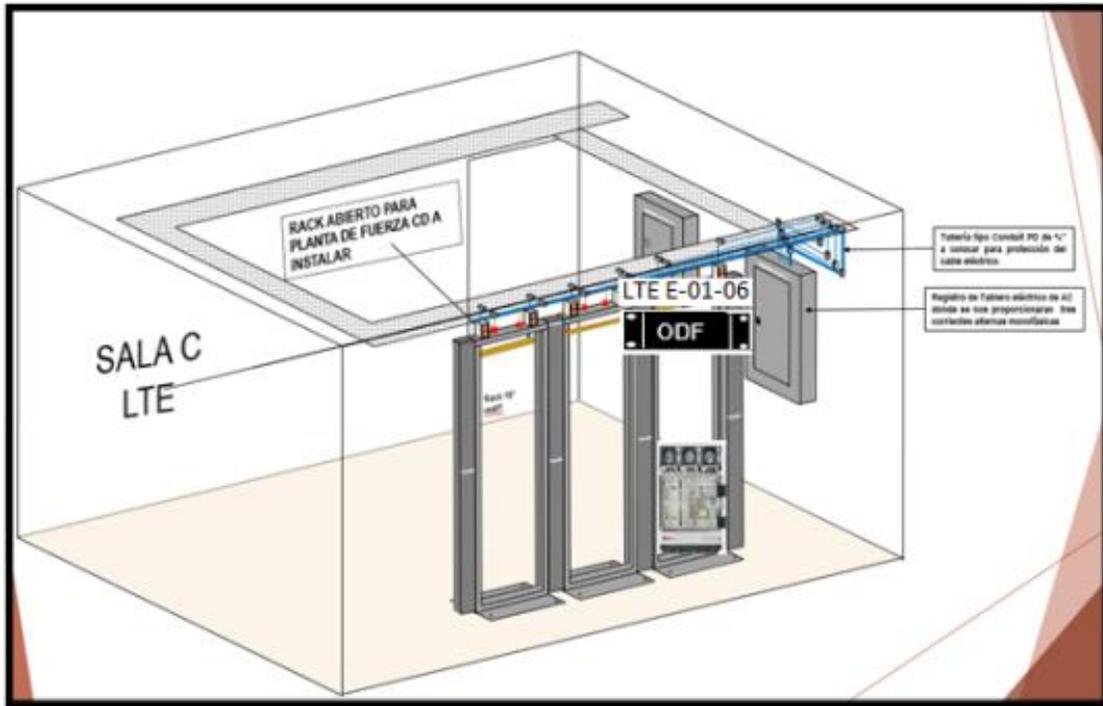


Figura 3.7: Resultado de Pruebas desde equipos de medición, diagrama lógico del servicio y ubicación física de los equipos dentro de cada sitio.

Finalmente, en la **Figura 3.8** se muestra la trayectoria física de cada ruta del servicio que comunica a los equipos en cada sitio conforme a la cobertura física de la red de transporte de fibra óptica.



Figura 3.8: Trayectorias físicas del servicio.

Con los resultados de las pruebas exitosas se pudo hacer entrega del servicio al cliente sin ningún contratiempo, lo que me permitió confirmar que las mejoras aplicadas al proceso de entrega fueron funcionales y ayudaban significativamente a las tareas tanto de implementación como de planeación. Por último, gracias a que la documentación de la memoria técnica, la información de la instalación y configuración del servicio se encontraban disponibles en un solo sitio, las áreas operativas contaron con las herramientas necesarias para poder atender cualquier eventualidad que el servicio tuviera de una forma oportuna y eficaz.

Resultados obtenidos y Conclusiones

Con la aplicación del modelo *PDCA* en su etapa de verificación observé como principal impacto una disminución en los tiempos de respuesta al cliente logrado gracias a la simplificación del proceso y las labores coordinadas de cada área. Adicionalmente la documentación de la información se volvió concisa y la retroalimentación de las áreas involucradas en el proceso fue más positiva.

Como se mencionó anteriormente en este capítulo, el primer documento generado como parte de las mejoras del nuevo proceso es el archivo de Excel donde se solicita al ejecutivo comercial su respectivo llenado. En dicho documento se solicita especificar las direcciones de los sitios donde se requiere el servicio (Punta A y Punta B) adicional a la dirección, se solicita confirmar detalles como entre que calles se encuentra y las coordenadas de GPS de cada sitio, esto con el objetivo de confirmar al 100% el domicilio solicitado ya que en el proceso anterior, al no tener validación de esta información, en algunas ocasiones el sitio que se había dictaminado era distinto al real cuando el proyecto se encontraba en proceso de implementación, provocando costos adicionales, re trabajos en todas las etapas del ciclo e incluso, en algunas ocasiones cancelaciones, este fue el primer cambio notable para el nuevo proceso con el cual atacué una de las áreas de oportunidad y debilidad que tenía la empresa, la cual era una adecuada validación técnica y una documentación adecuada, en la **Figura**

Conclusión 1. se muestra la información del documento:

DIRECCIÓN										SERVICIO				RESPUESTA DISEÑO SOLUCIONES					
#	(Indicar si es Punta A o B o N/A)	Calle y Número / Piso / Interior	Entre calles o Referencia*	Colonia	CP	Delegación/ Municipio	Estado	País	Coordenadas	Tipo Servicio (Internet, Ethernet, Link, MPLS)	Capacidad (ancho de banda)	INTERNET		MPLS	Notas*	Dictamen Planta Externa e Interna			
												Requiere CPE?	Numero IP publicas?	Requiere e CPE? Ancho Cuantos No MPLS		Aéreo	Canalizado	Canalizado Interno	Planta Interna
1	A																		
2	B																		

Figura Conclusión 1. Portada del documento de Excel para solicitud de Factibilidad creada por el autor de este informe.

Con la creación de este documento pude determinar el alcance de las solicitudes que los ejecutivos comerciales ingresaban significando uno de los grandes cambios respecto al proceso anterior, como se puede apreciar la información que se solicita en las primeras 10

columnas de izquierda a derecha involucra todo lo referente a él/los sitios donde se requiere el servicio, incluidas las coordenadas GPS para confirmar la ubicación exacta, las siguientes 6 columnas abarcan el apartado técnico donde se solicita que se especifique el tipo de producto, el ancho de banda o capacidad y las siguientes columnas contienen información referente a los servicios de Internet y MPLS mientras que la columna de notas es donde se debe indicar cualquier característica o particularidad con la cual debe de contar el servicio, como la interfaz de entrega, en caso de que no se haga ningún comentario en esta sección se da por entendido que se requiere un servicio estándar para cualquiera de los productos que se manejan.

Por último, las 6 columnas restantes a la derecha del documento son llenadas por personal de Diseño de Soluciones e indican la construcción necesaria requerida para poder hacer llegar la fibra hasta el edificio o “acometerlo”, dependiendo de la zona, ciudad y estado será el tipo de construcción o tipos de construcción que se requiera, la columna de tiempo estimado de entrega sirve para indicar el tiempo que se está estimando en el cual puede entregarse el servicio al cliente, este tiempo dependerá del tipo de requerimiento, el ancho de banda solicitado y de la construcción necesaria.

Este documento significó el primer paso para documentar desde un inicio y de manera adecuada todos los requerimientos que los clientes hacen.

Posteriormente se modificó la lista de precios (**Figura Conclusión 2**) que se utilizaba actualizando cada uno de ellos con base en el ancho de banda solicitado con la diferencia que cada precio indicado sustentaba la implementación del servicio requerido considerando la cobertura estándar del y el equipamiento necesario, no solamente se basaba en ofrecer un menor precio al cliente como sucedía con la lista anterior, además se definió precios para los anchos de banda más comunes considerando todos los escenarios posibles de acuerdo a la

Resultados obtenidos y Conclusiones

cobertura de la red de fibra teniendo precios para enlaces L2L local, Nacional, a Estados Unidos de América, entre otros, este documento fue definido entre las áreas de Finanzas y Producto para ayudar a los ejecutivos comerciales a costear sus proyectos de una forma más eficaz.

