

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SISTEMA DE TRANSPORTE METRO ETHERNET PARA COBERTURA DE TELEFONÍA E INTERNET MÓVIL PARA EL EVENTO CADE 2013

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:
ENRIQUE ERNESTO MUNAYCO CORONADO**

**PROMOCIÓN
2009-II**

**LIMA-PERÚ
2014**

**SISTEMA DE TRANSPORTE METRO ETHERNET PARA
COBERTURA DE TELEFONÍA E INTERNET MÓVIL PARA EL
CADE 2013**

A Dios.

A mis padres.

A mi Universidad.

SUMARIO

En el presente informe se desarrolla la implementación y despliegue de un sistema de transporte Metro Ethernet con la finalidad de asegurar la cobertura de servicios de telefonía e internet móvil, para el evento de Conferencia Anual de Ejecutivos (CADE 2013), realizado en la ciudad de Pisco.

El proyecto se originó debido a la capacidad limitada de la red de transporte existente, para cubrir la demanda de comunicaciones móviles (voz, datos y video), en el Hotel Resort Hilton de Paracas durante dicho evento. La demanda usual de turistas se incrementó por la presencia de expositores, público en general, periodistas y personal técnico durante los tres días del evento. Para ello fue necesario nuevos acceso a servicios de telefonía móvil e internet en el lugar donde se realizó el evento, eliminar la saturación del enlace y asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet.

La solución es expuesta mediante un análisis situacional preliminar del caso de estudio, para luego establecer los requerimientos para el proyecto y finalmente el diseño de la Red Metro y eliminar las limitaciones detectadas. Se presenta finalmente la topología de la solución, la configuración respectiva y una descripción de las pruebas realizadas

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Objetivo del trabajo	3
1.3 Evaluación del problema.....	3
1.4 Alcance del trabajo.....	4
CAPÍTULO II	
TEORÍA DE LA RED DE TRANSPORTE DE DATOS	5
2.1 Aspectos Generales sobre Red Metro Ethernet.....	5
2.1.1 Estándares.....	5
2.1.2 Estructura de modelo de la Red Metro Ethernet (Atributos)	6
2.1.3 Modelo de referencia de una red Metro Ethernet	6
2.1.5 Ventajas y beneficios de una Red Metro Ethernet	10
2.2 Protocolo de enrutamiento IS-IS.....	11
2.2.1 Principios del Protocolo IS-IS.....	12
2.2.2 Conceptos Básico y términos usados.....	12
2.2.3 Arquitectura Jerárquica de Protocolo IS-IS	13
2.2.4 Mecanismo del Protocolo IS-IS	14
2.3 Tecnología MPLS L2 VPN	17
2.3.1 Estructura de red MPLS L2 VPN	17
2.3.2 Ventajas de MPLS L2 VPN	18
2.4 Tecnología IP QoS.....	18
2.4.1 Parámetros de Calidad de Servicio.....	18
2.4.2 Clasificación de Tráfico y Marcado	19
2.4.3 Políticas de Tráfico y limitación de flujo	20
2.4.4 Administración de congestión	21
2.5 Mecanismo BFD (Bidirectional Forwarding Detection).....	23
2.6 Gestor de Red U2000	24
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	25
3.1 Análisis situacional del escenario encontrado (Caso de Estudio)	25
3.1.1 Red de transporte Metro Ethernet para servicio de Internet	26
3.1.2 Red Core de Internet.....	29

3.1.3	Red de Backhaul para el servicio de telefonía móvil.....	31
3.1.4	Un enlace saturado de 1 Gb	32
3.1.5	Equipo de transmisión OSN 3500.....	33
3.2	Requerimientos del sistema.....	34
3.2.1	Acceso a servicios de telefonía móvil e internet.....	34
3.2.2	Eliminar la saturación del enlace	38
3.2.3	Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet.....	38
3.3	Diseño de la solución	38
3.3.1	Nuevo Backhaul hacia el nodo Pisco.....	38
3.3.2	Backhaul hacia Hotel Hilton	43
3.3.3	Eliminar la saturación del enlace	48
3.3.4	Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet.....	52
3.3.5	Topología final de la solución.....	53
3.4	Comisionamiento.....	54
3.4.1	Verificación de Potencia de TX y RX en los nuevos enlaces.....	55
3.4.2	Prueba de conectividad y stress del enlace	56
3.4.3	Verificación del medio (CRC).....	56
3.4.4	Verificación del estado de mecanismo BFD	56
3.4.5	Verificación Estado IS-IS y LDP.....	57
3.4.6	Verificación de estadística de los enlaces agregados.....	59
3.4.7	Verificación de los servicios finales.....	60
CAPÍTULO IV		
COSTOS Y CRONOGRAMA.....		62
4.1	Costos	62
4.3	Cronograma.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		64
BIBLIOGRAFÍA.....		66

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Ubicación de CADE2013.....	3
Figura. 1.2. Red Metro Ethernet	6
Figura. 2.2. E-Line (Ethernet Line Service).....	7
Figura. 2.3. E-LAN (Ethernet LAN Service Type).....	8
Figura. 2.6. Servicio TOIP	9
Figura. 2.7. Extensión de LAN (Lan to Lan).....	10
Figura. 2.8. Intranet / Extranet L2 VPN.....	10
Figura. 2.9. Arquitectura jerárquica.....	13
Figura. 2.10. Ejemplo de cálculo de SPF	16
Figura. 2.11. Estructura de red MPLS L2 VPN.....	17
Figura. 2.12. Ejemplo de trama Ethernet 802.1q.....	19
Figura. 2.13. Representación de cuatro bit CFI	20
Figura. 2.14. Campo TOS (Tipo de Servicio).....	20
Figura. 3.1. Topología de la red de Transporte Metro Ethernet	25
Figura. 3.2. Esquema del enlace saturado	32
Figura. 3.3. Historial de volumen de tráfico del enlace saturado.....	33
Figura. 3.4. OptiX OSN	34
Figura. 3.5. Ubiquiti CADE.....	35
Figura. 3.6. Modelo de la implementación del servicio Ubiquiti.....	35
Figura. 3.7. WiFi CADE (Hilton 1 y Hilton 2).....	36
Figura. 3.8. Perfil y asignación de fibra óptica.....	39
Figura. 3.9. Instalación equipo backhaul Tellabs 8611 en Hotel Paracas.....	39
Figura. 3.10. Equipo Tellabs 8609 para Hilton 1.....	43
Figura. 3.11. Equipo Tellabs 8609 para Hilton 2.....	44
Figura. 3.12. Incremento de 2 enlaces de 1Gb cada uno de ancho banda.....	48
Figura. 3.13. Enlace de respaldo.....	53
Figura. 3.14. Topología final de la solución.....	54
Figura. 3.15. Potencia de TX y RX en los nuevos enlaces.....	55
Figura. 3.16. Enlace 1: NE80E Ica (10/0/20) – NE40E-4 Pisco(1/0/11).....	59
Figura. 3.17. Enlace 2: NE80E Ica (11/0/9) – NE40E-4 Pisco(4/0/39).....	59
Figura. 3.18. Enlace 3: NE80E Ica (10/0/8) – NE40E-4 Pisco(3/0/39).....	60

Figura. 3.19. Tráfico registrado en el Access Point 1 para el servicio WiFi	61
Figura. 3.20. Tráfico registrado en el Access Point 2 para el servicio WiFi	61
Figura. 3.21. Tráfico registrado en el Access Point 3 para el servicio WiFi.....	61
Figura. 4.1. Diagrama de Gantt	63

INDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Relación de estándares.....	5
Tabla. 2.2. Términos usados de IS – IS	12
Tabla. 3.1. Características del SWC NE80E Ica.....	27
Tabla. 3.2. Características del SWD NE40E-4 Pisco.....	27
Tabla. 3.3. Características del SWC NE40E-X16 Miraflores.....	28
Tabla. 3.4. Características del SWD NE40E-X3 Lurín.....	29
Tabla. 3.5. Características del M120 Juniper.....	30
Tabla. 3.6. Características del Tellabs 8611.....	31
Tabla. 3.7. Características del equipo BelAir20EO.....	36
Tabla. 3.8. Requerimientos de instalación Tellabs 8611 en Hotel Paracas.....	40
Tabla. 3.9. Requerimientos de instalación Tellabs 8609 para Hilton 1.....	44
Tabla. 3.10. Requerimientos de instalación Tellabs 8609 para Hilton 2.....	44
Tabla. 3.11. Resumen de características del Router Teallbas 8609.....	53
Tabla. 3.12. Estado de mecanismo BFD NE80E.....	56
Tabla. 3.13. Estado de mecanismo BFD NE40E-4.....	57
Tabla. 3.14. Estado de IS-IS en UP del NE80E.....	57
Tabla. 3.15. Estado de IS–IS en UP del NE40E-4.....	57
Tabla. 3.16. Información de los vecinos descubiertos NE80E.....	58
Tabla. 3.17. Información de los vecinos descubiertos NE40E-4.....	59
Tabla. 3.18. Tráfico de demanda del servicio WiFi CADE.....	60
Tabla. 4.1 Relación de costos – Precio en soles.....	62

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BFD	Bidirectional Forwarding Detection
B-RAS	Broadband Remote Access Server
CADE	Conferencia Anual de Ejecutivos
CFI	Canonical Format Indicator
CLNP	Connection Less Network Protocol
CLNS	Connection Less Network Service
CPE	Customer Premise Equipment
CSNP	Complete Sequence Number packet
DiffServ	Differentiated Services
DIS	Designated Intermediate System
DSCP	Differentiated Services Code Point
ECN	Explicit Congestion Notification
EIR	Tasa de exceso de información
E-LAN	Ethernet LAN Service Type
E-Line	Ethernet Line Service
ERS	Ethernet Relay Service
ES-IS	End System to Intermediate System
EVC	Ethernet Virtual Channel
EWS	Ethernet Wire Service
GTS	Generic Traffic Shaping
IAD	Integrated Access Device
IGP	Protocolo de gateway interior
IIH	IS-IS Hello PDU
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System
LDP	Label Distribution Protocol
LSDB	Link State Data Base
LSP	Link state Protocol Data Unit
ME	Metro Ethernet
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
NET	Network Entity Title
NSAP	Network Service Access Point
OSI	Open Systems Interconnect
PDU	Protocol Data Unit
PE	Provider Edge

PIR	Tasa máxima no garantizada
PSNP	Partial Sequence Number Packets
QoS	Calidad de servicio
SDH	Jerarquía digital síncrona
TLV	Tipo, Longitud, Valor
ToS	Type Of Service
VLAN	Virtual LAN
VLL	Virtual Leased Line
VRF	Virtual routing and forwarding
WRED	Weighted Random Early Detection

INTRODUCCIÓN

El trabajo surge por la necesidad de CADE 2013 de asegurar la cobertura de servicios de telefonía (2G, 3G y 4G LTE) e internet móvil, para la demanda temporal de los expositores de esos servicios, público en general, periodistas y personal técnico durante los tres días del evento.

Los requerimientos previstos para tal evento plantearon que se implemente una solución enfocada en el sistema de transporte Metro Ethernet, incluyendo el respaldo respectivo a fin de asegurar la disponibilidad de los servicios.

Ante un evento de gran importancia a nivel nacional como es el CADE 2013 los requerimientos fueron:

- Acceso a servicios de telefonía móvil e internet en el lugar donde se realizará el evento.
- Eliminar la saturación del enlace.
- Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet.

Ello tomando en consideración los nuevos servicios desplegados:

- Telefonía (Ubiquiti CADE).- Uso de tecnología inalámbrica de banda ancha para exteriores Ubiquiti. Se aseguró un servicio VoIP de 30 Mbps mediante tres nodos Ubiquiti en total con una tasa de transmisión de cada uno de 10Mbps.
- Internet (WIFI CADE).- Servicio dimensionado para alrededor de 300 usuarios proporcionándose una capacidad de transferencia del enlace como mínimo de 60 Mbps, provisto por la instalación de 3 Access Point (AP) ubicados en 2 postes para la cobertura del lugar.

El informe se organiza en cuatro capítulos:

- Capítulo I "Planteamiento de ingeniería del problema".- En el cual se declara la necesidad o problema propio del requerimiento de cobertura de telefonía e internet móvil. Así mismo se precisan los objetivos y alcance del proyecto.
- Capítulo II "Marco teórico conceptual".- En él se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe. Desarrolla los siguientes ítems: Aspectos Generales sobre Red Metro Ethernet, Protocolo de enrutamiento IS-IS, MPLS L2 VPN, Tecnología IP QoS, Mecanismo BFD (Bidirectional Forwarding Detection), U2000 (Gestor de Red).
- Capítulo III "Metodología para la solución del problema".- Este capítulo se enfoca a exponer la solución para el sistema de transporte Metro Ethernet para cobertura de

telefonía e internet móvil para el CADE 2013. Este capítulo está organizado en cuatro secciones: Análisis situacional del escenario encontrado, requerimientos del sistema, diseño de la solución, comisionamiento.

- Capítulo IV "Costos y cronograma".- En él se exponen los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se declara la necesidad o problema propio del requerimiento de cobertura de telefonía e internet móvil. Así mismo se precisan los objetivos, alcance del proyecto.

1.1 Descripción del problema

Capacidad limitada de la red de transporte existente, para cubrir la demanda de comunicaciones móviles (voz, datos y video), en el Hotel Resort Hilton de Paracas durante el evento CADE 2013.

La demanda usual de turistas se incrementó por la presencia de expositores, público en general, periodistas y personal técnico durante los tres días del evento.

1.2 Objetivo del trabajo

Asegurar la cobertura de servicios de telefonía e internet móvil, para el evento CADE 2013 realizado en la ciudad de Pisco, mediante la implementación y despliegue de un sistema de transporte Metro Ethernet.

1.3 Evaluación del problema

CADE (Conferencia Anual de Ejecutivos) es un evento que congrega a importantes líderes, ejecutivos, políticos y prensa del país.

Su última versión se realizó los días 27, 28 y 29 de noviembre de 2013 en Pisco Paracas, como se ilustra en la figura 1.1.



Figura 1.1 Ubicación de CADE 2013 (Fuente: Google Earth)

Los requerimientos previstos para tal evento, relacionados a la demanda temporal de los servicios de internet y telefonía 2G, 3G y 4G LTE, planteó la implementación de una

solución enfocada en el sistema de transporte Metro Ethernet, incluyendo el respaldo respectivo a fin de asegurar la disponibilidad de los servicios.

El tráfico para la red de transporte se divide en dos tipos: Tráfico WIFI-CADE y Tráfico Ubiquiti-CADE, con lo cual se lograron adicionar tres routers en total como el servicio activo, dos para el servicio de internet WiFi y uno adicional que recoge el tráfico WiFi y lo integra al tráfico Ubiquiti proveniente de tres antenas, cada una con su respectiva VLAN para los servicio de telefonía móvil de Telefónica del Perú.

1.4 Alcance del trabajo

Como se mencionó en el informe se explica la solución de la red de transporte Metro Ethernet, basado en los requerimientos de tráfico establecidos para cada servicio. Asimismo se considera el equipamiento de respaldo.

Para ambos casos se desarrolla la metodología para el diseño de la topología, la selección y dimensionamiento del equipamiento, y finalmente la configuración y pruebas a realizar.

Todo ello acompañado de la estructura de trabajos y los costos involucrados, así como de los diagramas respectivos al proyecto.

CAPÍTULO II

TEORÍA DE LA RED DE TRANSPORTE DE DATOS

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

2.1 Aspectos Generales sobre Red Metro Ethernet

De acuerdo al caso de estudio, cuya solución se basa en la red Metro Ethernet es necesario describir los aspectos teóricos sobre esta red (estándares, estructura del modelo, servicio que presta) así como sus ventajas y beneficios de esta tecnología [1].

La red Metro Ethernet proporciona acceso de banda ancha a redes privadas o abonados residenciales y servicios de transporte, tales como internet de alta velocidad dentro de un área metropolitana o amplia (MAN/WAN); en la actualidad es un servicio ofrecido por los operadores de telecomunicaciones para interconectar LANs ubicadas a grandes distancias. Está conformada por dispositivos de capa 2 y 3 como conmutadores a través de fibra óptica. La topología utilizada puede ser anillo, estrella o malla. La red también tiene una jerarquía: acceso, distribución, y núcleo; el núcleo en la mayoría de los casos es el backbone IP/MPLS con capacidad de transporte de 10Gbps a 100Gbps.

2.1.1 Estándares

Metro Ethernet se basa en el estándar IEEE 802.3, la tabla 2.1 muestra los estándares de diferentes suplementos de IEEE 802.3 (Ethernet) y 802.1 (Ethernet sobre óptico) [2].

