



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS *CARRIER*
ETHERNET MEF, A NIVEL DE ACCESO**

Wendy Marisol Barrios Herrera

Asesorado por el Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS *CARRIER*
ETHERNET MEF, A NIVEL DE ACCESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WENDY MARISOL BARRIOS HERRERA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS EDUARDO GUZMÁN SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA ELECTRÓNICA

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gomez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. José Antonio de León Escobar
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS CARRIER ETHERNET MEF, A NIVEL DE ACCESO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 24 de octubre de 2016.



Wendy Marisol Barrios Herrera

Guatemala, 14 de febrero de 2018

Ingeniero

Julio César Solares Peñate

Coordinador Área de Electrónica

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Facultad de Ingeniería

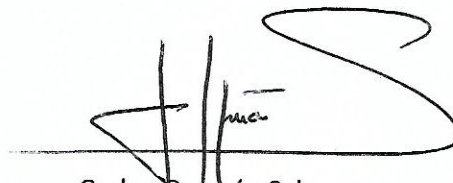
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero Solares:

Hago de su conocimiento por este medio que he concluido la revisión del trabajo de graduación de la estudiante Wendy Marisol Barrios Herrera, titulado **"Implementación de un Plan de Migración a Servicios Carrier Ethernet MEF, a nivel de acceso"**, cumpliéndose con los objetivos que fueron propuestos para el mismo.

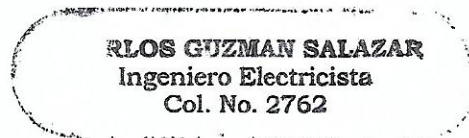
Por lo que, en mi calidad de ASESOR nombrado por la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, doy por aprobado el trabajo de la estudiante Barrios, siendo ella y el suscrito, responsables por el contenido del mismo.

Reciba un cordial saludo, y quedo en la mejor disposición de ampliar lo expresado en esta nota.
Atentamente,



Carlos Guzmán Salazar

ASESOR





REF. EIME 15.2018.

28 DE FEBRERO 2018.

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN A
SERVICIOS CARRIER ETHERNET MEF, A NIVEL DE
ACCESO**, de la estudiante Wendy Marisol Barrios Herrera,
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica



SFO



REF. EIME 15. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; WENDY MARISOL BARRIOS HERRERA titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS CARRIER ETHERNET MEF, A NIVEL DE ACCESO, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andrade González



GUATEMALA, 12 DE MARZO 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

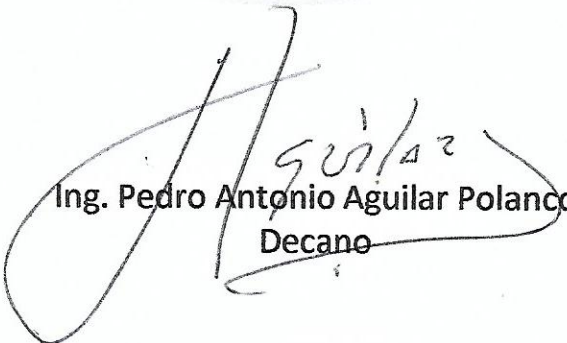


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 188.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS CARRIER ETHERNET MEF, A NIVEL DE ACCESO**, presentado por la estudiante universitaria: **Wendy Marisol Barrios Herrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Fuente de luz, de quien proviene toda sabiduría, perseverancia, por guiarme en todo momento y no desampararme, y permitirme cerrar este ciclo.

Mis padres

Oswaldo Barrios (q. e. p. d.) y Gloria de Barrios, a ellos mi triunfo, como muestra de gratitud, por haber estado ahí, cuando los necesité, por su incondicional apoyo, amor y por haber sido el bastón que sostuvo mis estudios, sea esto una recompensa a sus múltiples esfuerzos y sacrificios. Ahora yo también les puedo decir, ¡misión cumplida!

Mis hermanos

Brenda, Marvin y Zoraida Barrios, con inmenso cariño, porque hemos permanecido juntos, saliendo adelante, aún en las pruebas más difíciles, los quiero y admiro mucho.

Mi novio

Rafael Pacheco por estar incondicionalmente a mi lado, por su apoyo, consejo, ayuda, paciencia, ejemplo de perseverancia y amor, que siempre me animó y me dieron fuerzas

para continuar y poder terminar. ¡Lo logramos
Amor!

Mis abuelitos

José Herrera, Amanda de Herrera, Luis Barrios
y Carmen de Barrios, con inmenso amor para
ustedes, este triunfo hasta el cielo.

Mi Familia

Porque cada uno de ellos, contribuyo con un
grano de arena en la concepción de este triunfo

Mis compañeros

Por su amistad y aprecio.

Guatemala

Pedacito de tierra que me vió nacer, a la cual
llevo dentro de mi corazón y a quien espero ser
útil, con lealtad y respeto.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el recinto donde adquirí valiosos conocimientos en mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por ser el lugar donde adquirí todos los conocimientos que me formaron como profesional.
Dios, Jesusito y a la Virgen	Por escuchar mis oraciones, ayudarme en todo momento, y darme la sabiduría e inteligencia necesaria para alcanzar mis metas.
Mi familia	Porque son parte fundamental en mi vida, y por quienes me esfuerzo cada día.
Mi novio	Por su ayuda, asesoría, inmenso amor, ¡este triunfo lo alcancé gracias a él!.
Mis compañeros de estudio y de labores	Por compartir momentos alegres, tristes y a veces hasta decepcionantes; pero siempre dándonos ánimos para continuar y seguir esforzándonos para alcanzar nuestras metas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. QUE ES <i>ETHERNET</i>	1
1.1. Historia de <i>ethernet</i>	3
1.2. La Invención de <i>ethernet</i>	4
1.3. Estándares de <i>ethernet</i>	5
1.4. Evolución de los estándares <i>ethernet</i>	6
1.4.1. Las 7 capas del modelo OSI.....	11
1.5. Tipos de redes <i>ethernet</i>	13
1.5.1. LAN.....	14
1.5.1.1. Topología en bus	15
1.5.1.2. Topología en anillo.....	17
1.5.1.3. Topología en estrella	18
1.5.1.4. Topología en malla	20
1.5.1.5. Topología en árbol.....	21
1.5.2. MAN.....	23
1.5.3. WAN	25
2. <i>CARRIER ETHERNET</i>	27
2.1. Definición de <i>carrier ethernet</i>	28

2.2.	Plataforma de servicio.....	29
2.2.1.	Modelo básico de referencia	29
2.2.2.	Tramas de servicio	31
2.2.2.1.	Tramas de servicio de datos	33
2.2.2.2.	Tramas de servicio L2CP	33
2.2.2.3.	Tramas de servicio SOAM.....	34
2.3.	Conectividad de servicio	34
2.3.1.	EVC punto a punto	35
2.3.2.	EVC multipunto a multipunto.....	35
2.3.3.	EVC multipunto- <i>rooted</i>	37
2.3.4.	Multiplexación de servicio (<i>service multiplexing</i>)	38
2.4.	Servicios <i>carrier ethernet</i>	39
2.4.1.	Foro <i>metro ethernet</i> (MEF).....	41
2.4.1.1.	Objetivos claves del MEF	42
2.4.2.	Marco de definición de servicios <i>carrier ethernet</i>	43
2.4.2.1.	Atributos básicos de servicio	43
2.4.3.	Requisitos de uso.....	47
2.4.4.	Etiquetado de VLAN	48
2.4.5.	Estándar 802,1P (priorización)	50
2.5.	Transporte <i>ethernet</i> en una red de proveedor de servicios.....	51
3.	PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS <i>CARRIER ETHERNET</i> MEF	55
3.1.	Requerimientos de implementación	58
3.1.1.	Requerimientos lógicos de red.....	58
3.1.2.	Equipamiento de red	60
3.1.3.	Recurso humano	64
3.2.	Análisis de los enlaces a migrar, a nivel de acceso (última milla).....	65
3.2.1.	Análisis de las topologías actuales.....	66

3.2.2.	Verificación de la topología según el tipo de servicio.....	73
3.3.	Planificación de habilitación de red MPLS, sobre la cual se configurarán los servicios <i>carrier ethernet</i> MEF	75
3.3.1.	Planificación de ventanas de mantenimiento, para proceder con la migración a servicios <i>carrier ethernet</i> MEF, a nivel de acceso	75
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFÍA		83
ANEXOS		85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Dibujo del sistema original <i>ethernet</i>	5
2.	Capas del modelo OSI, donde opera <i>ethernet</i>	12
3.	Direcciones de la capa 2 limitaciones de la capa 1	13
4.	Tipos de redes <i>ethernet</i>	14
5.	Topología en bus.....	16
6.	Topología en anillo	18
7.	Topología en estrella.....	19
8.	Topología en malla.....	21
9.	Topología en árbol	22
10.	Red MAN.....	23
11.	Red WAN	26
12.	Modelo básico de referencia	30
13.	Tramas de servicio	31
14.	Tramas de servicio – IEEE 802,1Q-2005.....	32
15.	EVC punto a punto.....	35
16.	EVC multipunto a multipunto.....	37
17.	EVC multipunto- <i>rooted</i>	38
18.	Multiplexación de servicio	39
19.	Marco de definición servicios <i>carrier ethernet</i>	43
20.	Atributos básicos de servicio.....	44
21.	Atributos básicos de servicio – agrupados para fácil comprensión	45
22.	Formato de trama 802,1Q.....	48
23.	Resumen tecnología de transporte	53

24.	Velocidad <i>ethernet</i>	56
25.	Topología interconexión nueva red.....	59
26.	Ubicación punto demarcación UNI.....	62
27.	Protección servicio última milla – mismo punto de entrada red proveedor.....	67
28.	Protección servicio última milla – 2 nodos del proveedor en ubicaciones distintas.....	67
29.	Arquitectura de protección ETH SNC (ETH#A).....	69
30.	Arquitectura de protección ETH SNC	69
31.	Arquitectura de protección de conmutación <i>ethernet</i> en anillo.....	71
32.	Protección puerto - punto a punto.....	72
33.	Diagrama para enlace de datos (punto a punto).....	73
34.	Diagrama para enlace de internet.....	74

TABLAS

I.	Versiones estándar IEEE 802,3.....	8
II.	Servicios <i>carrier ethernet</i>	41
III.	Concentración servicios.....	76
IV.	Concentración nodos.....	76
V.	Distribución tiempo – migración servicios/región	77
VI.	Asignación personal por región migración servicios	78

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Mb/s	Megabits por segundo

GLOSARIO

<i>Backbone</i>	Se traduce como columna vertebral y se refiere a las principales conexiones troncales de una red. Recoge los datos de conexiones más pequeñas.
Bit	Siglas en inglés para <i>Binary digit</i> . Se traduce como dígito binario, es un dígito del sistema de numeración binario que puede tomar solamente 2 valores. Es una unidad básica de información usada en computación y comunicaciones digitales.
BPDU	Siglas en inglés para <i>Bridge Protocol Data Units</i> . Son tramas que contienen información del protocolo <i>Spanning tree</i> (STP): configuración y cambios de topología.
<i>Bridged Local Area</i>	Se refiere a una LAN basada en <i>switches/bridges</i> .
<i>Broadcast</i>	Difusión ancha, es un método de transmisión de datos de capa 2, donde una trama o paquete de datos se copia y se envía a todos los nodos de la red. Es un tipo de transmisión de uno a todos.
Cable MSOs	MSO son las siglas en inglés para <i>Multiple-System Operator</i> por lo que Cable MSOs se refiere a operadores de sistemas múltiples de cable. En

Estados Unidos, un sistema de cable es una facilidad que se sirve a una comunidad o a una entidad gubernamental distinta, cada una con su propio acuerdo con la compañía de cable. Por lo que cualquier compañía de cable que sirva a múltiples comunidades es un MSO.

Canónico/no-canónico En el contexto de Formato de trama 802,1Q se refiere al bit de CFI, del inglés *Canonical Format Indicator*.

Carrier Se traduce como portador o transportista. En su significado de portador es una señal o pulso transmitido a través de una línea de telecomunicación. Por otro lado, también, es una compañía que ofrece servicios de comunicaciones por medio de cable terrestre, marítimo, móvil, microonda y sistemas satelitales.

Carrier ethernet Es una manera natural de extender el protocolo *ethernet* para proveer conectividad WAN. Aprovechada por *Carriers*, empresas y gobierno, que usan *ethernet* para proveer servicios de comunicaciones.

CE Siglas en inglés para *Customer Edge Equipment*. Es el equipo (*router* o *switch* que cumple con IEEE 802,1) en el sitio del subscriptor que se conecta con la MEN.

CEN	Siglas en inglés para <i>Carrier Ethernet Network</i> . Es la red proveedora del servicio usada para transportar servicios <i>carrier ethernet</i> .
<i>Cloud-based environments</i>	Se traduce como nube. Se le denomina así a internet. En términos sencillos la nube se refiere a la habilidad de alojar una plataforma de software o servicio desde una ubicación remota que puede ser accesada y usada en cualquier lugar mediante acceso a internet.
<i>C-Tag o C-Tagged</i>	Es lo mismo que decir C-VLAN <i>tag</i> . MEF lo define como CE-VLAN <i>tag</i> y se refiere a la etiqueta de cliente IEEE 802,1Q en el encabezado <i>ethernet</i> de una trama de servicio.
DEC (<i>Digital Equipment Corporation</i>)	Fue una compañía estadounidense considerada pionera en la fabricación de minicomputadores. Se fundó en 1957, y existió hasta 1998, cuando fue adquirida por Compaq.
EPON <i>ethernet</i>	Siglas en inglés para <i>Ethernet Passive Optical Network</i> . Es uno de los estándares de PON y es una extensión del estándar <i>ethernet</i> IEEE 802,3.
ETH	<i>Ethernet layer network</i>
<i>Ether</i>	Concepto físico que da origen a <i>ethernet</i> .

Ethernet	Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD).
EVC	Siglas en inglés para <i>Ethernet Virtual Connection</i> . Es la representación lógica de una conexión de servicio entre dos o más UNIs.
Hub	Se traduce como concentrador; es un dispositivo comúnmente usado para conectar segmentos de una LAN. Todos los puertos replican los paquetes que llegan a un puerto del <i>hub</i> .
IP	Siglas en inglés para <i>Internet Protocol</i> . Es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la capa de red según el modelo internacional OSI.
ISP	Siglas en inglés para <i>Internet Service Provider</i> .
LAN	Siglas en inglés para <i>Local Area Network</i> , se traduce como red de área local. Es una red de computadoras que abarca un área reducida a una casa, un departamento o un edificio.

Leaf	Significa hoja. Si lo relacionamos al tipo de servicio <i>E-Tree</i> , una hoja solamente puede enviar tramas <i>ethernet</i> a una raíz (<i>root</i>).
Link	Es un enlace entre dos puntos A y B
MAN	Siglas en inglés para <i>Metropolitan Area Network</i> , se traduce como una red de área metropolitana. Es una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica extensa. MAN tiene coberturas y velocidades mayores que una LAN pero menores que una WAN.
MAU	Siglas en inglés para <i>Multistation Access Unit</i> (MAU o MSAU), unidad de acceso a múltiples estaciones, es un concentrador de cableado al cual se conectan todas las estaciones finales de una red <i>token ring</i> (IEEE 802,5).
MEF	Siglas en inglés para <i>Metro Ethernet Forum</i> .
Multicast	Multidifusión es un método de transmisión de datos de capa 2, donde una sola trama o paquete es enviado desde una única fuente a múltiples destinos. Es un tipo de transmisión de uno a muchos.
PARC	Siglas en inglés para <i>Palo Alto Research Center</i> (centro de investigación de Palo Alto), es una empresa de investigación y desarrollo, propiedad de

Xerox Corporation; con sede en Palo Alto (California, EE.UU.), fue fundado en 1970 inicialmente como una división de investigación

Party-line phone systems

Sistema de telefonía de línea compartida. Es un sistema donde varios suscriptores telefónicos son conectados a la misma línea fija.

PHY

Es una abreviatura de *physical layer*, en español, capa física, que corresponde al modelo OSI y se utiliza para los circuitos que implementan una capa física

Plug-and-play

Se refiere a la capacidad de un sistema informático de configurar automáticamente los dispositivos al conectarlos. Permite poder enchufar un dispositivo y utilizarlo inmediatamente, sin preocuparse de la configuración

Proveedor de servicio

La organización que provee el servicio *carrier ethernet*.

QoS

Siglas en inglés para *Quality of Service*. Término que se refiere a los objetivos de rendimiento del servicio especificados por un grupo de parámetros, por ejemplo *frame loss*, *frame delay* y *frame delay variation*.

Root	Significa raíz. Si se relaciona al tipo de servicio <i>E-Tree</i> , las raíces pueden enviar tramas <i>ethernet</i> a las hojas (<i>leaves</i>) y a las raíces (<i>roots</i>).
SNC	<i>Subnetwork connection</i>
SOAM	Siglas en inglés para <i>Service Operations, Administration and Maintenance</i> . aplica para servicios <i>end-to-end carrier ethernet</i> (conforme a MEF17, ITU-T Y.1731 e IEEE 802,1Q)
Subscriber	La organización que compra el servicio <i>carrier ethernet</i> .
Stream	En redes de computadoras, es la plataforma nativa del sistema unix V para implementar controladores de dispositivos de caracteres, protocolos de red, y comunicación entre procesos. En esta plataforma, un <i>stream</i> es una cadena de co-rutinas que pasan mensajes entre un programa y un driver de dispositivo o entre programas.
STP	Siglas en inglés para <i>Spanning Tree Protocol</i> . En comunicaciones, STP es un protocolo de red de nivel 2 del modelo OSI. Su función es la de gestionar la presencia de <i>bucles</i> y <i>brodcast</i> relacionados en topologías de red donde existen trayectorias redundantes.

Tecnología agnóstica	Se refiere a la capacidad de interoperabilidad y compatibilidad de una tecnología, con diversas redes.
Telco	En los Estados Unidos, es una contracción para <i>telecommunications company</i> .
UNI	Siglas en inglés para <i>User-to-Network Interface</i> . Es un punto de demarcación físico entre el dominio del suscriptor y el dominio del proveedor de servicio.
Unicast	Unidifusión o difusión única, es un método de transmisión de datos de capa 2, donde una sola trama o paquete es enviado desde una única fuente a un solo destino en la red. Transmisión de uno a uno.
Untagged	Se traduce como sin etiquetar.
Vlan	Siglas en inglés para <i>Virtual Lan</i> (Red de área local virtual), es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física; pudiendo coexistir varias, en un único conmutador físico o en una única red física.
WAN	Siglas en inglés para <i>Wide Area Network</i> , se traduce como red de área amplia. Es una red de computadoras que une varias redes locales, aunque

sus miembros no estén todos en una misma ubicación física.

Wifi

Es una tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos basados en estándares de IEEE 802,11.

Wireless

Significa inalámbrico o sin cables. Es un término usado para describir las telecomunicaciones en las cuales las ondas electromagnéticas a través del espacio, en lugar de un medio de propagación físico, llevan la señal en la trayectoria de la comunicación.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es mostrar la implementación de estándares basados en MEF en última/primera milla en el área de redes a nivel de *carrier-class*. La estandarización permite control, mejor administración, orden, agilización de nuevos servicios, lenguaje común, soporte universal, agilidad y productividad, moverse a una manera más flexible para proveer servicio al cliente y sus requerimientos además de reaccionar eficientemente ante fallas de red. Adicionalmente incrementa el valor de la compañía.

La implementación será realizada en una red en producción en la que se procederá con la migración de todas las últimas/primeras millas; para lo cual será necesario instalar nuevos equipos en los bordes de la red y en varios casos también en las instalaciones de los clientes basados en la compatibilidad de dichos equipos. De acuerdo a, los nuevos estándares se redefinieron las topologías para hacer una red más robusta.

La administración efectiva del recurso humano es punto clave dio buenos resultados al momento de la ejecución del plan de migración superando algunos inconvenientes.

En general, los resultados fueron exitosos. La migración se logró aunque con retraso en la fecha planeada sin embargo resultó funcional, tanto para la parte operativa como de mantenimiento.

OBJETIVOS

General

Implementar un plan de migración hacia servicios *carrier ethernet* MEF, a nivel de acceso; es decir, que cumplan con lo que indica el *Metro Ethernet Forum* (MEF); así como verificar los detalles y requerimientos necesarios.

Específicos

1. Definir los conceptos básicos de una red metro y *carrier ethernet*, así como los elementos que la conforman.
2. Definir los tipos de servicios que pueden ser proveídos/ofrecidos sobre la red *carrier ethernet* implementada, según lo especificado por MEF.
3. Establecer la importancia que tiene para las empresas, el desarrollo de un plan de implementación para realizar la migración a servicios *carrier ethernet* MEF, a nivel de acceso; derivado de las nuevas necesidades de los clientes.
4. Definir las pruebas de certificación que se deben ejecutar, al momento de proceder con la entrega de los servicios.

INTRODUCCIÓN

Es importante tomar en cuenta aspectos que agreguen valor a la empresa dependiendo de la industria donde se labore. La presente implementación obedece también como respuesta ante problemas de red presentados en la operativa diaria.

La tarea requiere atención dedicada y programación de actividades. Dependiendo del tamaño de la red, en algunos casos consumirá más tiempo que en otros. Tal como se verá en el desarrollo de la tesis, para llevar a cabo el proyecto se necesitó de recurso humano adicional y calificado, un responsable del proyecto, y responsables de tareas específicas de las etapas de la migración.