3	Producto:	L2L						
4	Segmento:	Carrier Nacional						
5	Tipo de servicio:	Local Loop						
6	Consideraciones:	Punta A: Sitio del cliente, puede ser Sitio Acometido o Sitio Nuevo o Centro de Datos Kio						
7		Punta B: Sitio conectado (o ya existe una Interconexión con cliente)						
8								
9		Los dos Ubicaciones dentro de la misma ciudad						
10	Clave:	L2L Local						
11								
12								
13	NEAR NET (Pesos)							
14								
15	Capacidad (Mbps)	Tipo	12		24		36	
16			NRC	MRC	NRC	MRC	NRC	MRC
23	2	ETH	\$ 138,000	\$ 5,901	\$ 97,520	\$ 5,606	\$ 73,600	\$ 5,311
24	4	ETH	\$ 128,800	\$ 7,695	\$ 77,280	\$ 7,310	-	\$ 6,926
25	6	ETH	\$ 114,080	\$ 8,988	\$ 58,880	\$ 8,538	-	\$ 8,089
26	8	ETH	\$ 110,400	\$ 10,035	\$ 51,520	\$ 9,533	-	\$ 9,031
27	10	ETH	\$ 103,040	\$ 10,930	\$ -	\$ 10,384	\$ -	\$ 9,837
28	12	ETH	\$ 103,040	\$ 11,721	\$ -	\$ 11,135	-	\$ 10,549
29	14	ETH	\$ 103,040	\$ 12,433	\$ -	\$ 11,812	-	\$ 11,190
30	16	ETH	\$ 95,680	\$ 13,086	\$ -	\$ 12,432	-	\$ 11,777
31	18	ETH	\$ 92,000	\$ 13,690	\$ -	\$ 13,005	-	\$ 12,321
32	20	ETH	\$ 84,640	\$ 14,253	\$ -	\$ 13,541	\$ -	\$ 12,828
33	30	ETH	\$ 71,760	\$ 16,648	\$ -	\$ 15,816	-	\$ 14,983
34	40	ETH	\$ 62,560	\$ 18,587	\$ -	\$ 17,658	-	\$ 16,728
35	50	ETH	\$ 47,840	\$ 20,246	\$ -	\$ 19,233	\$ -	\$ 18,221
36	60	ETH	\$ 40,480	\$ 21,710	\$ -	\$ 20,624	-	\$ 19,539
37	70	ETH	\$ 31,280	\$ 23,030	\$ -	\$ 21,879	-	\$ 20,727
38	80	ETH	\$ 23,920	\$ 24,239	\$ -	\$ 23,027	-	\$ 21,815
39	90	ETH	\$ 23,920	\$ 25,357	\$ -	\$ 24,089	-	\$ 22,821
40	100	ETH	\$ 12,880	\$ 26,401	\$ -	\$ 25,081	\$ -	\$ 23,761
41	150	ETH	\$ -	\$ 30,837	\$ -	\$ 29,295	-	\$ 27,753
42	200	ETH	\$ -	\$ 34,429	\$ -	\$ 32,707	-	\$ 30,986
43	300	ETH	\$ -	\$ 40,213	\$ -	\$ 38,202	-	\$ 36,191
44	400	ETH	\$ -	\$ 44,897	\$ -	\$ 42,652	-	\$ 40,407
		L2L Local	L2L Nacional	L2L Nacional sin POP	L2L Nacional Pop to Pop	Internet	CleanPipe	L2L POP USA to POP MEX

Figura Conclusión 2. Lista de precios actualizada para servicios L2L creada por el autor de este informe.

El siguiente documento que me ayudó a atacar otra de las áreas de oportunidad que se tenía fue la Hoja de Costos, la cual permitió hacer un análisis previo y una validación económica

de los proyectos para eficientar el proceso de entrega, determinando los costos estimados de la solución, la portada de este documento se muestra en la **Figura Conclusión 3**.

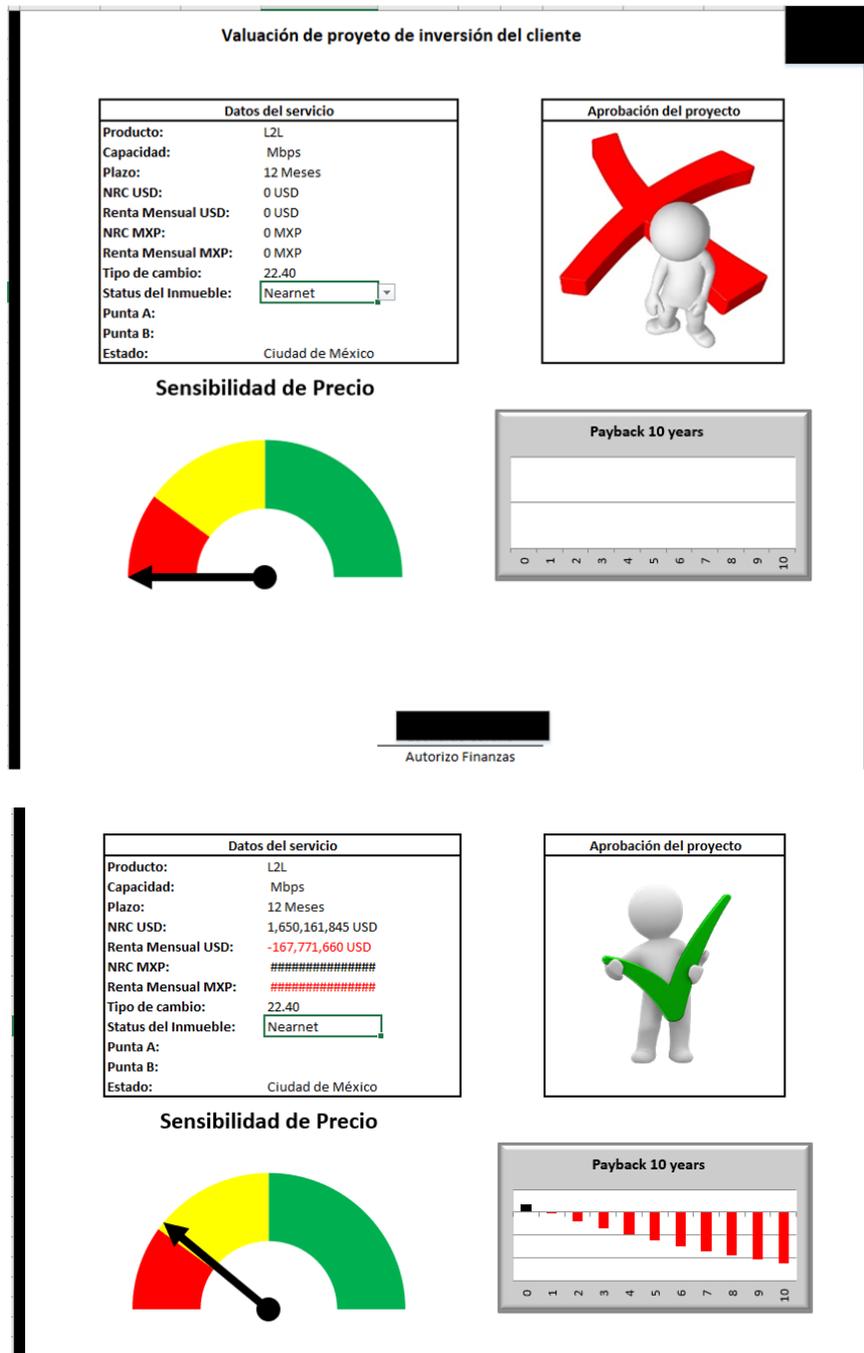


Figura Conclusión 3. Portada de la Hoja de Costos creada por el autor de este informe.

Esta es la portada de la Hoja de Costos donde se muestra el resumen del proyecto a nivel financiero, en la parte superior izquierda se muestran los datos generales: el tipo de producto,

que puede ser L2L, Internet Dedicado, MPLS, o Fibra; después se indica el ancho de banda o capacidad en Mbps, abajo está el plazo de contratación que de manera estándar solo puede ser 12,24 o 36 meses, seguidamente se muestra el *NRC (nonrecurring charge)* también llamado OTC o *One Time Charge* el cual es el costo que el cliente debe pagar una sola vez para poder activar el servicio y que usualmente es el costo de instalación, también aparece la renta mensual o *MRC (monthly recurring charge)* que como su nombre lo indica es la renta que el cliente deberá de pagar mes con mes por todo el plazo de contratación del servicio.

Más abajo se muestra el tipo de cambio, el estatus del inmueble que puede ser: acometido o nearnet y finalmente los datos de los domicilios llamados Punta A y B, así como la ciudad donde se requiere. La mayoría de estos datos se actualizan conforme se haya llenado la pestaña de Configurador dentro del mismo documento y se muestra como un resumen del proyecto a nivel financiero.

En la esquina superior derecha se aprecia un recuadro en el cual se da un resumen de la aprobación del proyecto basado en los indicadores financieros definidos por las áreas de Producto y de Finanzas conforme a las fórmulas que definieron, si el precio que define el ejecutivo de ventas dentro de la Hoja de Costos no satisface dichos indicadores aparece un tache detrás de una persona indicando que el proyecto no es factible, si por el contrario el precio que se establece cumple con los indicadores aparecerá una persona cargando una “paloma” en color verde indicando que el proyecto es factible. En la parte inferior izquierda se muestra un medidor que muestra la “temperatura” del proyecto, si no es factible por el mismo tema de precio ofrecido el indicador posicionará la flecha en la sección de color rojo, si por el contrario el precio es factible la flecha se puede posicionar en la sección amarilla, indicando que el precio cumple con los indicadores financieros aunque no con la ganancia deseada mientras que si se posiciona en la sección verde entonces indica que el precio

ofrecido otorga una ganancia buena para la empresa. Finalmente, en la esquina inferior derecha se muestra una tabla que indica el payback del proyecto que indica en cuanto tiempo la empresa recuperará la inversión necesaria para activar el servicio.

La siguiente pestaña de la Hoja de Costos llamada Configurator se muestra en la **Figura Conclusión 4**.

Planta Interna	Planta Externa Aerea Con	Planta Externa Aerea Sin	PE Canalizada	PE Canalizada	Uso de la Infra Existente	Equipo de Acceso	Equipo MPLS + Puerto	Equipo adicional	CAPEX de Terceros	Opex adicional	Opex LD Equipo de terceros	Opex LD o Internet Calculad	CAPEX	Opex
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura Conclusión 4. Elementos de la pestaña Configurator de la Hoja de Costos creada por el autor de este informe.

Dentro de esta pestaña es donde se define todo lo referente al proyecto, en la primera sección mostrada en color amarillo se indica la ubicación de él/los sitio(s) donde se requiere el servicio, en la siguiente sección sombreada en color naranja se especifica el tipo de servicio y ancho de banda junto con la construcción necesaria de planta interna y planta externa dependiendo del tipo para acometer el/los edificios(s). En la sección de color verde se determina el tipo de equipo a utilizar además de los costos extras que pudieran existir, como el Opex y Capex tanto propios como si se tuviera que contratar a un tercero para entregar el servicio junto con un apartado de observaciones para indicar el dictamen y el tiempo estimado de entrega. Finalmente, en la última sección se muestra el costo de toda la solución (equipos, construcción planta interna y externa, Capex y Opex adicional y de terceros) en

dólares americanos y cada rubro se va sumando para proporcionar un resumen de la suma al final en el lado derecho.