Tabla 2.1 Relación de estándares (Fuente: Referencia [2])

Suplemento	Año	Descripción
802.3a	1985	Original 802.3: 10BASE-5 10BASE-2 10BROAD-36
802.3c	1986	Especificaciones de repetidores
802.3d	1987	FOIRL (enlace de fibra)
802.3i	1990	10Base-T Ethernet sobre par trenzado de cobre
802.3j	1993	10Base-F Ethernet sobre fibra
802.3u	1995	100Mbps Ethernet
802.3x e 802.3y	1997	operación full dúplex
802.3z	1998	1000Base-X (Gigabit Ethernet)
802.3ab	1999	1000Base-T (GE sobre par trenzado)
802.3ac	1998	Extensiones de trama (hasta 1522 bytes) para VLANs
802.3ad	2000	link aggregation

802.3ae	2002	10 GE
802.3af	2003	PoE (Power over Ethernet). Hasta 15W
802.3ah	2004	Ethernet in First Mile
802.3an		10 Gbase-T (en draft) Bridging en 802.1D
802.1w		Cambios y mejoras en el spanning tree
802.1s		Múltiples spanning tree
IEEE 802.1D		Ethernet switching
IEEE 802.1Q		Virtual LAN (VLAN)
IEEE 802.1P		Priorización de tráfico a nivel 2
IETF MPLS		Multi-Protocol Label Switching

2.1.2 Estructura de modelo de la Red Metro Ethernet (Atributos)

En la figura 2.1 se muestran los cuatro elementos existentes dentro de la red Metro Ethernet [3]:

- Equipo del cliente: Llamado CPE (Customer Premise Equipment), es un elemento físico que representa la frontera entre la red del proveedor y la red interna del cliente.
- Equipo de acceso: Es un elemento físico encargado de interconectar el CPE con la red de distribución del proveedor.
- Equipo de distribución: Son elementos físicos que se encargan de interconectar los equipos de acceso.
- Canal Virtual Ethernet: Llamado EVC (Ethernet Virtual Channel), es un elemento lógico que proporciona al usuario conectividad de extremo a extremo para que puedan establecerse servicios Ethernet entre ellas, y previene el trasvase de información hacia clientes que no forman parte de un mismo canal virtual Ethernet (EVC). La trama de la dirección MAC permanece intacta desde el origen hasta el destino.



Figura 2.1 Red Metro Ethernet (Fuente: Referencia [1])

2.1.3 Modelo de referencia de una red Metro Ethernet

Este modelo integra medios de transmisión, datos y aplicaciones. El modelo de referencia tiene tres capas [3]:

- Transporte de Servicios.- Brinda interconexión entre los elementos funcionales de la capa de servicios Ethernet. Entre ellas tenemos diferentes tecnologías de interconexión (SDH, G.SHDSL, ATM, MPLS, LSP, etc).
- Servicios Ethernet.- Brinda servicios orientados a conexión conservando la dirección MAC desde el origen hasta y el destino, envía tramas Ethernet a través de la red con el

formato IEEE 802.3. Se usan tecnologías E-LAN y E-LINE.

- Aplicaciones de servicios.- Brinda al usuario aplicaciones de valor agregado soportadas sobre la capa de nivel inferior, tales como: VoIP, IP, PBX, VLL, VPLS, IPTV, etc.

a) Capa de transporte de servicios

El Estándar de línea de abonado digital de alta velocidad, la recomendación G.991.2 de la UIT-T es la que define este estándar (G.SHDSL, Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line). La recomendación usa como método de transmisión cobre para el servicio de abonado digital de alta velocidad de un solo par y el G.SHDSL para transmisión de dos, tres y cuatro pares con la misma magnitud de velocidad de transmisión [3].

b) Capa de servicios Metro Ethernet

Es la segunda capa del modelo, brinda servicios Ethernet mediante canal virtual Ethernet (EVC). Los servicios definidos son [3]:

- E-Line (Ethernet Line Service).- Provee un EVC punto a punto con ancho de banda simétrico para la transmisión bidireccional entre dos ubicaciones. Este servicio provee calidad de servicio (QoS) mediante un ancho de banda máximo garantizado (CIR), una tasa de exceso de información (EIR) y una tasa máxima no garantizada (PIR) que son configurables por el proveedor de servicio. Ello se aprecia en la figura 2.2.

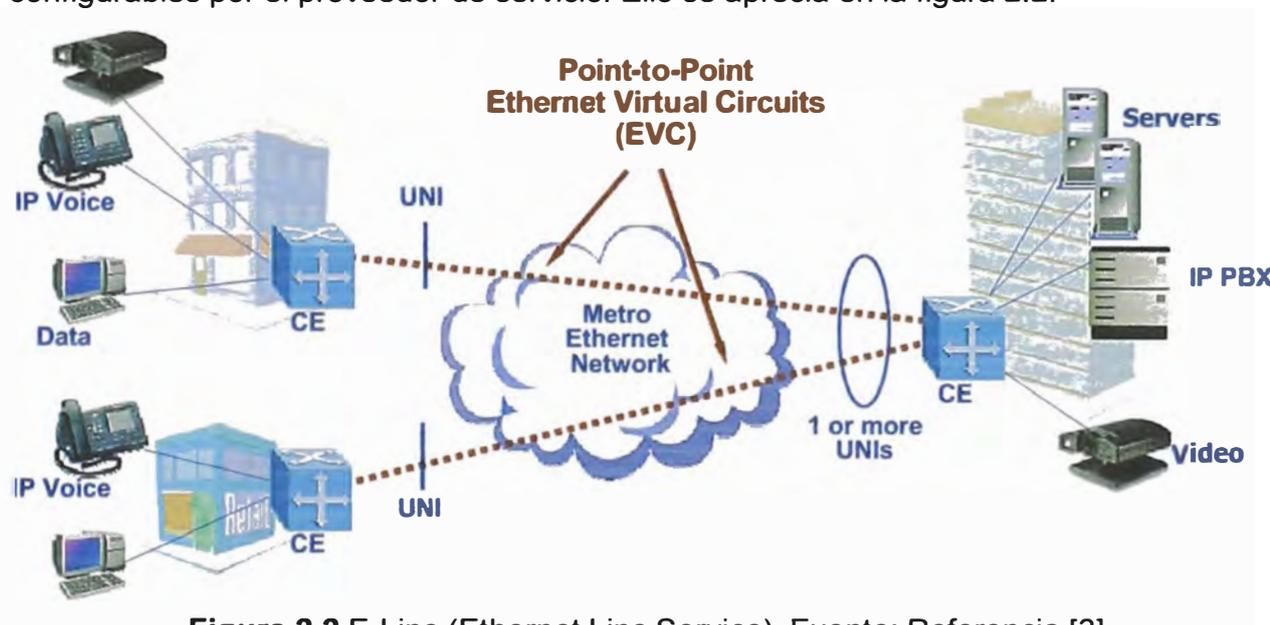


Figura 2.2 E-Line (Ethernet Line Service). Fuente: Referencia [3]

- E-LAN (Ethernet LAN Service Type).- Provee un EVC multipunto a multipunto con ancho de banda simétrico entre dos o más ubicaciones (tráfico multicast). Un usuario envía datos desde una localidad hacia una o más localidades y viceversa, puede recibir uno o más datos de varias localidades. Este servicio provee QoS con CIR, EIR y PIR. Los servicios E-LAN. Ello se aprecia en la figura 2.3.

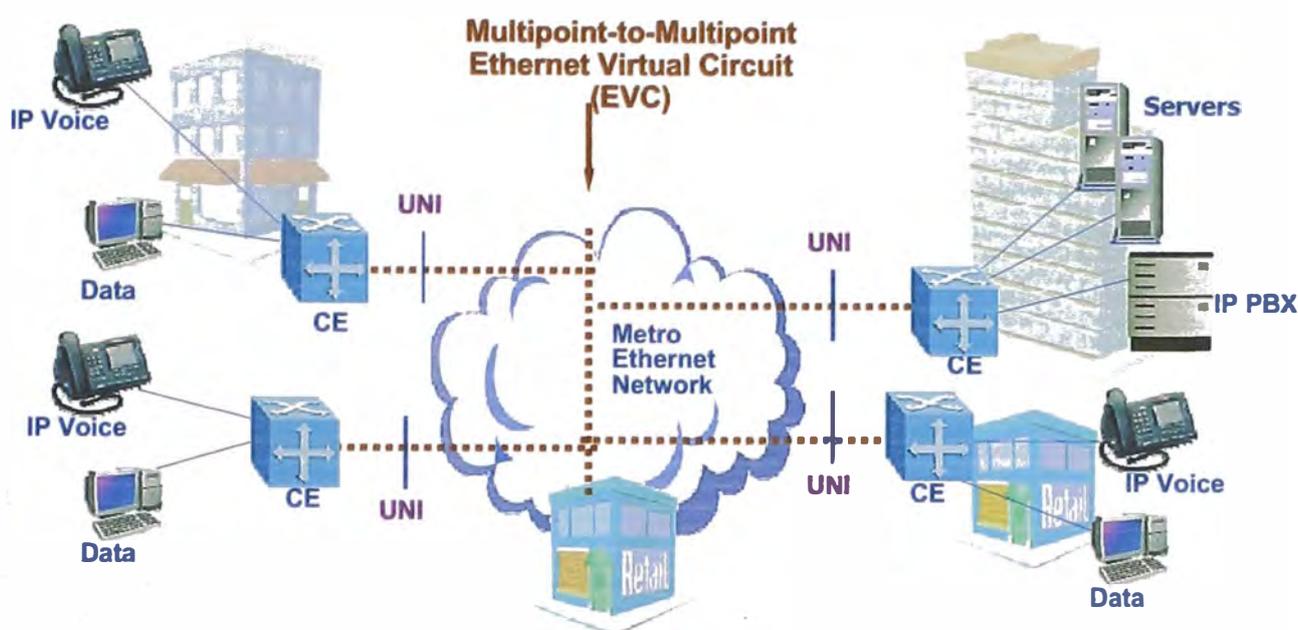


Figura 2.3 E-LAN (Ethernet LAN Service Type). Fuente: Referencia [3]

c) Capa de aplicaciones de servicios

Con las características mencionadas las redes Metro Ethernet pueden brindar algunos servicios como: Acceso a Internet dedicado, Extensión de LAN (Lan to Lan), Intranet / Extranet L2 VPN [2].

c.1) Acceso a Internet dedicado

El cliente tiene servicios E-Line separados, se utiliza el servicio de multiplexación tal como se muestra en la figura 2.4 [2].

- **Servicio HSI.** Brinda servicios de acceso a Internet de alta velocidad a clientes residenciales. La VLAN HSI es un túnel Q-in-Q E-Line EWS (Ethernet Wire Service) punto a punto; que tiene origen en el DSLAM y termina en el B-RAS (Broadband Remote Access Server). En el DSLAM, cada cliente utiliza una Customer VLAN dedicada E-Line ERS (Ethernet Relay Service). Ello se ilustra en la figura 2.4.

- Servicio de Telefonía.- Brinda servicio de telefonía fija y es implementado mediante dispositivos, llamados en forma genérica "media gateways", los cuales son controlados desde un Softswitch vía H.248. En la red Metro Ethernet, el transporte del servicio PSTNoIP se da utilizando una VLAN 802.1Q multipunto (E-LAN ERMS) con el "MAC learning" habilitada. La VLAN PSTNoIP NO debe ser del tipo QinQ. Ello se aprecia en la figura 2.5.

- Servicio TOIP Brinda servicio de telefonía fija e internet pero a través de un acceso broadband ADSL. En el cliente se instala un dispositivo denominado IAD (Integrated Access Device) que realiza la interconexión entre el terminal telefónico (analógico POTS) y la red IP. En la red Metro Ethernet se utiliza una VLAN 802.1p multipunto con nivel de priorización de tráfico 5, lo cual se ilustra en la figura 2.6.

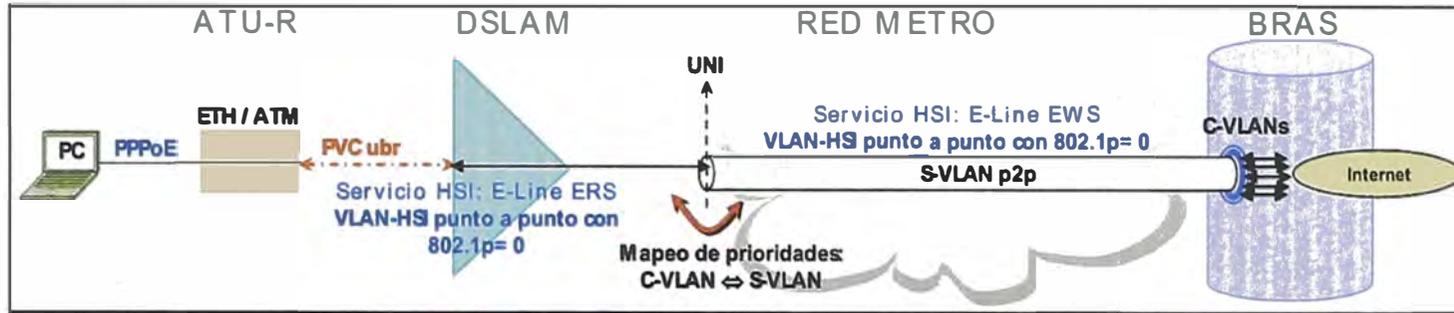


Figura 2.4 Servicio HSI. (Fuente: Referencia [2])

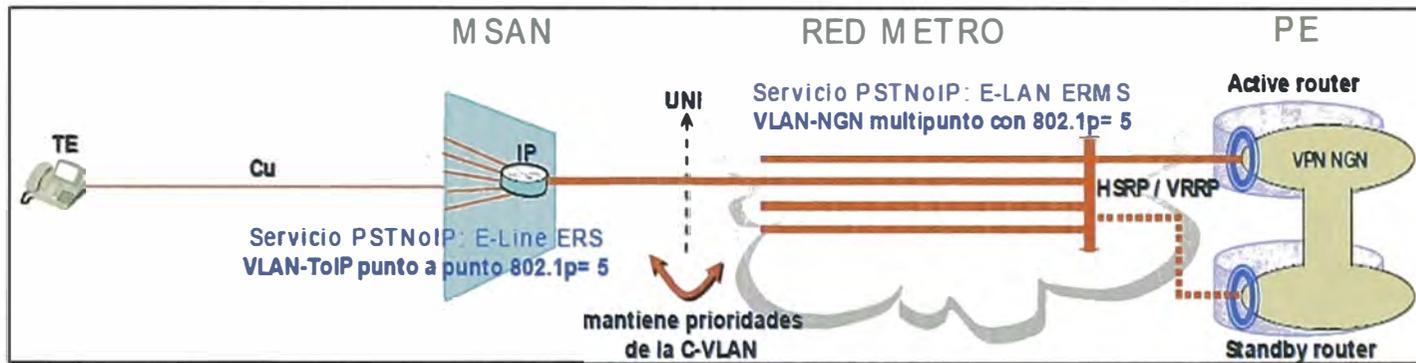


Figura 2.5 Servicio de Telefonía. (Fuente: Referencia [2])

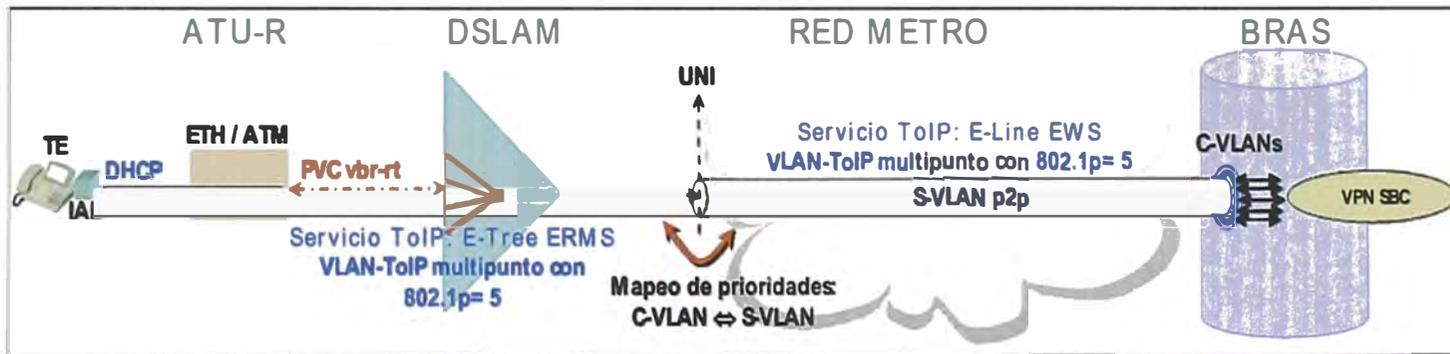


Figura 2.6 Servicio TOIP (Fuente: Referencia [2])

c.2) Extensión de LAN (Lan to Lan)

Ver la figura 2.7. Usa un servicio E-LAN. Utiliza VLAN soportando CE VLAN ID y todas las CE VLAN están mapeadas al mismo EVC y el cliente utiliza QoS [4].