Se necesitó del rediseño y planeación de la red basado en los nuevos estándares, ajustando, analizando y añadiendo los nuevos conceptos para hacer la integración con la red existente sin afectar la operativa o minimizando el impacto que los cambios podrían generar en cuanto a la disponibilidad frente a los clientes. La investigación es una parte importante de toda innovación y en relación a ese tema en cuanto a los dispositivos a usar se averiguó el tipo de equipos y sus capacidades, tanto de borde como de CPE para sustituir los actuales o hacer una mezcla si eran compatibles y optimizar los recursos de equipos. En cuanto a personal se refiere fue necesario coordinarlo de acuerdo a cada etapa, los grupos no necesariamente trabajan al mismo tiempo. Sin embargo, la coordinación de los equipos de trabajo fue clave para la ejecución del plan. Personal de planta externa, personal de configuraciones, diseño y documentadores deben trabajar en armonía.

La planeación muchas veces presenta atrasos por diversas razones por lo cual se implementó un plan de contingencia por si algo salía mal al momento de la ejecución de cada ventana de migración. En general se tuvo atraso, pero se logró la migración exitosa de la red. En las siguientes secciones se presenta el desarrollo del tema con el fundamento teórico para ir dando paso a la práctica.

En la primera sección se describe la tecnología *ethernet* la cual incluye los inicios de *ethernet*, el origen y definición, estándares, evolución, tipos de redes: LAN, MAN, WAN. Topologías: bus, anillo, estrella, entre otros.

Más adelante se aborda y profundiza en lo que es *carrier ethernet*, la entidad o industria que lo define, así como los objetivos de la misma; la plataforma de servicio (describiendo el modelo de negocio referencia para la definición de dichos servicios, las diferentes tramas; siendo éstas, de datos, L2CP y SOAM), los distintos tipos de conectividad (EVC punto a punto, EVC multipunto a multipunto, EVC multipunto arraigado), los tipos principales de servicio definidos por el MEF (*E-Line*, *E-Lan* y *E-Tree*), así como los servicios definidos para cada uno de éstos tipos principales, los grupos de atributos básicos (el que explica los tipos de EVC, los relacionados a identificadores, los que caracterizan la funcionalidad del UNI y los relacionados con la limitación soportada). Así mismo, también se habla los requisitos de uso, etiquetado de vlan, estándar de priorización y las diferentes tecnologías de transporte que operan en distintas capas del modelo OSI.

Y por último, se propone el plan de migración de los servicios a *carrier ethernet* MEF, a nivel de acceso, enunciando los requerimientos de implementación previos a realizar los trabajos; tanto lógicos, de equipamiento de red, de recurso humano; así como el respectivo análisis de los enlaces,

donde se enlista la información mínima con la que se debe contar; el análisis de las topologías actuales, para verificar hacia cual servicio *carrier ethernet*, se deberá migrar; así como un cronograma propuesto de ejecución.

1. QUE ES *ETHERNET*

La necesidad de comunicarnos ha hecho que se desarrollen distintos mecanismos o formas de llevar los mensajes de un punto a otro. En esa búsqueda se crean nuevas, innovan, o mejoran las plataformas inventadas inicialmente. Además, en el proceso van surgiendo nuevos conceptos o herramientas que hacen superior o más completos los desarrollos iniciales.

En el presente capítulo se describe brevemente la historia de *ethernet*, cuya palabra tiene su origen en el término Latín *aether*, un medio mítico que se creía que llenaba todo el espacio vacío en la tierra al mismo tiempo que proveía de ondas magnéticas de transmisión. Se dice que la respuesta a qué es *ethernet* es multifacética. De acuerdo a su origen, es un protocolo de red que facilita el uso de algún tipo de medio físico o PHY para comunicación o transmisión de datos. Actualmente la tecnología de red más popular para redes de área local (LANs), es *ethernet*. En los 80s y 90s hubo competencia en tecnologías de red de área local (LAN), incluyendo ARCNET, StarLAN, Fiber Distributed Data Interface (FDDI, una tecnología basada en anillos LAN de fibra), token bus, y token ring. Sin embargo, a mediados de los 90s, *ethernet* fue el claro ganador debido a su estructura nativa compatible con redes IP (por sus siglas en inglés, *Internet Protocol*), simplicidad *plug-and-play*, y costo relativamente bajo.

De acuerdo a su definición centrada en red LAN, *ethernet* fue concebida como una tecnología para conectar dispositivos dentro de la misma área general, usualmente en un solo edificio. El número de dispositivos a ser

interconectados debían ser pocos y las distancias relativamente pequeñas, el protocolo se limitaba así mismo a un rango de 100 metros.

Para describir *ethernet* en sus inicios, se podría pensar en el sistema de telefonía *party-line* (*party-line phone systems*), que fue común hace unos 50 años. En ese sistema, múltiples casas compartían una sola línea de teléfono de cable y un solo usuario de teléfono podía hablar cada vez que quería comunicarse. En las zonas rurales donde la población era escasa y resultaba prohibitivo suministrar una línea telefónica independiente para cada casa, los sistemas de telefonía *party-line* fueron una solución lógica. *Ethernet* inicialmente trabajó en esa misma forma: Primero, un dispositivo de red trataba de transmitir datos, después escuchaba si había colisión con otra actividad en el segmento de red; si detectaba una colisión, el que enviaba, automáticamente esperaba un tiempo aleatorio de un milisegundo o dos, después chequeaba otra vez si la red estaba disponible para enviar datos.

Con el crecimiento de internet, *ethernet* estaba listo para desempeñar un papel más importante, cubriendo más allá de un solo edificio o abarcando más, que solo aplicaciones de distancia corta, como fue originalmente pensado. Asimismo, fueron tomando lugar las redes inalámbricas (*wifi networks*), algunas veces referidas como *wireless ethernet*. La idea original en cuanto al número de dispositivos interconectados y distancias entre ellos se expandió considerablemente. Su rentabilidad y alto rendimiento de tecnología de red, probó que era lo suficientemente adaptable para mantenerse liderando. Por ejemplo, ante adaptaciones evolutivas de vlans y versiones más rápidas de *Spanning Tree Protocol* (STP).

Las redes modernas proveen gran ancho de banda (*high-bandwidth*), acceso a grandes velocidades (*high-speeds*) para transmitir datos críticos local,

y remotamente, así como en ambientes basados en la nube (*cloud-based environments*).

1.1. Historia de *ethernet*

El 22 de mayo de 1973, mientras trabajaba en el Centro de investigación Xerox Palo Alto (PARC, por sus siglas en inglés *Palo Alto Research Center*) en California, Bob Metcalfe, escribió un memo describiendo un sistema de red que él había inventado para interconectar estaciones de trabajo avanzadas, llamadas Xerox Altos, haciendo posible, el envío de datos entre éstas y las impresoras láser de alta velocidad. La Xerox Alto, fue la primera computadora personal con interface de usuario gráfica y un ratón como dispositivo apuntador. Las invenciones de PARC también incluyeron, la primera impresora láser para computadoras personales y, con la creación de *ethernet*, la primera red de área local (LAN) de alta velocidad, tecnología para enlazar todo junto.

Esto fue lo más notable en el entorno informático para la época, ya que, desde principios de la década de 1970, fue una era en la cual la informática estaba dominada por ordenadores centrales grandes y caros. Pocos lugares podían permitirse comprar y mantener ordenadores centrales, y pocas personas conocieron como usarlos. Los inventos de Xerox PARC ayudaron a producir un cambio revolucionario en el mundo de la informática.

Uno de los mayores impulsores de estos cambios revolucionarios fue el uso de redes de área local (LAN, por sus siglas en inglés *Local Area Network*) *ethernet*, para habilitar la comunicación entre las computadoras. Combinado con el desarrollo de internet y la web, este nuevo modelo de interacción entre computadores trajo un nuevo mundo de la tecnología de las comunicaciones a la existencia.

1.2. La Invención de *ethernet*

A finales de 1972, Metcalfe y sus colegas de Xerox PARC desarrollaron el primer sistema de *ethernet*, red experimental para interconectar Xerox Altos, entre sí, con los servidores y las impresoras láser. La señal de reloj para la interfaz experimental fue derivada del reloj del sistema Altos, resultando una tasa de transmisión de datos en el *ethernet* experimental de 2,94 Mb/s.

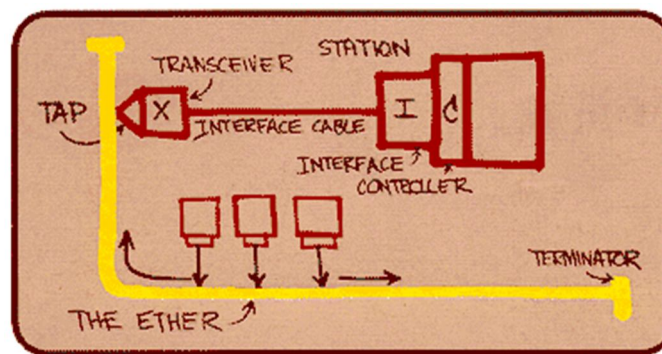
La primera red experimental de Metcalfe, fue llamada: red alto aloha. En 1973, Metcalfe le cambió el nombre a *ethernet*, para aclarar que el sistema podía soportar cualquier computadora, no solo Altos, y señalar que sus nuevos mecanismos de red habían evolucionado mucho más allá del sistema Aloha. Él escogió el nombre, en base a la palabra *ether* (que en español, significa éter), como una manera de describir una característica esencial de un sistema: el medio físico (por ejemplo, un cable) lleva los bits hacia todas las estaciones; de la misma manera que el viejo éter lumínico, donde se pensaba que las ondas electromagnéticas se propagaban a través del espacio (el físico Albert Michelson y Edward Morley refutaron la existencia del éter en 1887, pero Metcalfe decidió que este era un buen nombre para su nuevo sistema de red que transportaba señales hacia todas las computadoras). Así, nació el *ethernet*.

En 1976, Metcalfe dibujó el diagrama mostrado en la figura 1, mismo que fue usado en su presentación en la Conferencia Nacional de Informática en junio de ese año. El dibujo usaba los términos originales para describir los componentes de *ethernet*.

En julio de 1976, Bob Metcalfe y David Boggs, publicaron su artículo destacado *Ethernet: distributed packet switching for local computer networks* (*Ethernet*: conmutación de paquetes distribuidos para redes locales de

ordenadores). A finales de 1977, Robert M. Metcalfe, David R. Boggs, Charles P. Thacker y Butler W. Lampson recibieron la patente estadounidense número 4 063 220 en *ethernet* para un sistema de comunicación de datos multipunto con detección de colisiones.

Figura 1. **Dibujo del sistema original *ethernet***



Fuente: SPURGEON, Charles y ZIMMERMAN, Joann. *Ethernet The Definitive Guide*. p. 6.

En este punto Xerox es propietario en su totalidad del sistema *ethernet*. La siguiente etapa en la evolución de la red de ordenadores más popular del mundo era liberar *ethernet* desde los confines de una sola corporación y convertirlo en un estándar para todo el mundo.

1.3. Estándares de *ethernet*

Ethernet está estandarizada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés: *Institute of Electrical and Electronics Engineers*). La IEEE tiene su sede en Nueva York y tiene más de 425 000 miembros en más de 160 países. Una de las mayores organizaciones profesionales de todo el mundo, la IEEE organiza conferencias y publica más

de 150 actas, revistas, entre otros, anualmente. La IEEE también desarrolla estándares en una amplia gama de industrias, incluyendo las telecomunicaciones, información tecnológica, nanotecnología y productos de generación de potencia y servicios.

Los estándares de *ethernet* producidos por la Asociación de Estándares IEEE (IEEE-SA, por sus siglas en inglés: *IEEE Standards Association*) son solo un grupo de los más de 1 400 estándares y proyectos en desarrollo. La IEEE-SA está compuesta por voluntarios de la comunidad de ingenieros de la IEEE y no es parte formal de ningún gobierno. Sin embargo, los estándares de la IEEE están formalmente reconocidos por los grupos nacionales de estándares (por ejemplo, *American ANSI, German DIN*) y las organizaciones internacionales de normalización (por ejemplo, ISO, IEC).

El proceso de desarrollar estándares IEEE implica ingenieros de la industria, gobierno, y otros dominios que ofrecen su tiempo para trabajar juntos dentro del marco IEEE-SA para producir estándares o normas. A fin de desarrollar un grupo de especificaciones en la que los participantes estén de acuerdo que proveerán un estándar abierto e interoperable, que todos los vendedores puedan usar, de aquí que, los ingenieros son requeridos para llegar a un consenso en las cuestiones técnicas. Los estándares IEEE aseguran que los vendedores puedan fabricar equipos que trabajen juntos de manera correcta, expandiendo así, el mercado y beneficiando tanto a fabricantes como a consumidores.

1.4. Evolución de los estándares *ethernet*

El estándar original para *ethernet* de 10 Mb/s fue el primero publicado en 1980 por el consorcio de vendedores DEC (*Digital Equipment Corporation*), *Intel*

Corporation y *Xerox*. Usando la primera inicial del nombre de cada compañía, esto llegó a ser conocido como el estándar *ethernet* DIX. Este estándar titulado: *The ethernet, a local area network. Data link layer and physical layer specifications* (*Ethernet*, una red de área local. Especificaciones de capa de enlace de datos y de capa física), contenía las especificaciones para la operación de *ethernet*, así como las especificaciones para un solo sistema de medios, basado en el cable coaxial grueso. Como es cierto para la mayoría de los estándares, el estándar DIX fue revisado para añadir modificaciones técnicas, correcciones, y mejoras menores. La última revisión de este estándar fue el DIX V2.0, publicado en noviembre de 1982.

Más o menos al mismo tiempo que el estándar DIX fue publicado un nuevo esfuerzo dirigido por la IEEE para desarrollar estándares abiertos de red también estaba en marcha. En consecuencia, la tecnología original *ethernet*, basada en el uso de cable coaxial grueso para proporcionar un canal de comunicación compartido, terminó siendo estandarizado dos veces, primero por el consorcio DIX y una segunda vez por la IEEE.

El estándar de la IEEE fue desarrollado bajo la dirección de la LMSC LAN/MAN *Standards Committee* (Comité de estándares para redes locales y metropolitanas) que identifica sus normas con el número 802. El comité 802 es el encargado de escribir los estándares relacionados a redes LAN.

El comité IEEE 802 tomó el sistema descrito originalmente por DIX y lo usó como base para su estándar. Ésta se publicó en 1985 bajo el título *IEEE 802,3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification*. El comité 802 de la IEEE evitó el uso de la palabra *ethernet* en su estándar para no crear intereses comerciales. En su lugar quedó el nombre 802,3 CSMA/CD o simplemente

802,3. Sin embargo, la mayoría de la gente usa el nombre *ethernet* cuando se refiere al estándar 802,3.

IEEE 802,3 es el estándar oficial de *ethernet*. Cada tanto suele aparecer algún nuevo estándar relacionado a *ethernet*, escrito por algún consorcio económico dedicado al desarrollo de tecnología de redes; o es posible escuchar de diferentes tecnologías, tales como la 802,11 *wireless* LANs (redes LAN inalámbricas), referenciada a *ethernet*; sin embargo, si dicha tecnología o estándar no está especificado dentro de la 802,3 no se considera como un estándar oficial. Esto no significa que la tecnología no funcionará, pero esta será, típicamente específica del proveedor y no estará disponible o no la manejarán otros proveedores. También puede darse el caso que sea un nicho de tecnología, que no se consideró lo suficientemente útil, como para justificar su inclusión en el estándar.

El estándar original 802,3 hace referencia al *ethernet* de 10 Mbps de cable grueso, es decir al que utiliza como medio de propagación el cable coaxial grueso. Posteriormente a dicho estándar, la IEEE fue redactando nuevas versiones de la 802,3 que corresponden a otros medios de propagación; así como a otras tasas de transmisión. En la tabla 1 se resumen las distintas versiones del estándar 802,3 y sus descripciones.

Tabla I. **Versiones estándar IEEE 802,3**

Año	Estándar IEEE	Nombre	Velocidad	Descripción
1985	802,3	10Base-5 (<i>Thick ethernet</i>)	10 Mbps	50 Ω , cable coaxial de 10mm
1988	802,3a	10Base-2 (<i>Thin ethernet</i>)	10 Mbps	50 Ω , cable coaxial de 5 mm

Continuación de la tabla I.

1990	802,3i	10Base-T	100 Mbps	Cable UTP categoría 3, 100 Ω
1993	802,3j	10Base-F	10 Mbps	Dos fibras multimodo a 850 nm
1995	802,3u	100Base-T4	100 Mbps	Cuatro pares cable UTP categoría 3, 100 Ω .
		100Base-TX	100 Mbps	Dos pares cable UTP categoría 5, 100 Ω
		100Base-FX	100 Mbps	Dos fibras multimodo a 1300 nm
1997	802,3x	<i>Full-Duplex ethernet</i>	10 y 100 Mbps	
1997	802,3y	100Base-T2	100 Mbps	Dos pares cable UTP categoría 3, 100 Ω
1998	802,3ac	Virtual LANs (VLANs)		Tramas extendidas hasta 1552 bytes para VLANs etiquetadas
1998	802,3z	1000Base-SX	1 Gbps	Fibra multimodo a 850 nm
		1000Base-LX/HX	1 Gbps	Fibra multimodo a 1300 nm
		1000Base-CX	1 Gbps	Cable de cobre
1999	802,3ab	1000Base-T	1 Gbps	Cuatro pares UTP categoría 5, 100 Ω
2002	802,3ae	10 Gigabit <i>ethernet</i>	10 Gbps	Fibras monomodo y multimodo, <i>full</i> dúplex solamente.
2003	802,3af	Alimentación sobre <i>ethernet</i> (PoE)		Alimentación DTE a través de MDI.

Continuación de la tabla I.

2004	802,3ak	10GBASE-CX4	10 Gbps	<i>ethernet</i> sobre cable coaxial para distancias cortas.
2006	802,3an	10GBASE-T10	10 Gbps	<i>ethernet</i> sobre par trenzado no blindado (UTP).
2006	802,3as	Formato de Extensión de la Trama		Expansión de la Trama a 2,000 bytes para todos los etiquetamientos
2007	802,3aq	10GBASE-LRM	10 Gbps	<i>ethernet</i> sobre fibra óptica distancia larga.
2010	802,3az	<i>ethernet</i> Energéticamente Eficiente		<i>ethernet</i> Energéticamente Eficiente
2010	802,3ba	40GBaseSR4	40 Gbps	100m sobre una nueva fibra óptica multi-modo de 2000 MHz.km
		40GBase-LR4	40 Gbps	10 km sobre fibra monomodo.
		40Gbase-CR4	40 Gbps	10m en montaje de cable de cobre.
		40GBase-KR4	40 Gbps	1 m sobre <i>backplane</i> .
		100GBase-SR10	100 Gbps	100m sobre una nueva fibra multimodo de 2000 MHz.km
		100GBase-LR4	100 Gbps	10km sobre fibra monomodo.
		100GBase-ER4	100 Gbps	40km sobre fibra monomodo.
		100GBase-CR10	100 Gbps	10m en montaje de cable de cobre.

Fuente: elaboración propia.

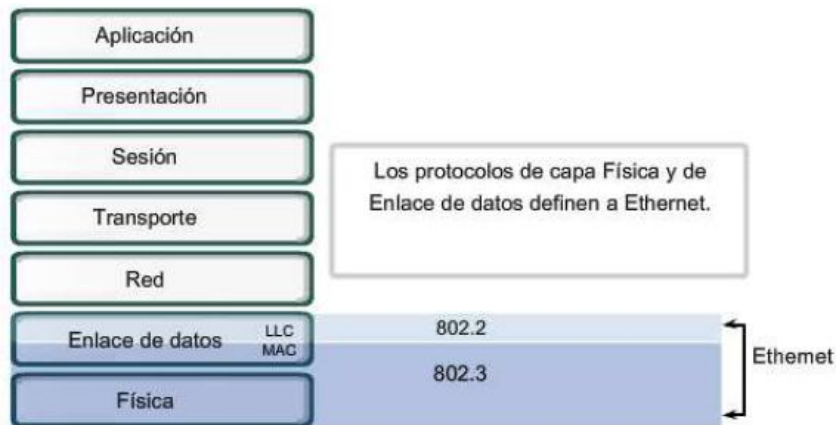
Cuando la IEEE tomó como base el estándar original de DIX le hizo algunos pocos cambios. La principal razón de la diferencia entre ambos estándares se debía a que ambos grupos perseguían fines distintos. Las especificaciones de DIX fueron desarrolladas por las tres compañías asociadas y fueron pensadas para describir pura y exclusivamente el sistema *ethernet*. Para ese entonces no existía un mercado abierto de LAN con diversos fabricantes.

En cambio la IEEE fue desarrollando normas de manera tal, de poder integrar el mercado mundial de normas de redes LAN y de esa forma establecer un único conjunto de normas internacionales que agrupe las diferentes tecnologías tanto actuales como las nuevas que vayan apareciendo. Las especificaciones tanto *ethernet* como IEEE 802,3 se refieren a características de la capa 1 y 2 correspondientes al modelo ISO para interconexión de sistemas abiertos (*OSI, Open System Interconnection*), es decir la capa física y la capa de enlace de datos.

1.4.1. Las 7 capas del modelo OSI

Ethernet opera a través de dos capas del modelo OSI. El modelo ofrece una referencia, sobre con qué puede relacionarse *ethernet*, pero en realidad se implementa sólo en la mitad inferior de la capa de enlace de datos, que se conoce como subcapa control de acceso al medio (Media Access Control, MAC), y la capa física (ver figura 2).

Figura 2. Capas del modelo OSI, donde opera *ethernet*



Fuente: Capítulo 9 *Ethernet*. <http://blog.utp.edu.co/ee973/files/2012/04/capitulo09-ethernet.pdf>.