Existen dos pestañas adicionales dentro de la Hoja de Costos llamadas KMZ y detalle de solución, en la primera se anexa el diagrama de solución propuesto junto con la ruta estimada del servicio basado en el diseño, mientras que en la segunda se hace un resumen del proyecto y se proporciona un desglose de costos en caso de que aplique.

El último documento generado **Figura Conclusión 5** como parte del nuevo proceso es la propuesta Técnica-Económica, que se genera para proyectos que ameriten una explicación más a detalle y formal del servicio que se proporciona, este documento fue creado en conjunto con el área de Producto y es llenado en colaboración conjunta entre el ejecutivo comercial para la parte comercial y el Ingeniero de Diseño de Soluciones para la parte técnica.

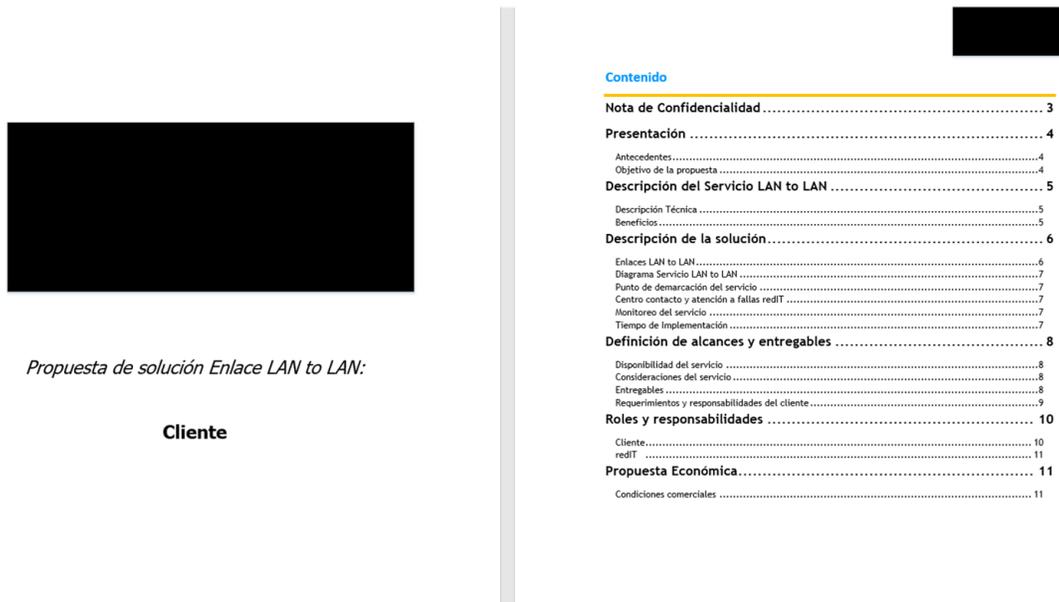


Figura Conclusión 5. Portada de la propuesta Técnico-Económica creada por el autor de este informe.

Derivado de las mejoras implementadas y con el objetivo de contribuir en ayudar a catalogar mucho mejor los proyectos de enlaces *L2L*, generé una infografía que contiene los principales

elementos para evaluar los servicios *EPL* dentro del área de Diseño de Soluciones, la cual incluye el alcance técnico y posibles configuraciones que el producto puede ofrecer de manera estándar (**Figura Conclusión 6**).

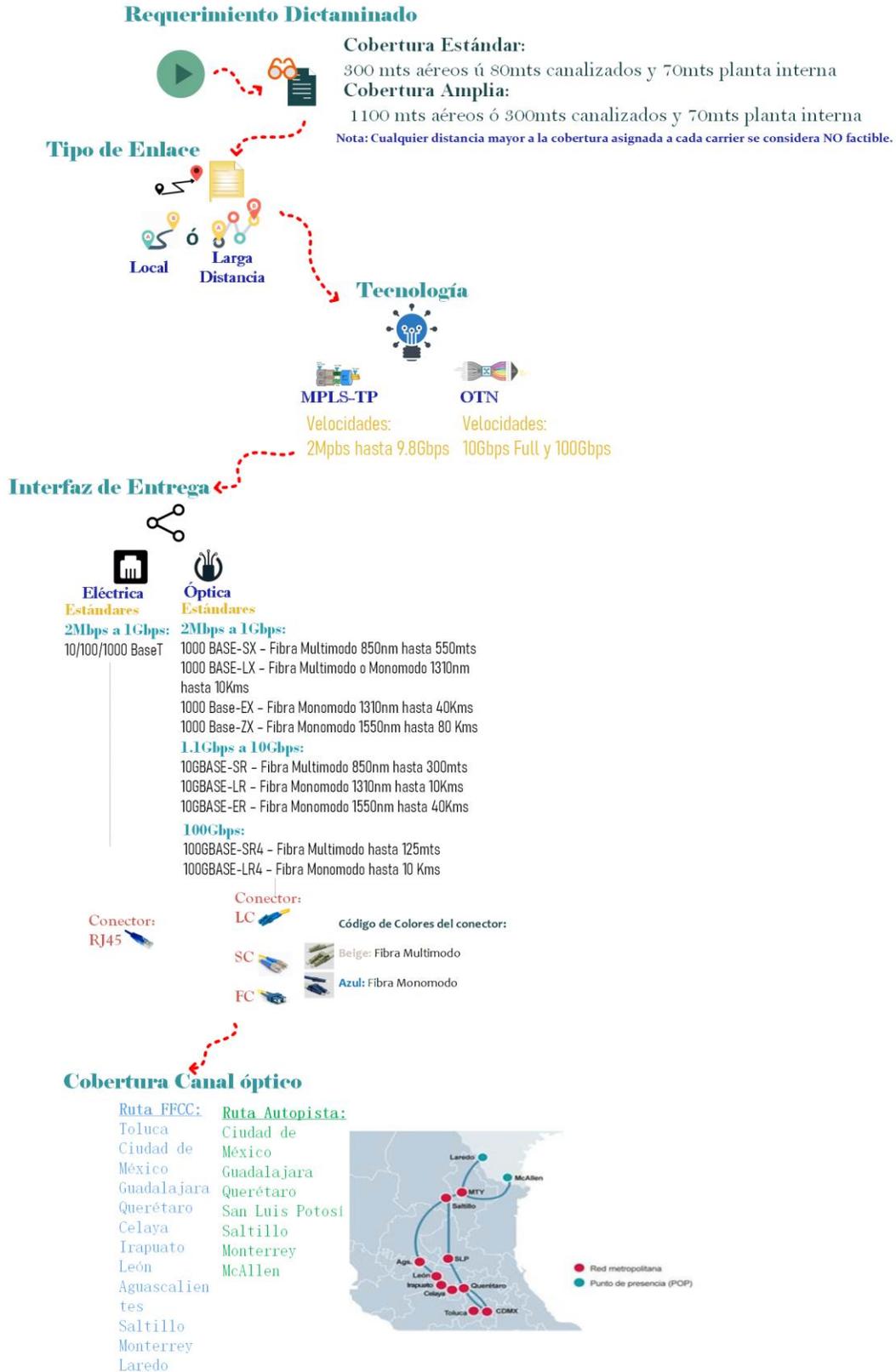


Figura Conclusión 6. Plantilla para servicios EPL generada por el autor de este informe.

Posteriormente, al delimitar las responsabilidades de cada área, pude establecer las acciones a seguir en el área de diseño dentro del flujo de trabajo para la entrega de servicios *EPL*, como se muestra en la **Figura Conclusión 7** a continuación:

Resultados obtenidos y Conclusiones

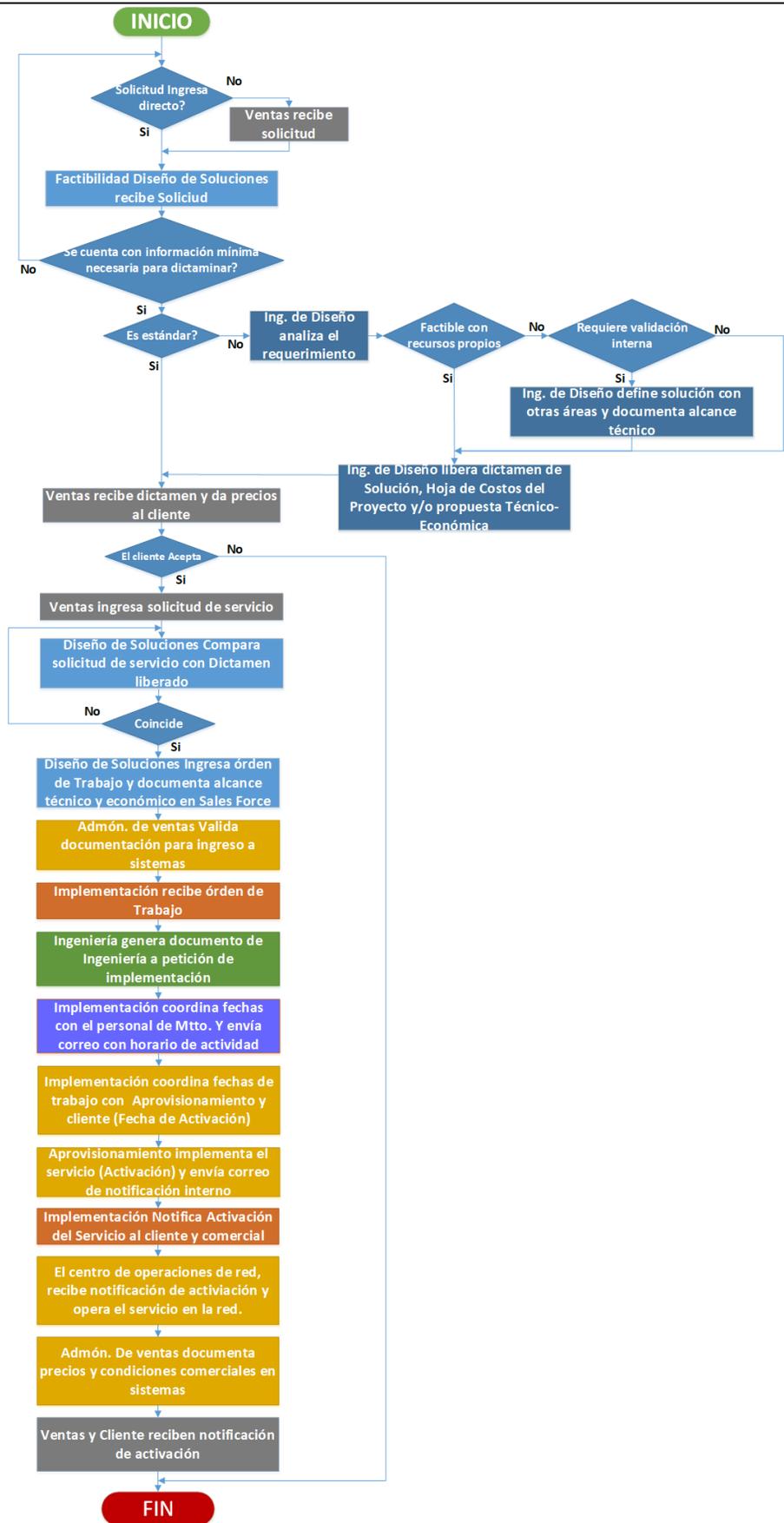


Figura Conclusión 7. Diagrama de Flujo proceso del área de diseño de soluciones creada por el autor de este informe.

Finalmente, al tener claros los entregables de cada área y la(s) etapa(s) en las cuales estaban involucradas, pude simplificar y agilizar el modelo del proceso que permite, al mismo tiempo que se ejecuta, detectar si en alguna etapa es necesario realizar un cambio nuevamente. El proceso final aceptado y que actualmente está en vigor se muestra en la **Figura Conclusión 8** como se muestra a continuación:

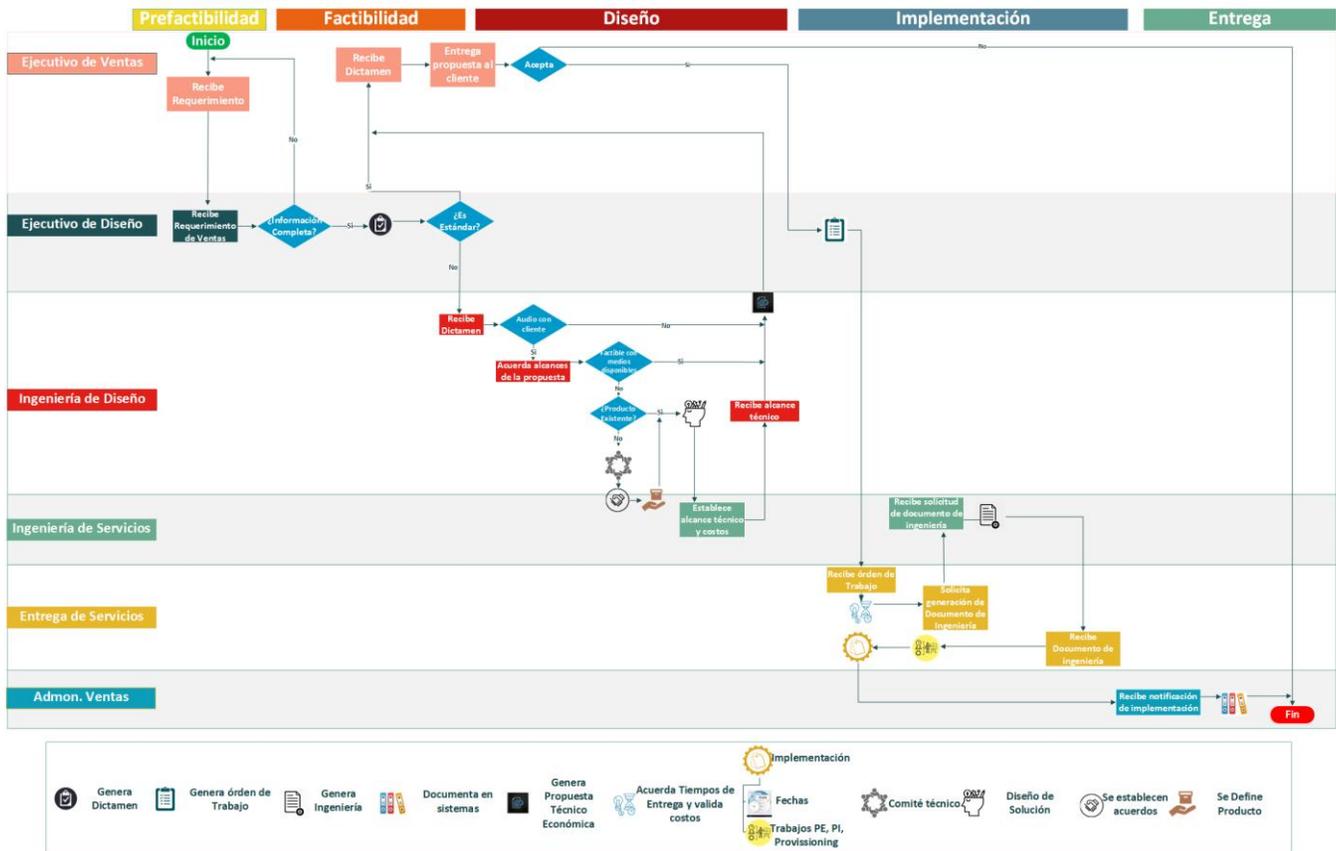


Figura Conclusión 8. Proceso de Entrega de Servicios *Carrier Ethernet* tipo EPL implementado bajo un proceso de mejora continua y análisis FODA creado por el autor de este informe.

El primer cambio que se observa en comparación con el proceso anterior, es la definición de etapas y de áreas involucradas, las cuales muestran las acciones que cada parte realiza y cuáles son los entregables que se esperan recibir y que requerirán para avanzar a la siguiente etapa del proceso. Adicionalmente, el cambio sobresaliente que permite detectar errores y puntos débiles en el proceso son las etapas de revisión y sus filtros. Un primer filtro es el que se hace en la etapa de pre factibilidad, para confirmar que se cuente con la información

mínima necesaria para emitir un dictamen, así como si es necesaria la revisión técnica por medio de comité que se requiere cuando un cliente necesita un producto que no esté estandarizado; como fue el caso mencionado del proyecto de los 100Gbps.

La aplicación de este proceso sirvió para que se definieran los alcances técnicos, la información y apoyo entre las áreas internas, así como los requerimientos del cliente especificados desde un inicio logrando como resultado la entrega sin contratiempos.

En conclusión; pude demostrar que los objetivos de este informe de actividades profesionales se cumplieron, ya que al describir el proceso de entrega de un servicio *Carrier Ethernet* con sus características y alcances me permitió encontrar los puntos de mejora necesarios para modificarlo e implementarlo y lograr ser efectivos en lo que respecta a la entrega de servicios. De igual manera expuse la utilidad de un Ingeniero en Computación, así como la importancia de sus funciones y conocimientos técnicos en el ámbito profesional.

Conclusiones personales

Al cursar la carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, generación 2005-2010, obtuve diversos conocimientos tanto en el aspecto académico como personal, los cuales fueron esenciales para mi desarrollo profesional y humano. Dentro del plan de estudios de la carrera que cursé existían asignaturas que abordaban los diversos temas de redes, sin embargo, es tan vasto el rango de conocimientos que no todos los contenidos pueden ser cubiertos, uno de ellos es el tema de *Carrier Ethernet* y su evolución. *Carrier Ethernet* es un concepto para ofrecer servicios de conectividad dentro del mundo empresarial, del cual consideré adecuado profundizar un poco en este informe ya que es de gran importancia en el mundo de las redes actuales y sus aplicaciones. Gracias a las bases de conocimientos proporcionadas en la Facultad mi capacidad de aprendizaje y entendimiento

de lo que es *Carrier Ethernet* fue mucho más fácil, convirtiendo todo ese conocimiento en herramientas que me ayudan en mi vida profesional.

Al poner en práctica los conocimientos que adquirí en la Facultad de Ingeniería en conjunto con lo aprendido en mi ejercicio profesional, me han permitido mejorar, entre otras cosas, la habilidad para resolver problemas de forma más efectiva. De igual manera, los valores como la responsabilidad y ética, los cuáles la UNAM me inculcó durante mi estancia en ella, son características que hoy por hoy me definen como persona y como profesionista; ya que me permiten desarrollarme continuamente demostrando en todo momento ser un representante digno de esta casa de estudios, reafirmando en mí el gran orgullo y satisfacción por haber elegido esta profesión, buscando siempre contribuir al bien de la sociedad y su constante desarrollo.