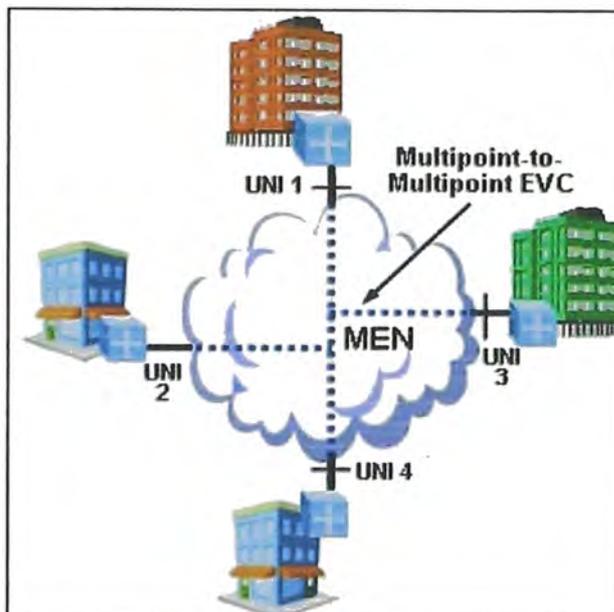


Figura 2.7 Extensión de LAN (Lan to Lan). Referencia [4]

c.3) Intranet / Extranet L2 VPN

En este caso son 3 EVC Punto a Punto, utiliza VLAN soportando CE VLAN ID y las CE VLAN están mapeadas con los EVC. Usa multiplexación [4]. Ver ello en la figura 2.8.

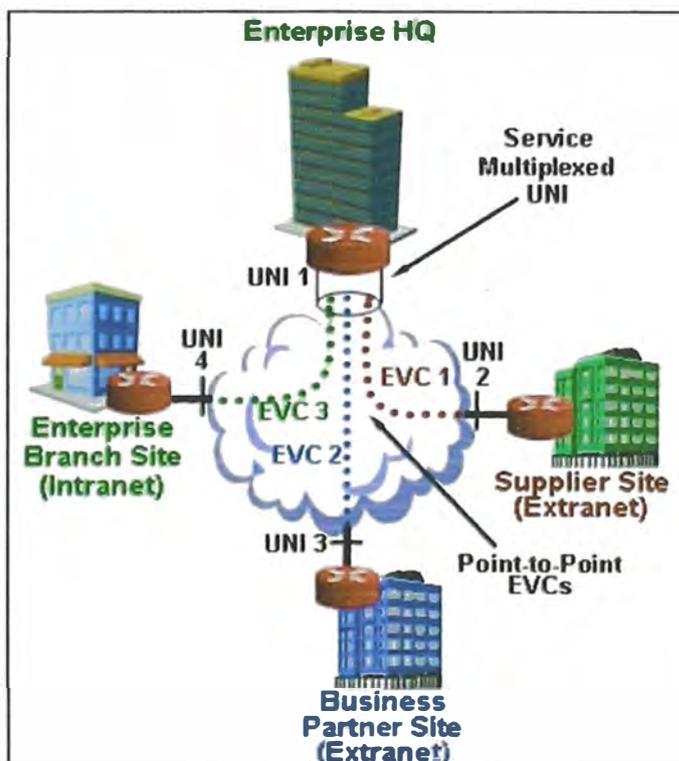


Figura 2.8 Intranet / Extranet L2 VPN (Fuente: ref. [4])

2.1.5 Ventajas y beneficios de una Red Metro Ethernet

Entre los beneficios que ofrece la tecnología Ethernet es la simplicidad en cuanto a su implementación, las tecnologías basadas en Ethernet son mucho más económicas que las tecnologías Frame Relay, ATM, etc., lo que hace mucho más rentable a los operadores de servicio su inversión, además que permiten una integración entre las plataformas tecnológicas ya existentes [3].

Otro aspecto importante de esta tecnología, es de brindar CoS y QoS lo cual permite desarrollar servicios de VoIP e IPTV sobre este tipo de tecnologías aprovechando las ventajas de optimización del ancho de banda.

Algunas de las ventajas son las que se muestran a continuación:

- Fácil Uso.- Interconectando las distintas redes mediante ME (Metro Ethernet), se simplifican las operaciones de la red, administración, manejo y actualización de las mismas.
- Bajo Costo.- Los servicios ME ofrecen un bajo costo para la administración, operación y funcionamiento de la red.
- Amplio Uso.- Se emplean interfaces Ethernet que son la más difundidas para las soluciones de la creación de Redes.
- Ancho de Banda.- Los servicios Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.
- Flexibilidad.- Las redes de conectividad mediante Ethernet permiten modificar y manipular de una manera más dinámica, versátil y eficiente el ancho de banda
- Mejor producción empresarial.- Permite aprovechar aplicaciones IP que son difíciles de implementar con redes Frame Relay o TDM multiplexación de tiempo como VoIP y streaming de video o broadcast en vivo.
- Mejor integración con redes preestablecidas.- Se conecta muy fácilmente con las redes de área local existentes.
- Reducción de Gastos.- Metro Ethernet generalmente proporciona una red conmutada de capa de enlace de datos de ancho de banda. Se puede administrar video, datos y voz en la misma infraestructura. El ancho de banda es elevado y las conversiones se eliminan (ATM o Frame Relay). Permite conectar varios sitios de un área extensa entre sí y con internet.

2.2 Protocolo de enrutamiento IS-IS

Entre los protocolos en que se basa Metro Ethernet es importante mencionar al protocolo de enrutamiento de estado de enlace IS-IS, su principio, arquitectura, mecanismo. Como protocolo de enrutamiento basado en el algoritmo de estado de enlace, el Intermediate System to Intermediate System (IS-IS) soporta los protocolos: Connection Less Network Protocol (CLNP) e Internet Protocol (IP). Después de años de

desarrollo, IS-IS se ha convertido en uno de los protocolos (IGP) más usados en la industria, especialmente en ISPs de gran escala [5].

2.2.1 Principios del Protocolo IS-IS

IS- IS (Intermediate System -to -Intermediate System) es un protocolo de estado de enlace normalizado que se ha desarrollado para ser el protocolo de enrutamiento definitivo para el modelo OSI (Open Systems Interconnect), que fue desarrollado por la ISO (International Standards Organization). IS- IS comparte muchas similitudes con OSPF. A pesar de que fue diseñado como un protocolo de gateway interior (IGP), IS-IS es utilizado principalmente por los ISP, debido a su escalabilidad [6].

IS -IS se adhiere a las siguientes características del estado del enlace:

- IS -IS permite un diseño de red jerárquico utilizando Áreas.
- IS -IS forma relaciones de vecindad con los routers adyacentes del mismo tipo de IS-IS.
- En lugar de la publicar su distancia a las redes conectadas, IS –IS anuncia el estado de los "enlaces" conectados directamente en forma de paquetes de estado de enlace (LSP). IS -IS sólo envía actualizaciones cuando hay un cambio en uno de sus enlaces, y sólo envía el cambio en las actualizaciones.
- IS- IS utiliza la ruta más corta primero Dijkstra algoritmo para determinar el camino más corto.
- IS -IS es un protocolo sin clase, y por lo tanto soporta VLSM.

2.2.2 Conceptos Básico y términos usados.

El Protocolo IS-IS forma parte del CLNS (Connection Less Network Service), el cual se basa en el estándar OSI definido por el ISO. Es la API (funciones que permiten a las capas de transporte el intercambio de datagramas a través de la red) [5]. Los términos usados se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Términos usados de IS-IS (Fuente: Ref. [5])

Abreviatura	Concepto en OSI	Concepto en IP
IS	Intermediate System	Router
ES	End System	Host
DIS	Designated Intermediate System	Designated Router (DR)
SysID	System ID	Router ID in OSPF
PDU	Protocol Data Unit	IP
LSP	Link state Protocol Data Unit	LSA in OSPF
NSAP	Network Service Access Point	IP Address

NET	Network Entity Title	----
IIH	IS-IS Hello PDU	Hello packet in OSPF
PSNP	Partial Sequence Number Packets	ACK or LSR packet in OSPF
CSNP	Complete Sequence Number packet	DD packet in OSPF

CLNP está conformado por 3 protocolos [5]:

- CLNP es el protocolo de capa 3 que implementa CLNS, similar en el protocolo TCP/IP para IP.
- El protocolo IS-IS es similar a los protocolos de enrutamiento para el modelo TCP/IP como por ejemplo: RIP, OSPF, EIGRP, entre otros.
- ES-IS (End System to Intermediate System) es similar a los protocolos de descubrimiento de IP como por ejemplo: ARP, RARP ICMP, y se utiliza para enrutar entre los host y routers.

2.2.3 Arquitectura Jerárquica del Protocolo IS-IS.

El Protocolo IS-IS definen tres tipos de routers IS-IS [6]:

- Router de Nivel-1 - contenido en una sola área, con una topología plana limita sólo a su área local (llamado base de datos de Nivel-1).
- Router de Nivel 2 - un router backbone de rutas entre las áreas, y construye una base de datos de nivel 2.
- Router de Nivel-1-2 - similar a un router de borde de área. Interfaces entre una zona y el área de red troncal, y construye una base de datos tanto en un nivel 1 y de nivel 2.

Cada tipo de router IS-IS forma sólo adyacencias específicas, según se muestra en la figura 2.9:

- Routers de Nivel-1 forman adyacencias con otros routers de nivel 1 y routers Nivel-1-2.
- Routers de Nivel-2 forman adyacencias con otros routers de nivel 2 y routers Nivel-1-2.
- Routers de Nivel-1-2 forman tanto adyacencias con otros routers de Nivel 1-2.
- Routers de Nivel-1 nunca formar adyacencias con routers Nivel-2.



Figura 2.9 Arquitectura jerárquica (Fuente: Ref. [6])

La columna vertebral IS-IS consta de múltiples routers de nivel 1-2 contiguos, cada uno puede existir en un área separada.

Los vecinos construyen sus tablas de topología a compartir de LSP (Link-State Packets), según el tipo de adyacencia, un router envía ya sea un LSP de nivel 1 o de nivel 2.

El router de nivel-1 construye una tabla de topología de nivel 1 que consiste únicamente de su propia área. Si un router de nivel - 1 tiene un paquete destinado para el local de área, simplemente enruta el paquete a la ID del sistema mediante el uso de la topología local (base de datos de Nivel-1).

Si un router de nivel-1 tiene un paquete destinado a una zona remota, se reenvía al router más cercano Nivel-1-2. El router de nivel -1-2 busca la ruta en su base de dato, e informa a otros de nivel 1 los routers que están unidos a otra área.

El router de nivel-2 construye una tabla de topología de nivel 2, que contiene una lista de las zonas accesibles a través del dominio de IS- IS.

El router de nivel 1-2 comparte LSP de nivel 1 y de nivel 2 con su adyacencias apropiados. El routers de nivel 1 y 2 mantienen separada tablas de topología de nivel-1 y nivel-2.

2.2.4 Mecanismo del Protocolo IS-IS

Se desarrollan los siguientes ítems [6]:

- Relación de Adyacencia
- Comunicación de LSP
- Cálculo de Rutas.

a) Relación de Adyacencia

Los Routers IS- IS forman relaciones de vecindad, llamada adyacencias, por el intercambio de paquetes de saludo (a menudo denominado como IS- IS Hellos o IIS 's). Los paquetes de saludo se envían cada 10 segundos, independientemente del tipo de medio. Sólo después de formarse una adyacencia los routers pueden compartir información de enrutamiento [6].

Los vecinos IS- IS no tienen que compartir una subred IP común para formar una adyacencia. Las adyacencias se forman a través de conexiones CLNP, no con conexiones IP. Por lo tanto, IS- IS realmente no requiere conectividad IP entre sus routers para el tráfico IP.

Hay dos tipos de adyacencias:

- Nivel 1 de adyacencia - para el enrutamiento dentro de un área (enrutamiento dentro de la zona)
- Nivel 2 de adyacencia - para el enrutamiento entre áreas (routing inter - área)

IS- IS routers deben compartir un enlace físico común para convertirse en vecinos, y Sistema - ID debe ser único en cada router. Además, los siguientes parámetros deben ser idénticos en cada router:

- Formato de paquete Hello (punto a punto o de difusión).
- Hello temporizadores.
- Nivel de Routers.
- Parámetros de autenticación.
- MTU (Unidad de Trasmisión máxima).

Los vecinos eligen a un DIS (Designated Intermediate System) para emisión del estado de los enlaces. Un DIS es el equivalente de un OSPF DR (Router designado), sin embargo, no hay DIS de copia de seguridad, y por lo tanto una nueva elección se produce inmediatamente si el DIS falla. Además, la elección DIS es preventiva.

El router IS-IS se elegirá la más alta prioridad de la DIS (prioridad por defecto es 64). En caso de empate, el router que tiene la más alta SNPA. La dirección SNPA es la dirección física, generalmente la MAC) se convierte en el DIS. El DIS envía fuera de los paquetes de saludo cada 3 segundos, en lugar de cada 10 segundos.

b) Comunicación de LSP

Link State Packet (LSP): Paquete que describe los enlaces de los routers. Existen LSPs separados de nivel 1 y de nivel 2 [7].

Cada router crea un LSP y las inundaciones a los vecinos:

- Un router de nivel-1 creará LSP de nivel 1.
- Un router de nivel-2 creará LSP de nivel 2.
- Un router de nivel 1-2 creará LSP de nivel 1 y 2

LSP Tiene un encabezado fijo y contiene:

- LSP-id
- Sequence number
- Remaining Lifetime
- Checksum
- Type of LSP (level-1, level-2)
- Attached bit
- Overload bit

El contenido LSP se codifica como TLV (Tipo, Longitud, Valor)

La LSDB (Link State Data Base) contiene información de enrutamiento del área local (Cada router mantiene una LSDB separado para el nivel-1 y nivel 2 LSP).

Respecto a la inundación de LSP:

- Nuevos LSP se inundan a todos los vecinos

- Es necesario que todos los routers reciban todos los LSP
- Cada LSP tiene un número de secuencia
- 2 tipos de inundaciones: Las inundaciones en un enlace p2p y las inundaciones en LAN o Broadcast.

Respecto a las inundaciones en un enlace p2p, Una vez que se estableció la adyacencia ambos routers envían paquete CSNP. LSP desaparecidos son enviados por ambos routers si no está presente en la CSNP recibido. LSP que faltan pueden ser solicitados a través de PSNP (se envían en enlaces punto a punto para realizar un ACK explícito de cada LSP que recibe el router. Un router en una subred de broadcast envía una petición PSNP solicitando el LSP necesita sincronizar su BD de estado del enlace).

Respecto a las inundaciones en una LAN o Broadcast, hay un Router Designado (DIS) y una elección DIS se basa en la prioridad: La mejor práctica es seleccionar dos routers y darles mayor prioridad, en caso de falla uno ofrece la copia de seguridad a la otra. DIS tiene dos tareas:

La realización de las inundaciones a través de LAN y la creación/actualización de un LSP especial que describe la LAN topología (Pseudo node LSP). Pseudo node representa la topología (creado por el DIS).

- DIS conduce el flujo sobre la LAN
- DIS envía paquetes multicasts CSNP cada 10 segundos.
- Todos los routers en la LAN verifican el CSNP contra su propio LSDB.

c) Cálculo de rutas

Para el cálculo de rutas se utiliza el algoritmo SPF [5].

El router IS-IS para calcular el mejor camino de todos los destinos conocidos se basa en la información de la base de datos.

El Short Path Tree es generado en base a la topología de red con el router como raíz y calcula los caminos más cortos hacia los destinos en la red.

En el protocolo IS-IS, el protocolo SPF es independiente del nivel. Ejemplo de cálculo de SPF es mostrado en la figura 2.10.

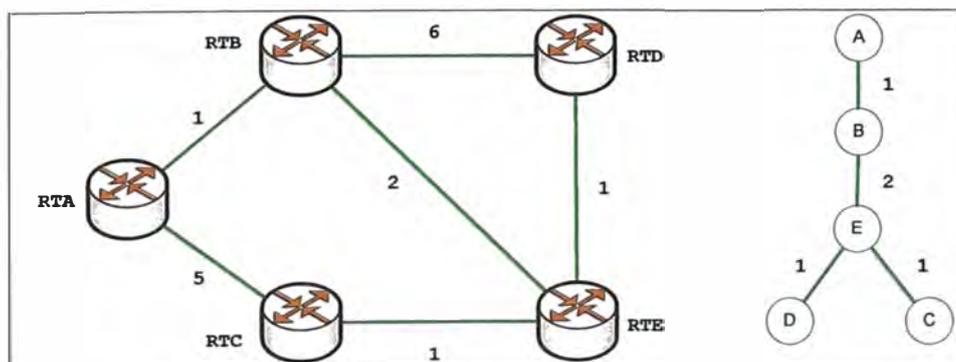


Figura 2.10 Ejemplo de caculo de SPF (Fuente: Ref. [5])

2.3 Tecnología MPLS L2 VPN

Otro protocolo importante en la que se basa la tecnología Metro Ethernet es MPLS, de la cual se señalan los servicios que brinda como son VPN de capa 2 y 3 en la red MPLS a la vez que MPLS proporciona Ingeniería de tráfico y QoS que se tratará posteriormente [8].