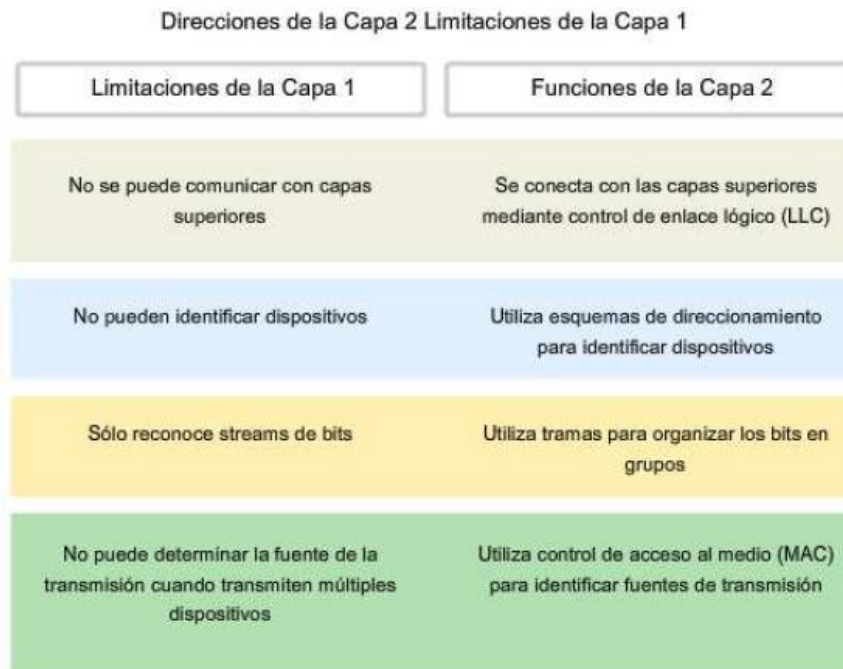
Consulta: enero de 2017.

Ethernet en la capa 1 implica señales, *streams* de *bits* que se transportan en los medios, componentes físicos que transmiten las señales a los medios y distintas topologías. La capa 1 de *ethernet* tiene un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones tiene limitaciones.

Tal como lo muestra la figura 3, *ethernet* en la capa 2 se ocupa de estas limitaciones. Las subcapas de enlace de datos contribuyen significativamente a la compatibilidad de tecnología y la comunicación con la computadora. La subcapa MAC se ocupa de los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información y prepara los datos para transmitirlos a través de los medios.

La subcapa control de enlace lógico (*Logical Link Control*, LLC) sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utilizará para el proceso de comunicación.

Figura 3. **Direcciones de la capa 2 limitaciones de la capa 1**



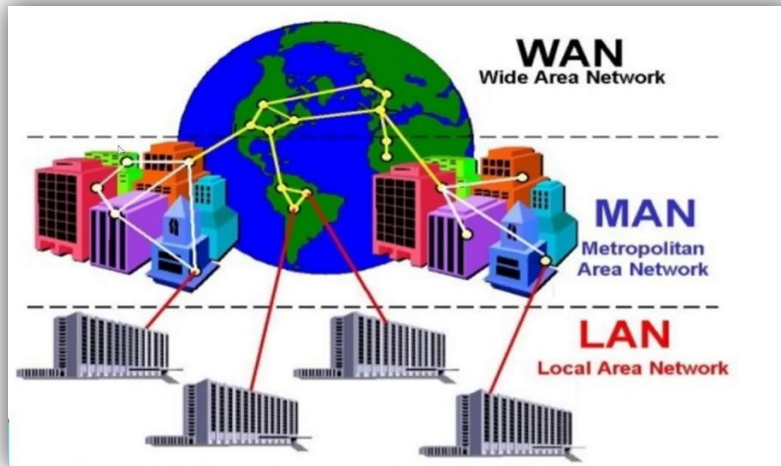
Fuente: Capítulo 9 *Ethernet*. <http://blog.utp.edu.co/ee973/files/2012/04/capitulo09-ethernet.pdf>.

Consulta: enero de 2017.

1.5. Tipos de redes *ethernet*

Hay 3 tecnologías de transporte básicas asociadas con las diferentes versiones de *ethernet*: red de Área Local (LAN, por sus siglas en inglés *Local Area Network*), red de Área Metropolitana (MAN, por sus siglas en inglés *Metropolitan Area Networks*) y red de Área Amplia (WAN, por sus siglas en inglés *Wide Area Network*) (ver figura a continuación).

Figura 4. Tipos de redes *ethernet*



Fuente: WAN Vs MAN Vs LAN # *Types Of Computer Networks*.

<https://www.youtube.com/watch?v=rKtHmQ7jYZQ>. Consulta: diciembre de 2017.

Por otro lado, a la disposición geométrica de los equipos de una red y de los cables que las conectan, así como el trayecto seguido por las señales a través de la conexión física; se le llama topología, habiendo varios tipos, según el tipo de tecnología de transporte, según se observa a continuación.

1.5.1. LAN

Una red de área local (LAN, por sus siglas en inglés *Local Area Network*), como su nombre lo indica, representa una red que transporta datos en distancias relativamente pequeñas. Antes del cambio de siglo, podíamos definir una pequeña distancia en términos de cientos de metros para una simple LAN o de varios miles de metros donde las LANs estuvieran puenteadas para extender su distancia de transmisión. Desde el cambio de siglo, las LANs *ethernet* en su

forma de gigabit y 10 gigabit *ethernet*, que utilizan principalmente cable de fibra óptica, proveen distancias de transmisión de hasta 70 Km. Así, con el uso de gigabit y 10 gigabit *ethernet*, el local (del termino LAN) puede ser obsoleto, ya que la red es capaz de soportar transmisión en un área metropolitana grande. Por lo tanto, el uso de local como una característica para describir una LAN en comparación con una WAN puede no representar una buena métrica en comparación con su uso hace 7 u 8 años.

Las LANs tienen las siguientes características:

- Alta velocidad de transferencia de datos.
- Tecnología generalmente es menos costosa.
- Estas redes suelen utilizar la tecnología de *broadcast*, es decir, que todas las estaciones (una estación está formada por un computador terminal y una tarjeta de red) están conectadas al mismo cable, lo que permite que todos los dispositivos se comuniquen con el resto y compartan información y programas.
- Existen varios tipos de topologías, como lo son: en bus, anillo, estrella, malla y árbol, mismas que se describen a continuación.

1.5.1.1. Topología en bus

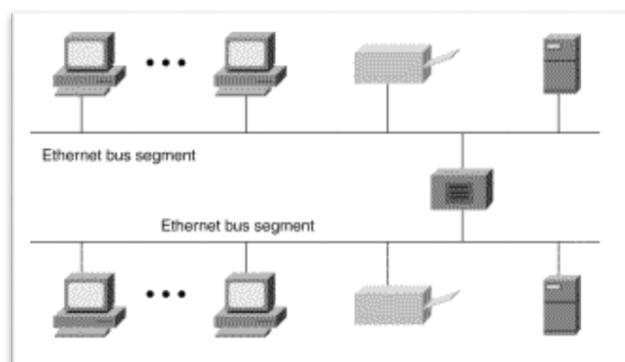
Se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones llamado bus, troncal o *backbone* al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta manera todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí. La información recorre todo el bus bidireccionalmente hasta encontrar su destino, el punto negativo de esta red es la posibilidad de interceptar los paquetes de información por usuarios no autorizados. Para el funcionamiento de esta red es necesario incluir en ambos extremos del bus unos dispositivos

llamados terminadores, los cuales evitan los posibles rebotes de la señal, introduciendo una impedancia característica.

Entre las características principales se tiene:

- Fácil de implementar y escalable.
- Ocupa un gran espacio.
- Arquitectura muy simple.
- Límite de equipos dependiendo de la calidad de la señal.
- Posibles degradaciones en la señal.
- Es difícil reconfigurar y aislar los fallos.
- El canal requiere ser correctamente cerrado.
- Muchas pérdidas en la transmisión debido a las colisiones de datos.
- Velocidad de transmisión 10Mbps con *ethernet*.
- Un corte en el cable, afecta la LAN entera

Figura 5. **Topología en bus**



Fuente: PARVEEN. *Computer Networking Fundamentals: Volume-I (Kindle Edition)*. Posición

71.

1.5.1.2. Topología en anillo

Es un *link* unidireccional que conecta el lado transmisor de un dispositivo hacia el lado receptor del siguiente, de manera que el último queda conectado al primero, cerrando el anillo. Las señales circulan alrededor de la LAN, regenerándose en cada nodo; donde es examinada la información que es enviada a través del anillo. Si la información no está dirigida al nodo que la examina, la pasa al siguiente en la red, hasta llegar a su destinatario. Se puede conseguir una conexión bidireccional, con un anillo doble creando así redundancia por si ocurre algún fallo.

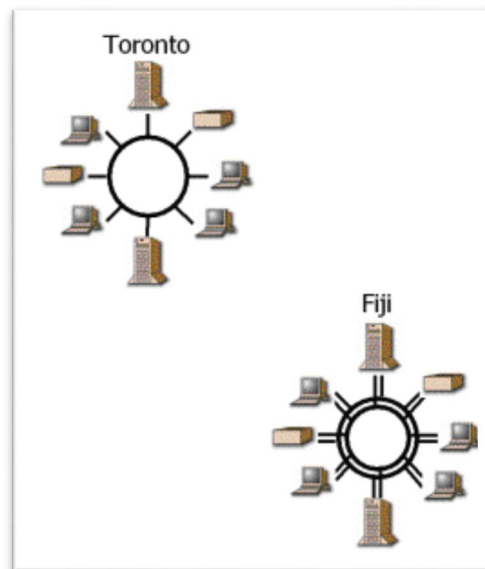
El cableado es el más complejo de todos, debido, en parte, al mayor coste del cable, así como a la necesidad de emplear dispositivos MAU (unidades de acceso multiestación) para implementar físicamente el anillo. Cuando existen fallos o averías, es posible derivar partes de la red mediante los MAUs, aislando las partes defectuosas del resto de la red, mientras se determina el problema. Así, un fallo en una parte del cableado no detiene el tráfico de la red en su totalidad.

Entre las características principales se tiene:

- Puede cubrir largas distancias comparado con otras topologías.
- Utiliza menos cable que la topología estrella por lo que tiene un coste menor.
- Si se rompe una conexión, se cae la red completa
- Opera a grandes velocidades y permite mecanismos para evitar colisiones.
- El protocolo de acceso al medio incluye mecanismos para retirar el paquete de datos de la red una vez llegado a su destino.

- Pueden trabajar con cable coaxial y los más comunes ofrecen una velocidad de 4 Mbps y 16 Mbps.

Figura 6. **Topología en anillo**



Fuente: PARVEEN. *Computer Networking Fundamentals: Volume-I (Kindle Edition)*. Posición 70.

1.5.1.3. **Topología en estrella**

En una topología estrella cada estación está conectada hacia un hub central o concentrador, que funciona como un repetidor multipuerto. El concentrador es un dispositivo que conecta varios equipos. Las conexiones se realizan mediante dicho componente, las estaciones mandan las señales al concentrador y éste a todos los equipos de la red.

La mayor ventaja de esta topología es que no importa si una estación falla puesto que no dependen unos de otros, como en la topología en anillo. La desventaja, es que si el concentrador falla, toda la red dejará de funcionar y además se creará ruido en la red.

Entre las características principales se tiene:

- Fácil de escalar.
- Fácil de prevenir daños o conflictos.
- La red completa está centralizada.
- El coste es bastante elevado, debido a que requiere mucho cable.
- El cable viaja por separado, del concentrador a cada dispositivo en la red.
- Velocidad desde 10 Mbps (*ethernet* original) o 100 Mbps (*Fast ethernet*).

Figura 7. **Topología en estrella**



Fuente: PARVEEN. *Computer Networking Fundamentals: Volume-I (Kindle Edition)*. Posición

78.

1.5.1.4. Topología en malla

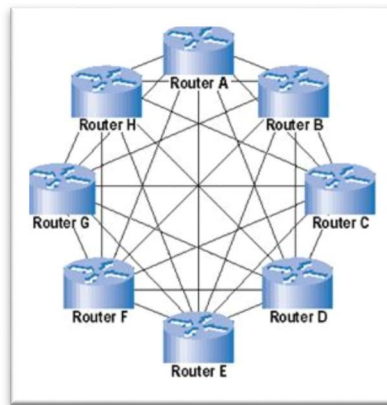
En esta topología todas las estaciones están interconectadas entre sí por medio de un tramado de cables. Esta configuración provee redundancia porque si en dado caso, un cable falla, hay otros que permiten mantener la comunicación. Esta topología requiere mucho cableado por lo que se la considera muy costosa.

Muchas veces, ésta topología se une a otra, para formar una topología híbrida. Las redes en malla son aquellas en las cuales todos los nodos están conectados de forma que no existe una preeminencia de un nodo sobre otros, en cuanto a la concentración del tráfico de comunicaciones.

Entre las características principales se tiene:

- El coste es bastante elevado, debido a que requiere mayor infraestructura (cable, *switches*, repetidores de señal, puntos de acceso, interfaces, entre otros), para la interconexión de cada nodo con los nodos vecinos.
- Alta disponibilidad, debido a que, la comunicación entre dos nodos cualesquiera de la red, puede llevarse a cabo incluso si uno o más nodos se desconectan de ésta, de forma imprevista o si alguno de los enlaces entre dos nodos adyacentes falla.
- Alta confiabilidad.

Figura 8. **Topología en malla**



Fuente: VALDIS, Krebs. La vida social de los routers. Aplicando el conocimiento de las redes humanas al diseño de las redes de ordenadores. http://revista-redes.rediris.es/html-vol11/Vol11_9.htm. Consulta: diciembre de 2016.

1.5.1.5. **Topología en árbol**

La topología en árbol es una variante de la topología en bus. Esta topología comienza en un punto denominado cabezal o raíz (*headend*). Uno o más cables pueden salir de este punto y cada uno de ellos puede tener ramificaciones en cualquier otro punto. Una ramificación puede volver a ramificarse. En esta topología no se deben formar anillos. Una red como ésta representa a una completamente distribuida, en la que, los nodos alimentan de información a otros nodos, que a su vez alimentan a otros. Las estaciones que se utilizan como dispositivos remotos pueden tener recursos de procesamientos independientes y recurren a los recursos en niveles superiores o inferiores conforme se requiera.

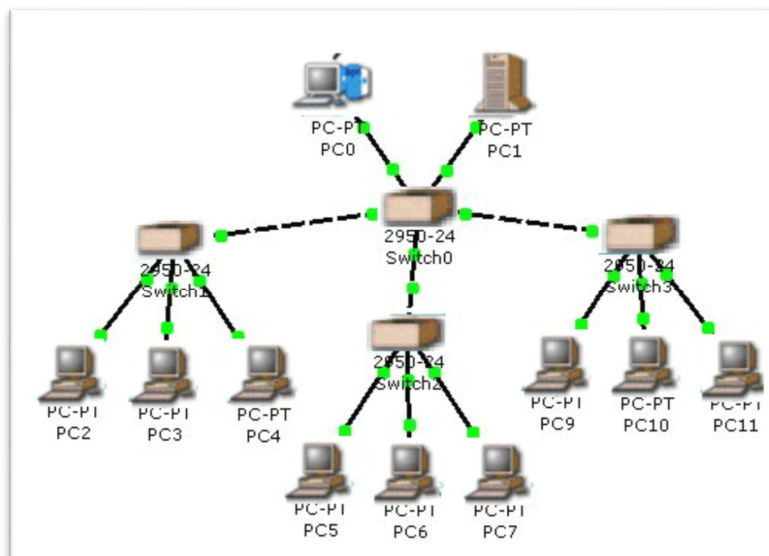
Expresado en otras palabras y desde una visión topológica, esta distribución es muy parecida a una serie de redes en estrella interconectadas

entre ellas excluyendo el nodo central, que generalmente puede ser un *switch* o un *hub*. A diferencia de otras redes la falla de un nodo no implica la interrupción en las comunicaciones. Es utilizada en aplicaciones de televisión por cable.

Entre las características principales se tiene:

- Cableado punto a punto para segmentos individuales.
- Soportada por una gran cantidad de vendedores de software y hardware.
- Su configuración es difícil.
- Se requiere de mucho cable.
- Si falla el segmento principal todo el segmento pierde comunicación.
- Velocidad de transmisión de 10Mbps con *ethernet*.

Figura 9. **Topología en árbol**

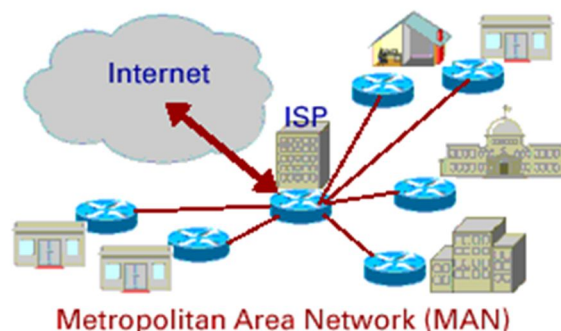


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

1.5.2. MAN

MAN son las siglas de Red de Área Metropolitana, en inglés *Metropolitan Area Network*. Así, la MAN es un tipo de red intermedia que abarca más o menos el tamaño de una ciudad, situada entre las redes locales (ej: red *Wi-Fi*), que conectan ordenadores en un radio muy reducido, y las redes globales (ej: internet), que conectan ordenadores de todo el planeta o de zonas muy extensas. Una MAN está conformada por conmutadores o *routers* conectados entre sí mediante conexiones de alta velocidad (generalmente cables de fibra óptica).

Figura 10. Red MAN



Fuente: Definición de MAN. <https://www.mastermagazine.info/termino/5664.php>. Consulta: febrero de 2017.

Existen muchos otros tipos intermedios que a veces se solapan en su definición con estos tres. Por ejemplo, las redes CAN (*Campus Area Network*), son redes que conectan edificios de un mismo campus, que pueden estar alejados entre sí varios kilómetros. Estrictamente pues una red de un gran campus se podría considerar una red metropolitana, así que como se observa las definiciones no son muy precisas.

Las redes MAN se usan para compartir información entre redes de centros públicos o privados de una misma ciudad. Fueron muy utilizadas, por ejemplo, en grandes ciudades para conectar departamentos de tráfico, universidad, policía, emergencias, trenes, metro, edificios administrativos, entre otros. Una de sus mayores utilidades es permitir conectar varias redes locales, con lo cual el tráfico de datos entre estas, a priori imposible, quedaba garantizado. Además, su rendimiento era muy superior al de una red global, permitiendo velocidades de conexión mucho mayores que una WAN, y cercanas a las de una LAN, al usar los mismos protocolos y métodos de conexión que estas.

La ventaja de una red metropolitana sobre una red local es evidentemente su mayor rango de acción, teniendo además pocos errores y escaso retardo. Sin embargo, requiere una instalación propia previa, y una labor de mantenimiento y actualización importante y es mucho más costosa que si se recurriese a una red global. La gran difusión de internet, el incremento de su seguridad y sobre todo, de su velocidad, ha hecho caer en desuso este tipo de redes, optándose cada vez más por redes locales o globales, según las necesidades de cada caso. Aún así, existen ciudades que poseen sus propias redes metropolitanas como Londres, Nueva York o Ginebra, y también muchas organizaciones, públicas y privadas.

Los métodos de conexión pueden ser varios. Originalmente la conexión de una red metropolitana se solía hacer bien por medio de antenas, o bien con tramos de cable de fibra. Actualmente existen varios proyectos en el mundo para conectar ciudades enteras mediante redes *Wi-Fi* solapadas, que actuarían en su conjunto como una red MAN, compuesta de pequeñas redes inalámbricas, y parece que ese es el futuro próximo de este tipo de redes, las llamadas WMAN (*Wireless MAN*).

1.5.3. WAN

Una red de área amplia (WAN, por sus siglas en inglés *Wide Area Network*), como su nombre lo indica puede abarcar una gran área geográfica. En la actualidad una WAN puede llegar a extenderse por un país, un continente o el mundo entero, es la unión de dos o más redes LAN. Asimismo, es importante mencionar que hay varias redes globales en operación que consisten en líneas arrendadas, enrutadores y multiplexores que permiten a los datos ser enrutados, literalmente alrededor del mundo. Aunque la distancia de transmisión de las WANs es capaz de ser significativamente más larga que la de las LANs, el costo-beneficio está típicamente en la velocidad de los datos obtenidos en cada tipo de red.

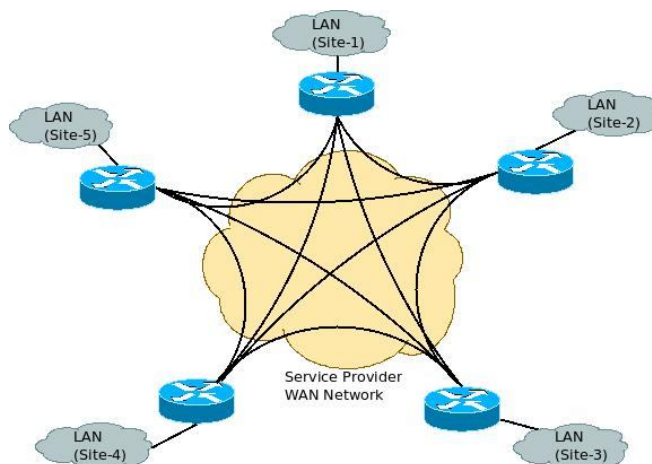
Las LANs *ethernet* modernas, típicamente proporcionan una velocidad de datos, que muchas veces se puede obtener en WANs. Esto se debe a que la mayoría de las LANs *gigabit* y *10 gigabit ethernet*, así como una eventual LAN *100 gigabit ethernet* utilizan cable de fibra óptica, que pueden soportar velocidades de datos extremadamente altas.