GLOSARIO

Acceso a Internet Dedicado: DIA por sus siglas en inglés se refiere a una conexión dedicada usualmente proporcionada a empresas, proveedores de servicios de Internet u otros *Carriers* con un ancho de banda dedicado y simétrico que permite el acceso a Internet de forma continua.

Acometida: Dentro de la red de transporte de AT se le denomina así al último segmento de fibra, el cual se deriva de una caja de empalmes de la red y que ingresa al edificio o inmueble a conectar.

Acuerdo de Nivel de Servicio: Un Acuerdo de nivel de servicio, en inglés *Service Level Agreement* es un contrato entre un proveedor de servicios y un cliente interno o externos que establece las funciones, obligaciones, responsabilidades y estándares del servicio que el proveedor está obligado a cumplir (TechTarget, 2006-2018).

Algoritmo: Un algoritmo es un grupo finito de operaciones que están organizadas de manera lógica con el objetivo de realizar una función específica o solucionar un problema, toma su nombre del matemático árabe Al-Khwarizmi considerado el padre del álgebra.

Ancho(s) de banda: Hace referencia a la cantidad de datos que se pueden transmitir en un determinado tiempo dentro de una red de comunicaciones su unidad de medida es bits por segundo.

Ángulo Crítico: Es el ángulo límite que se forma cuando la luz pasa de un medio o material a otro en el cual no existe reflexión ni refracción teniendo un valor de 90° respecto a la normal, la cual es la línea perpendicular imaginaria entre los dos materiales. Para que una fibra óptica pueda funcionar el ángulo de incidencia mínimo necesario debe ser superior al ángulo crítico para que ocurra el fenómeno denominado reflexión interna Total.

Anillo *Backbone*: Dentro de la red de transporte de AT se le denomina así a la columna vertebral de la red de fibra óptica y está compuesto por cables desde 96 hilos de fibra hasta 216, la cantidad de hilos dependerá de la zona de cobertura.

Anillo *Colector*: Dentro de la red de transporte de AT se les denomina así a las extensiones de la red de fibra óptica que se implementan cuando hay varios sitios a conectar que se encuentran fuera de la cobertura del anillo *backbone*.

Apertura numérica: También llamado ángulo de aceptación es el ángulo máximo de entrada necesario para que la luz ingrese y pueda reflejarse muchas veces y se transportada a través de la fibra óptica.

Backbone: Dentro de una red de comunicaciones se le considera una línea de transmisión de mayor tamaño que se encarga de transportar líneas de transmisión más pequeñas interconectadas a ella, a nivel local permiten la interconexión de redes de área local (*LAN*) para lograr una conexión de red de área amplia (*WAN*) o de larga distancia, así como para abarcar distancias de forma eficiente, los puntos de interconexión son llamados nodos de red. (TechTarget, 2007).

Banda C y L: En fibra óptica es el segmento dentro del espectro electromagnético donde operan las ventanas de longitud de onda de 1530nm y 1620nm que son frecuencias no utilizadas en la banda espectral de la fibra monomodo.

Bit: Acrónimo de *binary digit*, en computación es la unidad mínima de información.

Byte = 8 bits.

Capa de Enlace de Datos del Modelo OSI: Se encarga de que el envío de la información se encuentre libre de errores, haciendo un servicio de transferencia de datos fiable a través del medio físico, también se encarga del direccionamiento físico, del acceso al medio y la detección de errores.

Capa Física del Modelo OSI: Es la capa que tiene como función el definir las propiedades físicas del medio de transmisión y la forma en la que se transmite la información.

Carrier Class: También llamado de grado o clase operador se refiere a un elemento, sistema, equipo o componente de hardware o software que es altamente confiable y probado para trabajar a toda su capacidad, cumplir e incluso exceder el estándar de nivel de disponibilidad que una red y sus soluciones deben tener, al mismo tiempo que poseen mecanismos de recuperación de fallas y redundancia muy veloces siendo menores a 50 milisegundos (Hawkings, 2007)

Carrier Ethernet Network: Es la red del proveedor de servicios u operador por la cual viaja el servicio.

Carrier Ethernet: Son los mecanismos y la aplicación de conjunto de protocolos de transporte *Ethernet* de alta velocidad para la entrega de servicios estandarizados, escalables, confiables, administrables y con calidad del servicio de tipo *Carrier Class* sobre redes de área metropolitana y de mayor tamaño.

Carriers: Proveedores de servicios *Carrier Ethernet* el cual es un mecanismo de transporte *Ethernet* de alta velocidad para redes de área metropolitana (HELD, 2008).

Clear Channel: Se le considera a un canal también llamado línea que conecta dos puntos y que es dedicado enteramente al tráfico o ancho de banda entre esos dos puntos contrastando con una línea compartida en el cual el medio es compartido con otros usuarios, en este tipo de canal el ancho de banda es usado en su totalidad para transmisión, no hay porciones del canal que son usados para control o señalización de tramas (Dong, Jielin, 2007).

Coarse Wavelength Division Multiplexing: División aproximada de longitud de onda por sus siglas en inglés, permite el multiplexaje de pocas longitudes de onda a cortas distancias trabaja en un rango de ventanas de longitudes de onda de 1270nm a 1610nm que permiten tener 18 canales para envío de información separados cada 20nm.

Conexiones multipunto: llamadas también conexiones uno a muchos o muchos a muchos, la información puede viajar desde un origen hacia muchos destinos o múltiples orígenes a muchos destinos.

Conexiones punto-punto: También son llamadas conexiones de uno a uno en el cual se envía la información de un punto hacia otro solamente.

CSMA/CD: *Carrier Sense Multiple Acces with Collisión Detect* es un protocolo desarrollado para el funcionamiento de Ethernet el cual permite a todos los elementos conectados dentro de una red ser sensibles al medio para poder detectar si se encuentra activo o inactivo y saber en qué momento transmitir información evitando así las colisiones y soportando el acceso múltiple.

Cubierta de la Fibra óptica: Es el material exterior de la fibra conformado por un material plástico la cual mide alrededor de 250 μm .

Customer Edge (CE): Es el equipo del cliente o suscriptor del servicio.

Customer Equipment: En telecomunicaciones se refiere al equipo propiedad del cliente el cual proporciona un servicio en particular a la red interna de ese cliente.

Customer Premises Equipment: Es el equipo, usualmente propiedad del proveedor de servicios, que se localiza dentro de las instalaciones del cliente y es el encargado de proporcionar el servicio de comunicación.

Dense Wavelength Division Multiplexing: Multiplexaje Denso por división de longitudes de onda por sus siglas en inglés, permite el multiplexa de muchas longitudes de onda a largas distancias.

Digital Subscriber Line: Tecnología que utiliza la red de telefonía existente para el transporte de datos simultáneo al servicio de Telefonía para ofrecer usualmente conexiones a Internet con un ancho de banda.

Disponibilidad: Hablando de *Carrier Ethernet* se refiere al tiempo que un servicio se encuentra disponible o funcionando sin problemas, el diseño del servicio, los eventos en la red, fallas en equipamiento o componentes son algunos de los factores que influyen en el valor que cada proveedor proporcione como nivel de disponibilidad.

E-Line: son servicios punto a punto que proporcionan una conexión entre dos entidades llamadas UNI, utilizando un *EVC* para establecer la conexión. Están basados en puerto (*port based*) los cuáles proporcionan un alto grado de transparencia de tramas del servicio que son enviadas gracias a que casi todos los campos en cada trama del servicio son idénticos tanto en el emisor como en el receptor, además de no permitir la multiplexación al solo asociar el *UNI* a un solo servicio.

Enlace: Dentro de la red de transporte de AT se le denomina así a un cable de fibra desprotegido que se utiliza para alcanzar sitios a conectar que se encuentran fuera de la cobertura del anillo *backbone* y anillo colector.

EPL: *Ethernet Private Line* es una conexión punto a punto entre dos sitios, está conformado por un elemento clave llamado Ethernet Virtual Connection (EVC) el cual a su vez es definido por el MEF como la asociación de dos o más UNI siendo los UNI la interfaz Ethernet

estándar la cuál es el punto de demarcación entre un equipo del cliente y la red del proveedor del servicio (Santitoro, 2003-2006).

Espectro electromagnético: Se le denomina así a la distribución energética de las ondas electromagnéticas, abarca desde las ondas con menor longitud de onda como los rayos x y gamma pasando por las de longitud de onda mediana como la luz visible, las luz ultravioleta y luz infrarroja hasta las ondas con mayores longitudes de onda como las de radio.

Ethernet Virtual Connection: Es una asociación de dos o más *UNIs* que limita el intercambio de tramas entre las *UNIs* dentro de la conexión virtual Ethernet (The MEF Forum , 2014)

Ethernet: es un conjunto de protocolos o tecnología de red de área local (*LAN*) la cual permite la conexión entre una variedad de equipos de cómputo por medio de un sistema de red flexible y de bajo costo que opera en las capas: física y de enlace de datos del modelo *OSI*.

Fibra Monomodo: Son aquellas en las que la luz solo puede seguir un solo modo o trayectoria dentro del núcleo de la fibra, existen dos tipos: fibras monomodo de índice escalonado y fibras monomodo de índice gradual. Pueden transportar mayores anchos de banda teniendo pérdidas bajas, sin embargo, su fabricación es costosa.

Fibra Multimodo: Son aquellas en las que la luz puede seguir varias trayectorias o modos dentro del núcleo de la fibra, por lo que se pueden transmitir más tipos de datos, aunque a una distancia corta. Son susceptibles a atenuaciones y sufren de un fenómeno llamado dispersión modal debido a la diferencia de tiempo que le toma a todos los haz de luz llegar a su destino deformando el pulso de la señal en el destino con respecto al origen.