MPLS L2VPN proporciona servicios de VPN de capa 2 en la red MPLS. Permite el establecimiento en diferentes medios incluyendo ATM, Frame Relay, Ethernet. Para los usuarios, la red MPLS es una red conmutada de capa 2. Al mismo tiempo, la red MPLS proporciona servicios tradicionales de IP, MPLS L3VPN, Ingeniería de tráfico y QoS.

L2VPN provee conexión end to end en capa 2, permite tener una arquitectura simple y ofrecimiento de VPNs en una capa inferior de IP. Dado que los clientes pueden no desear proveedores de servicios involucrados en el enrutamiento IP.

Layer 2 VPN son un tipo de red privada virtual (VPN) que utiliza etiquetas de MPLS para transportar datos. La comunicación se produce entre los routers que se conocen como routers Provider Edge (PE)

2.3.1 Estructura de red MPLS L2 VPN

Ello se ilustra con la figura 2.11.

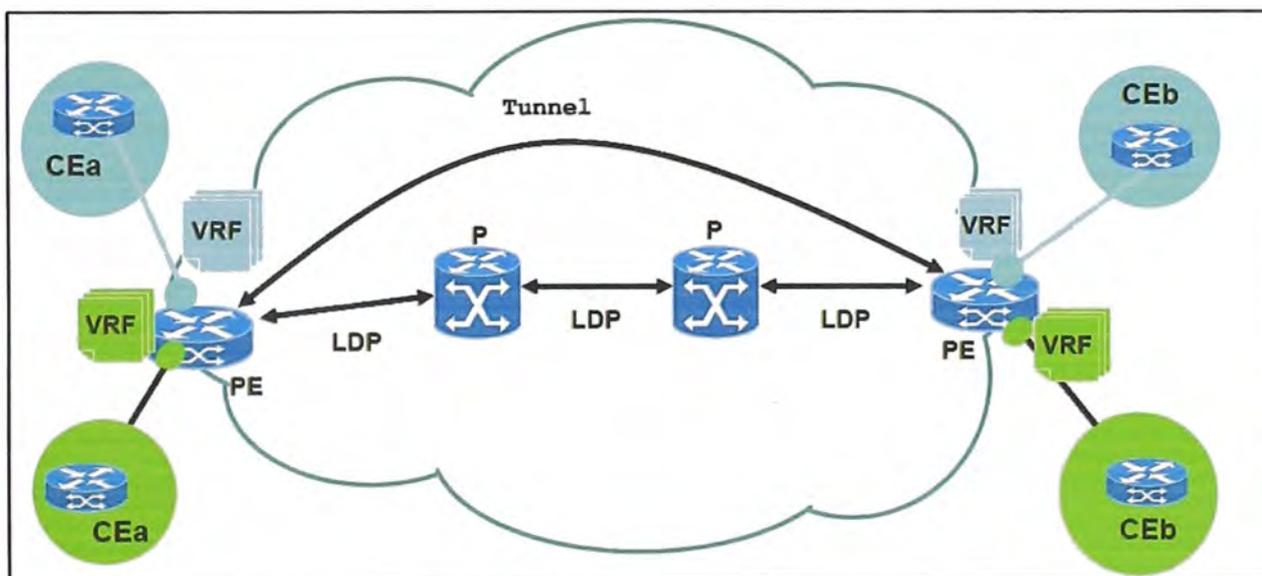


Figura 2.11 Estructura de red MPLS L2 VPN (Fuente: Ref. [8])

La estructura consiste [8]:

- Activación de VPNs (tantas VRFs por site como VPNs distintas). VRF (Virtual routing and forwarding).
- CEs “enseñan” sus rutas a cada PE, que las ubica en la VRF correspondiente.
- PE asigna una etiqueta diferente a cada VPN, e informa lo que conoce a otros PEs
- El proveedor de servicio utiliza la red MPLS para proporcionar servicios de capa 2 al cliente. Da la impresión que los CEs están conectados directamente o conectados a

través de una red conmutada de capa 2.

- El enrutamiento sucede entre routers CE.
- El PE envía el tráfico VPN a través de la red de proveedor de servicios al routers P conectado vía túneles LDP (Label Distribution Protocol).

2.3.2 Ventajas de MPLS L2 VPN

Son las siguientes [5]:

- Alta escalabilidad.
- Privacidad de enrutamiento y seguridad.
- Facilidad en configuración.
- Soporta Multiprotocolos nativos.
- CoS que soporta diversas clases de servicio y prioridades dentro de la VPN.

VLL significa Virtual Leased Line (Línea virtual arrendada). VLL proporciona conexiones P2P de capa 2 entre CE's.

2.4 Tecnología IP QoS

Entre la ventaja de esta tecnología en la red Metro Ethernet es ofrecer calidad de servicio, ingeniería de tráfico, la cual permite diferenciar servicios (datos o voz) de esta manera ofrecer un servicio diferencial permitiendo distribuir tráfico, limitar el ancho de banda, colocar prioridad al tráfico de servicios que es importante el delay sea mínimo respecto a otros como otros servicios que no son en tiempo real [9].

La calidad de servicio permite asegurar una tasa de datos en la red (ancho de banda), un retardo y una variación de retardo (jitter) acotados a valores contratados con el cliente. Los servicios tradicionales de la red Internet (SMTP o FTP) disponen de una calidad denominada "best effort"; es decir que la red ofrece el mejor esfuerzo posible para satisfacer los retardos mínimos; lo cual no es mucho pero es suficiente para servicios que no requieren tiempo-real como el web. Para servicios del tipo "real-time" (voz y vídeo) se requiere una latencia mínima.

2.4.1 Parámetros de Calidad de Servicio

Son los siguientes [10]:

- Velocidad de transmisión.- Es la capacidad de transmisión de una línea de comunicación expresada en bits por segundo (bps). Indica la capacidad máxima teórica de conexión, pero debido a diversos factores como la presencia de varios flujos compartiendo uno o varios enlaces puede incurrir su variación.
- Latencia.- Se denomina latencia a la suma de los retardos en la red. Los retardos están constituidos por el de transmisión (dependiente del tamaño del paquete), el retardo por el procesamiento "store and forward" (debido a que los switch o router emiten el paquete luego de haber recibido completamente en una memoria buffer) y el retardo de

procesamiento (reconocimiento de encabezado, errores, direcciones, etc).

- Jitter.- Es el tiempo de latencia variable (fluctuación de retardo) sobre los datos de recepción.

- Packet Dropping.- El tamaño limitado de algunas colas, incide en el rechazo de paquetes en condiciones de sobre flujo de tráfico. Con el propósito que paquetes con alta prioridad sean descartados, mientras que los menos importantes no lo sean, los paquetes se marcan en los encaminadores.

- Paquetes fuera de secuencia.- Los paquetes dentro de la Red para llegar a su destino, pueden seguir rutas diferentes, por consiguiente diferentes delays, dando como resultado que ciertos paquetes llegan en orden diferente al que fueron enviados.

2.4.2 Clasificación de Tráfico y Marcado

Se describen algunas de las técnicas empleadas en redes IP para implementar estrategias de manejo de "calidad de servicio" (QoS Quality of Service), que permitan tratar en forma diferenciada a cada tipo de tráfico [11].

Con estas técnicas de QoS se puede minimizar las degradaciones introducidas en los servicios multimedia, de manera de mantener una calidad percibida (QoE Quality of Experience) aceptable por parte de los usuarios.

a) QoS en Capa 2 (Class of services - CoS)

La recomendación IEEE 802.1q incorporan 4 bytes adicionales a las tramas Ethernet, donde se incluye información acerca de VLANs y etiquetas que identifican la "prioridad" de la trama [11]. La figura 2.12 muestra una trama Ethernet 802.1q.

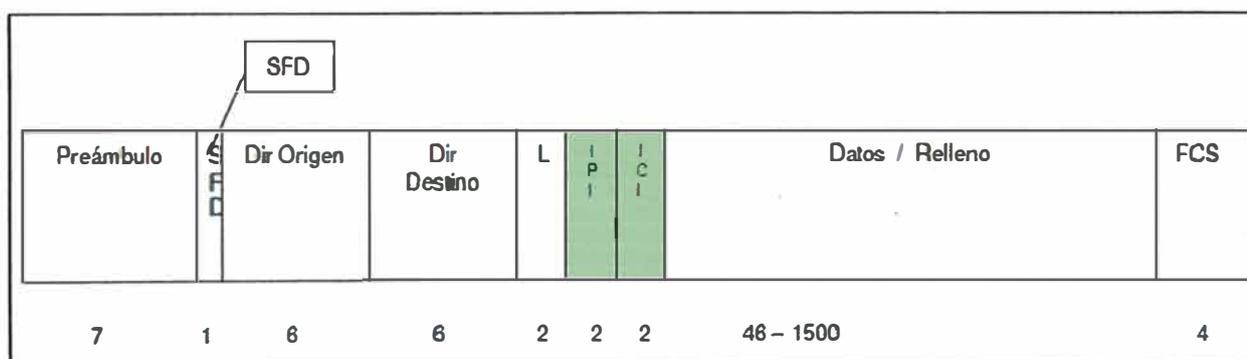


Figura 2.12 Ejemplo de trama Ethernet 802.1q (Fuente: Ref. [8])

IEEE 802.1Q -Servicio VLAN para realizar enlaces troncales punto-a-punto en una red de switch.

Como se puede observar en la figura 2.13, se agregan 4 bytes:

- Los primeros 3 bits del "TCI" indican la "prioridad" de la trama. Esto permite obtener hasta 8 tipos de tráfico desde 0 (máxima) a 7 (mínima) y ajustar un umbral en el buffer de entrada y salida del switch LAN para la descarga de paquetes.

- El cuarto bit, llamado CFI (Canonical Format Indicator), indica el orden de los siguientes

bits (en formato canónico o no canónico). Los últimos 12 bits indican la VLAN a la cual pertenece la trama. Estos 12 bits permiten tener hasta $2^{12} = 4096$ VLANs.

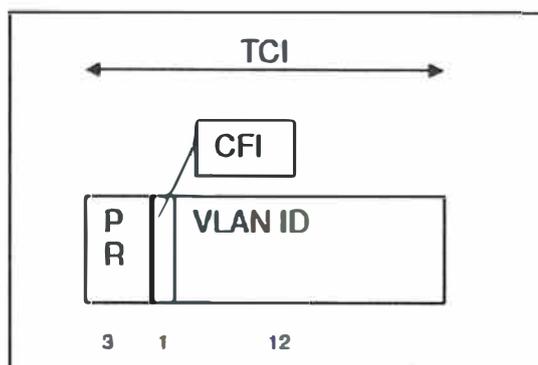


Figura 2.13 Representación de cuarto bit CFI (Fuente: Ref. [11])

b) QoS en Capa 3 (Quality of service - QoS)

A nivel de capa 3 (protocolo IP en este caso), el mecanismo conocido DiffServ (Differentiated Services) es comúnmente utilizado para gestionar prioridad en los paquetes. DiffServ es un método efectivo para mantener la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) en la red, cuando existen equipos de capa 3 (routers, switches de capa 3, etc.). La información de priorización se encuentra en el cabezal del paquete IP, en un campo llamado ToS (Type Of Service), como se muestra en la figura 2.14 Este campo contiene, a su vez, dos informaciones [11]:

- DSCP (Differentiated Services Code Point) y.
- ECN (Explicit Congestion Notification).

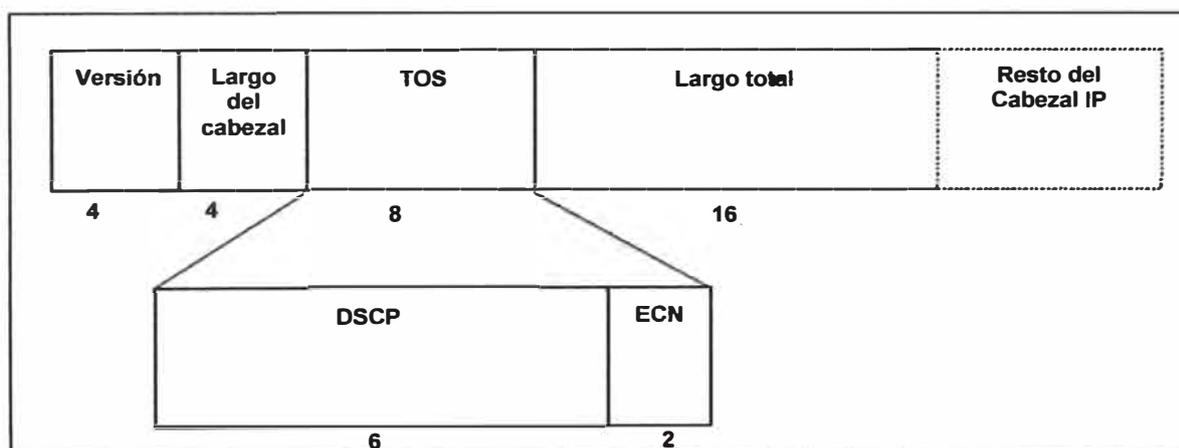


Figura 2.14 Campo TOS (Tipo de Servicio) (Fuente: Ref. [11])

2.4.3 Políticas de Tráfico y limitación de flujo

Se hace referencia a tres modelos: Best-Effort, Intserv (Servicio Integrado), Intserv (Servicio Integrado), Diffserv (Servicios diferenciados) [12]. Ellos se explican a continuación:

a) Modelo Best-Effort.

No asegura la calidad del servicio, no existe garantía con respecto a tiempo de

retardo y la confiabilidad y es implementado por la tecnología de cola First in First out (FIFO). Este es un servicio por default que no tiene en cuenta las modificaciones por la QoS. Se trata de una memoria buffer del tipo FIFO.

b) Modelo Intserv (Servicio Integrado)

Para una garantía estricta se reserva de ancho de banda. Usa un protocolo de reserva de recursos: RSVP (Resource reservation Protocol). Este protocolo permite que un host o un router asegurar la reservación de ancho de banda a lo largo de la red IP.

Todos los nodos de la ruta (routers) deben implementar políticas QoS que admitan la reserva. La red debe disponer de mecanismo para avisar si la reserva es posible. Debe estar presente en todos los nodos de la ruta: hosts y routers y está orientado al receptor siendo este el que inicia y mantiene la reserva de recursos.

c) Modelo Diffserv (Servicios diferenciados)

Define clases de tráfico, asigna clases en nivel de red (datagramas), contempla en las colas de los routers con diferentes políticas de reenvío y encolado.

Requiere poca complejidad, se usan técnicas para no modificar la configuración actual de la capa de red/transporte. Cumple 2 funciones en la red:

- Funciones de frontera: En los hosts se clasifican y marcan paquetes (marcado DS).
- Función del núcleo: La red principal reconoce el marcado DS tratándolos de forma diferente (ruta, prioridad en la cola, entre otras).

El servicio diferenciado utiliza la capacidad de particionar el tráfico en la red con múltiples prioridades ToS (Type of Service). Se dispone de 3 bits de precedencia para diferenciar las aplicaciones sensibles a la congestión (se brindan mediante el encabezado del protocolo IPv4). Se puede soportar la función CAR que permite administrar ancho de banda (política de tráfico). La primera línea de defensa frente a la congestión es el uso de buffer de datos; lo cual implica el armado de una cola de espera y el retardo correspondiente dependiendo de la prioridad asignada en dicha cola.

CAR es el acrónimo para Committed Access Rate que controla el tráfico:

- Shaping. Habilita retardo en la salida del paquete del flujo de tráfico de acuerdo con la regulación en el modelo de servicio.
- Dropping. Descarta paquetes de acuerdo a reglas específicas.
- Marking. Coloca mensaje de DS domain o IP priority.

2.4.4 Administración de congestión

Se refiere a los distintos tipos de herramientas que se disponen para asegurar una QoS dentro de una red IP. Se trata de mecanismos que previenen o manejan una congestión, distribuyen el tráfico o incrementan la eficiencia de la red [9].

a) Control de congestión en el buffer de datos

- FIFO -(First In, First Out). El primer mensaje en entrar es el primero en salir. Este es el mecanismo de QoS por Default en las redes IP. Es válido solo en redes con mínima congestión. No provee protección, no analiza el ancho de banda ni la posición en la cola de espera.