En comparación, aunque la gran porción de transporte de las WANs está siendo basada sobre el uso de fibra óptica desde finales de los años setenta, la línea de acceso a la oficina central del operador de comunicaciones es una línea de cobre. Por lo tanto, a menos que un cable de fibra pueda ser ejecutado directamente en un edificio, la velocidad de datos más alta disponible se limita a aproximadamente 50 Mbps cuando se utiliza VDSL (DSL de muy alta velocidad de datos) en la línea de acceso de cobre. En comparación, cuando una conexión de fibra está disponible para la línea de acceso, es posible usar un conmutador (*switch*) o un puerto de enrutador (*router*) para mantener la velocidad de funcionamiento de LAN en la WAN.

Entre las características principales se tiene:

- Operan dentro de un área geográfica extensa.
- Permite el acceso a través de interfaces seriales que operan a velocidades más bajas.
- Suministra velocidad parcial y continua.
- Conecta dispositivos separados por grandes distancias, incluso a nivel mundial.
- Múltiples LANs interconectadas.
- Generalmente es la tecnología más cara.
- Existen varios tipos de topologías, como lo son: punto a punto, punto a multipunto, malla completa.

Figura 11. **Red WAN**



Fuente: *Options for Enterprise Inter Branch connectivity over a Wide Area Network (WAN)*.
<http://www.excitingip.net/146/enterprise-inter-branch-connectivity-wide-area-network/>. Consulta:
diciembre de 2017.

2. CARRIER ETHERNET

Un *Carrier* es un proveedor de servicio, tales como AT&T, T-Mobile, Verizon, Comcast, Sprint o Time Warner Cable, entre otros, que proveen servicios de datos o voz a clientes distribuidos por grandes áreas geográficas. Las redes *carrier* crecieron a partir de las redes de telecomunicaciones y básicamente reinventaron la industria para enfatizar nuevos servicios de datos sobre circuitos de servicios antiguos (el fundamento de las telecomunicaciones tradicionales basadas en voz).

Dado que la gran mayoría del tráfico en redes *carrier* es ahora el tráfico de datos, la tecnología de las redes *carrier* ha estado evolucionando desde la década de 1980, para soportarlo más eficientemente.

Carrier ethernet es la mayor iniciativa dentro de la industria para redefinir servicios para el espectro completo de aplicaciones *carrier*, basadas en definiciones de servicios estandarizados de tecnología agnóstica, con *ethernet*, utilizada como interface estándar para todos los servicios.

El Foro Metro *Ethernet* (MEF por sus siglas en inglés, *Metro Ethernet Forum*), es una industria global sin fines de lucro, y el organismo definidor de *carrier ethernet*, que comprende más de 220 organizaciones, incluyendo *carriers* (proveedores), Operadores de Servicios Múltiples (cable MSOS), equipos de red / fabricantes de software, vendedores de semiconductores, y organizaciones de testeo.

2.1. Definición de *carrier ethernet*

Carrier ethernet es definida por los estándares MEF que abarcan una gran variedad de puntos. Sin embargo, el propósito de la unificación de todos los estándares *carrier ethernet* MEF es homologar los servicios.

Carrier ethernet define los servicios *carrier* para un espectro completo de aplicaciones basadas en definiciones de servicios estandarizados en tecnologías agnósticas, usando *ethernet* como la interface estándar para todos los servicios.

Este espectro completo de aplicaciones *carrier*, incluye todas las aplicaciones, actuales y previstas, que son soportadas sobre todas las interfaces *ethernet*, incluyendo aplicaciones para acceso IP, redes de área amplia (WAN), y *mobile backhaul*. Incluso, *carrier ethernet* incluye servicios para reemplazar los servicios tradicionales de telecomunicaciones (circuitos basados en servicios de línea privada).

Carrier ethernet abarca todas las aplicaciones a través de servicios, no de tecnologías.

Los servicios *Carrier ethernet* son definidos en resumen (independientemente de la tecnología de la red *carrier*) de modo que los operadores (*carriers*) pueden implementar servicios usando cualquier tecnología que ellos escojan, excepto en la frontera de la red.

En la frontera de la red, *carrier ethernet* requiere tecnologías físicas *ethernet* IEEE 802,3 para ser usadas (para que puedan ser estandarizadas las

interfaces entre los clientes y el proveedor), pero los servicios *carrier ethernet* son de otra manera, agnósticos con respecto a la tecnología de la red.

El MEF distingue *carrier ethernet*, de una LAN *ethernet* como se conoce comúnmente, basado en los siguientes cinco atributos:

- Servicios estandarizados (*standardized services*)
- Escalabilidad (*scalability*)
- Confiabilidad (*reliability*)
- Calidad de servicio (*quality of service*)
- Gestión de servicio (*service management*)

Estos cinco atributos están destinados a ser interpretados ampliamente como principios rectores, que se pueden adaptar con la evolución tecnológica.

2.2. Plataforma de servicio

A continuación se analizará el modelo básico de referencia, a partir del cual se definen los tipos de servicios que se pueden proveer; así como las diferentes tramas.

2.2.1. Modelo básico de referencia

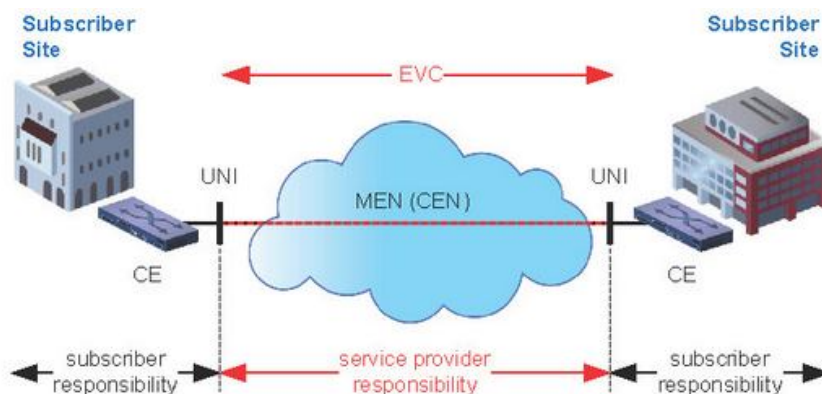
El modelo de negocio para la definición de servicios *carrier ethernet* MEF envuelve dos partes principales de interés:

- **Subscriber** (*subscriber*): es la organización que adquiere el servicio *carrier ethernet*.

- Proveedor de servicio (*service provider*): es la organización que provee el servicio *carrier ethernet*.

En términos generales, un servicio *carrier ethernet* es una conexión *ethernet* entre dos o más sitios. Los sitios pertenecen a los suscriptores. La red que conecta a dichos sitios, pertenece al proveedor de servicio.

Figura 12. **Modelo básico de referencia**



Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. *MEF-CECP 2.0 Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition)*. p. 241.

El modelo básico de referencia incluye los siguientes componentes:

- CEN: Red de Proveedor *Ethernet* (por sus siglas en inglés, *Carrier Ethernet Network*), es la red del proveedor de servicio usada para transportar los servicios *carrier ethernet*.
- CE: Equipo Frontera de Cliente (por sus siglas en inglés, *Customer Edge Equipment*): es el equipo en el sitio del suscriptor que conecta a la CEN.

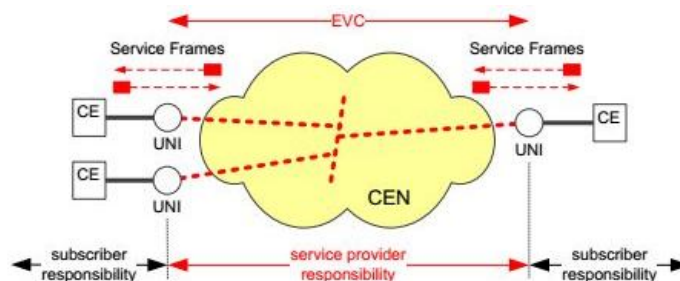
- UNI: Interfaz Usuario a Red (por sus siglas en inglés, *User-to-Network Interface*): un punto físico de demarcación entre el suscriptor y el proveedor de servicio.
- EVC: Conexión Virtual *Ethernet* (por sus siglas en inglés, *Ethernet Virtual Connection*): es la representación lógica de la conexión de un servicio entre dos o más UNIs.

Este modelo básico de referencia es suficiente para la definición de servicios *carrier ethernet* desde la perspectiva del suscriptor y si solo está involucrada la red de un proveedor. El MEF también define un modelo general de referencia que es usado, cuando hay más de una red de proveedor involucrada.

2.2.2. Tramas de servicio

El MEF define una trama de servicio como una trama *ethernet* transmitida a través del UNI en cualquier dirección (desde el suscriptor hacia el proveedor de servicio o desde el proveedor de servicio hacia el suscriptor).

Figura 13. Tramas de servicio

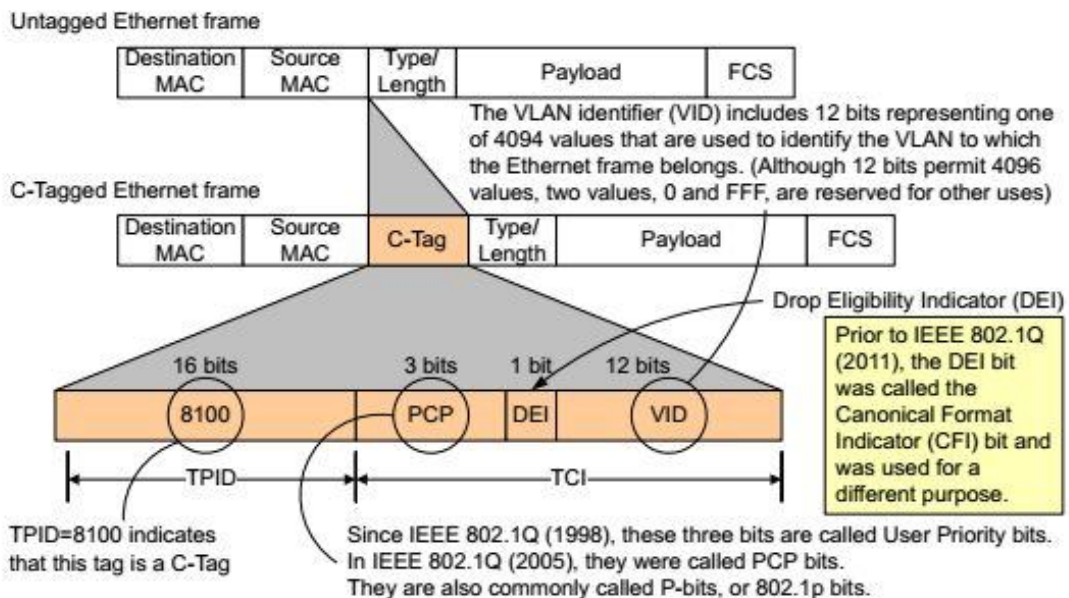


Fuente: KIEFFER, Jon y FAN, Yongchao. *Introduction to Carrier Ethernet for Carrier Ethernet Professionals*. p. 73.

Todas las tramas de servicio ya sea, que no estén etiquetadas (*untagged*) o que incluyan una sola etiqueta cliente (*C-Tag*, etiqueta de VLAN cliente) en el encabezado *ethernet*, como se muestra en la figura 14.

Originalmente, C-Tag fue denominada simplemente etiqueta de Vlan (por la IEEE 802,1Q-2005); esta es la misma etiqueta que la etiqueta de vlan descrita anteriormente en esta tesis cuando se describieron las LANs virtuales.

Figura 14. **Tramas de servicio – IEEE 802,1Q-2005**



Fuente: KIEFFER, Jon y FAN, Yongchao. *Introduction to Carrier Ethernet for Carrier Ethernet Professionals*. p. 73.

Los estándares MEF reconocen dos tipos de tramas de servicio con etiquetas Cliente (*C-Tagged*): tramas de servicio con etiquetado de VLAN (*VLAN-Tagged*), trama de servicio con etiquetado cliente con identificador de

VLAN distinto de cero (VID≠0); y tramas de servicio con etiquetado prioritario (*Priority-Tagged*), trama de servicio con etiquetado cliente con identificador de VLAN cero (VID=0). El MEF también reconoce tres categorías de tramas de servicio (independientes del etiquetamiento), y que se describen a continuación:

2.2.2.1. Tramas de servicio de datos

Las tramas de servicio de datos soportan aplicaciones de usuario final y adicionalmente, son clasificadas como sigue:

- Tramas de servicio de datos *unicast*: tramas de servicio de datos con una dirección MAC *unicast*.
- Tramas de servicio de datos *multicast*: tramas de servicio de datos con una dirección MAC *multicast*.
- Tramas de servicio de datos *broadcast*: tramas de servicio de datos con una dirección MAC *broadcast* (FF-FF-FF-FF-FF-FF).

2.2.2.2. Tramas de servicio L2CP

Las tramas de servicio L2CP soportan protocolos de control capa 2, tales como STP/RSTP o enlace OAM, los cuales son usados para fines de control de red. No transportan los datos desde la perspectiva del punto final de comunicación. Soportan las operaciones de red y a menudo, requieren tratamiento especial.

Nota: un ejemplo de una trama L2CP es la Unidad de Datos del Protocolo Puente (BPDU, por sus siglas en inglés *Bridge Protocol Data Unit*), usada por protocolos *spanning tree* (STP y/o RSTP) para prevención de bucles de puente

y protección de red. Hay muchos otros tipos de tramas L2CP usada para otros fines.

Los servicios *carrier ethernet* manejan las tramas de servicio L2CP sobre una base de caso por caso (por protocolo). Los detalles del manejo de tramas L2CP están fuera del alcance de esta tesis.

2.2.2.3. Tramas de servicio SOAM:

Las tramas de servicio SOAM soportan servicio OAM (operación, administración y mantenimiento) el cual es usado para gestionar los servicios *carrier ethernet* (gestión de fallas de conectividad y gestión del rendimiento).

Nota: las tramas de servicio son clasificadas en estas categorías, basadas en la siguiente lógica: si la dirección MAC de destino de la trama de servicio, corresponde a un protocolo de control capa 2, es clasificado como una trama de servicio L2CP. De otra manera, si la trama de servicio tiene ethertype = 0x8902, es clasificado como una trama de servicio SOAM. De lo contrario la trama de servicio es clasificada como una trama de servicio de Datos.

2.3. Conectividad de servicio

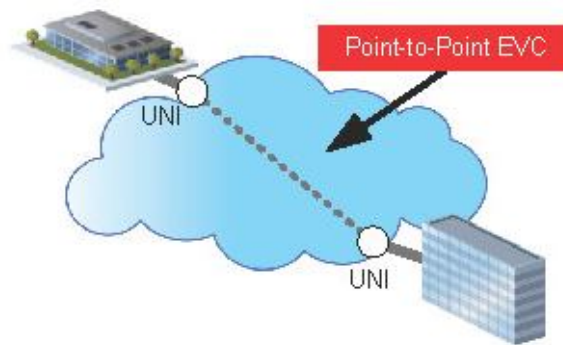
El MEF define tres tipos de EVC's: punto-a-punto (*point-to-point*), multipunto a multipunto (*multipoint-to-multipoint*) y multipunto-rooted (ver nota a continuación). El tipo de EVC determina una variedad de requisitos de servicio, especialmente: cuantos UNIs puede conectar el servicio y condiciones (si las hay) para la entrega de las tramas de servicio de datos entre UNIs.

Nota: el MEF también usa el término EVC multipunto, pero no define otro tipo de EVC. Un EVC multipunto es un EVC que puede ser: un EVC multipunto a multipunto o un EVC multipunto-*rooted*.

2.3.1. EVC punto a punto

El EVC punto a punto (*point-to-point* EVC) conecta dos UNIs y entrega tramas de datos incondicionalmente.

Figura 15. EVC punto a punto



Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. MEF-CECP 2.0 *Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition)*. p. 425.

2.3.2. EVC multipunto a multipunto

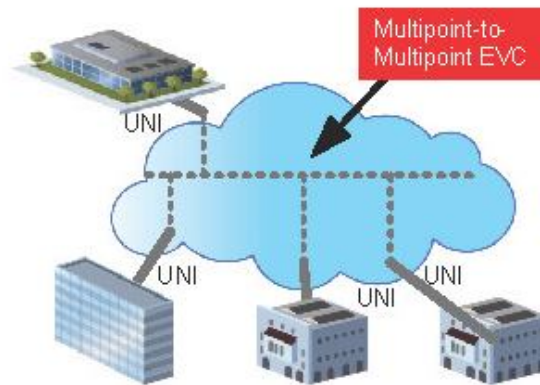
El EVC multipunto a multipunto (*multipoint-to-multipoint* EVC) conecta dos o más UNIs y permite tramas de datos que serán entregadas condicional o incondicionalmente.

- Entrega incondicional: el EVC entrega tramas de datos hacia todos los demás UNIs (excluyendo el UNI de ingreso) incondicionalmente, difundiendo, en efecto, las tramas *ethernet* como un *hub ethernet*.
- Entrega condicional: el EVC entrega tramas de datos hacia todos los demás UNIs (excluyendo el UNI de ingreso) condicionalmente por cualquier conjunto de condiciones especificadas en el contrato del servicio.

Entrega condicional versus incondicional: debido a que el estándar MEF no define las condiciones para la entrega condicional, es tentador pensar que la entrega condicional está incluida como una opción para manejar casos especiales (excepcionales). Sin embargo, en la práctica, la entrega condicional es típica, y las condiciones para la entrega son casi siempre especificadas para producir un comportamiento de puente (aprendizaje basado en dirección MAC y en reenvío de tramas) en el EVC.

Por lo tanto, en la práctica multipunto a multipunto es entendido comúnmente para implicar un comportamiento de puente, porque es así, como los EVCs multipunto a multipunto, son típicamente definidos. Sin embargo, multipunto a multipunto no implica de hecho, un comportamiento de puente.

Figura 16. **EVC multipunto a multipunto**



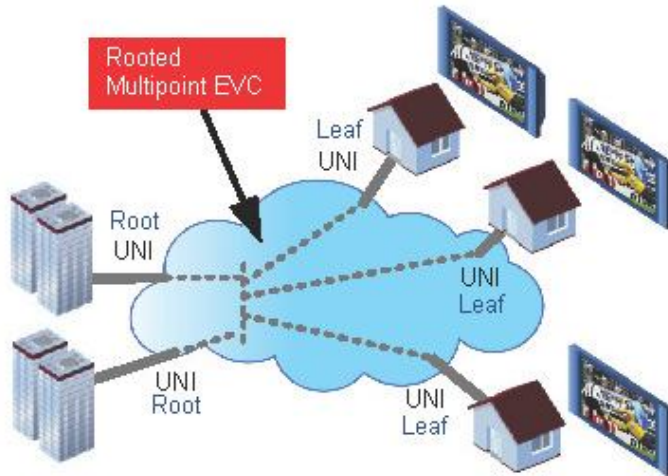
Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. MEF-CECP 2.0 *Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition)*. p. 438.

2.3.3. **EVC multipunto-rooted**

El EVC *multipunto-rooted* conecta dos o más UNIs y puede ser configurado para entregar tramas de datos como en un EVC multipunto a multipunto, incondicional o condicionalmente por condiciones especificadas (las cuales en la práctica típicamente equivalen a un puente). Sin embargo, distinto al EVC multipunto-a-multipunto, el EVC *multipunto-rooted*, evita el reenvío de tramas *ethernet* desde algunas UNIs hacia otras UNIs. Cada UNI es declarada para que sea *root* o una hoja (*leaf*).

Los *roots* tienen permitido reenviar tramas *ethernet* hacia las hojas y hacia los *roots*. Las hojas solamente pueden reenviar tramas *ethernet* hacia los *roots*.

Figura 17. **EVC multipunto-rooted**



Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. MEF-CECP 2.0 *Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition)*. p. 446.

2.3.4. **Multiplexación de servicio (service multiplexing)**

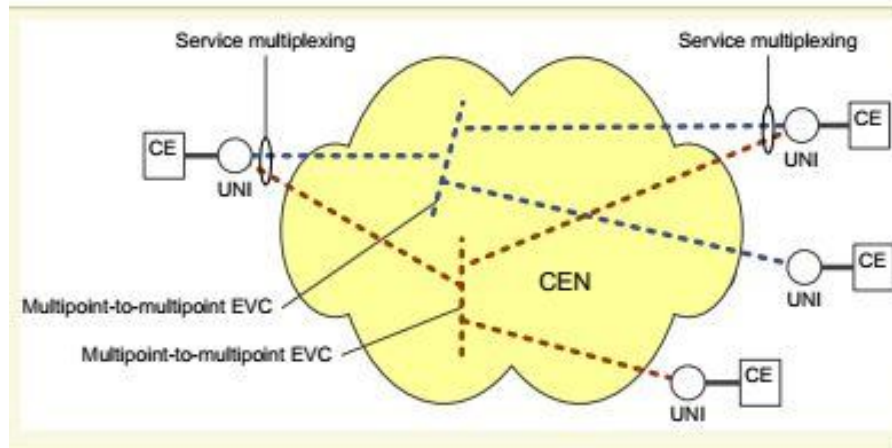
La multiplexación de servicio ocurre cuando un UNI soporta más de un EVC. En la figura 18, la multiplexación del servicio es mostrada en dos de cuatro UNIs.

Nótese que la multiplexación de servicio es una propiedad de un UNI. Este no es propiedad de un servicio *ethernet* o de un EVC.