Fibra Óptica: Es un medio de transmisión conformado por vidrio y/o materiales plásticos, usualmente silicio que se utiliza para el transporte de información y datos sobre redes de comunicaciones.

Full Dúplex: Tipo de transmisiones que se realizan en ambas direcciones de manera simultánea (bidireccionales).

Gigabit por segundo: Comúnmente abreviado Gbps, Gb/s, Gbit/s ó Gbit/seg) es la unidad de medida que hace referencia a la velocidad a la que se puede transmitir la información, en otras palabras mide la cantidad de datos que pueden ser transmitidos en un segundo teniendo un valor de 1000 Megabits por segundo.

Half Dúplex: Tipo de transmisiones que se realizan en una sola dirección a la vez (unidireccionales).

Hardware: Se les consideran así a todas partes físicas de una computadora como sus componentes eléctricos y electrónicos, mecánicos, periféricos y todo aquel elemento físico.

Índice de Refracción: Es el resultado de dividir el valor del índice de la velocidad de la luz en el vacío entre el índice de refracción de la velocidad de la luz en el medio del cual se requiera obtener el índice de refracción Este valor se utiliza para saber cuánto se reduce la velocidad de la luz dentro del medio en el que se propague.

Institute of Electrical and Electronics Engineers: es la organización profesional técnica más grande del mundo dedicada al progreso de la tecnología para beneficio de la humanidad. Se le considera la voz de confianza para la ingeniería, computación y tecnologías de la información alrededor del mundo debido al gran número de publicaciones, conferencias, estándares de tecnología, actividades profesionales y educacionales y a sus más de 423000 miembros en más de 160 países (IEEE, 2019).

KPI: Key Performance Indicator por sus siglas en inglés, hablando en el área de *Carrier Ethernet* se trata de una métrica que proporciona información acerca del desempeño del servicio *Carrier Ethernet*, usualmente incluye la latencia de tramas *Ethernet*, el *jitter*, el cuál más adelante será definido, pérdida de tramas y la disponibilidad del servicio (Liu, 2016).

L2L (Local Area Network to Local Area Network): Se refiere a la conexión punto a punto que existe entre dos redes de área local (LAN).

LAN: Local Área Network o red de área local son redes de tamaño restringido que pueden encontrarse dentro de un solo edificio o abarcar algunos kilómetros, usadas para conectar computadoras y estaciones de trabajo dentro de una empresa con la finalidad de compartir recursos (TANENBAUM, 2003)

Las redes Alámbricas: son aquellas que utilizan cables como medio de transmisión usualmente par trenzado y conectores Rj45 o fibra óptica.

Las redes Inalámbricas: utilizan ondas electromagnéticas para transmitir la información y por medio de una antena emisora/receptora propagan estas ondas.

Logical Link control: Sub capa de control de enlace lógico por sus siglas en inglés, se encarga del establecimiento y finalización de una llamada y de la transferencia de datos.

Longitud de Onda: En física se refiere a la distancia entre dos puntos de una onda electromagnética periódica o que se repite dentro de un intervalo de tiempo determinado, tomando como referencia ya sea la cresta (punto más alto) o el valle (punto más bajo) por lo que es uno de los parámetros que ayuda a definir una onda, se le representa con una lambda (λ).

Los ISP o Internet Service Provider: por sus siglas en inglés son aquellas entidades usualmente empresas encargadas de proporcionar servicios de Internet a clientes.

MAC: Media Access Control o sub capa de control de acceso al medio por sus siglas en inglés, define el direccionamiento físico, de tal forma que cada host sabrá que tramas están destinadas a ellos por medio de un direccionamiento único que permite conocer las características de hardware de la red, también se encarga de definir las tramas, transmitir las y distribuirlas.

MAN: redes de área metropolitana, son las conformadas por grupos de LAN interconectadas entre sí y abarcan desde un conjunto de oficinas hasta campus enteros y zonas corporativas dentro de un área determinada.

MEF: *Metro Ethernet Forum* es una asociación de industrias no lucrativa compuesta por más de 200 empresas encargada de definir los estándares para ofrecer servicios de comunicación ágiles, asegurados y orquestados que permiten a los usuarios el rendimiento dinámico y la seguridad necesaria para prosperar en la economía digital (MEF, 2009 - 2018).

Micrómetro: También llamada micrómetro o micrón, la micra, como anteriormente era llamada, es una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro. Se le abrevia comúnmente con el símbolo μm .

Microondas: En telecomunicaciones se refiere al medio de transmisión de información, usualmente datos, por medio de ondas del espectro electromagnético que son transportadas a través del aire.

Modelo OSI: *Open System Interconnection:* Modelo de referencia para redes y sus protocolos, el cual fue creado por la Organización Internacional de estándares.

Modos de propagación de la Fibra óptica: Se refiere a la trayectoria que un haz de luz sigue en el interior de una fibra óptica.

MPLS: *Multiprotocol Label Switching:* es una tecnología de transporte de datos que utiliza el protocolo de intercambio de etiquetas o LDP por sus siglas en inglés, es usualmente utilizada en redes de tipo Carrier Ethernet.

Multiplexaje: El multiplexaje es la técnica de combinar varias señales para ser transportadas por un mismo medio físico, la demultiplexación realiza la acción inversa al separar las señales combinadas a su forma original para poder ser entregadas a su destino.

NIC: *Network Interface Card,* es la tarjeta de red que cualquier aparato posee para poder comunicarse entre sí y compartir recursos.

nm: Un nanómetro es una unidad de longitud equivalente a una milmillonésima parte de un metro (10^{-9} metros).

Núcleo de la Fibra óptica: Parte central de la fibra óptica que puede medir de 8 a 62.5 micras, de forma cilíndrica de hilo de vidrio de silicio o materiales plásticos dependiendo del tipo de fibra.

Optical Channel (OCh): Parte de la trama *OTN* que administra las conexiones ópticas entre los regeneradores.

Optical Channel Data Unit (ODU): Parte de la trama *OTN* que proporciona el identificador de cada conexión, monitorea el desempeño del *Bit Error Rate (BER)*, tiene indicadores de alarmas y proporciona un canal de comunicaciones entre ambos extremos. Además, posee una *Optical Channel Payload Unit (OPU)*, que adapta las señales de los clientes a las tramas *OTN*.

Optical Channel Transport Unit (OTU): Parte de la trama *OTN* que proporciona identificación de conexiones ópticas, monitorea el desempeño del *Bit Error Rate (BER)* y

posee un encabezado para trazar tramas *OTN*, además de proporcionar un canal de comunicaciones entre los extremos de la conexión óptica.

Optical Multiplexed Section (OMS): Parte de la trama *OTN* encargada de gestionar los enlaces de fibra óptica entre los multiplexores ópticos y los *switches*.

Optical Transmission Section (OTS): Parte de la trama *OTN* del segmento óptico que se encarga de administrar los segmentos del enlace de fibra óptica entre los componentes ópticos como los multiplexores *WDM*.

OTN (Optical Transport Network): También llamado recomendación G.709, es un grupo de estándares desarrollados por la *ITU* y su grupo 15 (SG15) para redes *WDM* que permite el transporte de multiservicios de los datos teniendo como su principal ventaja la transparencia de cualquier tipo de protocolos.

Passive Optical Network: Tecnología de comunicaciones que proporciona una conexión punto a multipunto, utilizan una terminal Central óptica llamada *OLT* a partir de la cual se utilizan dispositivos ópticos pasivos llamados *splitters* que distribuyen la señal de entrada hacia múltiples salidas o clientes.

Payload: También llamada carga útil, son los datos que contienen la información que se desea ser transmitida dentro de una red de computadoras y está conformada por bytes.

PDU: Protocol Data Unit por sus siglas en inglés, es la unidad de protocolo de datos y especifica la unidad de información utilizada por alguna capa del modelo OSI en particular para transmitir información entre dos entidades de una red, se conforma de dos partes: la unidad de control de un protocolo específico y los datos a transmitir.

Quality of Service: en español Calidad de Servicio de acuerdo con (cisco, 2007) y con (Cabello, 2015) es un conjunto de tecnologías que permiten a una red establecer mecanismos para proporcionar un mejor servicio y rendimiento de datos para dar mayor fluidez en el tráfico de la red, ofreciendo un mejor manejo en el ancho de banda, variaciones de latencia y de retraso (Delay). En otras palabras, otorga prioridad al tráfico según el tipo de datos transportados.

Redes de comunicación: Conjunto de elementos y tecnologías interconectados entre si con la finalidad de compartir recursos e información usualmente datos.

Reflexión Interna total: En óptica se refiere al cambio de velocidad y dirección de la luz al pasar de un medio con un índice de refracción mayor a otro con menor índice de refracción lo que provoca que se refracte (cambie su dirección) de tal forma que no le es posible atravesar la superficie entre los dos medios provocando que se refleje completamente.

Reflexión: Es el cambio de dirección de una onda electromagnética al pasar de un medio a otro que provoca que regrese al medio de origen.

Refracción: La refracción es el cambio de dirección que una onda sufre al pasar de un medio a otro de distinta densidad.

Revestimiento de la Fibra óptica: Es el material que mide 125 μm aproximadamente que rodea al núcleo de la fibra óptica y que posee un índice de refracción menor que el del núcleo, este revestimiento está compuesto usualmente por cuarzo o plástico similar al del núcleo.

Router: Dispositivo de red que se encarga de reenviar la información a través de la red.

SDH: *Synchronous Digital Hierarchy* por sus siglas en inglés, es un estándar de telecomunicaciones de transporte para conectar sistemas de transmisión de fibra óptica, hasta antes de su estandarización internacional por la ITU (*International Telecommunications Union*) se le conocía con el nombre de SONET.