- PQ -(Priority Queuing). Este mecanismo de control de congestión brinda prioridad de tráfico de varios niveles que puede aportar el encabezado del datagrama IP (ToS Type of Service). Se trata de 3 bits disponibles en el Byte 2 del encabezado de IPv4 (bits de precedencia).

- CQ -(Custom Queuing). Este mecanismo garantiza el ancho de banda mediante una cola de espera programada. El operador reserva un espacio de buffer y una asignación temporal a cada tipo de servicio. Es una reservación estática.

- WFQ -(Weighted Fair Queuing). Este mecanismo asigna una ponderación a cada flujo de forma que determina el orden de tránsito en la cola de paquetes. La ponderación se realiza mediante discriminadores disponibles en TCP/IP (dirección de origen y destino y tipo de protocolo en IP, número de Socket –port de TCP/UDP-) y por el ToS en el protocolo IP. En este esquema se sirve primero la de menor ponderación. Con igual ponderación se transfiere primero el servicio de menor ancho de banda. El protocolo de reservación RSVP utiliza a WFQ para localizar espacios de buffer y garantizar el ancho de banda.

b) Control de tráfico

- WRED -(Weighted Random Early Detection). Monitorea la carga de tráfico en algunas partes de las redes y descarta paquetes de forma aleatoria si la congestión aumenta. Está diseñada para aplicaciones TCP debido a la posibilidad de retransmisión. Esta pérdida en la red obliga al protocolo TCP a un control de flujo reduciendo la ventana e incrementándola luego en forma paulatina. Un proceso de descarte generalizado, en cambio, produce la retransmisión en "olas" y reduce la eficiencia de la red. La versión ponderada WRED realiza el drop de paquetes de forma que no afecta al tráfico de tipo RSVP. Una versión superior debería considerar el tráfico de aplicación.

- GTS -(Generic Traffic Shaping). Provee un mecanismo para el control del flujo de tráfico en una interfaz en particular. Reduce el tráfico saliente limitando el ancho de banda de cada tráfico específico y enviándolo a una cola de espera. De esta forma permite una mejor rendimiento en topologías con tasa de bit diferentes. Este control de tráfico se relaciona con CAR.

No todas las herramientas disponibles son usadas en los mismos routers. Por ejemplo, la clasificación de paquetes, el control de admisión y el manejo de la

configuración se usan en los router de borde (edge), en tanto que en los centrales (backbone) se gestiona la congestión. El tratamiento de la congestión se fundamenta en el manejo de las colas en buffer mediante diferentes técnicas. El buffer es la primera línea de defensa frente a la congestión. El manejo correcto (mediante políticas de calidad de servicio) del mismo permite determinar el servicio de calidad diferenciada. Una segunda defensa es el control de flujo. El problema del control de flujo en TCP es que se ha planeado de extremo-a-extremo y no considera pasos intermedios.

En TCP cada paquete de reconocimiento (Acknowledgment) lleva un crédito (Window) con el tamaño del buffer disponible por el receptor. Un sobreflujo de datos en los routers de la red se reporta mediante el mensaje Source Quench en el protocolo ICMP. Estos mecanismos son ineficientes y causan severos retardos en la conexión.

2.5 Mecanismo BFD (Bidirectional Forwarding Detection)

Detección de Reenvío Bidireccional (BFD) es un mecanismo de detección unificado utilizado para detectar rápidamente fallos de enlace y supervisar la conectividad IP [13].

El propósito del mecanismo surge por la necesidad de un dispositivo de red de detectar un fallo de comunicación entre dispositivos adyacentes rápidamente para que el protocolo de capa superior pueda solucionar el fallo y evitar una interrupción del servicio.

En la práctica, la detección de hardware se utiliza para detectar fallos de enlace. Por ejemplo, la jerarquía digital síncrona (SDH) alarmas se utilizan para reportar fallas de enlace. Sin embargo, no todos los medios de comunicación pueden proporcionar el mecanismo de detección de hardware.

Las aplicaciones utilizan el mecanismo de Hello del protocolo de enrutamiento de capa superior para detectar fallas. La duración de detección es más de 1 segundo, que es demasiado largo para algunas aplicaciones. Si no hay ningún protocolo de enrutamiento se implementa en una red de capa 3 a pequeña escala, el mecanismo Hola no se puede utilizar.

El mecanismo BFD proporciona una detección rápida de los fallos independientes de los protocolos de comunicación y enrutamiento. Tiene las siguientes ventajas:

- Detecta rápidamente los fallos de enlace entre los dispositivos de red vecinos. Los fallos detectados pueden ocurrir en las interfaces, enlaces de datos, o motores de reenvío.
- Proporciona detección uniforme para todos los medios de comunicación y las capas de protocolo en tiempo real.

Los beneficios del BFD es que detecta rápidamente los fallos de enlace y la conectividad de monitores de IP, lo que ayuda a mejorar el rendimiento de la red. Sistemas adyacentes pueden detectar rápidamente fallos de comunicación de manera que un canal de espera se puede crear de inmediato para restablecer la comunicación y

garantizar la fiabilidad de la red.

2.6 Gestor de Red U2000

El Sistema de Gestión de Red (U2000 para abreviar) diseñado para gestionar de forma eficaz y uniforme de transportes, el acceso y los equipos IP, tanto en el elemento de red (NE) y la capa de red iManager U2000 Unificado. El U2000 ofrece una gestión unificada y visual de O & M para ayudar a los operadores a reducir los costes de la operación y mantenimiento (O & M) [5].

Entre sus características es capaz de transportar de manera uniforme la gestión y el acceso. Su arquitectura del sistema utiliza diseños modulares flexibles. Los módulos funcionales se pueden personalizar para satisfacer las necesidades de los diversos escenarios de despliegue. Además, el U2000 es compatible con una suave evolución de la gestión de un solo dominio de la gestión de varios dominios en el contexto de la convergencia de redes.

El U2000 puede también de manera eficiente la provisión de estos servicios (como IP, multiplexación por división de longitud de onda DWDM, plataforma de transmisión de servicios múltiples, microondas y acceso) para atender las necesidades de los operadores para el rápido crecimiento de los servicios. Localización de falla rápida y precisa.

El sistema de diagnósticos inteligente proporcionada por el U2000 permite a los ingenieros de operación y mantenimiento para localizar fallas en cuestión de segundos y, precisar, identificar los servicios afectados, además crea instancias de estadísticas de tráfico en las interfaces de los equipos de red a fin medir el nivel de saturación de los enlaces.

El U2000 es compatible con notificación de alarmas asociadas a evitar la ubicación de falla que se realizan de forma redundante por los diferentes departamentos. El U2000 puede filtrar las alarmas pertinentes de las alarmas de menor prioridad para mejorar la relevancia de alarma. Gestión visual de los servicios IP reduce los costos de operación y mantenimiento.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se expone la solución para el sistema de transporte Metro Ethernet para cobertura de telefonía e internet móvil para el CADE 2013. Este capítulo está organizado en cuatro secciones: Análisis situacional del escenario encontrado, requerimientos del sistema, diseño de la solución, comisionamiento.

3.1 Análisis situacional del escenario encontrado (Caso de Estudio)

La topología de la red de Transporte Metro Ethernet cuenta con las características que se desarrolla en los siguientes puntos y que se ilustran en la figura 3.1:

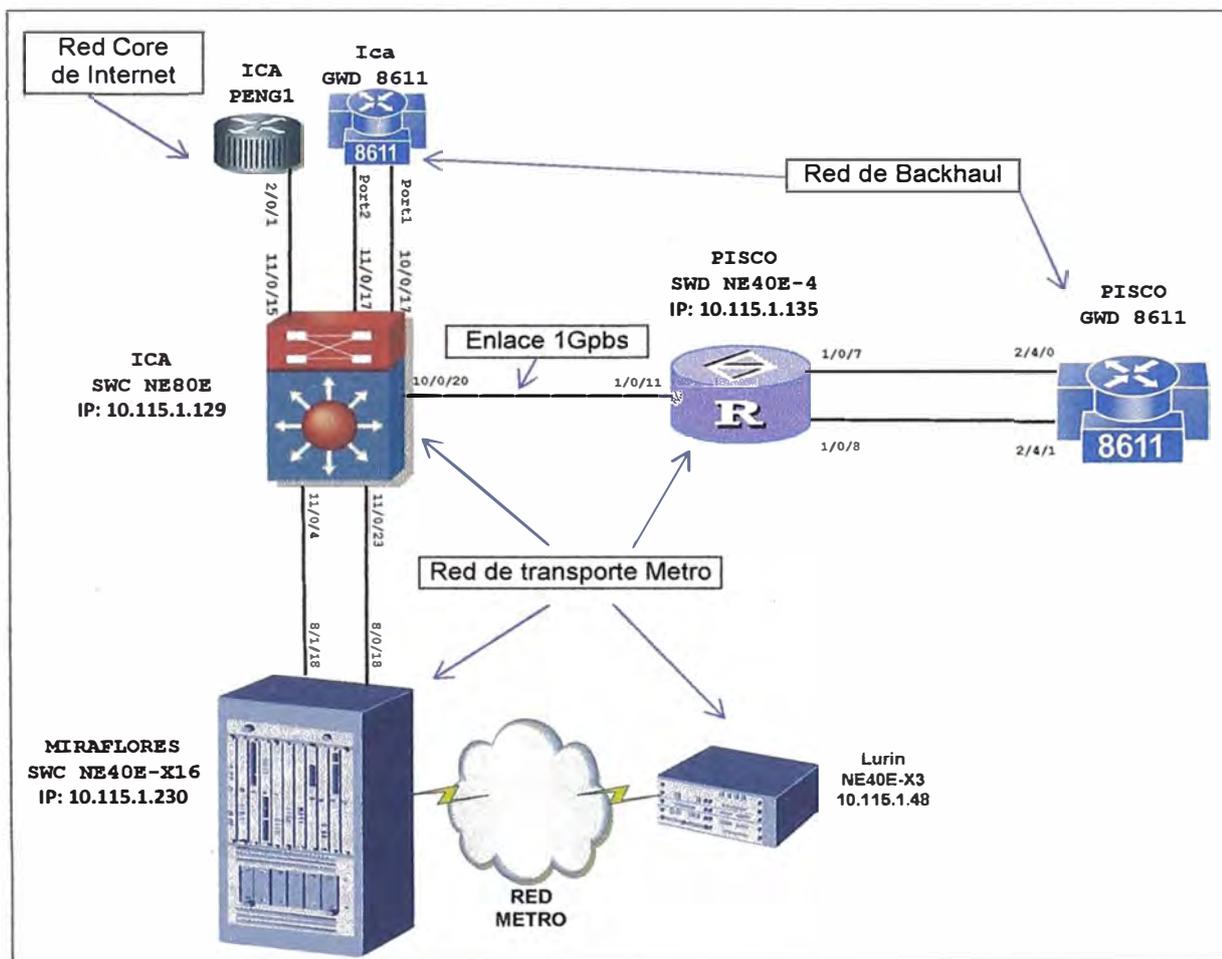


Figura 3.1 Topología de la red de Transporte Metro Ethernet (Fuente: Elab. propia)

Esta sección está organizada en cinco puntos: Red de transporte Metro Ethernet para servicio de Internet, red Core de Internet, red de Backhaul para el servicio de telefonía móvil, un enlace saturado de 1 Gb, equipos de transmisiones.

3.1.1 Red de transporte Metro Ethernet para servicio de Internet

La red de transporte Metro Ethernet se compone por los siguientes equipamientos, todos de tecnología NetEngine (NE), de las cuales se describirán sus funcionalidades dentro de la red:

- SWC NE80E Ica
- SWD NE40E-4 Pisco
- SWC NE40E-X16 Miraflores
- SWD NE40E-X3 Lurín

a) SWC NE80E Ica

Es un router cuya funcionalidad es brindar transporte de datos proveniente de los equipos de acceso para servicio de clientes empresariales y abonado residenciales del departamento de Ica.

La clasificación y dimensionamiento se expresa con sus siglas SWC NE80E, donde SWC (Switch Concentrador), indica la jerarquía, las cuales son:

- Switch Terminal (SWT).- Poca capacidad de puerto y capacidad de transmisión, usados en nodos donde el número de abonados es pequeña)
- Switch Distribuidor (SWD).- Mediana capacidad de puertos y capacidad de transmisión, se usa para concentrar a los SWT
- Switch Concentrador (SWC) .- Gran capacidad de puertos y capacidad de transmisión, se usa para con concentrar a los SWD y por lo general se ubican en ciudades principales.

El NE indica que pertenece a la familia de routers NetEngine es un producto de red de gama alta, son elementos de bordes de redes IP o MPLS de las redes backbone de servicio fiable, permite desarrollar mayor capacidad de Ancho de Banda.

Posee 16 slot para la instalación de tarjetas de puertos ópticas o eléctricas, tal como se muestra en la tabla 3.1.

La distribución de asignación de puertos es similar en todos los equipos Metros, para este caso, cuenta con:

- 5 enlaces de uplink hacia otros 2 SWC (enlaces de respaldo) de Lima (3 Enlaces de 1Gb c/u hacia SWC NE40E-X16 San Isidro,
- 2 enlaces de 1Gb c/u hacia NE40E-X16 Miraflores),
- 4 enlaces de 10Gb c/u hacia Core IP,
- 7 enlaces de 1G hacia otro equipo de Core IP,
- 3 enlaces de 1Gb hacia Core Empresa (mostrado en la figura 3.1).

Los otros puertos están destinados a brindar transporte de datos a los equipos de acceso y además 2 enlaces de 1G c/u interconectado con el equipo Tellabs GWD 8611

Ica (mostrado en la figura 3.1). El resumen de características se muestra en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Características del SWC NE80E Ica (Fuente: Ref. [14])

Atributos	Descripción
	NE80E
Capacidad	Capacidad de conmutación: 2.56 Tbps
Cantidad Slots	- 16 Slot para Tarjeta de Procesamiento en Línea (LPU – Line Processing Unit). - 2 Tarjeta Procesadora (SRU- Switch Route Unit) - 4 Tarjetas de Conmutación de Datos (SFU- Switch Fabric Unit)
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -48V y AC: 110V/220V
Consumo máximo de potencia	5000W
Dimensiones: (Ancho*Profundidad*Alto)	442mm × 669mm × 1600mm
Peso	250kg (Componentes completos)
Temperatura de operación	0~45°C

b) SWD NE40E-4 Pisco

Es un router cuya funcionalidad es brindar transporte de datos proveniente de los equipos de acceso para servicio de clientes empresariales y abonado residenciales de la ciudad de Pisco. El resumen de sus características se muestra en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Características del SWD NE40E-4 Pisco (Fuente: Ref. [15])

Atributos	Descripción
	NE40E-4
Capacidad	Capacidad de conmutación: 320 Gbps (escalable a 640 Gbps)
Cantidad Slots	- 4 Slot para Tarjeta de Procesamiento en Línea (LPU –Line Processing Unit). - 2 Tarjeta Procesadora (SRU- Switch Route Unit) - 2 Tarjetas de Conmutación de Datos (SFU- Switch Fabric Unit)
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -48V y AC:110V/220V
Consumo máximo de potencia	1800W
Dimensiones: (Ancho*Profundidad*Alto)	442mm × 669mm × 442mm
Peso	75kg (Componentes completos)
Temperatura de operación	0~45°C

La clasificación y dimensionamiento se expresa con sus siglas SWD NE40E-4, donde SWD (Switch Distribuidor). Por último señala su dimensionamiento de cantidad de slot (4 slot para instalación de tarjetas de puertos ópticos o eléctricos) que tiene el

equipo.

El equipo, como se muestra en la figura 3.1, contaba con enlace de 1Gb uplink hacia SWC NE80E Ica, otros puertos dedicados a brindar transporte a los equipos de acceso de datos y 2 puertos de interconexión de 2Gb hacia el equipo de Backhaul GWD Tellabs 8611 Pisco.

c) SWC NE40E-X16 Miraflores

Es un router cuya funcionalidad es brindar transporte de datos proveniente de los equipos de acceso para servicio de clientes empresariales y abonado residenciales del distrito de Miraflores, y como switches concentrador congrega a otros switch distribuidores e interconecta a otros switches concentradores como en este caso interconectado con el NE80E Ica.