El beneficio clave de multiplexación de servicio es que permite a los servicios compartir UNIs, ahorrando puertos (conexiones físicas) en los equipos frontera de los suscriptores y del proveedor de servicio.

Dentro de la identificación, el cliente puede usar *C-Vlan tag* y *bundling*

Figura 18. **Multiplexación de servicio**



Fuente: KIEFFER, Jon y FAN, Yongchao. *Introduction to Carrier Ethernet for Carrier Ethernet Professionals*. p. 76.

2.4. **Servicios *carrier ethernet***

Aunque se habla de *carrier ethernet* como un proveedor de servicio de facilidad de transporte, se ha señalado anteriormente que un servicio *ethernet* puede estar basado prácticamente en cualquier tecnología de transporte, como se verá en el apartado 2.5. Otro método usado por los proveedores de servicio *carrier ethernet* para diferenciar sus ofrecimientos *carrier ethernet*, consiste en definir sus ofertas por tipo de servicio. Por lo tanto, un tipo de servicio *carrier ethernet* específico, que en realmente representa una topología, también puede ser transportado como un *ethernet* nativo o por otro centro de transporte.

El MEF define 3 tipos de servicio cada uno corresponde con un tipo específico de topología o arquitectura de red, o EVC:

- *E-LINE*: tipo de servicio basado en el EVC punto a punto. Esta conexión puede ser usada para interconectar dos oficinas dispersas geográficamente, dentro de un área metropolitana. Se puede considerar que E-Line, representa un reemplazo de línea arrendada que ofrece un ancho de banda mucho mayor que los servicios telco convencionales, tales como las conexiones T1 y T3.
- *E-LAN*: tipo de servicio basado en el EVC multipunto-a-multipunto. Por lo tanto, se puede ver un E-Lan, como si se asemejará a un servicio multipunto que proporciona conexiones cualquiera a cualquiera (*any-to-any*), similar a una VLAN que opera sobre cualquier tipo de red pública. El uso primario de un servicio *ethernet* E-Lan es proveer la capacidad de interconexión entre múltiples sitios organizacionales, dentro de un área metropolitana.
- *E-TREE*: tipo de servicio basado en el EVC multipunto-*rooted* o también conocido como punto a multipunto. Este servicio es similar a una topología EPON *ethernet* y también es conocida comúnmente como, *hub and spoke*, *root to leaf*, o *leaf to root*. E-Tree representa un servicio futuro que podría ser ampliamente utilizado una vez que se desarrollen los estándares. Quizás el uso principal de E-Tree, sea en conexiones multiplexadas hacia un ISP, con ramificaciones que fluyen hacia diferentes sitios organizacionales.

Para cada tipo principal de servicio *carrier ethernet* (*E-Line*, *E-LAN* e *E-Tree*), el MEF define dos servicios asociados a éstos:

- Servicio *port-based* (basado en puerto)
- Servicio *VLAN-based* (basado en Vlan)

Esto resulta en seis servicios *carrier ethernet*, como se muestra en la tabla II:

Tabla II. **Servicios *carrier ethernet***

Tipo Servicio Primario	Servicio <i>carrier ethernet</i>	
	Port-Based	Vlan-Based
E-LINE (punto-a-punto)	EPL (<i>Ethernet Private Line</i>)	EVPL (<i>Ethernet Virtual Private Line</i>)
E-LAN (multipunto-a-multipunto)	EP-LAN (<i>Ethernet Private LAN</i>)	EVP-LAN (<i>Ethernet Virtual Private LAN</i>)
E-TREE (multipunto-rooted)	EP-TREE (<i>Ethernet Private Tree</i>)	EVP-TREE (<i>Ethernet Virtual Private Tree</i>)

Fuente: elaboración propia.

El servicio *port-based* (privado) no puede ser multiplexado. En cada UNI, todas las tramas de servicio son mapeadas hacia el EVC.

El servicio *VLAN-based* (privado virtual) puede ser multiplexado. En cada UNI, todas las tramas de servicio son mapeadas hacia EVCs basados en identificador de VLAN (VLAN ID).

Nota: en adición a estos servicios completos (UNI-to-UNI), el MEF define dos tipos de servicios E-Access (*Access EPL* y *Access EVPL*), los cuales no se abarcarán en esta tesis.

2.4.1. **Foro Metro *Ethernet* (MEF)**

El Foro Metro *Ethernet* (MEF por sus siglas en inglés, *Metro ethernet Forum*) es una alianza global de la industria que comprende más de 200

organizaciones, incluyendo proveedores de servicios de telecomunicaciones, operadores de servicios múltiples (cable MSOS), fabricantes de equipos / software, vendedores de semiconductores, y organizaciones de testeo.

El foro está comprendido por los proveedores líderes de servicios, las principales empresas de servicios locales establecidas, los principales fabricantes de equipos de red y otras empresas destacadas de redes, que comparten un interés por metro *ethernet*. Tiene 60 miembros a partir de febrero de 2002, y actualmente cuenta con 213.

La misión del MEF es acelerar la adopción mundial de las redes *carrier ethernet class* y sus servicios. El MEF desarrolla especificaciones técnicas y acuerdos de implementación para promover la interoperabilidad y desarrollo de *carrier ethernet* en todo el mundo.

2.4.1.1. Objetivos claves del MEF

Entre los objetivos claves del MEF, tenemos:

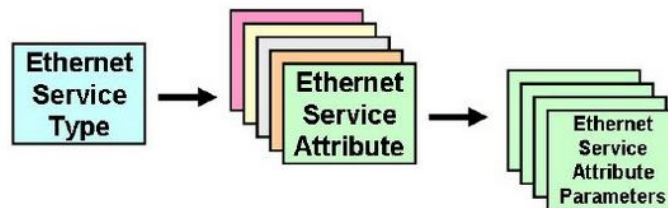
- Construir un consenso y unificar a los proveedores de servicio, fabricantes de equipos, clientes finales en *ethernet* óptico.
- Facilitar la implementación de estándares *ethernet* ópticos para permitir la entrega de servicios *ethernet* y hacer el *ethernet* basado en redes de transporte metro, como *carrier-class*.
- Mejorar la consciencia global de los beneficios de los servicios *ethernet* ópticos y de *ethernet* basado en redes de transporte metro.
- Habilitar aplicaciones y servicios *ethernet*, basándose en el transporte físico especificado, por ejemplo en 10GEA.

2.4.2. Marco de definición de servicios *carrier ethernet*

Para ayudar a los suscriptores a entender mejor las variaciones entre los servicios *ethernet*, el MEF ha desarrollado el marco de definición de los servicios *ethernet*. Los objetivos en este marco son:

- Definir y nombrar tipos comunes de servicios *ethernet*.
- Definir los atributos y los parámetros asociados usados para definir los servicios específicos *carrier ethernet*.

Figura 19. Marco de definición servicios *carrier ethernet*



Fuente: SANTITORO, Ralph. *Metro Ethernet Services - A Technical Overview*. p. 2.

Para cada tipo de servicios *ethernet* (E-Line, E-LAN o E-Tree, como se definirá en el siguiente inciso), el MEF define un grupo de atributos. Cada atributo de servicio representa una característica de un servicio que puede ser bastante general, por lo que a su vez es definido por un grupo de parámetros del atributo del servicio *ethernet*.

2.4.2.1. Atributos básicos de servicio

MEF 10.2 define 32 atributos de servicios y los requerimientos para sus 6 servicios: EPL, EVPL, EP-LAN, EVP-LAN, EP-Tree y EVP-Tree. La siguiente

figura consolida la información en una imagen simple para dar una vista rápida de los que se necesitan para definir un servicio MEF.

Figura 20. Atributos básicos de servicio

	Attribute	Requirement		
		Port-Based Service (EPL, EP-LAN, EP-Tree)	VLAN-Based Service (EVPL, EVP-LAN, EVP-Tree)	
UNI Service Attributes	UNI Identifier	Arbitrary text string to identify the UNI.		
	Physical Medium	UNI Type 2 Physical Interface		
	Speed	10 Mbps, 100 Mbps, 10/100 Mbps Auto-negotiation, 10/100/1000 Mbps Auto-negotiation, 1 Gbps, or 10 Gbps.		
	Mode	Full Duplex		
	MAC Layer	IEEE 802.3-2005		
	UNI MTU Size	> 1522 bytes		
	Service Multiplexing	No	Should be supported at 1 or more UNIs	
	Bundling	No	Yes/No. If Yes, CE-VLAN ID preservation must be Yes.	
	All to One Bundling	Yes	No	
	CE-VLAN ID for untagged and priority Service Frames	Not applicable	Must specify in range 1-4094	
	Max. number of EVCs	1	>1	
	IBWPFL per UNI	Defer to next lesson		
	EBWPFL per UNI	Defer to next lesson		
	L2CP Processing	Peer, Discard, Pass to EVC, or Peer and Pass to EVC.		
	EVC per UNI Service Attributes	UNI EVC ID	A string formed by the concatenation of the UNI ID and the EVC ID.	
		CE-VLAN ID / EVC Map	All service frames map to single EVC	MUST specify the mapping table of CE-VLAN IDs to the EVC at the UNI.
IBWPFL per EVC		Defer to next lesson		
IBWPFL per CoS Identifier		Defer to next lesson		
EBWPFL per EVC		Defer to next lesson		
EBWPFL per CoS Identifier		Defer to next lesson		
EVC Service Attributes	EVC Type	Point-to-Point (E-Line), Multipoint (E-LAN), or Rooted Multipoint (E-Tree)		
	EVC ID	An arbitrary string, unique across the MEN.		
	UNI List	UNI IDs + type (root/leaf), Type = root for all E-Line/ E-LAN UNIs		
	Maximum Number of UNIs	2 (E-Line) or ≥ 2 (E-LAN or E-Tree)		
	EVC MTU Size	(> 1522 bytes) AND (≤ Minimum of UNI MTU sizes)		
	CE-VLAN ID Preservation	Yes	Yes or No	
	CE-VLAN CoS Preservation	Yes	Yes or No	
	Unicast Service Frame Delivery	E-Line: Unconditionally. E-LAN / E-Tree: Conditionally or Unconditionally (with criteria specified)		
	Multicast Service Frame	E-Line: Unconditionally.		

Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. MEF-CECP 2.0 Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition). p. 765.

Para una fácil comprensión de estos atributos, son agrupados como se observa en la figura 21:

Figura 21. **Atributos básicos de servicio – agrupados para fácil comprensión**

Attribute		Requirement					
		Port-Based Service			VLAN-Based Service		
		EPL	EP-LAN	EP-Tree	EVPL	EVP-LAN	EVP-Tree
UNI	UNI Identifier	Arbitrary text string to identify the UNI.					
	Physical Medium	UNI Type 2 Physical Interface					
	Speed	10 Mbps, 100 Mbps, 10/100 Mbps Auto-negotiation, 10/100/1000 Mbps Autonegotiation, 1 Gbps, or 10 Gbps.					
	Mode	Full Duplex					
EVC per UNI	MAC Layer	IEEE 802.3-2005					
	Max. number of EVCs	1			≥1		
	UNI EVC ID	A string formed by the concatenation of the UNI ID and the EVC ID.					
	EVC Type	Pt-Pt	Mpt-Mpt	Rooted Mpt	Pt-Pt	Mpt-Mpt	Rooted Mpt
EVC	EVC ID	An arbitrary string, unique across the MEN.					
	UNI List	UNI IDs + type (root/leaf), Type = root for all E-Line/E-LAN UNIs					
	Maximum Number of UNIs	2	≥ 2		2	≥ 2	

Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. MEF-CECP 2.0 *Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition)*. p. 790.

- El atributo que declara los tipos de EVC, es el *EVC Type*.
- Los cuatro atributos que están relacionados a identificadores son: *UNI Identifier*, *UNI EVC ID*, *EVC ID*, y *UNI List*.
- Los cuatro que caracterizan la funcionalidad del UNI son: *Physical Medium*, *Speed*, *Mode* y *MAC Layer*.
- Los dos atributos relacionados con la limitación soportada, son: *Maximum Number of EVCs* y *Maximum Number of UNIs*.

A continuación, se describen cada uno de ellos:

Atributo que enuncia el tipo:

- *EVC Type*: declara el tipo de EVC como: punto a punto (*E-Line*), Multipunto a multipunto (*E-LAN*), o multipunto-*rooted* (*E-Tree*).

Atributos relacionados con los identificadores:

- *UNI Identifier*: es una cadena de texto arbitraria para identificar el UNI (cada UNI necesita una).
- *UNI EVC ID*: una cadena formada por la concatenación de los UNI ID y los EVC ID (identifican un EVC en punto final, cada EVC en punto final necesita uno).
- *EVC ID*: una cadena arbitraria, única a través de la MEN (CEN), para apoyar la instancia EVC (identifica el tipo de *root* y hoja).
- *UNI List*: una lista de Identificadores UNI y el tipo (*root*/hoja) para cada UNI asociado con el EVC (los UNIs para los EVCs tipo *E-Line* y *E-LAN*, son del tipo *root* y los UNIs para los EVCs tipo *E-Tree*, pueden ser del tipo *root* u hoja).

Atributos que caracterizan la funcionalidad del UNI:

- *Physical medium*: interface física para UNI tipo 2 (actualmente es fijado por las especificaciones del MEF, no es configurable).
- *Speed*: son las especificaciones para la tasa de capacidad del UNI (por ejemplo: 10 Mb/s, 100 Mb/s, entre otros)
- *Mode*: comunicación bidireccional completa (*Full Duplex*), (este atributo es fijado, no es configurable).

- *MAC Layer*: IEEE 802,3-2005 (estándar *ethernet*)

Atributos que enuncian las limitaciones soportadas:

- *Maximum number of EVCs*: enuncia cuantos UNI puede soportar un EVC. Si el UNI es configurado para *All-to-one-Bundling*, puede soportar solamente un EVC. Si no, un número ≥ 1 es declarado.
- *Maximum number of UNIs*: enuncia cuantos EVC puede soportar el UNI. Para el tipo de servicio *E-Line*, el EVC soporta dos UNIs. Si no, un número ≥ 2 es declarado.

2.4.3. Requisitos de uso

En la ampliación de *ethernet* desde LAN al área metropolitana, los protocolos de *ethernet* nativos necesitan extensiones para ser escalables, obtener la capacidad de QoS y flexibilidad, así como proporcionar soporte de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM), siendo este último de importancia clave para los operadores de comunicaciones, ya que les permite supervisar el aprovisionamiento y mantener su infraestructura de red. En la última década han surgido dos tendencias para el transporte de *ethernet*, hacia y desde las redes de área metropolitana: (1) extensión del protocolo y (2) encapsulando *ethernet* dentro de otra tecnología de transporte como MPLS.

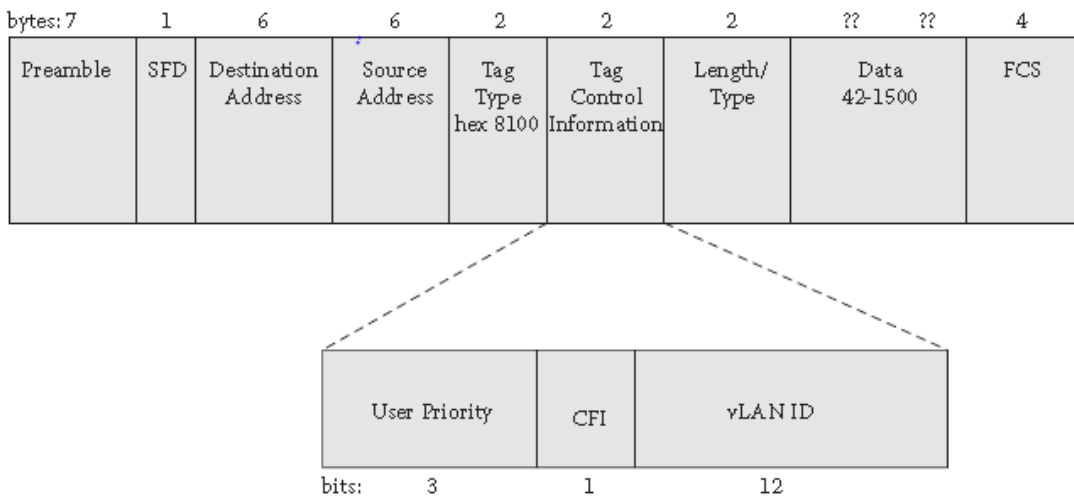
A diferencia de una LAN *ethernet*, que está dedicada para su uso por una organización o departamentos organizacionales, *carrier ethernet* necesita tener la habilidad de proveer servicios a diferentes organizaciones. Por lo tanto, el primer requisito para desarrollar un servicio *carrier ethernet*, es que el servicio soporte a varios clientes. Este requisito fue satisfecho por el uso de una tecnología *ethernet* relativamente antigua que fue originalmente destinada para

representar una tecnología para toda la empresa, la LAN virtual (VLAN). Ya que al etiquetar las tramas *ethernet* de los clientes, es posible para el proveedor de servicio *carrier ethernet* permitir a diferentes clientes que usen la misma infraestructura *ethernet*, sin incurrir en riesgos de seguridad.

2.4.4. Etiquetado de VLAN

Bajo el estándar IEEE 802,1Q, 4 *bytes* son insertados en cada trama *ethernet*. En la figura 22 se muestra donde son insertados los 4 bytes, así como los 3 sub campos de la etiqueta de control del campo de información.

Figura 22. Formato de trama 802,1Q



Fuente: HELD, Gilbert. *Carrier Ethernet Providing the Need for Speed*. p. 159.

Examinando los bytes 802,1Q se observa que los primeros dos, corresponden al campo del tipo de etiqueta (*tag type*), los cuales son puestos a hexadecimal 81-00. Los siguientes dos bytes de la etiqueta de control de

información (*tag control information*) tienen como componentes, un subcampo de prioridad de usuario de 3 bits , 1 bit indicador de formato canónico (CFI, por sus siglas en inglés *Canonical Format Indicator*) y 12 bits para el identificador de Vlan (VLAN ID). Los primeros dos bytes son siempre fijados a hexadecimal 81-00 para identificar la trama, como una 802,1Q. Los segundos 2 bytes, son subdivididos en 3 sub campos, identificando el nivel de prioridad para la trama, si el orden de los bits es canónico o no-canónico (o si puede tener un significado adicional basado sobre el protocolo MAC), y el tercer sub campo que identifica la VLAN.

Este campo de 12 bits permite $2^{12} - 2$ o 4094 VLANs únicas; que son más que suficientes para muchas áreas metropolitanas, sin embargo, este número, no es suficiente para grandes ciudades donde decenas de miles de líneas tradicionales de acceso T1 y T3 podrían ser reemplazadas por *carrier ethernet*. Así, la IEEE modificó la especificación 802,1Q para mejorar significativamente el número de VLANs definibles. Esa modificación es referida como la especificación IEEE 802,1ad, titulada *Provider Bridges*. Esta especificación es actualmente una enmienda al estándar IEEE 802,1Q-1998; cuyo propósito, de acuerdo a la IEEE, es habilitar una arquitectura y protocolos puente, compatibles e interoperables con una red de área local existente basada en conmutadores (*bridged local area*) y un equipo, para proveer instancias separadas de los servicios MAC a múltiples usuarios independientes de una red de área local basada en conmutadores, de una manera que no necesita cooperación entre los usuarios, y requiera de un mínimo de cooperación entre los usuarios y el proveedor de un servicio MAC.

Siguiendo las especificaciones de esta enmienda, un proveedor de servicio, ahora puede ofrecer el equivalente de segmentos LAN separados,

LANs basadas en conmutadores o virtuales basadas en conmutadores a un número de usuarios, sobre la red conmutada del proveedor.

Mientras se continua el trabajo en la enmienda 802,1ad varios esquemas encapsulados en capa 2 han sido propuestos o desarrollados por fabricantes de equipo para abordar los problemas de escalabilidad. Tales esquemas incluyen VLAN stacking, MAC address stacking, y MPLS encapsulado en capa 2.

2.4.5. Estándar 802,1P (priorización)

Uno de los requisitos clave de *carrier ethernet* es proveer la capacidad de QoS. Mientras QoS no es directamente posible, indirectamente el primer subcampo en la etiqueta del campo de control de información, es usado para indicar la prioridad de una trama. Es importante notar que el valor de prioridad corresponde con una Clase de Servicio (CoS, por sus siglas en inglés *Class of Service*) y que no provee directamente un QoS. Esta diferencia es significativa y merece un grado de explicación.

Para trabajar con QoS una ruta es establecida de la red de acceso a la salida de la red tal que, cada dispositivo a lo largo de la trayectoria provea a un cierto nivel de servicio a una velocidad de datos especificada. Como la ruta es establecida, cada dispositivo obtiene la habilidad de aceptar o rechazar la conexión propuesta basado en su disponibilidad de recursos, similar al ruteo de una llamada a través de la red telefónica que puede resultar en una señal de ocupado rápido cuando demasiados clientes intentan marcar a la larga distancia desde un conmutador (*switch*) de servicio dado.

Si se enfoca la atención en *ethernet*, se notaría que se desarrolló como una tecnología sin conexión. Esto significa que no es posible predefinir una ruta

para un servicio ni pre asignar ancho de banda a lo largo del camino. En cambio el mecanismo QoS podría ser usado para priorizar las tramas pertenecientes a diferentes clases de tráfico, mientras que los *switches* y *routers* utilizarían la cola para favorecer ciertas clases de tráfico sobre otras clases. Desafortunadamente, esto no garantizará un ancho de banda y QoS de extremo a extremo, aunque, dará prioridad al tráfico basado sobre diferentes clases de servicio.