Servicio Carrier Ethernet Best Effort: Se refiere al tipo de servicio que no puede asegurar el desempeño del ancho de banda del servicio proporcionado por lo que “dará su mejor esfuerzo” para poder trabajar.

Servicio Carrier Ethernet Premium: Es aquel tipo de servicio que proporciona un ancho de banda simétrico y dedicado que puede establecer objetivos de desempeño específicos por medio del concepto de *Class of Service* el cual a su vez se basa en los atributos de *delay*, *jitter* y *loss ratio* definidos por el *MEF* para poder ofrecer un buen servicio.

Servicios Administrados: Son aquellos servicios en los cuáles un proveedor externo brinda servicios a una compañía asumiendo la operación y mantenimiento de los servicios brindados.

Servicios de “La Nube” o Cloud Computing: Cloud Computing llamada en español computación en la nube es una tecnología que permite ofrecer servicios a través de internet (salesforce, 2000-2017).

Servicios de Data Center: Son servicios que se encargan del almacenamiento, administración y la distribución de datos de sus clientes que en la mayoría de los casos son empresas para proporcionar una alta disponibilidad de los recursos que almacenan.

Servicios de seguridad: En comunicaciones, se refiere a la prestación de servicios de conocimientos, técnicas y procedimientos de seguridad con la finalidad de proteger la información de los clientes.

Servicios E-LAN: Tipo de servicio *Carrier Ethernet* que proporciona una conexión multipunto a multipunto utilizando múltiples EVC.

Servicios E-Tree: Tipo de servicio *Carrier Ethernet* que proporciona una conexión punto a multipunto por medio de un EVC enraizado o *rooted*, de ahí su nombre.

Software: Se refiere a cualquier conjunto de programas de computadora, instrucciones o reglas lógicas que permiten realizar funciones dentro de una computadora.

Switch: Dispositivo e red que se encargan de interconectar redes.

TCP/IP: Arquitectura de Protocolos TCP/IP también llamado modelo de referencia TCP/IP. Tiene como objetivo principal ofrecer una arquitectura flexible la cual garantiza que las conexiones existentes no se interrumpan y se mantengan intactas si la red sufre la pérdida de algún elemento o hardware siempre y cuando el origen y el destino se encuentren funcionando.

Tecnologías de la Información y comunicación (TIC): Son aquellas tecnologías que permiten la manipulación, acceso, almacenaje y transmisión de la información.

Tiempos de Entrega: Hablando de Carrier Ethernet, se refiere al tiempo que le toma a un proveedor la implementación de un servicio y que considera desde la etapa de diseño hasta la de implementación y puesta en marcha.

Token ring: Arquitectura de red creada por IBM para el intercambio de información donde se requiere de un “token” para que los elementos de una red puedan iniciar una transmisión de información y poderse comunicar, dicho “token” viaja a través de los elementos de la red cuando se encuentra disponible hasta que alguno lo requiera para comunicarse.

Topología de Anillo: tipo de topología de un arreglo lógico donde los elementos de la red se encuentran conectados uno seguido del otro por medio de un cable. La diferencia a una topología de Bus es que no hay equipos terminadores de red y los extremos de esta se encuentran unidos.

Topología Física: Es la forma en la que está diseñada físicamente la red y el medio de transmisión dentro de ella.

Topología Lógica: Se le llama así a la trayectoria que una señal recorre a lo largo de los nodos de la red de manera lógica.

Trama Ethernet: Es el contenedor de datos usada para la transmisión y recepción entre las interfaces físicas de los dispositivos de red.

Troncal SIP: Es un servicio de telefonía que permite a los proveedores de telefonía conectar el PBX (Private Branch Exchange) de los clientes a la red telefónica, haciendo posible realizar llamadas telefónicas sobre la tecnología de voz sobre IP (VoIP). (telsome, 2018).

Ubicuo: Que está presente en todas partes y al mismo tiempo.

Última milla: Término usualmente utilizado en telecomunicaciones que hace referencia al último tramo de una red de comunicaciones que ofrece servicios a un cliente y/o usuario final.

User Network Interface (UNI). Es el punto de demarcación físico entre el proveedor de servicios y el cliente.

Ventana de trabajo de la Fibra óptica: Son porciones del espectro electromagnético ubicados entre la luz visible y la radiación infrarroja utilizados por la fibra óptica para poder modular la luz y transportarla a través de ella. Las 3 principales ventanas usadas en el uso de

la fibra óptica como medio de transmisión son: 850 nm, 1310nm y 1550nm ya que representan menores pérdidas y atenuación para una mejor transmisión.

VLAN: *Virtual Local Area Network* o red de área local virtual, es un método que permite crear redes virtuales independientes, aunque físicamente se encuentren en una misma red física, la principal ventaja de este método es que permite segmentar las redes físicas en varias redes virtuales lo que ayuda a una mejor administración de los elementos que la conforman.

WAN: Redes de área amplia las cuáles se componen de varias LAN y MAN conectadas entre sí y que abarcan una extensa área geográfica, la red de este tipo más conocida es el Internet.

WDM: Wavelength Division Multiplexing: Es una tecnología de transporte de datos que utiliza la multiplexación por división de longitudes de onda para poder transportar la información.

Wholesaler: Aquella entidad, persona o firma que adquiere grandes cantidades de bienes o servicios de varios productores y/o marcas para después venderlos a minoristas. (WebFinance Inc., 2018)

BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, G. (2002). *Fiber-Optic Communications Systems* (Third Edition ed.). Rochester, NY, NY, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc. Recuperado el 19 de Febrero de 2019
- Bedell, P. (2003). *Gigabit Ethernet for Metro Area Networks*. McGraw-Hill Professional. Recuperado el 2 de Febrero de 2019
- Behera, S. (21 de Enero de 2016). <https://electronicspost.com/describe-the-classification-of-electronic-communication-system/>. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de <https://electronicspost.com/>: <https://electronicspost.com/describe-the-classification-of-electronic-communication-system/>
- Bora, G. (Enero de 2014). OSI Reference Model: An Overview. (Uttarakhand Technical University, Ed.) 7(4). Recuperado el 21 de Julio de 2019, de <http://www.ijcttjournal.org/Volume7/number-4/IJCTT-V7P151.pdf>
- Bradner, Scott. (Marzo de 1999). ietf.org/. Recuperado el 2019, de ietf.org/: <https://tools.ietf.org/html/rfc2544>
- Cabello, C. (11 de Septiembre de 2015). <https://www.nobbot.com/tecnologia/mi-conexion/que-es-el-qos-y-por-que-es-importante-para-tu-red-local/>. Recuperado el 14 de Abril de 2019, de <https://www.nobbot.com/>: <https://www.nobbot.com/tecnologia/mi-conexion/que-es-el-qos-y-por-que-es-importante-para-tu-red-local/>
- Casasola, Toni . (2013). *Google Sites*. (T. Casasola, Ed.) Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de Desarrollo de Proyectos STI: <https://sites.google.com/site/desarrollosticaura/proyecto-de-ict/stdp-y-tba/4-fibra-optica>
- cisco. (11 de Julio de 2007). https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.pdf. Recuperado el 14 de Octubre de 2018, de https://www.cisco.com/c/es_mx/: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.pdf
- Cisco Systems, Inc. (27 de Abril de 2006-2007). <https://www.cisco.com>. Recuperado el 14 de Septiembre de 2018, de <https://www.cisco.com>: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2sr/12_2sra/feature/guide/srethoam.html
- Consuelo, B. (2012). *Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje*. Valencia, España, Valencia. Recuperado el 10 de Julio de 2018, de <http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.pdf>.
- DeCusatis, C. (2008). *Handbook of Fiber Optic Data Communication A Practical Guide to Optical Networking* (Third Edition ed.). (C. DeCusatis, Ed.) Burlington, Massachusetts, Estados Unidos de América: Elsevier Inc. Recuperado el 23 de Febrero de 2019
- Dong, Jielin. (2007). *Network Dictionary*. Silicon Valley, California USA: www.Javvin.com. Obtenido de https://www.amazon.com/Network-Dictionary-www-Javvin-com/dp/1602670005/ref=sr_1_1?s=books&ie=UTF8&qid=1544110936&sr=1-1&keywords=9781602670006