La clasificación y dimensionamiento se expresa con sus siglas SWC NE40E-X16, (Switch Concentrador de 16 slot para la instalación de tarjetas de puerto ópticas o eléctricas). Sus características se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Características del SWC NE40E-X16 Miraflores (Fuente: Ref. [15])

Atributos	Descripción
	NE40E-X16
Capacidad	12.58 Tbps
Cantidad Slots	- 16 Slot para Tarjeta de Procesamiento en Línea (LPU – Line Processing Unit) - 2 MPUs(Unidad de Procesamiento Principal) - 4 Tarjetas de Conmutación de Datos (SFU- Switch Fabric Unit).
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -48V y AC: 110V/220V
Dimensiones (Ancho *Profundidad*Alto)	442mm × 650mm × 1420mm
Consumo máximo de potencia	6500 W
Peso	267 kg (Componentes completos)
Temperatura de operación	0°C to 45°C
Protocolos soportados	

La distribución de asignación de puertos, cuenta con puertos interconectados con otros concentradores (enlaces de respaldo), otros puertos interconectados con equipos de Core, 2 puertos destinados para el enlace de 1Gb c/u hacia NE80E Ica (Down link) como se muestra en la figura 3.1.

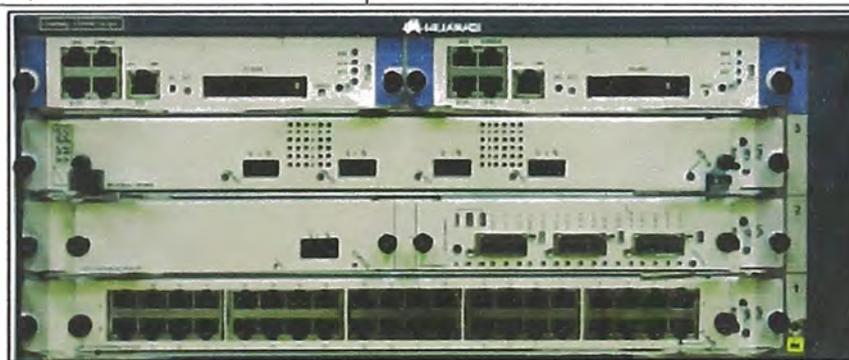
d) SWD NE40E-X3 Lurín

Es un router que brinda transporte de datos proveniente de los equipos de acceso para servicio de clientes empresariales y abonado residenciales del distrito de Lurín, congrega a otros switches terminales e interconectar a otros switches distribuidores.

La clasificación y dimensionamiento se expresa con sus siglas SWD NE40E-X3, (Switch Distribuidor con 3 slot para instalación de tarjetas de puertos ópticos o eléctricos) que tiene el equipo. Un resumen de sus características se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Características del SWD NE40E-X3 Lurín (Fuente: Ref. [15])

Atributos	Descripción
	NE40E-X3
Capacidad	1.08T bps
Cantidad Slots	3 Slot para Tarjeta de Procesamiento en Línea (LPU – Line Processing Unit). 2 MPUs(Unidad de Procesamiento Principal, 1:1 backup)
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -48V y AC: 110V/220V
Dimensiones (Ancho*Profundidad*Alto)	442mm × 650 mm × 220mm (AC 5 U)
Consumo máximo de potencia	1100 W
Peso (Llenas de tarjetas)	51 kg (Componentes completos)
Temperatura de operación	0°C to 45°C



3.1.2 Red Core de Internet

La red de transporte Core de Internet para este escenario se provisiona en el equipo PENG1 Ica, la cual cuenta con M120 Juniper, que a continuación se describen sus características y funciones.

M120 Juniper es capaz de soportar aplicaciones de alto ancho de banda de enrutamiento de borde convergente, el M120 está diseñado para facilitar la agregación de servicios para las necesidades multiplay de proveedores de servicios y los usuarios

empresariales.

El M120 se extiende una infraestructura Ethernet optimizado y rentable con 10 GB capacidades de red al borde de la red. Soporta servicios de MPLS en las Capas 2 y 3, incluyendo Layer 3 VPN, incluyendo MPLS y VPLS empresa y las capacidades avanzadas de QoS necesarios para soportar voz , video, y una variedad de servicios de datos. El M120 ofrece redundancia superior.

El router M120 es una parte integral de la familia de productos de la Serie M, la entrega de una solución escalable para proporcionar IP / MPLS y servicios avanzados multiplay para entornos empresariales y de proveedores de servicios. Estos servicios incluyen una amplia gama de redes VPN, voz en tiempo real y video, ancho de banda bajo demanda, servicios de seguridad basados en la red, las capacidades de IPv6, entre otras. En la Tabla 3.5 se muestra el resumen de características de M120 Juniper.

Tabla 3.5 Características del M120 Juniper (Fuente: Ref. [16])

Atributos	Descripción
	M120
Capacidad	Capacidad de conmutación: 120 Gbps
Cantidad Slots	6 Slots FPC: 4 FPC: Tipo 1, soporta hasta 4 PIC. Tipo 2, soporta hasta 4 PIC. Tipo 3, soporta hasta 1 PIC. 2 cFPCs para WAN de 10GB.
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -40 to -60 V y AC: 110V/220V
Consumo máximo de potencia	2200W
Dimensiones: (Ancho*Profundidad*Alto)	44.5 x 52.7 x 65.3 cm
Peso	50kg (Componente completos)
Temperatura de operación	0~40°C



El ICAPENG1 es el equipo de Agregación para el servicio de datos de Empresas,

concentra los servicios empresariales y transportarlo hacia el Core, cuenta con un puerto óptico de 1GE para interconexión con el NE80E Ica, cuya ancho de banda del enlace es de 1Gb por fibra óptica, tal como se muestra en la figura 3.1.

3.1.3 Red de Backhaul para el servicio de telefonía móvil

Conformada por los equipos GWD 8611 Pisco, y el GWD 8611 Ica

a) GWD 8611 Pisco

Los Tellabs 8611 Smart Router ofrecen soluciones versátiles y escalables para backhaul móvil desde pequeños sitios de agregación de controlador y sitios de puerta de enlace.

Las soluciones están diseñadas para satisfacer las necesidades cada vez mayores de datos de los usuarios móviles y clientes empresariales. La plataforma está lista para LTE y provee un conjunto de característica Ethernet IP / MPLS. Soporta múltiple servicio, las redes de acceso y agregación. Sus funciones son:

- Convergencia móvil.
- Necesario para Cloud computing networking.

Ofrece alta capacidad de entrega de datos en las redes LTE, 4G, 3G y 2G. Con una capacidad de conmutación de hasta a 7,5 Gbps, el router Tellabs 8611 es costo-eficiente, potente y fácilmente escalable.

Con 7 slots para módulos de interfaz física, los Tellabs Router 8611 son ideales para cell site de grandes proveedores de servicios o site de agregación pequeños. La tabla 3.6 resume sus características.

Tabla 3.6 Características del Tellabs 8611(Fuente: Ref. [17])

Atributos	Descripción
	GWD 8611
	
Capacidad	7.5T bps
Cantidad Slots	2 Slot de conmutación y módulo de control (SCM). 2 Slot de alimentación de energía. 4 Slot de servicios (LM).
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -48V y AC: 110V/220V
Dimensiones (Ancho*Profundidad*Alto)	441mm x88 mm x300mm.
Consumo máximo de potencia	160 W
Temperatura de operación	-5°C to 45°C

Tiene una arquitectura de reenvío de paquetes con calidad de servicio (QoS), lo que permite la optimización de la red para los servicios de voz y datos en LTE, 4G, 3G y redes 2G. Las características avanzadas de QoS permiten la diferenciación de los servicios de voz y video en tiempo real de alta calidad y mejora los servicio de datos.

Es compatible con LSP Ping, traceroute LSP y Ethernet OAM funciones de IEEE 802.1ag. Además, soporta una herramienta de prueba de bucle de paquetes único que permite la prueba de calidad de servicio de los parámetros (QoS) incluyendo retardo, jitter, rendimiento y conectividad.

La distribución de asignación de puertos, cuenta con 2 puertos de 1G destinados para el enlace (Up Link) de 1Gb c/u hacia NE40E-4 Pisco que le brinda transporte por la red Metro hacia GWD 8611 Ica como se muestra en la figura 3.1.

b) GWD 8611 Ica

La descripción del equipo GWD 8611 se realizó en parte “a” de esta sección. La distribución de asignación de puertos, cuenta con 1 puerto de 1Gb destinados para el enlace (Down Link) de 1Gb hacia NE80E Ica que le brinda transporte por la red Metro hacia GWD 8611 Pisco como se muestra en la figura 3.1.

3.1.4 Un enlace saturado de 1 Gb

Se contaba con un enlace de 1 Gb que presentaba un nivel de saturación mayor al 90% entre Pisco – Ica, ello provocaba en horas picos de demanda, lentitud de los servicios de Telefonía móvil e Internet por encolamiento producido.

El tipo de medio de transmisión en este caso para el enlace entre SWC NE80E Ica y SWD NE40-4 Pisco es fibra oscura y en los extremos se conectan los equipos de la red Metro mediante transceptores ópticos SFP (Small Form-Factor Pluggable) de 1.25 Gbps, y 10 Km de alcance. La figura 3.2 muestra el esquema del enlace saturado.

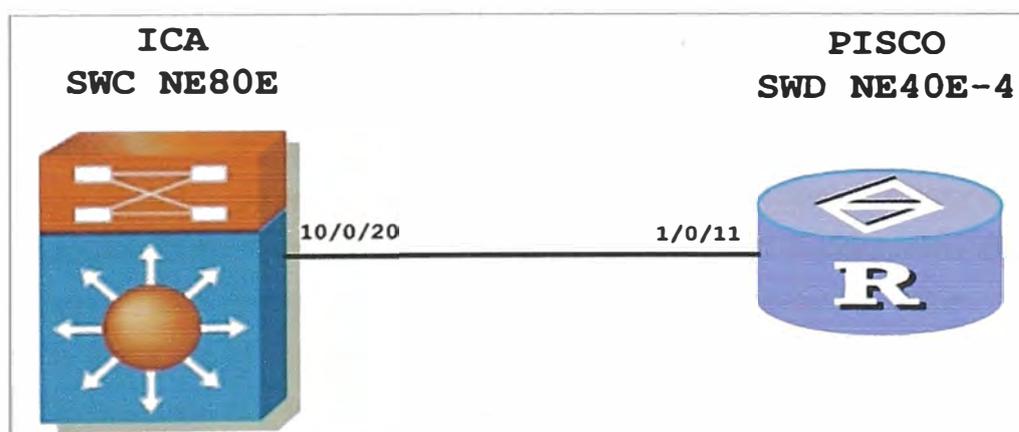


Figura 3.2 Esquema del enlace saturado

Se muestra en la figura 3.3 el historial de volumen de tráfico del enlace saturado. Se ve, según estadística, la máxima tasa de transmisión de bits en el enlace de Pisco–Ica.

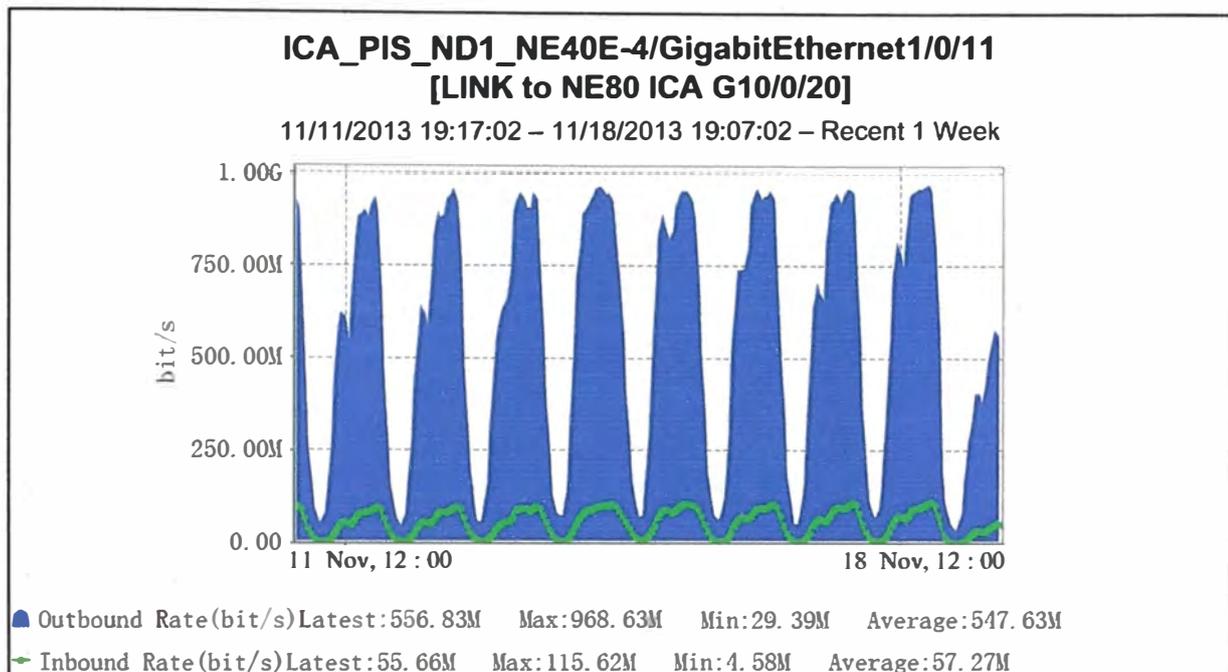


Figura 3.3 Historial de volumen de tráfico del enlace saturado (Gestor U2000)

3.1.5 Equipo de transmisión OSN 3500

En la red Metro los equipos de transmisiones conforman el medio físico de transporte para la interconexión de los equipamientos Metro y Backhaul, en este escenario la red se han utilizado equipos OSN 3500. El OptiX OSN 3500 [18] es un sistema inteligente de conmutación óptica con arquitectura de "doble núcleo". Esto permite ser utilizado en modo de paquetes o en modo TDM.

Cuando el OSN 3500 se utiliza con otros equipos Huawei, admite varias aplicaciones de networking, como la aplicación en modo de paquete puro, la aplicación de red híbrida (central telefónica virtual en modo paquete y modo TDM) y la aplicación en modo TDM puro. Mediante el uso de una solución de red adecuada, el servicio de datos y el servicio convencional SDH se procesan de manera óptima. El OptiX OSN 3500 transmite servicios de voz y datos en la misma plataforma con alta eficiencia. En la figura 3.10 se muestra el equipo OSN 3500. Sus características son:

- Arquitectura de doble núcleo, transmisión multiservicio.- Con una arquitectura de doble núcleo, el equipo OptiX OSN cumple con los requisitos para el transporte de servicios convencionales y para un número cada vez mayor de servicios de paquetes.
- Soporte de backhaul 3G móvil, mejor servicio de transmisión.- Para hacer frente a los requisitos de backhaul 3G móviles, los equipos de Huawei ofrecen soluciones completas de transmisión en el dominio de paquetes, con convergencia en la capa de core de una red inalámbrica.
- WDM integrado/microondas, networking flexible. El equipo OptiX OSN utiliza la tecnología WDM integrada para transmitir varias longitudes de onda sobre una fibra

óptica. En este contexto, el OptiX OSN puede interconectarse con equipos WDM.



Figura 3.4 OptiX OSN (Fuente: Ref. [18])

3.2 Requerimientos del sistema

Ante un evento de gran importancia a nivel nacional como es el CADE 2013 los requerimientos son:

- Acceso a servicios de telefonía móvil e internet en el lugar donde se realiza el evento.
- Eliminar la saturación del enlace.
- Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet.

3.2.1 Acceso a servicios de telefonía móvil e internet

Los servicios de Telefonía Móvil e Internet se brindan a través de la red de transporte Metro y Backhaul, la cual se debe rediseñar a efectos de soportar los nuevos requerimientos de tráfico de datos holgadamente.

Los nuevos requerimientos se basan en dos subsistemas de comunicaciones diseñados e implementados por otro equipo de especialistas. Estos son, por un lado, la solución de telefonía móvil, y por otro lado, la solución de internet (inalámbrico).

A continuación se describen cada una de ellas:

a) Nuevos servicios de telefonía (Ubiquiti CADE)

Este escenario, se muestra en la figura 3.5, fue diseñado por un equipo de profesionales y como se observa el acceso a este servicio de última milla como es la tecnología inalámbrica de banda ancha para exteriores, Ubiquiti, tiene como parte al acceso de Internet la Red de Backhaul.