En comparación con un entorno QoS donde se establece una ruta en un entorno CoS las tramas son simplemente marcadas por un remitente para indicar su prioridad y no tienen que seguir una ruta específica a través de una red. Esto significa que los dispositivos de red, no reciben la capacidad de rechazar conexiones de mayor prioridad, haciendo que el administrador de la red sea responsable de asegurar que la red no esté demasiado comprometida con el tráfico de alta prioridad. Por ejemplo, si usted tiene un enlace de 1 Gbps y solamente tiene 200 Mbps de tráfico prioritario que fluirá sobre el enlace, el uso de CoS no causará ningún problema. Así, CoS proporciona un mecanismo para acelerar varios tipos de tráfico de red, siempre y cuando el administrador de la red se encargue de la provisión de tal tráfico, con el reconocimiento de la capacidad de la velocidad del enlace en la red.

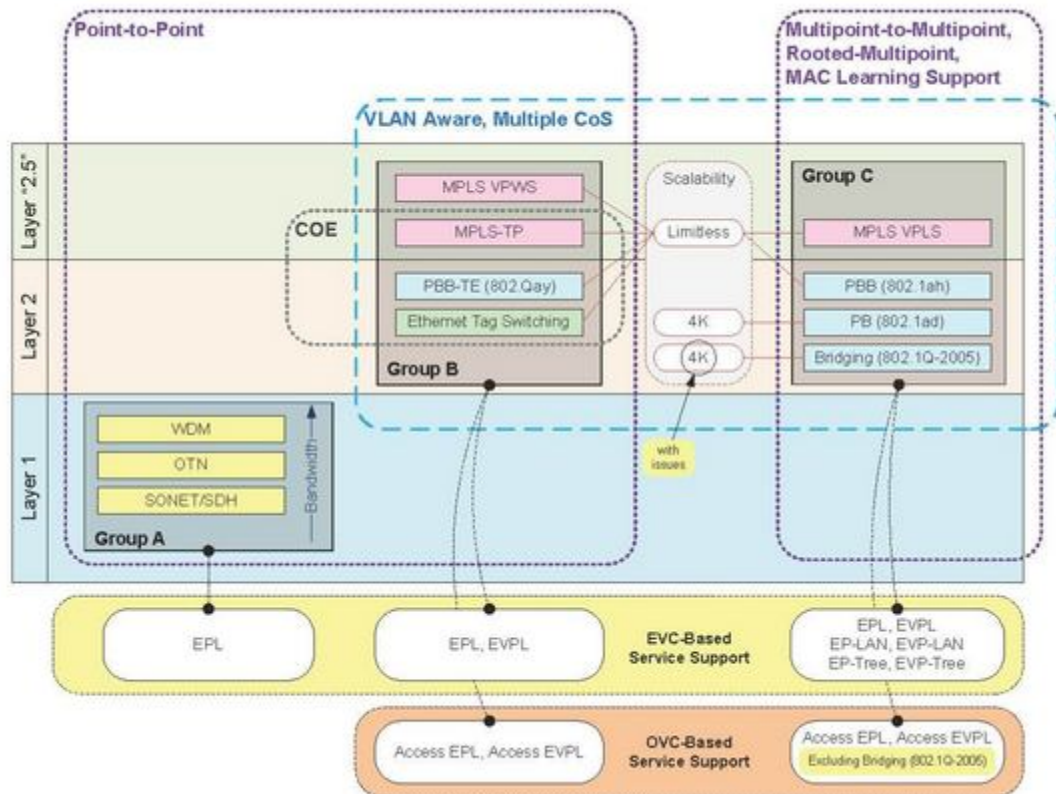
2.5. Transporte *ethernet* en una red de proveedor de servicios

Hay once tecnologías de transporte para poder brindar un servicio *ethernet*, mismas que operan en diferentes capas del modelo OSI, como se describe a continuación:

- Capa 1:

- Red Óptica Síncrona (SONET, por sus siglas en inglés *Synchronous Optical Network*) / Jerarquía Digital Síncrona (SDH, por sus siglas en inglés *Synchronous Digital Hierarchy*)
- Red de Transporte Óptico (OTN, por sus siglas en inglés *Optical Transport Network*) – ITU-T G.709
- Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM, por sus siglas en inglés *Wavelength Division Multiplexing*)
- Capa 2:
 - Tecnología *Bridging* – IEEE 802,1.D y 802,1Q-2005
 - *Provider Bridging* (PB) – IEEE 802,1ad
 - *Provider Backbone Bridging* (PBB) – IEEE 802,1ah
 - *Provider Backbone Bridging with Traffic Engineering extensions* (PBB-TE) – IEEE 802,1Qay
 - Conmutación de Etiquetas *Ethernet* (*Ethernet Tag Switching*) – Fujitsu implementación de *Ethernet* Orientada a la Conexión (COE, por sus siglas en inglés *Connection – Oriented Ethernet*) que aprovecha las tramas del formato IEEE 802,1ad
- Capa 2.5:
 - Servicio de Cable Privado Virtual con Conmutación por Etiquetas Multiprotocolo (MPLS VPWS, por sus siglas en inglés *Multiprotocol Label Switching Virtual Private Wire Service*)
 - Servicio de LAN Privada Virtual con Conmutación por Etiquetas Multiprotocolo (MPLS VPLS, por sus siglas en inglés *Multiprotocol Label Switching Virtual Private LAN Service*)
 - Perfil de Transporte con Conmutación por Etiquetas Multiprotocolo (MPLS – TP, por sus siglas en inglés *Multiprotocol Label Switching Transport Profile*)

Figura 23. Resumen tecnología de transporte



Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. MEF-CECP 2.0 Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition). p. 6507.

De la figura 23, se tiene que todas las tecnologías de transporte en la capa 1 (SONET/SDH, OTN y WDM) se muestran en el grupo A. Estas tecnologías son punto a punto, no tienen conocimiento de las VLANs, que pasan inadvertidamente (*VLAN unaware*), no soportan múltiples clases de servicio (CoS), soportan solamente un servicio EPL, y difieren entre sí en la granularidad del ancho de banda.

Por otro lado, las tecnologías de las capas 2 y 2.5 se dividen en los grupos B y C. Las tecnologías del grupo B (MPLS VPWS, MPLS TE, PBB – TE y Conmutación de Etiquetas *Ethernet*) son punto a punto, se tiene conocimiento de la VLAN (*VLAN aware*), soportan múltiples clases de servicios (CoS), y servicios EPL, EVPL, *Access EPL* y *Access EVPL*. Todas son tecnologías COE, excepto MPLS VPWS, la cual no es considerada una tecnología COE. La escalabilidad es ilimitada para todas las tecnologías de este grupo.

Las tecnologías del grupo C (MPLS VPLS, PBB, PB y *Bridging*) tienen conocimiento de la VLAN (*VLAN aware*) y soportan múltiples clases de servicios (CoS), aprendizaje de MAC, y todos los servicios MEF con la excepción de: 802,1Q 2005 *bridging*, que no es soportado por los servicios E-Access (debido a la falta de soporte de S-Tag (etiqueta de servicio)). La escalabilidad para las tecnologías MPLS VPLS y PBB es ilimitada; y para PB, está limitado por 4K identificadores únicos S-VLAN (S-VLAN IDs). La escalabilidad de la tecnología 802,1Q-2005 *Bridging*, es severamente limitada porque el proveedor de servicio tiene solamente 4K identificadores únicos C-VLAN (V-VLAN IDs), y son compartidos entre los subscriptores.

Nota: el número 4K usado en el párrafo anterior y en la figura anterior es una aproximación.

3. PLAN DE MIGRACIÓN A SERVICIOS *CARRIER ETHERNET* MEF

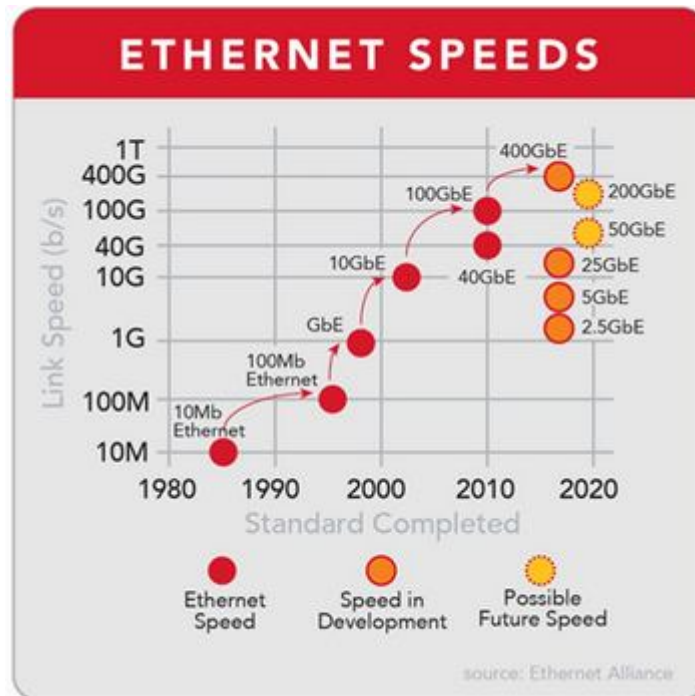
Un *carrier* en este contexto es un proveedor de servicios, tales como AT&T, T-Mobile, Verizon, Windstream, Masergy, Alpheus Communications, entre otros.

¿Por qué MEF *carrier ethernet*? Las empresas en expansión buscando liderar en el mercado y comunicarse eficientemente a nivel global definitivamente deben adoptar estándares internacionales.

Carrier ethernet es una tecnología ampliamente usada, y provee ventajas y beneficios desde su introducción como una manera natural de extender el protocolo *ethernet* para proveer conectividad WAN. *Carrier ethernet* busca construir sobre la ubicuidad, popularidad y ventaja económica del *ethernet*. De esta forma proveer un marco (*framework*) flexible, un formato universal de trama (*frame*), y capacidades mejoradas de Mantenimiento, Administración y Operación (OAM) para redes de alto rendimiento ideal para empresas y proveedores (*carriers*). Del mismo modo que *ethernet*, CE está cambiando la forma en la que se construyen las redes. CE sigue innovando y creciendo a grandes pasos, se habla de velocidades, estándares y servicios asociados a esta tecnología.

La figura 24, de *Ethernet Alliance*, ilustra el crecimiento de velocidades *ethernet* definido por la IEEE a mediados de los '80s.

Figura 24. Velocidad *ethernet*



Fuente: *Carrier Ethernet 101: Speeds, Standards and Services*.

<http://www.ciena.com/insights/articles/carrier-ethernet-Speeds-Standards-and-Services.html>.

Consulta: septiembre de 2017.

Carrier ethernet está basado en *ethernet* por lo que no necesita convertir a otros tipos de protocolos WAN. *Ethernet* es parte de capa 1 (*Layer 1*) y capa 2 (*Layer 2*) del modelo OSI. Como un protocolo de capa 2, *ethernet* es considerado el *server layer* para IP. *Ethernet* recibe peticiones y provee respuestas a la capa de IP (*Layer 3*). De manera que *ethernet* e IP trabajan en conjunto. Esta relación le ha servido a *ethernet* en la transición a *carrier ethernet*. La disponibilidad de servicios *carrier ethernet* evita complejidades significativas al mapear datos IP a servicios *telco legacy*, como por ejemplo, *Frame Relay* y ATM, que asocia el desarrollo de servicios *carrier ethernet* más estrechamente con el desarrollo en curso de servicios *ethernet*.

Algunos protocolos fueron desarrollados para interconectar LANs a largas distancias. Protocolos de comunicación de datos como por ejemplo X.25, ISDN, *Frame Relay*, y ATM fueron ideados y vendidos por proveedores para ofrecer conexiones a través de largas distancias. Sin embargo, *carrier ethernet* es más barato y más rápido que las tecnologías *legacy*: *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), *Synchronous Optical Network* (SONET) y *Frame Relay*. Asimismo, es una solución ideal para las crecientes velocidades de *ethernet* que se ajusta a la proliferación continua de apps que consumen gran cantidad de ancho de banda, como *e-mail*, *web browsing*, voz y tráfico de video. Los proveedores se ven atraídos por *carrier ethernet* porque habilita una variedad de servicios de red como *mobile backhaul*, *business services*, e interconexión de centros de datos (*data centers*). Estos servicios pueden ser vendidos a otros proveedores *wholesale* y usuarios finales (*end-users*) o *retail*. Una característica importante es que *carrier ethernet*, no es solo para proveedores, sino que es una solución más amplia que abarca a todos los operadores de red que proveen acceso a clientes finales (*end-customers*).

Después del nacimiento de *carrier ethernet*, MEF se establece por una coalición de vendedores de la industria de redes con objetivo de desarrollar nuevos estándares a nivel metropolitano para conectar LANs de empresas (principalmente basado en medio óptico), posteriormente se amplió a nivel global y desde entonces se ha mantenido activo, desarrollando y revisando estándares *carrier ethernet*. La ventaja que tiene una organización de operar bajo estándares es que tiene una plataforma de comunicación a nivel internacional, fácil de entender con las empresas más competitivas en la industria, un lenguaje común, tiempos de negociación más cortos a nivel técnico entre otros beneficios y ventajas en el mercado.

Para realizar la migración a servicios *carrier ethernet* MEF, descrita en el presente capítulo, como tecnología de transporte de la red *carrier ethernet*, se usó MPLS; cuya ampliación del tema, está fuera del alcance de esta tesis.

3.1. Requerimientos de implementación

Para proceder con la migración a nivel de acceso de los servicios a *carrier ethernet* MEF, se deben tener en consideración algunos requerimientos previos a realizar la actividad, entre los que podemos mencionar:

- Tener en funcionamiento una red sobre la tecnología adecuada, según lo indicado en el inciso 2.5.
- Disponer de equipos que soporten MEF CE 2,0.
- Tener la documentación respectiva de las últimas millas de los servicios
- Personal adicional con cierto perfil de conocimientos, enfocado en trabajar en esta actividad exclusivamente, entre otros.

Todos estos detalles se ampliarán respectivamente, en los siguientes incisos: requerimientos lógicos de red, equipamiento de red y recurso humano.

3.1.1. Requerimientos lógicos de red

Para que se pueda desarrollar la migración a servicios *carrier ethernet* MEF, a nivel de acceso (última milla); se hace necesario disponer de una red funcionando sobre cualquiera de las tecnologías descritas en el inciso 2.5.

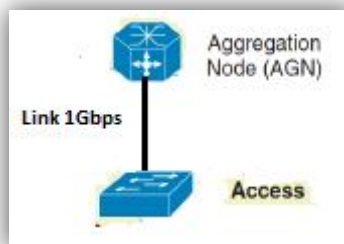
En este caso debido a que no se dispone de tal red, y después de hacer el respectivo análisis, como primera fase, se realizará la implementación/migración de la capa core y de agregación de la red, hacia

carrier ethernet IP/MPLS; debido a que esta tecnología de transporte ofrece las siguientes características:

- Facilidad de configuración
- Mayor escalabilidad
- Ingeniería de tráfico
- Calidad de servicio
- Flexibilidad
- Interoperabilidad con diversas tecnologías
- Convergencia rápida de la red
- Adaptabilidad
- Soporte métricas

Para no afectar la disponibilidad de los servicios, la implementación de la nueva red se realizará en paralelo a la red actual; por medio de equipos de la serie ASR900 que se instalarán en todos los nodos, y se realizarán interconexiones a 1 Gbps entre los nuevos equipos de agregación y los equipos de acceso, como se observa en la siguiente figura:

Figura 25. **Topología interconexión nueva red**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

Otras de las consideraciones que se deberán tener en cuenta, para proceder con la migración a servicios *carrier ethernet* MEF, a nivel de acceso, son las siguientes:

- Tener habilitados mecanismos de protección.
- Disponer de las plantillas de configuración a aplicar, según el tipo de servicio.
- La batería de pruebas pre y postmigración para verificar que no se tengan inconvenientes.
- Plan de acción de *rollback*, en dado caso se presentarán problemas y se tuvieran que revertir los cambios.

3.1.2. Equipamiento de red

De manera idónea por homologación de escenarios de entrega de servicios (y minimizar el uso de múltiples marcas de equipos, que podrían provocar problemas de compatibilidad), se esperaría tener un equipo *MEF compliant* del lado del cliente (CE), escenario que se presentará en los nuevos servicios que se configuren, donde se empezaran a instalar dichos equipos.

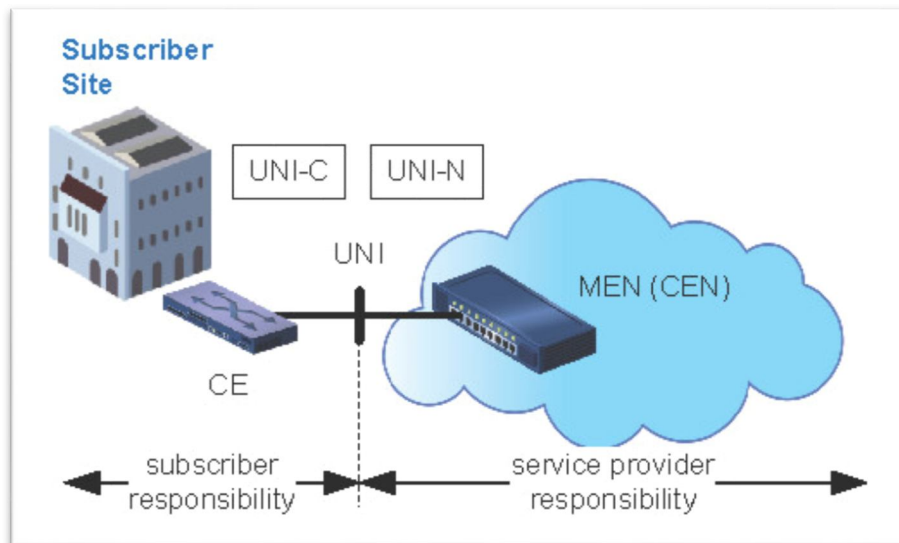
Ahora bien, dado que actualmente en el 90 % de las últimas millas de los servicios proveídos por esta empresa de telecomunicaciones, se tienen instalados equipos de demarcación capa 2 (marca IMC Networks y RAD), que no son *MEF compliant*, el proceder con el reemplazo de dichos equipos, por otros que sean *MEF compliant*, supondría realizar una gran inversión económica y de logística, ya que se debería desplazar personal hacia cada sitio donde se entrega servicio; por lo que, se propone no realizar una migración masiva de equipo, sino, realizarlo de manera paulatina, cuando se presente alguna incidencia o falla por daño de equipo; de esta manera también se

minimiza afectaciones por configuraciones incorrectas y cambios simultáneos donde se puede perder el control de donde se encuentra un punto de fallo.

De lo anterior que los cambios deben ser programados, por fases, para evitar afectaciones grandes a los clientes, tomando en consideración los SLAs y tiempos de notificación de las ventanas de mantenimiento; ya que cabe mencionar, que no se puede afectar el mismo servicio dos o más veces en un periodo de tiempo muy corto, en dado caso se tuviera mala programación de las actividades a desarrollar (por ejemplo, que por desorganización, fuera necesario solicitar otra ventana sobre un mismo servicio, porque se olvidó o no se previó hacer un cambio x sobre el mismo, en la anterior ventana); por lo que es muy importante dimensionar lo que se realizará y de qué manera; de modo que toda la actividad se desenvuelva en un entorno más controlado.

Por otro lado, es importante mencionar que dichos equipos de demarcación (CPE) capa 2 se pueden utilizar, media vez se tenga en el acceso un equipo que si sea *compliant* con IEEE 802,1 (pudiendo ser un conmutador (*switch*) o un enrutador (*router*)); bajo la premisa que el punto de demarcación UNI, puede estar en un puerto de un equipo de borde de la MEN (CEN, por sus siglas en ingles *Carrier Ethernet Network*) (UNI-N) que conecta con el CE (que no es *MEF compliant*, como en la mayoría de nuestros casos), o bien, en un puerto en el CE (UNI-C) (cuando dicho equipo si es *MEF compliant*, como sería el caso, para los equipos a usar en los nuevos servicios), como se muestra en la figura 26.

Figura 26. **Ubicación punto demarcación UNI**



Fuente: KIEFFER, Jon y SANTITORO, Ralph. *MEF-CECP 2.0 Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals (Kindle Edition)*. p. 257.

Tanto el UNIC-C, como el UNI-N, soportan interfaces *ethernet* IEEE 802,3 PHY/MAC, más datos adicionales, administración, y funciones del plano de control definido por el MEF.

Para la capa CORE, agregación y acceso de la red, se pueden utilizar diversos modelos y marcas de equipos, pero para este caso se emplearon equipos marca Cisco serie ASR 900 y ASR 920, así como Raisecom serie ISCOM 2900, respectivamente. Para las últimas millas de los nuevos servicios, donde el punto de demarcación UNI estará en el CE, se usarán también equipos marca Raisecom, pero de la serie RAX 700 e ISCOM 2100 (cuyas hojas de datos se incluyen en los anexos).