- Dutton, H. (1998). *Understanding Optical Communications*. Carolina del Norte: International Business Machines Corporation. Recuperado el 24 de Febrero de 2019
- EFXTO. (12 de Junio de 2011). <https://efxto.com>. Recuperado el 7 de Agosto de 2018, de <https://efxto.com>: <https://efxto.com/diccionario/broker>
- Estepa, R. (Diciembre de 2004). *Notas de ARSS Transmisión y Digitalización*. Recuperado el 18 de Enero de 2019, de <http://trajano.us.es/~rafa/ARSS/apuntes/tema5.pdf>: <http://trajano.us.es/~rafa/ARSS/apuntes/tema5.pdf>
- Facultad de Ingeniería, UNAM. (s.f.). <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/>. (U. Repositorio Digital Facultad de Ingeniería, Editor) Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/>: www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/900/4/A4.pdf
- Fundación Wikimedia, Inc. (2018). https://es.wikipedia.org/wiki/Viacom_Enterprises. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de <https://es.wikipedia.org>: https://es.wikipedia.org/wiki/Viacom_Enterprises
- Gorshe, S. (1 de Julio de 2009). *PMC-Sierra, Inc*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de <https://pmcs.com>: <https://pmcs.com/cgi-bin/document.pl?docnum=2081250>
- Hallberg, B. (2007). *Fundamentos de redes* (Cuarta ed.). (C. R. Pedraza, Trad.) Ciudad de México: McGraw-Hill. Recuperado el 14 de Octubre de 2018
- Hawkings, J. (04 de Abril de 2007). <https://web.archive.org/web/>. Recuperado el 14 de Enero de 2019, de <https://web.archive.org/web/20080624054518/http://www.convergedigest.com/bp/bp1.asp?ID=475&ctgy=>
- Held, G. (2008). *Carrier Ethernet : providing the need for speed*. Boca Raton, Florida: AUERBACH PUBLICATIONS. Recuperado el 14 de Febrero de 2019
- Horst, F. (15 de Febrero de 2006). *Wikimedia Commons*. Recuperado el 8 de Febrero de 2019, de Wikimedia Commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-es.svg
- IEEE. (21 de Octubre de 2003). *IEEE 802.3 ETHERNET WORKING GROUP*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de IEEE 802.3 ETHERNET WORKING GROUP: http://www.ieee802.org/3/ethernet_diag.html
- IEEE. (Junio de 2010). *IEEE P802.3ba 40Gb/s and 100Gb/s Ethernet Task Force*. Recuperado el 11 de Febrero de 2019, de IEEE P802.3ba 40Gb/s and 100Gb/s Ethernet Task Force: <http://www.ieee802.org/3/ba/index.html>
- IEEE. (23 de Marzo de 2019). *ieee.org*. Recuperado el 23 de Marzo de 2019, de [ieee.org](http://www.ieee.org): <https://www.ieee.org/about/index.html>
- indiamart. (1996-2018). <https://www.indiamart.com/viom-networks-limited/aboutus.html>. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de <https://www.indiamart.com/>: <https://www.indiamart.com/viom-networks-limited/aboutus.html>
- International Organization for Standardization. (22 de Septiembre de 2015). *iso.org*. Obtenido de [iso.org](http://www.iso.org): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

- International Telecommunication Union. (2017). *Recommendation ITU-T G.872 Architecture of optical transport networks*. International Telecommunication Union.
- Kasim, A. (2007). *DELIVERING CARRIER ETHERNET Extending Ethernet Beyond The LAN*. McGRAW HILL COMMUNICATIONS. Recuperado el 11 de Febrero de 2019
lexington. (1 de Octubre de 2015). <https://www.lexington.es>. Recuperado el 23 de
Marzo de 2019, de <https://www.lexington.es>:
[https://www.lexington.es/blog/como-utilizar-el-analisis-dafo-para-mejorar-
los-resultados-de-tu-empresa/](https://www.lexington.es/blog/como-utilizar-el-analisis-dafo-para-mejorar-los-resultados-de-tu-empresa/)
- Liu, C. y. L. (14 de Octubre de 2016). <https://wiki.mef.net/>. Recuperado el 18 de
Noviembre de 2019, de
<https://wiki.mef.net/display/CESG/Key+Performance+Indicator>:
<https://wiki.mef.net/display/CESG/Key+Performance+Indicator>
- Martínez, E. (24 de Julio de 2007). *eveliux*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2019,
de eveliux: [http://www.eveliux.com/mx/cursos/estandares-y-
organizaciones.html](http://www.eveliux.com/mx/cursos/estandares-y-organizaciones.html)
- Martínez, M. (20 de Agosto de 2016). *Carriers en México*. (M. C. Angel, Editor)
Recuperado el 18 de Agosto de 2018, de <https://prezi.com>:
<https://prezi.com/xjplsg4anyry/carriers-en-mexico/>
- MEF. (2009 - 2018). <http://www.mef.net/>. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de
<http://www.mef.net/about-mef>: <http://www.mef.net/about-mef>
- MEF. (Agosto de 2014). *mef.net*. Recuperado el 7 de Agosto de 2019, de [mef.net](http://www.mef.net):
https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_6.2.pdf
- Metz, Cade. (18 de Mayo de 2012). <https://www.wired.com/>. Recuperado el 11 de
Febrero de 2019, de wired: <https://www.wired.com/2012/05/steve-crocker/>
- mundocontact. (7 de Febrero de 2008). <https://mundocontact.com/>. Recuperado el 14
de Septiembre de 2018, de <https://mundocontact.com/>:
[https://mundocontact.com/xertix-hace-de-la-empresa-local-una-compania-
global/](https://mundocontact.com/xertix-hace-de-la-empresa-local-una-compania-global/)
- Myip.ms. (2012-2018). *Myip.ms*. Obtenido de Myip.ms.:
https://myip.ms/view/web_hosting/89756
- Omnitron Systems Technology, Inc. (2018). <https://www.omnitron-systems.com>.
Recuperado el 19 de Julio de 2019, de <https://www.omnitron-systems.com>:
[https://www.omnitron-systems.com/carrier-ethernet-learning-
center/carrier-ethernet-fundamentals.php](https://www.omnitron-systems.com/carrier-ethernet-learning-center/carrier-ethernet-fundamentals.php)
- Pinto, R. (2014). *Sistemas de comunicaciones ópticas* (Primera ed.). Bogotá, Bogotá,
Colombia: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA. Recuperado el 10 de
Febrero de 2019
- Quintero, Y. (2014). *slideplayer*. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de
<https://slideplayer.es>: <https://slideplayer.es/slide/2442414/>
- Ramaswami, R. (2009). *Optical Networks: A Practical Perspective, 3rd Edition*.
Burlington: Morgan Kaufmann. Recuperado el 16 de Febrero de 2019
- Rendulić Ilija, D. (2011). *Basic Concepts of Information and Communication Technology, notes*. Zagreb: Open Society for Idea Exchange (ODRAZI), Zagreb. Recuperado
el 10 de Octubre de 2018

- Reynolds, S. (2010). Evolución de las Redes Ópticas. (U. T. Panamá, Ed.) *Prisma Tecnológico*, 2(1), 11-14. Recuperado el 11 de Febrero de 2019
- salesforce. (2000-2017). *salesforce.com*. Obtenido de salesforce.com:
<https://www.salesforce.com/mx/cloud-computing/>
- Santitoro, R. (<http://www.metroethernetforum.org/> de Abril de 2003-2006). *Metro Ethernet Services - A Technical Overview*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de <http://www.metroethernetforum.org/>:
<http://www.metroethernetforum.org/>
- Schnitzler, S. (2019). *YIO multimedia*. Recuperado el 14 de Febrero de 2019, de YIO multimedia: <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/splitters-fibras-opticas.php>
- Spectra Site Inc. (2015). <http://www.spectrasiteinc.com/about-us/>. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de <http://www.spectrasiteinc.com/>:
<http://www.spectrasiteinc.com/about-us/>
- Spurgeon, C. (2000). *Ethernet: The Definitive Guide* (First Edition ed.). (M. S. Toporek, Ed.) Sebastopol, California, United States of America: O'Reilly & Associates, Inc. Recuperado el 11 de Febrero de 2019
- Spurgeon, C. E. (2000). *Ethernet The Definitive Guide*. 101 Morris Street, Sebastopol, CA 95472: O'Reilly & Associates, Inc. Recuperado el 11 de Febrero de 2019
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores* (Vol. Séptima edición). (S. PEARSON EDUCACIÓN, Ed.) Madrid, Ribera de Loira, 28, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A. Recuperado el 14 de Julio de 2018
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras* (4ta ed.). México, Amsterdam, The Netherlands: PEARSON EDUCACIÓN, PRENTICE-HALL INC. Recuperado el 14 de Julio de 2018
- TechTarget. (2006-2018). <https://searchchannel.techtarget.com/>. Recuperado el 24 de Julio de 2018, de
<https://searchchannel.techtarget.com/definition/service-level-agreement>:
<https://searchchannel.techtarget.com/definition/service-level-agreement>
- TechTarget. (Julio de 2007).
<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/backbone>. Recuperado el 24 de Julio de 2018, de <https://searchnetworking.techtarget.com/>:
<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/backbone>
- telsome. (2018). <https://www.telsome.es/sip-trunk.html>. Recuperado el 14 de Septiembre de 2019, de <https://www.telsome.es/>:
<https://www.telsome.es/sip-trunk.html>
- The MEF Forum. (Octubre de 2013). <https://www.mef.net/>. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de <https://www.mef.net/>:
https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_10.3.pdf
- The MEF Forum. (Agosto de 2014). <https://www.mef.net/>. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de <https://www.mef.net/>:
https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_6.2.pdf
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones electrónicas* (Cuarta edición ed.). (G. T. Mendoza, Ed., & G. Mata, Trad.) Phoenix, Arizona, Estados Unidos de América: Pearson Educación. Recuperado el 14 de Julio de 2018
- Universidad Politecnica de Madrid. (2012). *Fundamentos de Comunicaciones Ópticas: Guía de Prácticas*. Universidad Politecnica de Madrid, Departamento de

Tecnología Fotónica y Bioingeniería. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid. Recuperado el 5 de Octubre de 2018

WebFinance Inc. (2018). *businessdictionary.com*. Recuperado el 24 de Agosto de 2018, de businessdictionary.com:
www.businessdictionary.com/definition/wholesaler.html

Westpennwire. (2017). *Westpennwire Product Guide*. Recuperado el 24 de Febrero de 2019, de Westpennwire Product Guide: <http://westpennwire.com/pdf/16774-Fiber%20Optic%20Product%20Guide.pdf>

Wikipedia. (17 de Marzo de 2019). *Micrómetro (Unidad de Longitud)*. Obtenido de Micrómetro (Unidad de Longitud):
[https://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%B3metro_\(unidad_de_longitud\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%B3metro_(unidad_de_longitud))