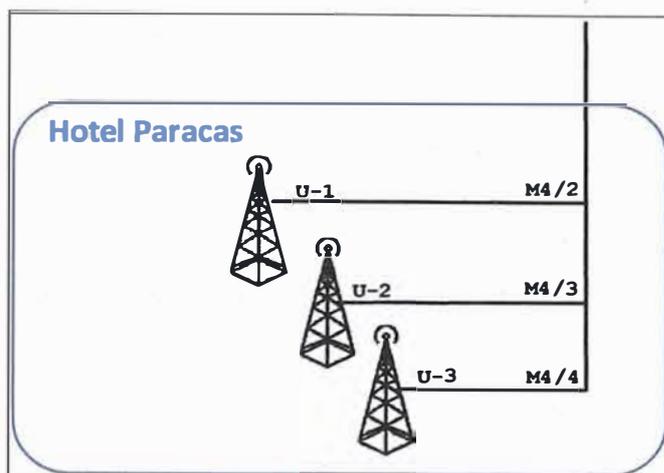


Figura 3.5 Ubiquiti CADE

La tecnología inalámbrica Ubiquiti permite velocidades de más de 150 Mbps (Punto a Punto) y 100 Mbps (Punto a Multipunto). Se destaca por el uso del protocolo de hardware TDMA acelerado, esto consiste en una programación inteligente que coordina la transmisión y detección nativa de paquetes VoIP, obteniendo de esta manera redes escalables de cientos de usuario por estación base manteniendo baja latencia, alto rendimiento y calidad de voz sin interrupciones.

En la figura 3.6 se muestra un modelo de la implementación del servicio Ubiquiti, como se puede observar tasa la trasmisión es de 10Mbps de cada nodo Ubiquiti, y se han instalado 3 estaciones bases para cubrir el evento.

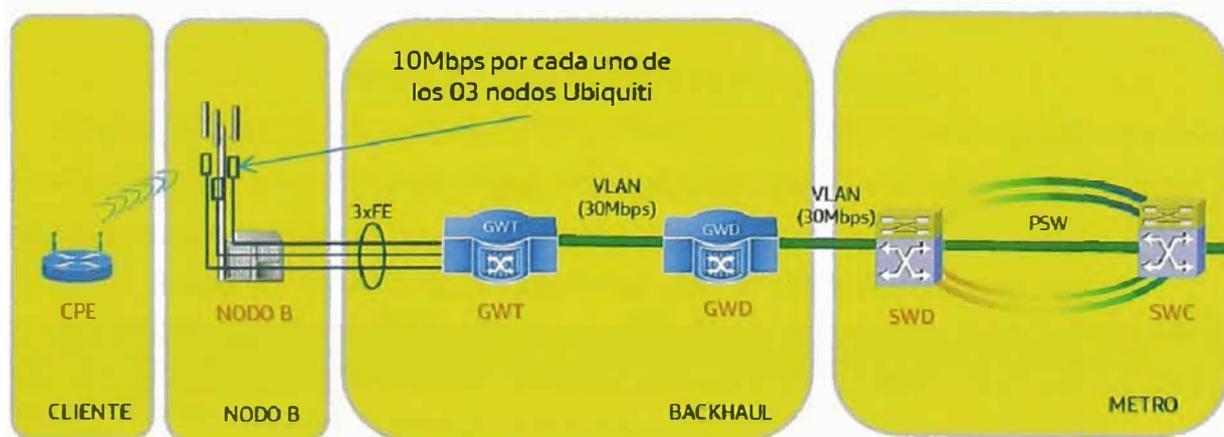


Figura 3.6 Modelo de la implementación del servicio Ubiquiti

El requerimiento por parte de este servicio, fueron de asegurar en la velocidad máxima en la que opera dicho dispositivo y considerando que se instalaría 3 nodos.

El AIRMAX es la implementación del UBIQUITI del sistema TDMA, usado en redes de Telefonía celular y enlaces WIMAX. Funciona asignando tiempos de transmisión a cada estación, de tal forma que elimina el problema de nodo oculto y dicha asignación es dinámica, es decir se prioriza el tiempo de transmisión de cada estación base de acuerdo a sus necesidades de ancho de banda. Soporta el protocolo 802.11n.

b) Nuevos servicios de Internet (WIFI CADE)

La implementación de este servicio fue labor de un equipo de especialista de otra área, quienes definieron según su planificación brindar servicio alrededor de 300 usuarios proporcionando una capacidad de transferencia del enlace como mínimo de 60 Mbps, los cuales iba ser necesario la instalación de 3 Access Point (AP) ubicados en 2 postes para la cobertura del lugar, tal como se muestra Figura 3.7.

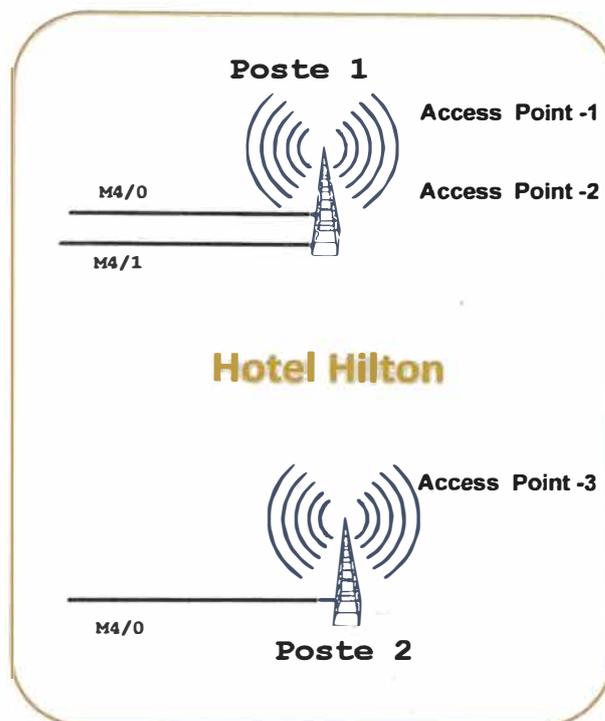


Figura 3.7 WiFi CADE (Hilton 1 y Hilton 2)

El equipo utilizado es un Belair 20EO WI-FI Access Point, Redes Soluciones familia al aire libre, es parte de una cartera de productos robustos al aire libre. La tabla 3.6 resume las características del equipo BelAir20EO [19].

Tabla 3.7 Características del equipo BelAir20EO (Fuente: Ref. [19]).

Especificaciones Eléctricas	Descripción
Requerimiento de energía:	PoE Nominal DC: 48V/0.35A
Requerimiento de Backhaul:	Soporta sistema punto a punto, punto a multipunto y también multipunto a multipunto.
Transmisión:	1 10/100/1000Base-TX (Cat.5 RJ-45) WAN port 1 10/100/1000Base-TX (Cat.5 RJ-45) LAN port IEEE 802.1D Bridging, IEEE 802.1Q VLANs, IEEE 802.1w RSTP and IEEE 802.1p QoS

Capacidad de punto de acceso por radio:	16 SSID por AP, 8 SSID por radio de acceso. Apoyo MSSID por 8 puntos de acceso virtuales por Radio Acceso. Totalmente compatible con los estándares 802.11n.
802.11n PHY Layer radio:	MIMO 2x2 con 2 flujos espaciales (300 Mbps por la radio) Configuración de Canal y Codificación. Soporta 802.11n, ya sea canales de 20 MHz o 40 MHz y Esquema de Codificación MCS 0 a MCS 15 y Corto o Largo GI Mejora de la inmunidad a las perturbaciones celulares.
Dimensiones físicas: (W x D x H):	190 x 75 x 295 mm
Peso:	2 kg
Temperatura de operación:	-20°C a 55 °C
	

Posee adición de formación de haz basado en estándares, puertos GigE (1 puerto WAN con PoE y 1 puerto LAN), antenas integradas o externas y el cumplimiento del estándar 802.11n – 2009, el BelAir20EO viene en un paquete compacto y estilizado que se ocupa tanto despliegues de proveedores Enterprise y Servicio en:

- Las zonas calientes
- 3G OFF LOAD
- Estadios y Arenas
- Campus

El BelAir20EO ha sido optimizado para aplicaciones de zona caliente y 3G Offload administrados, aplicación de políticas de borde utilizando control centralizado y una verdadera arquitectura Plug-and -Play - con la última 802.11n totalmente compatible, soporta demanda de datos intensivos. El BelAir20EO proporciona conectividad entre redes, lo que permite una verdadera movilidad y la conectividad basada en estándares para los usuarios en movimiento en exteriores o en el interior.

La Gestión de Red Wireless de BelAir20EO tiene un diseño de radio doble, incluye uno 5 GHz y un radio de 2,4 GHz, ambos de los cuales son IEEE 802.11n - 2009 y cada radio compatible con el funcionamiento de MIMO 2x2 con 2 flujos de datos. Es administrado a través de Belview NMS, GUI o CLI. Tanto GUI WEB y CLI proporcionan apoyo a nivel de dispositivo, mientras Belview NMS proporciona configuración y soporte de Gestión del Rendimiento. Belview NMS opera con plataformas Windows, Linux o Sun

Solaris y se puede integrar en otros sistemas.

3.2.2 Eliminar la saturación del enlace

Se encontró en el enlace entre Pisco e Ica un nivel de saturación mayor al 90%; según se muestra en el gráfico 3.3 de tráfico vs horas ocasionando en el lapso de 18 hrs – 23hrs lentitud del servicio a causa del encolamiento al pasar los datos a través de dicho enlace.

3.2.3 Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet

No contaba con respaldo para protección y para asegurar la disponibilidad del servicio ante un corte de fibra óptica entre Pisco – Ica.

Es necesario contar con un enlace redundante entre Pisco e Ica debido a la importancia política y como operador auspiciador del evento.

3.3 Diseño de la solución

La solución integral se desarrolla en los siguientes cinco ítems:

- Instalación de un backhaul hacia el nodo Pisco. Para extender la red de transporte hacia las soluciones de tráfico Internet y el Ubiquiti.
- Instalación de un backhaul en el Hotel Hilton hacia el backhaul Hotel Paracas.- Este backhaul recibe en sus puertos el tráfico de los servicios de voz y WiFi; y los encamina hacia la red de transporte.
- Eliminación de la saturación del enlace
- Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet-
- Presentación de la topología final de la solución

3.3.1 Nuevo Backhaul hacia el nodo Pisco

De acuerdo a los requisitos enunciados en la sección 3.2, sobre el requisito del acceso a servicios de telefonía móvil e internet donde se realizó el evento, se determinó:

- La instalación e integración de un equipamiento Backhaul adicional en el Hotel Paracas, consistente de un router marca Tellabs modelo 8611.
- La interconexión, mediante fibra óptica, del backhaul Paracas con el nodo más cercano (Backhaul Central Pisco)
- La respectiva interconexión lógica entre el 8611 Pisco y el 8611 Paracas.

De esta manera la red de transporte se extendería hacia los equipos terminales de acceso, para el tráfico WiFi y el Ubiquiti.

El tráfico ubiquiti solo requiere de la respectiva configuración de diversos circuitos lógicos, por ello es que en esta sección también se incluye la configuración de los servicios ubiquiti CADE, la cual se desarrolla a continuación:

a) Asignación de perfiles de hilo de F.O.

El perfil y asignación de fibra óptica para cliente telefónica móviles desde C.T

PISCO se muestra en la figura 3.8 (Equipo: TELLABS 8611 GWT).

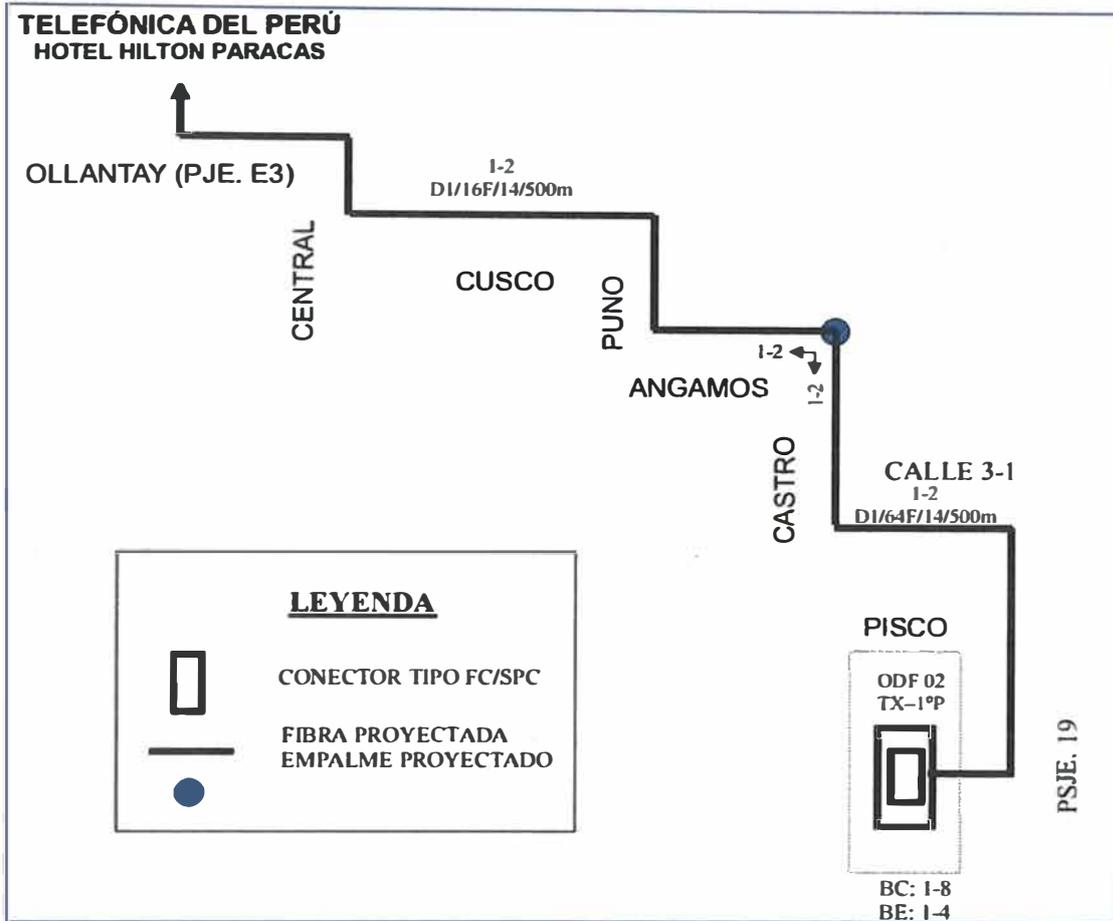


Figura 3.8 Perfil y asignación de fibra óptica

b) Instalación del equipo Tellabs 8611

Para la instalación del equipo 8611 Hotel Paracas se ha planificado las siguientes actividades: replanteo, instalación, energización y upgrade del equipo.

En el replanteo se determina una ubicación adecuada para la instalación de los equipos, se considera también la posición de las llaves de energía (ITM), cantidad y tipo de cable de energía, cantidad y tipo de fibra óptica (entre ODF y equipo 8611 y 8609); y la puesta a tierra del equipo para el aseguramiento eléctrico ante descargas. En la tabla 3.7 se muestra, los requerimientos (Hotel Paracas). En la figura 3.8 se puede apreciar la ubicación de este equipo respecto a los otros dispositivos.

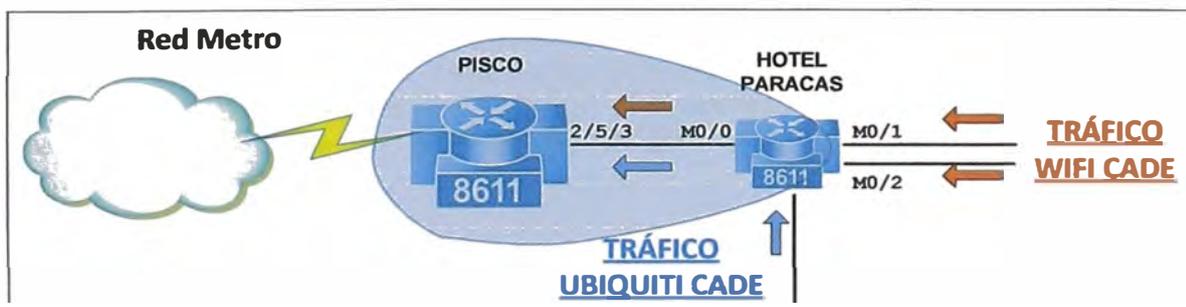


Figura 3.9 Instalación equipo backhaul Tellabs 8611 en Hotel Paracas

Tabla 3.8 Requerimientos de instalación de Tellabs 8611 en Hotel Paracas

Medidas	Destino	Observaciones
Cable de Energía 8mt	Rectificador ERICSSON	Existen llaves disponibles en los Rectificadores. Dis.02, Br. 2 de 30 Amp. Dis.03, Br. 3 de 30 Amp.
Cable de Tierra 14mt	Barra de Tierra	Barra de tierra ubicada en la parte inferior derecha del DDF
Fibra Óptica LC-FC 14mt	ODF-1	El recorrido es por escalerilla aérea protegido con tubo corrugado hasta llegar al ODF.
Fibra Óptica LC-LC 12mt	ADM	El recorrido es por escalerilla aérea protegido con tubo corrugado en todo el trayecto.

c) Interconexión lógica (Integración) del equipamiento de Backhaul

Se realiza según las plantillas de configuración que se muestran a continuación:

Plantilla de configuración del Hotel Paracas

interface ge0/0	Puerto GE conectado a 8611 Pisco
mtu 1700	Unidad de transmisión máxima de la trama.
description Link to ICA_PISGD1_T8611_G.2/5/3	
ip mtu 1600	Unidad de transmisión máxima del paquete.
mpls mtu 1700	Capacidad máxima del tunel.
label-switching	Proporciona conmutación de etiquetas
no shutdown	Habilitación del puerto
ip address 10.114.240.6/30	IP del Puerto.
mpls label protocol ldp	Indica el protocolo a comunicarse (LDP)
ldp advertisement-mode downstream-on-demand	Señalización bajo de demanda
ip router isis 1	Levantar protocolo ISIS.
isis network point-to-point	
isis circuit-type level-1	
no isis hello padding	
mode speed 1000 duplex full	Seteo del puerto.