Entre las ventajas de utilizar equipos marca Raisecom de la serie RAX 700, tenemos:

- Reducción de costos
- Certificación MEF 2.0 para servicios E-LAN, E-Line, E-Tree y E-Access
- Funcionalidades completas a nivel capa 2:
 - ACL
 - VLAN
 - *Basic Q-in-Q*
 - *Selective Q-in-Q*
 - L2CP
- Protecciones de alimentación y conexión de cara a garantizar una alta disponibilidad:
 - Fuente de alimentación redundante
 - CE 2.0: ELPS ITU G.8031 y ERPS ITU G.8032, LACP
 - MPLS: *linear protection* G.8131
- Suite completa de funcionalidades para OAM (*Operation & Maintenance*) y PM (*Performance Monitoring*) con definición de SLA y generación de alarmas en caso de no cumplimiento:
 - *ethernet*: IEEE 802,3ah (incluyendo *dying gasp*) y 802,1ag CFM
 - ITU: Y.1731 CFM, LM/DM
 - *Twamp-lite* para redes de nivel 3
 - SLA Portal. software de recolección de KPI y presentación de resultados vía *web*
- Herramientas para la activación del servicio (SAT) con medidas a velocidades *full-rate* 1G y 10G:
 - RFC25444
 - ITU Y.1564

- Soporte de *SyncEthernet* y *1588v2 PTP transparent clock* para aplicaciones de *mobile backhaul*.

Para referencia de los costos se tiene que un equipo ISCOM 2924, cuesta aproximadamente \$75, el ISCOM 2110, \$30 y el RAX 711, \$50.

Para certificar los servicios *carrier ethernet* MEF se debe disponer de dos equipos de medición (por ejemplo, un JDSU), que permitan correr pruebas RFC2544, Y.1731 (para cumplimiento de SLAs) y Y.1564 para configurar uno como *loopback* y otro como generador de tráfico.

Los RAX 711 permiten configurar *loops* en los puertos por lo que solo se necesitaría un equipo de medición en el otro extremo de un enlace a ser medido.

3.1.3. Recurso humano

Derivado de la carga adicional de trabajo que supone realizar la migración a servicios *carrier ethernet MEF*, a nivel de acceso, es necesario que se subcontrate personal adicional calificado, que esté enfocado solo en esta actividad, para poder desarrollarla de manera más eficiente y rápida.

Dicho recurso humano adicional debe tener certificaciones, o en su defecto, conocimientos sólidos y comprobables en:

- CCNA (certificación deseable)
- CCNP (certificación deseable)
- MPLS
- MEF (CECP, deseable)

- BGP
- OSPF
- Arquitectura, diseño y diagramación de redes

Por parte de la empresa se deberán gestionar los accesos a todos los equipos de la red, explicar la topología actual y la nueva, así como brindar el direccionamiento completo; y los recursos asociados a cada uno de los servicios (según el estudio previo).

Como se mencionó anteriormente en el inciso 3.1.1, dado que para hacer la migración se habilitará una red MPLS en paralelo con la que se tiene actualmente en producción; es necesario, realizar en cada nodo, interconexiones entre equipos de ambas redes; para lo cual se debe disponer de personal técnico en cada sitio, que se encargue de realizar las interconexiones entre los equipos CORE y agregación (nueva red) y el acceso (actual red); así como la instalación de los primeros; dicha actividad deberá ser realizada previo a las ventanas de mantenimiento.

3.2. Análisis de los enlaces a migrar, a nivel de acceso (última milla)

Carrier ethernet es definida por los estándares MEF que abarcan una gran variedad.

Para realizar el análisis de las últimas millas de los enlaces a migrar, se deberá disponer y/o realizar el inventario de todos los servicios proveídos. Archivo que deberá incluir lo siguiente:

- Identificador del servicio
- Nombre del cliente del servicio

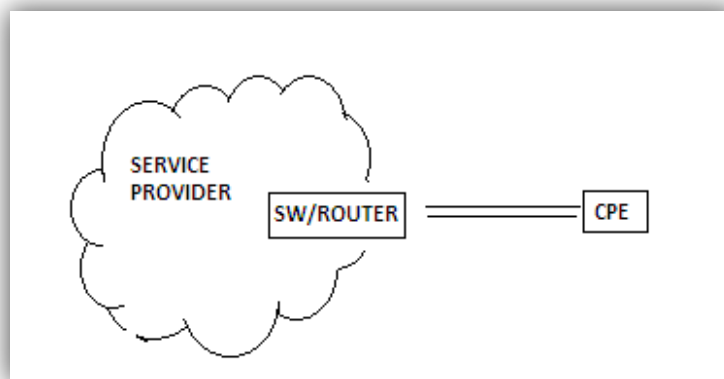
- Nombre del servicio
- Ancho de banda del servicio y en que parte del circuito, esta aplicada la limitación.
- Qué tipo de servicio es (punto a punto, internet, entre otros), y la topología de red que tiene, para discernir hacia qué servicio definido por MEF, se podría migrar.
- Direccionamiento de gestión, interfaces y nombre de los equipos donde se entregan las últimas millas de los servicios (equipos de demarcación); así como de los de derivación y acceso
- Marca y modelo de los equipos de demarcación (para tener el detalle de los que son o no, MEF *compliant*).
- Si se realizará etiquetamiento de vlans o no, y cuáles son las vlans que se manejarán en las últimas millas que componen el servicio.
- Donde se encuentran los puntos de interconexión con los operadores a lo que se les o nos, proveen servicios (nni)
- Si tienen configurada calidad de servicio (QoS)
- Si tiene configurada redundancia a nivel de última milla, y que tipo de redundancia es (1+1, 1:1)

3.2.1. Análisis de las topologías actuales

Es importante tomar en cuenta, cada uno de los escenarios bajo los cuales están implementados los servicios proveídos actualmente. En muchos casos, de acuerdo a los requerimientos de los clientes se diseñan soluciones con redundancia y éstas deben ser contempladas para una apropiada migración. Asimismo, se deben considerar los mecanismos de protección que ya están implementados.

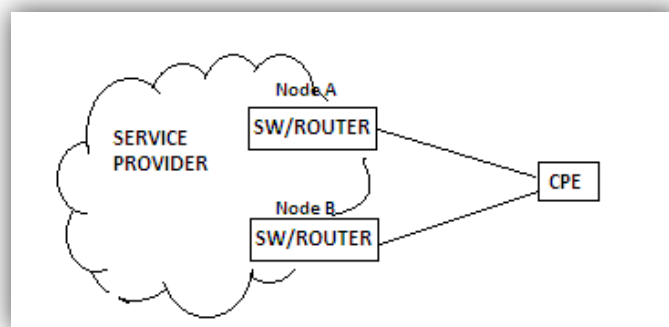
En la capa de acceso, se puede dar el caso, que el servicio es protegido mediante un mismo punto de entrada a la red del proveedor, o a través de dos nodos en distintas ubicaciones, como se observa en las figuras 27 y 28:

Figura 27. **Protección servicio última milla – mismo punto de entrada red proveedor**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

Figura 28. **Protección servicio última milla – 2 nodos del proveedor en ubicaciones distintas**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

Es importante disponer de toda la información de la red, con el fin, de conocer tanto las arquitecturas de protección existentes, es decir: 1+1, 1:1, así como, las posibles configuraciones.

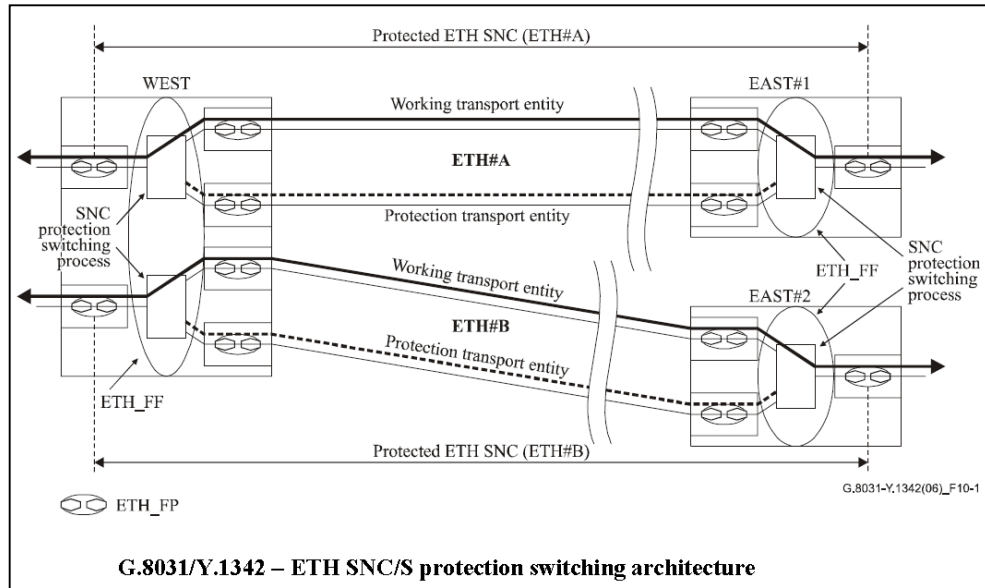
Los siguientes son los mecanismos de protección que se podrían encontrar.

3.2.1.1. Conmutación de Protección Lineal *Ethernet* (*Ethernet Linear Protection Switching*) (ITU-T G.8031) – ELPS

De acuerdo a la ITU-T este mecanismo de protección es aplicable a enlaces punto-a-punto, *VLAN-based ETH* SNCs, en redes de transporte *ethernet*, el cual provee conectividad entre dos puntos de flujo ETH en un dominio ETH. El tiempo de transferencia debe ser menor a 50 ms, el dominio protegido deber ser configurado para el 100 % del tráfico normal afectado, la señal debe ser protegida en una sola entidad de trabajo.

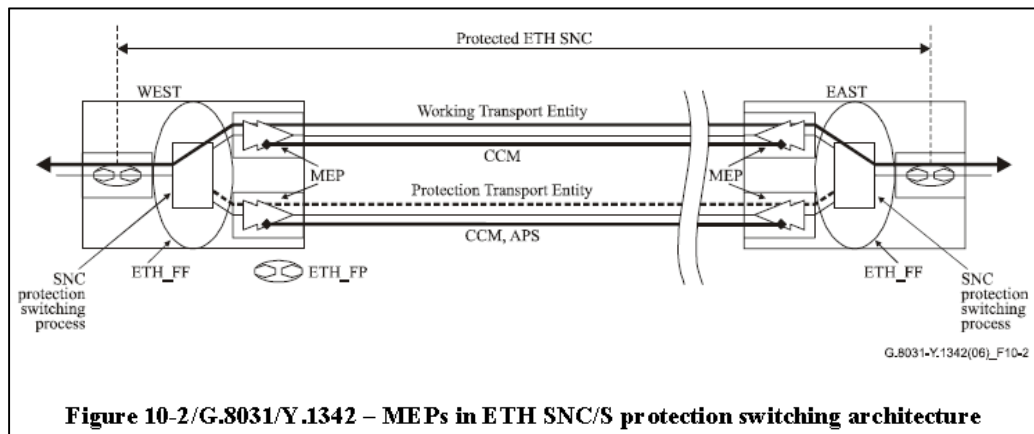
Para una protección 1:1 el mecanismo seria como se muestra en las figuras 29 y 30:

Figura 29. **Arquitectura de protección ETH SNC (ETH#A)**



Fuente: ITU-T. ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342 (06/2006) – *Ethernet Protection Switching*. p. 11.

Figura 30. **Arquitectura de protección ETH SNC**



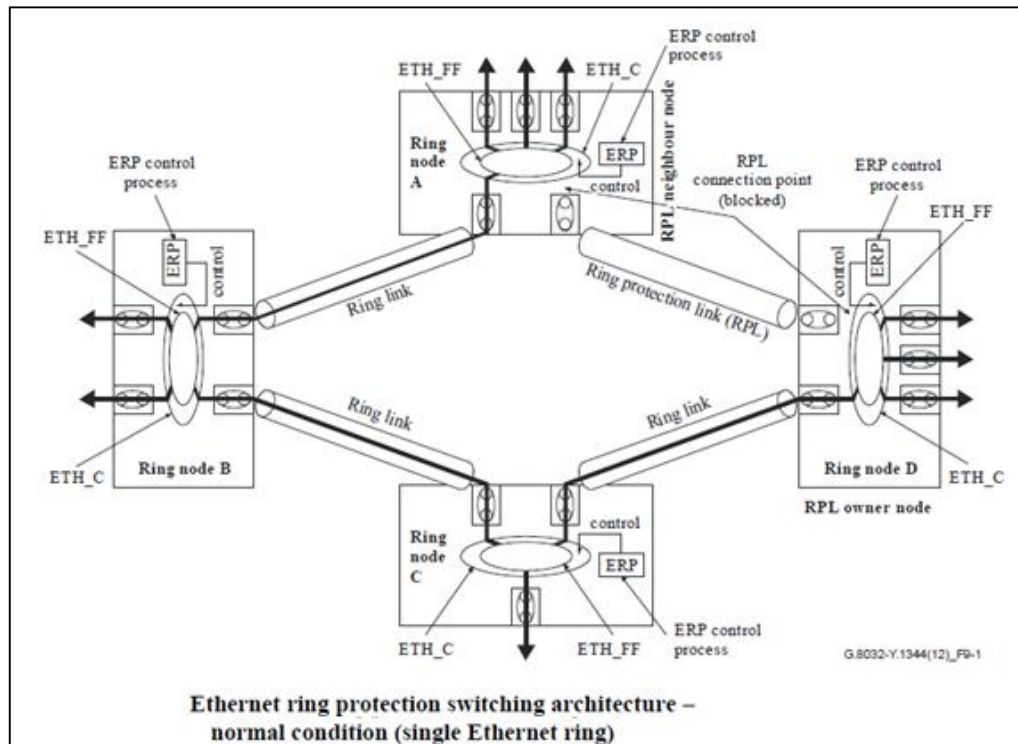
Fuente: ITU-T. ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342 (06/2006) – *Ethernet Protection Switching*. p. 12.

3.2.1.2. Conmutación de Protección de Anillo Ethernet (*Ethernet Ring Protection Switching*) (ITU-T G.8032) – ERPS

Este mecanismo de acuerdo a la recomendación de la ITU-T, es para anillos. Los anillos de red pueden proveer conectividad multipunto de área extensa (*wide-area*) más económica, debido a su reducido número de links. El mecanismo provee alta confiabilidad y protección estable evitando *loops* que podrían afectar fatalmente la operación de la red y la disponibilidad de los servicios.

Cada nodo del anillo *ethernet* conecta con los nodos adyacentes que participan en el mismo anillo *ethernet*, usando dos links independientes. Un *link* de anillo es limitado por dos nodos de anillo *ethernet* adyacentes y un puerto para un *link* de anillo llamado puerto de anillo. El número mínimo de nodos en el anillo *ethernet* es dos. Los principios de la arquitectura de conmutación de protección de anillo son: Evitar *loops* y la utilización de aprendizaje, reenvío y el mecanismo de filtro de la base de datos (FDB: *Filtering database*).

Figura 31. **Arquitectura de protección de conmutación *ethernet* en anillo**



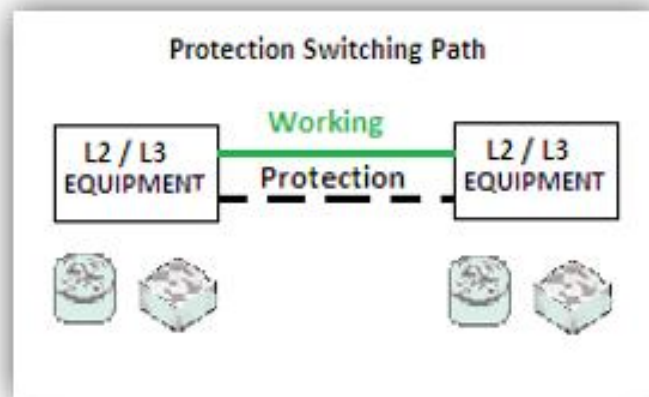
Fuente: ITU-T. ITU-T Recommendation G.8032/Y.1344 (08/2015) – *Ethernet Ring Protection Switching*. p. 8

3.2.1.3. Protección de puerto (*port protection*)

Es un tipo de protección que hace referencia a dos interfaces (puertos) en un dispositivo configuradas en modo primario/respaldo. El puerto primario contiene al enlace primario y el puerto configurado como respaldo sirve como enlace de protección. El enlace primario normalmente está activo y transmite los servicios o el servicio, cuando éste o el puerto falla, afecta la transmisión de información y es aquí cuando entra a funcionar el enlace de respaldo. De esta manera se mantiene la confiabilidad de la red.

Este mecanismo obedece al estándar G.8031 ITU-T para protección de rutas *ethernet* punto-a-punto sin la necesidad de utilizar *spanning tree*.

Figura 32. **Protección puerto - punto a punto**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

En general para cualquier mecanismo se debe tener en consideración el tipo de modo que será configurado, el cual puede ser: *Revertive/Non-revertive*, y el mismo dependerá de los escenarios, ya que esta relacionado con las arquitecturas de protección. Normalmente el modo *Revertive* se asocia con 1+1 y *Non-revertive* con 1:1.

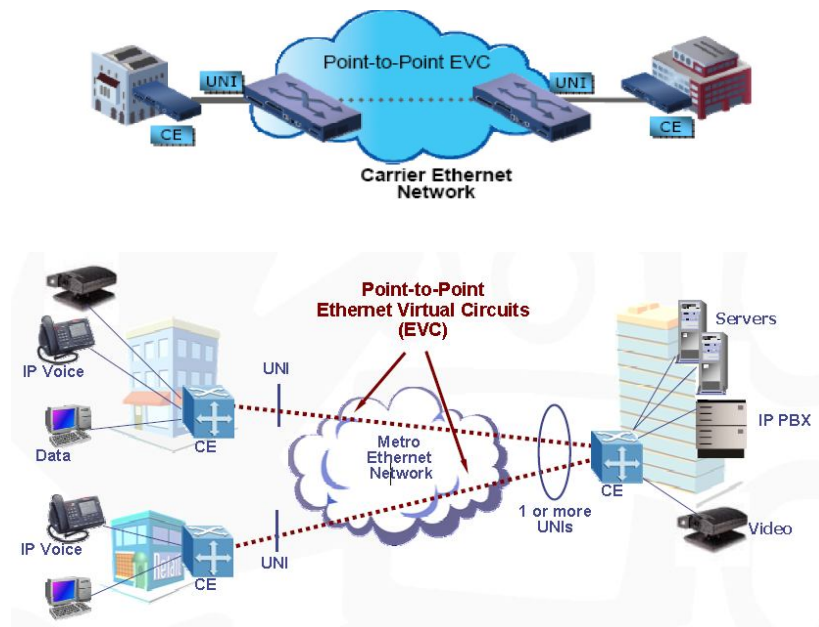
La importancia del análisis radica en estandarizar, MEF (20) requiere como mecanismo de protección 1:1 *LAG-link aggregation*, por la cláusula 43 de la IEEE 802.3. El mecanismo incluye protección 1:1 de los enlaces ENNs y soporte LAG 1:1, para UNIs tipo 2.2, y esto es aplicable a todas las tecnologías de transporte.

3.2.2. Verificación de la topología según el tipo de servicio

Del análisis realizado en el inciso 3.2.1, se observa que los enlaces proveídos por la empresa que se está analizando, son punto a punto, por lo que al momento de realizar la migración, a nivel lógico, se configurarán como servicios tipo *E-Line*; según se muestra en los siguientes diagramas, donde se presentan las soluciones para un enlace de datos y para uno de internet.

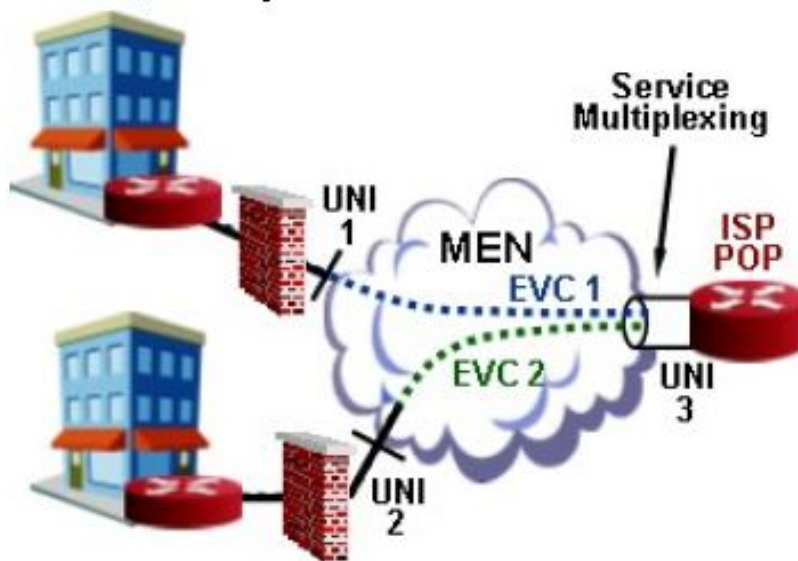
Por ejemplo para el caso de un enlace de datos donde se requiere interconectar un punto A o bien una central, con un punto B o bien, con varios sitios remotos; se usará la topología de la figura 33; y para el caso de un servicio de internet, la topología de la figura 34.

Figura 33. Diagrama para enlace de datos (punto a punto)



Fuente: SCHMIDBERG, Eduardo. *MetroEthernet* – Seminario Técnico IEEE – Abril 2009. p. 31.

Figura 34. Diagrama para enlace de internet



Fuente: SANTITORO, Ralph. *Metro Ethernet Services - A Technical Overview*. p. 14.

Donde:

ISP (*Internet Service Provider* o Proveedor de Servicio de Internet): proveedor de servicio que tiene su propia red (o arriendos), a través de la cual los usuarios se conectan a Internet.

POP (*Point of Presence* o Punto de Presencia): es un punto de demarcación artificial o punto de contacto entre dos entidades que requieren comunicación. Un punto de presencia en internet, es un punto de acceso a internet o dicho en otras palabras es un lugar físico que alberga los servidores, *routers*, MPLS y conmutadores *ethernet*.

3.3. Planificación de habilitación de red MPLS, sobre la cual se configurarán los servicios *carrier ethernet* MEF

Carrier ethernet es definida por los estándares MEF que abarcan una gran variedad de enunciados. No es objetivo de la tesis tratar el tema del transporte, porque conlleva otro trabajo, sin embargo, están relacionadas, porque uno soporta al otro. ¿Por qué MPLS?, específicamente para la red en cuestión, porque es más fácil de configurar, la escalabilidad, la reducción de muchos de los problemas experimentados anteriormente (*loops* y demás inconvenientes de las tecnologías en otras capas inferiores y de inundación de MAC *address flooding*), el equipamiento instalado no era compatible con los estandarizados por MEF), por la exigencia de la red, permite ingeniería de tráfico, lo cual permite manipular la ruta por la que se desea enviar determinado tráfico, recuperación de la red en menores tiempos ante cortes en cualquiera de las rutas, y garantía de ancho de banda.

3.3.1. Planificación de ventanas de mantenimiento, para proceder con la migración a servicios *carrier ethernet* MEF, a nivel de acceso

Para proceder con la programación de las ventanas de mantenimiento, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Concentración de servicios por nodo/área o región.
- Cantidad de nodos y su distribución por área o región.
- Cantidad de personas que apoyarán en las ventanas de trabajo.

De la tabla III que se muestra a continuación se observa que la mayor concentración de servicios, se encuentra en la región I y VI, y de la tabla IV, que

la mayor cantidad de nodos, se encuentra en la región III y VI, por lo que al momento de realizar la migración de las últimas millas de los enlaces, a carrier *ethernet* MEF, se ejecutará la actividad en varias ventanas de trabajo, que se distribuirán a lo largo de 28 semanas, según se muestra en la tabla V.

Tabla III. **Concentración servicios**

Región	Concentración Servicios
I	26,65 %
II	5,09 %
III	14,09 %
IV	11,69 %
V	10,38 %
VI	20,69 %
VII	6,95 %
VIII	4,46 %
Total	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Concentración nodos**

Región	Concentración Nodos
I	7 %
II	9 %
III	21 %
IV	14 %
V	9 %
VI	19 %
VII	14 %
VIII	7 %
Total	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Distribución tiempo – migración servicios/región**

Región	Número Semanas
I	5
II	3
III	4
IV	3
V	4
VI	4
VII	3
VIII	2
Total	28

Fuente: elaboración propia.

Dentro del recurso humano se dispondrá de 4 personas, mismos que en primera instancia, realizarán la instalación de los equipos de agregación y CORE, en cada nodo hacia donde se expandirá la red MPLS, cuya actividad debe ser realizada previamente, y que no se detalla debido a que esta fuera del alcance de esta tesis.

A continuación se propone la calendarización para proceder con la migración de los servicios a *carrier ethernet* MEF, tomando como base la concentración de nodos, servicios y personal asignado.

CONCLUSIONES

1. Con el diseño actual de red se ve truncado el crecimiento escalable a futuro, debido a las limitaciones lógicas y físicas.
2. *Carrier ethernet* es definido e impulsado por el Metro *Ethernet* Forum (MEF), cuyo estándar provee interoperabilidad entre tecnologías de diferentes proveedores, brindando alta velocidad en la creación de servicios, activación y administración de forma automática, menor tiempo hacia el mercado (time to market) y de retorno de la inversión.
3. *Carrier ethernet* ofrece QoS (Quality of Service) para entrega de servicios con SLAs exigentes, OAM para asegurar el servicio y alta disponibilidad para protección del servicio.
4. Costos de implementación bajos, si se cuenta con una red MPLS previamente instalada y no requiere personal muy especializado para la operación o diagnóstico en la primera línea de atención de fallas (nivel 1).
5. Permite ofrecer servicios más granulares y personalizados de acuerdo a la necesidad del cliente.
6. Al realizar la migración de los servicios a carrier *Ethernet* MEF, se está estandarizando los servicios, según lineamientos internacionales de dicho foro, de acuerdo a un lenguaje universal de carrier *ethernet*.

RECOMENDACIONES

1. A nivel de equipamiento de red: proceder con el reemplazo de todos los equipos del lado del cliente (CE), por unos que sean *MEF compliant*, con el fin de homologar los escenarios de entrega de servicios y minimizar múltiples marcas de equipos, que podrían provocar problemas de compatibilidad.
2. A nivel de recurso humano: con el fin que la migración se desenvuelva de la mejor manera y en un periodo de tiempo más corto, será necesario disponer mínimo de 4 personas adicionales debidamente preparadas, que se encuentren exclusivamente enfocadas en el proyecto, mismas que serán lideradas por una persona interna con el suficiente conocimiento de la red, servicios y experiencia en el campo, para que pueda guiar correctamente.
3. A nivel de análisis de los enlaces a migrar: entre más información se disponga de los servicios (características, equipamiento, escenarios bajo los cuales esta implementado), será mejor porque permitirá discernir el diseño que mejor se ajusta.
4. Ejecutar las tareas en tiempo de acuerdo al cronograma establecido, verificando los detalles previamente identificados para evitar retrasos innecesarios (por ejemplo, que no se permita el acceso a un Nodo, debido a que no se hizo la respectiva gestión de ingreso con tiempo o se olvidó la llave, entre otros).

5. Mantener estrecha comunicación entre las personas que ejecutaran las ventanas de mantenimiento.
6. Sería conveniente que al finalizar cada trabajo los responsables de los trabajos, envíen un correo electrónico a los involucrados en el proyecto, indicando los aspectos relevantes que se presentaron durante la intervención así como el éxito total o parcial (entiéndase servicios que por una u otra razón no pudieron ser migrados).
7. Personal de campo en nodos llevar equipo adicional de repuesto para cubrir cualquier incidente con el equipo actual o nuevo.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Ethernet*. [en línea]. <<http://blog.utp.edu.co/ee973/files/2012/04/capitulo09-ethernet.pdf>>. [Consulta: enero de 2017].
2. *Carrier Ethernet 101: Speeds, Standards and Services*. [en línea]. <<http://www.ciena.com/insights/articles/carrier-ethernet-Speeds-Standards-and-Services.html>>. [Consulta: septiembre de 2017].
3. HELD, Gilbert. *Carrier Ethernet Providing the Need for Speed. United States of America*: Auerbach Publications, 2008. 203 p.
4. ITU-T. ITU-T *Recommendation G.8031/Y.1342 (06/2006) – Ethernet Protection Switching*. Suiza: ITU, 2006. 44 p.
5. ITU-T. ITU-T *Recommendation G.8032/Y.1344 (08/2015) – Ethernet Ring Protection Switching*. Suiza: ITU, 2006. 76 p.
6. KIEFFER, Jon y Yongchao Fan. *Introduction to Carrier Ethernet for Carrier Ethernet Professionals. Second Edition. United States of America*: Fujitsu Network Communications, 2015. 118 p.
7. KIEFFER, Jon y Ralph Santitoro. *MEF-CECP 2.0 Exam Study Guide for Carrier Ethernet 2.0 (CE 2.0) Professionals. First Edition. United States of America*: Fujitsu Network Communications, 2013. 470 p.

8. PARVEEN. *Computer Networking Fundamentals: Volume-I. Kindle Edition. United States of America*: Parveen, 2016. 71 p.
9. RAISECOM *SITE DATASHEETS*. [en línea]. <<http://www.raisecom.com.cn/>>. [Consulta: 5 de febrero de 2018].
10. SANTITORO, Ralph. *Metro Ethernet Services - A Technical Overview. United States of America*: MEF, 2003. 19 p.
11. SPURGEON, Charles y Joann Zimmerman. *Ethernet The Definitive Guide. Second Edition. United States of America*: O'Reilly Media, Inc., 2014. 483 p.
12. VALDIS, Krebs. La vida social de los *routers*. Aplicando el conocimiento de las redes humanas al diseño de las redes de ordenadores. [en línea]. <http://revista-redes.rediris.es/html-vol11/Vol11_9.htm>. [Consulta: diciembre de 2016].

ANEXOS

Anexo 1. ISCOM RAX 711 (B) – essential demarcation device

Product Overview

ISCOM RAX 711(B) has a smaller size and more reliable power supply, which is a new generation Carrier-grade Ethernet demarcation device (EDD), which enables CE2.0 compliant EPL, EVPL, EP-LAN, EVP-LAN and E-Access services that are widely deployed for business connections, mobile backhaul and cloud scenarios.

With the auto-provisioning functions and tool-kit, the series greatly reduces the complexity and costs for large-scale deployment or upgrade. Service verification and turn-up can be also done remotely and efficiently with Y.1564 test sets embedded with ISCOM RAX711(B). In compliance with the latest OAM standards including IEEE 802.3ah, IEEE 802.1ag and ITU-T Y.1731, the series allows cost-effective delivery of committed SLA end-to-end or end-to-core. KPIs including throughput, jitter, delay, packet loss and availability can be performed, reported and visualized on a per service basis.

Highlights

- Creation, identification and isolation of CE2.0-compliant service end-to-end or end-to-core
- Zero-touch Auto Provisioning ideal for large-scale deployment & upgrade
- Service turn-up verification based on embedded Y.1564 real-traffic simulation test suite
- Stable and reliable network assurance with real-time monitoring and per-service visualized SLA parameters
- Low latency and low jitter for delivery of high performance services
- Comprehensive OAM solutions based on 802.3ah, 802.1ag and Y.1731 for OPEX reduction
- Carrier-class EDD with supports of SyncE for mobile backhaul applications
- Eco-system warranty with low power consumption design

Specifications

NNI: 2 x GE SFP interfaces
(100BASE-FX/1000BASE-X SFP and 10/100/1000BASE-T SFP)

UNI: 4 x Combo ports
(100BASE-FX/1000BASE-X optical SFP; 10/100/1000BASE-T electrical port)

SNMP interface: 1 x RJ45

Console interface: 1 x RJ45

Dimensions: 220(L), 180(W), 43.6(H) mm³

Operating temperature: - 20 to 60°C

Storage temperature: -45 to 85°C

Humidity: 10 to 90%, non-condensing

Lightning proof: 6kV/AC, 2kV/DC

AC&DC dual-power, Max power consumption:20 W

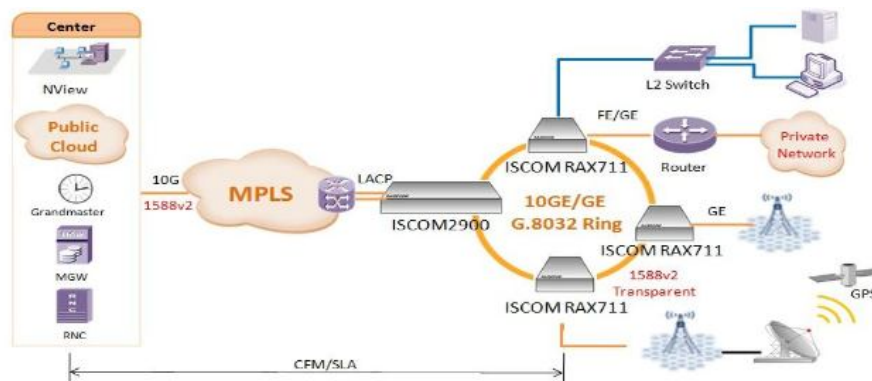


Figure.1 Converged fixed and mobile networks deliver a wide range of services

Continuación del anexo 1.

Ethernet

- MTU:12,288 byte (default 1,526 byte)
- Up to 32k MAC
- Support 4,094 VLANs (C-tag), stacked VLANs (QinQ, S-tag)
- Recommended 16 Ethernet virtual circuits (EVC) per network interface device (NID)²
- Layer 2 loopback on single and multiple flows
- Layer 2 control protocol (L2CP) handling

Synchronization¹

- ITU-T G.8262 Synchronous Ethernet
- Clock in/out interface: 1 x RJ45
- E1 mode (120 Ohm): -2Mhz or 2M BITS
- T1 mode (100 Ohm): -1.5Mhz or 1.5M BITS
- Sync-E output BNC interface
- Support sync status message

IP Services

- DHCP client, snooping, option61/82³
- IPv4, IPv6, Static routing

Traffic Management

- Service classification per port/VLAN/CoS(DSCP)
- Support SP, WRR and SP+WRR scheduling modes, and up to 8 queues per port
- MEF-compliant 3-color policing with color-aware and color-blind mode
- Bandwidth throttling per port/VLAN/CoS(DSCP), CIR/EIR per flow
- Support hierarchical bandwidth profile in the ingress direction
- Traffic shaping for both UNI and NNI

Security

- Secure MAC address
- ACL based on VLAN, CoS, MAC, EtherType, IPv4, IPv6, or user-define combinations
- RADIUS, TACACS+
- Storm control (broadcast, multicast, DLF)

Reliability

- Link aggregation group (LAG)
- Interface backup
- ITU-T G.8031 Ethernet link protection switching (ELPS) and G.8032 Ethernet ring protection switching (ERPS) with the

automatic protection switchover time less than 50ms

- Port/VLAN-based Ethernet local loop detection
- Fault propagation
- AC&DC dual-feed power supplies

Ethernet OAM

- IEEE 802.3ah EFM-OAM link management
- IEEE 802.1ag connectivity fault management (CFM) with 3.3ms CCM resolution
- ITU-T Y.1731 performance monitoring (PM)
- Hardware-based frame delay (FD) measurement
- ITU-T Y.1564 service activation test, up to 8 flows simulation
- Hardware-based SLA KPIs per port or EVC, which include throughput, delay, jitter, packet loss and availability
- Dying gasp message in case of power failure

Auto-Provisioning

- Auto-establishment of management tunnels across L2/L3 networks
- Easy generation and distribution of massive configuration files using GUI-based toolkit

System Management

- Remote management via SNMP v1/v2/v3, Telnet and SSH v1/v2
- Local management via console interface
- MEF 36 compliant MIB
- KeepAlive, RMON, LLDP, Syslog
- Port/VLAN/Cos-based statistics
- SFP digital diagnostic management (DDM)
- Fan, temperature and CPU monitoring
- Voltage and temperature monitoring
- Dual system

Standard Compliance

- IEEE 802.1Q, 802.1ad, 802.1ag, 802.1D, 802.1w, 802.1s, 802.1p, 802.1x, 802.3ad, 802.3ah
- ITU-T G.8262, G.8031, G.8032, Y.1564, Y.1731
- IETF RFC 2865 (RADIUS), 2819 (RMON)
- MEF 6, 9, 10, 14, 16, 36 (CE2.0-certified)
- NEBS
- Safety CE certified, UL and RoHS compliant
- EMI Class A

Fuente: RAISECOM *SITE DATASHEETS*. <http://www.raisecom.com.cn>. Consulta: 5 de febrero de 2018.

Anexo 2. ISCOM2110EA-MA

Enhanced L2 Carrier Ethernet Access Switch

ISCOM2110EA-MA is designed for Carrier Ethernet access portfolio, which provides cost-effective solutions for campus, enterprise, and residential access scenarios. The product has 8 x 10/100Base-T auto-sensing client interfaces and 2 x SFP combo GE network interfaces. It can be managed either locally or remotely via CLI, SNMP, Web and Telnet. The ISCOM2110EA-MA is equipped with advanced microchips that ensure carrier-class stability and reliability.

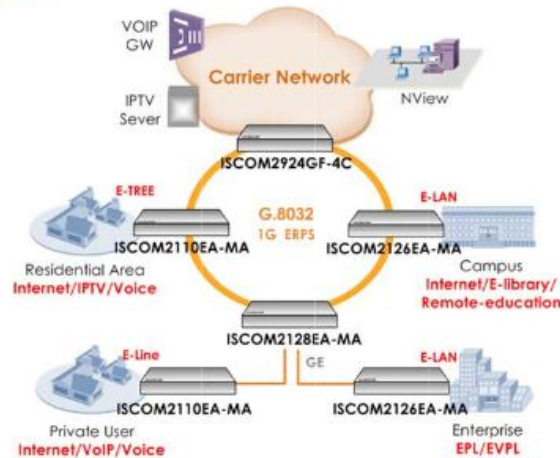


ISCOM2110EA-MA

Highlights

Network Security	Upgraded security with port-isolation, advanced ACL, broadcast/multicast/DLF storm control, unique port loopback detection, and DHCP Client/Snooping/Option82 functionality
Resiliency & Protection	Supports ITU-T G.8031 linear and ITU-T G.8032 ring protection with switching time less than 50ms; Supports STP/RSTP/MSTP, redundant links and IEEE 802.3ad Link Aggregation
Carrier Ethernet Service & Management	Supports IEEE 802.3ah Link OAM, IEEE 802.1ag end-to-end connectivity OAM and ITU-T Y.1731 end-to-end service and performance; Advanced QoS technology allows stream-marking based on CoS, DSCP, IP precedence and priority; Scheduling modes including SP, WRR, SP+WRR; Support flow-based mirroring/rate-limit/redirection/VLAN swapping and rewriting
Multicast Functionality	Supports IGMP snooping/proxy, multicast filtering, multicast VLAN registration (MVR) to save bandwidth and optimized corresponding services such as IPTV

Typical Application



Products involved

- 10G aggregation switch:
ISCOM2924GF-4C
- L2 access switch:
ISCOM2110EA-MA
ISCOM2126EA-MA(B)
ISCOM2128EA-MA

Continuación del anexo 2.

Features

Switching Mode	Store and forward mode; Non-blocking switching
Packet Forwarding	MTU: 9,712byte (default); DLF control
Bandwidth Profile	Rate limit:1,048,576Kbps; Burst configuration (Max 130KB); Ingress rate limit per port; Egress flow shaping per port; Rate limit per VLAN; Increments:64Kbps
VLAN	IEEE 802.1Q VLAN: 4K active VLANs; port-based VLAN; GVRP, 256 max dynamic VLAN
Storm Control	Broadcast/multicast/unicast/DLF storm control; Control mode: global, bps, burst; Default burst: 8KB
Multicast	1K multicast addresses; Static multicast group; IGMP Snooping V1/V2/V3; Multicast filtering & unknown multicast discarding; MVR
Mirror	Mirroring per port; DOT1X; IP source guard; Dynamic ARP inspection (DAI)
CFM	IEEE802.1ag/ITU-T Y.1731 protocol: up to 256 MEP, 256 MA; Connectivity check (CC); Loopback (LB); Link trace (LT)
Password Recovery	Supported
Filter	ACL hardware filter; Support MAC 1536 traffic streams
LLDP	Discovery remote base on link layer; Get remote basic information
Error Tolerance & Redundancy	System error report; Fast recovery during serious error
Scheduling	System task scheduling
MEF 9 & 14	Supported
Time Management	Time zone; Time modification; Support SNTP & NTP
Software Upgrade	Xmodem/FTP upgrade in BOOTROM FTP/TFTP
Auto Configuration	Supported
DHCP	DHCP Client/Snooping/Opt82/Relay

Continuación del anexo 2.

	Separate mirroring configurations for ingress & egress ports				
Port Loopback Detection	Auto shutdown individual ports upon fault signals; Auto-detection interval can be set				
MAC Address Table	16K MAC address; Add/remove MAC address; View MAC address statistic; Search MAC address; Aging time:10-1,000,000s; MAC table threshold per port; MAC table limit:1-255;				
Q-in-Q	Port/flexible Q-in-Q; 682 flexible Q-in-Q configurable items; Egress-direction VLAN-mapping				
Link Aggregation	Up to 6 groups and 8 ports per group; Group member max-port-number 26; Load balance based on MAC/MAC+IP; Standard LACP (static only)				
Flow Control	IEEE 802.3x in full duplex mode; Back pressure in half duplex mode; Separate configurations for ingress & egress				
STP	STP, RSTP & MSTP (64 instances); 256 STG				
Digital Diagnostic	SFP digital diagnostic function				
Port Backup	Supported				
Transparent Relay	BPDU; DOT1X; LACP; CDP; VTP; PVST				
Advanced					
OAM	IEEE802.3ah OAM including discovery, link performance, remote loopback, fault detection & performance stats per OAM standards; OAM Active/Passive mode; OAM MIB Variable Get function; OAM Event function; Extended OAM (configure on remote switches)				
Cluster Management	Raisecom Neighbor Discovery Protocol (RNDP); Raisecom Topology Discovery Protocol (RTDP); Raisecom Cluster Management Protocol (RCMP); Raisecom Cluster Program				
SLA	Layer-2/Layer-3 SLA (frame delay, jitter & packet loss)				
		System Management		CLI/Telnet/NMS/SNMP/Web management; 16 Layer 3 interfaces, super VLAN, max 4K VLANs; RMON1, 2, 3 & 9; Bridge MIB (RFC1493); Raisecom NMS; System log; Hierarchical alarms; Link alarm per port; Keep-alive report; Fault pass through; Module information management	
		Maintenance		Debug information output; PING (packet internet groper); Telnet client; Port statistics; Port dynamic statistics	
		QoS		Global CoS/DSCP to queue mapping; Port priority override; Port TRUST mode: CoS/DSCP/port priority; Global queue scheduling with 8 queues per port; Scheduling mode: SP/WRR/SP+WRR; WRR weight range:1-255; Flow statistics; Flow-based mirror/rate-limit/ redirection/VLAN swapping/rewriting of 802.1p CoS, DSCP, IP priority	
		Ethernet Ring		Raisecom private ring protocol; Up to 8 rings; 124 devices on one ring; switching time $\leq 50\text{ms}$	
		ACL		MAC/IP-based ACL; ACL map (L2-L4 byte)	
		Safety Features		Client classification and password protection; RADIUS; TACACS+; Binding of MAC address & port; Port protection; PPPoE agent;	

Fuente: RAISECOM *SITE DATASHEETS*. <http://www.raisecom.com.cn>. Consulta: 5 de febrero de 2018.