Plantilla de configuración del 8611 Pisco

interface ge2/5/3	Puerto GE conectado a 8609 Hotel Paracas
mtu 1700	Unidad de transmisión máxima de la trama.
description Link to ICA_GT1_T8609_HOTEL_PARACAS_G.0/0	
ip mtu 1600	Unidad de transmisión máxima del paquete.
mpls mtu 1700	Capacidad máxima del tunel.
label-switching	Proporciona conmutación de etiquetas
no shutdown	Habilitación del puerto
ip address 10.114.240.5/30	IP del Puerto.
mpls label protocol ldp	Indica el protocolo a comunicarse (LDP)
ldp advertisement-mode downstream-on-demand	Señalización bajo de demanda
ip router isis 1	Levantar protocolo ISIS.
isis network point-to-point	
isis circuit-type level-1	
no isis hello padding	
mode speed 1000 duplex full	Seteo del puerto.

d) Configuración de los servicios ubiquiti CADE

A nivel global se crea la pseudowire (circuito virtual) para:

- El 8611 Hotel Paracas.
- El 8611 Pisco.
- El NE40E-4 Pisco.
- El NE80E Ica.

Las plantillas de configuración se muestran a continuación:

Plantilla de configuración para el 8611 Hotel Paracas

```

pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100014 (Name) 100014 (VC-ID) mpls ldp 10.115.3.106 (LR) vc-qos be (QoS)
pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100015 (Name) 100015 (VC-ID) mpls ldp 10.115.3.106 (LR) vc-qos be (QoS)
pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100016 (Name) 100016 (VC-ID) mpls ldp 10.115.3.106 (LR) vc-qos be (QoS)
interface fe4/2                                Puerto fastethernet conectado a Ubiquiti
CADE_1
  no shutdown                                    Habilitación del puerto.
  mode speed 100 duplex full                    Seteo del puerto.
interface fe4/3#svlan#3385                    Creación de subinterface.
  ip mtu 1600                                   Unidad de transmisión máxima del paquete.
  pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100014            Agrega el VC-ID a la subinterface.
  no shutdown                                    Habilitación de la subinterface.
  dot1q svlan ethertype 0x8100                Creación de Stacking VLAN con tipo de #
trama ethernet
interface fe4/3                                Puerto fastethernet conectado a Ubiquiti
CADE_2
  no shutdown
  mode speed 100 duplex full
interface fe4/3#svlan#3386
  ip mtu 1600
  pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100015
  no shutdown
  dot1q svlan ethertype 0x8100
#
interface fe4/4                                Puerto fastethernet conectado a Ubiquiti
CADE_3
  no shutdown
  mode speed 100 duplex full
interface fe4/3#svlan#3387
  ip mtu 1600
  pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100016
  no shutdown
  dot1q svlan ethertype 0x8100
#

```

Plantilla de configuración para el 8611 Pisco.

```

pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100014 100014 mpls ldp 10.115.36.160 vc-qos be
pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100015 100015 mpls ldp 10.115.36.160 vc-qos be
pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100016 100016 mpls ldp 10.115.36.160 vc-qos be

interface ge2/4/1.3385
  ip mtu 1530

```

```

pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100014 encapsulation ethernet-vlan untagged
no shutdown
#
interface ge2/4/1.3386
ip mtu 1530
pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100015 encapsulation ethernet-vlan untagged
no shutdown
#
interface ge2/4/1.3387
ip mtu 1530
pwe3 circuit Ubiquiti_cade_100016 encapsulation ethernet-vlan untagged
no shutdown

```

Plantilla de configuración para el NE40E-4 Pisco

```

#
interface GigabitEthernet1/0/8.3385
vlan-type dot1q 3385
mtu 1700
description #VLL UBIQUITI1-CADE_to_ICA NE80_11/0/15#
set flow-stat interval 10
mpls l2vc 10.115.1.129 3385
trust upstream backbone
statistic enable
#
interface GigabitEthernet1/0/8.3386
vlan-type dot1q 3386
mtu 1600
description #VLL UBIQUITI2-CADE_to_ICA NE80_11/0/15#
mpls l2vc 10.115.1.129 3386
trust upstream backbone
statistic enable
#
interface GigabitEthernet1/0/8.3387
vlan-type dot1q 3387
mtu 1700
description #VLL UBIQUITI3-CADE_to_ICA NE80_11/0/15#
set flow-stat interval 10
mpls l2vc 10.115.1.129 3387
trust upstream backbone
statistic enable
#

```

Plantilla de configuración para el NE80E Ica

```

interface GigabitEthernet11/0/15.3385
vlan-type dot1q 3385
mtu 1700
description #VLL UBIQUITI1-CADE_to_Pisco NE40E4_1/0/8#
mpls l2vc 10.115.1.135 3385
trust upstream backbone
statistic enable
#
interface GigabitEthernet11/0/15.3386
vlan-type dot1q 3386

```

```

mtu 1600
description #VLL UBIQUITI2-CADE_to_Pisco NE40E4_1/0/8#
mpls l2vc 10.115.1.135 3386
trust upstream backbone
statistic enable
#
interface GigabitEthernet11/0/15.3387
vlan-type dot1q 3387
mtu 1700
description #VLL UBIQUITI3-CADE_to_Pisco NE40E4_1/0/8#
mpls l2vc 10.115.1.135 3387
trust upstream backbone
statistic enable
#

```

3.3.2 Backhaul hacia Hotel Hilton

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

- Instalación del equipo de backhaul Tellabs 8609, para la celda 1 (“Hilton 1” con los Access Point 1 y 2).
- Instalación del equipo de backhaul Tellabs 8609, para la celda 2 (“Hilton 2” con el Access Point 3).
- Configuración de cada 8609 Hilton y el 8611 Paracas, para la Interconexión lógica (Integración) del equipamiento de Backhaul.
- Configuración para los servicios WiFi CADE, en cada 8609 Hilton 1-2, y en el 8611 Paracas, el NE40E-4 Pisco y el NE80E Ica.

a) Equipo Tellabs 8609 para Hilton 1

En la tabla 3.8 se muestra, para este caso, los requerimientos (Hotel Hilton 1). La figura 3.10 muestra la ubicación de este equipo en relación a los otros dispositivos.

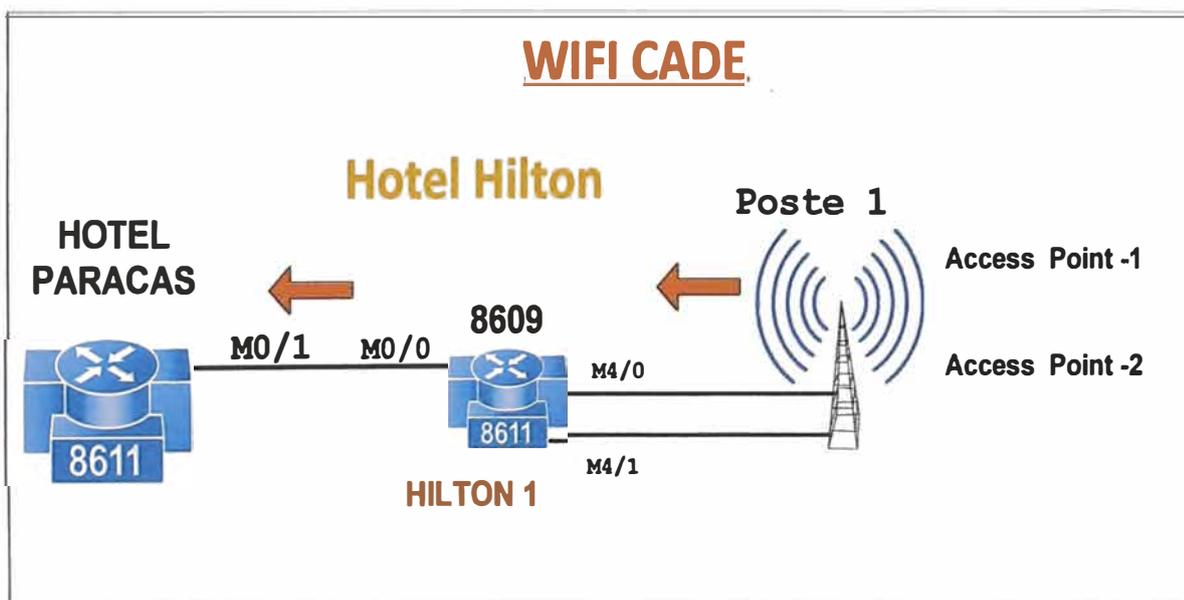


Figura 3.10 Equipo Tellabs 8609 para Hilton 1

Tabla 3.9 Requerimientos de instalación Tellabs 8609 para Hilton 1

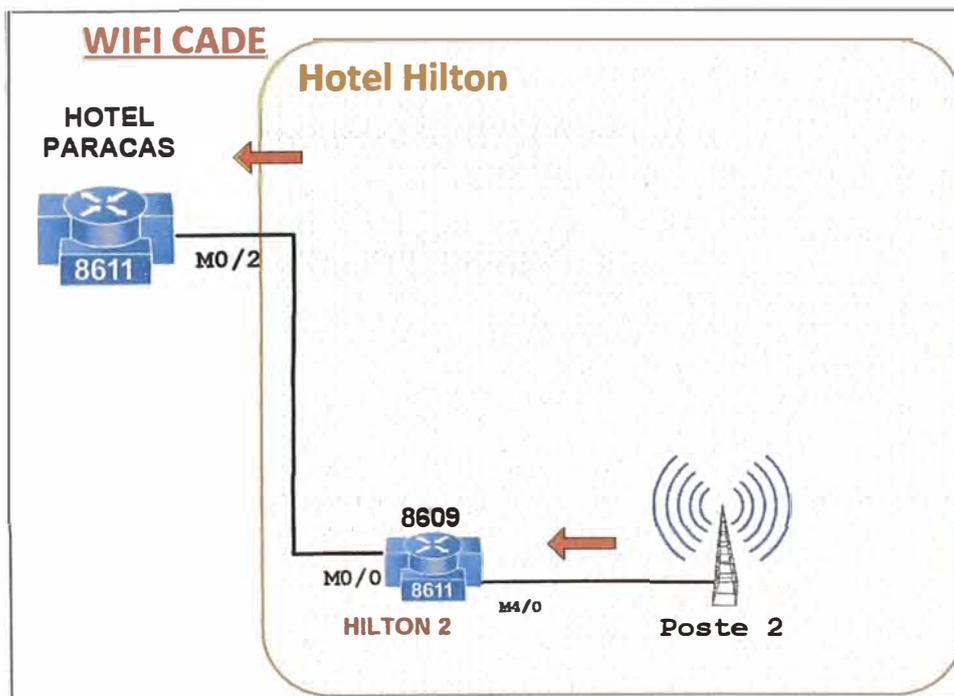
Medidas	Destino	Observaciones
Cable de Energía 8mt	Rectificador ERICSSON	Existen llaves disponibles en los Rectificadores. Dis.02, Br. 6 de 15 Amp. Dis.04, Br. 6 de 15 Amp.
Cable de Tierra 14mt	Barra de Tierra	Barra de tierra ubicada en la parte inferior derecha del DDF.
Fibra Óptica LC-FC 14mt	ODF-1	El recorrido es por escalerilla aérea protegido con tubo corrugado hasta llegar al ODF.
Fibra Óptica LC-LC 12mt	ADM	El recorrido es por escalerilla aérea protegido con tubo corrugado en todo el trayecto.

b) Equipo Tellabs 8609 para Hilton 2

En la tabla 3.9 se muestra, para este caso, los requerimientos (Hotel Hilton 2). La figura 3.11 muestra la ubicación de este equipo en relación a los otros dispositivos.

Tabla 3.10 Requerimientos de instalación Tellabs 8609 para Hilton 2

Medidas	Destino	Observaciones
Cable de Energía 18mt	Rectificador ERICSSON	Existen llaves disponibles en los Rectificadores. Dis.03, Br. 1 de 15 Amp. Dis.04, Br. 1 de 15 Amp.
Cable de Tierra 10mt	Barra de Tierra	Barra de tierra ubicada en la parte inferior derecha del DDF.
Fibra Óptica LC-FC 24mt	ODF-1	El recorrido es por escalerilla aérea protegido con tubo corrugado hasta llegar al ODF.
Fibra Óptica LC-LC 28mt	ADM	El recorrido es por escalerilla aérea protegido con tubo corrugado en todo el trayecto.

**Figura 3.11** Equipo Tellabs 8609 para Hilton 2

c) Interconexión lógica entre 8611 Hotel Paracas Y 8611 Hotel Hilton

Para ello se aplican las siguientes plantillas de configuración:

Plantilla de configuración para el 8611 Hotel Paracas

```
interface ge0/1
  mtu 1700
  description Link to ICA_GT1_T8609_HOTEL_HILTON_G.0/0
  ip mtu 1600
  mpls mtu 1700
  label-switching
  no shutdown
  ip address 10.114.240.9/30
  mpls label protocol ldp
  ldp advertisement-mode downstream-on-demand
ip router isis 1
isis network point-to-point
isis circuit-type level-1
no isis hello padding
  mode speed 1000 duplex full
interface ge0/2
  mtu 1700
  description Link to ICA_GT1_T8609_HOTEL_HILTON_G.0/0
  ip mtu 1600
  mpls mtu 1700
  label-switching
  no shutdown
  ip address 10.114.240.13/30
  mpls label protocol ldp
  ldp advertisement-mode downstream-on-demand
ip router isis 1
isis network point-to-point
isis circuit-type level-1
no isis hello padding
  mode speed 1000 duplex full
```

Plantilla de configuración para el 8609 Hotel Hilton-1

```
interface ge0/0
  mtu 1700
  description Link to ICA_GT1_T8609_HOTEL_PARACAS_G.0/1
  ip mtu 1600
  mpls mtu 1700
  label-switching
  no shutdown
  ip address 10.114.240.10/30
  mpls label protocol ldp
  ldp advertisement-mode downstream-on-demand
ip router isis 1
isis network point-to-point
isis circuit-type level-1
no isis hello padding
  mode speed 1000 duplex full
```

Plantilla de configuración para el 8609 Hotel Hilton-2

```
interface ge0/0
  mtu 1700
  description Link to ICA_GT1_T8609_HOTEL_PARACAS_G.0/2
  ip mtu 1600
  mpls mtu 1700
  label-switching
  no shutdown
  ip address 10.114.240.14/30
  mpls label protocol ldp
  ldp advertisement-mode downstream-on-demand
ip router isis 1
isis network point-to-point
isis circuit-type level-1
no isis hello padding
mode speed 1000 duplex full
```

d) Configuración de los servicios WiFi CADE

De igual manera, se configuraron los circuitos lógicos para el encaminamiento del tráfico WiFi. Ello se muestra en las siguientes plantillas de configuración:

Plantilla de configuración para el 8609 Hotel Hilton 1 (AP 1 y 2)

```
pwe3 circuit WIFI_CADE_1 202019 mpls ldp 10.115.36.160 vc-qos ef
pwe3 circuit WIFI_CADE_2 202020 mpls ldp 10.115.36.160 vc-qos ef

interface ge4/0.3730
  pwe3 circuit WIFI_CADE_1 encapsulation ethernet untagged
  no shutdown
interface ge4/1.3731
  pwe3 circuit WIFI_CADE_2 encapsulation ethernet untagged
  no shutdown
```

Plantilla de configuración en el 8609 Hotel Hilton 2 (AP 3).

```
pwe3 circuit WIFI_CADE_3 202021 mpls ldp 10.115.36.160 vc-qos ef

interface ge4/0.3732
  pwe3 circuit WIFI_CADE_3 encapsulation ethernet untagged
  no shutdown
```

Plantilla de configuración en el 8611 Hotel Paracas

```
pwe3 circuit WIFI_CADE_1 202019 mpls ldp 10.115.36.167 vc-qos ef
pwe3 circuit WIFI_CADE_2 202020 mpls ldp 10.115.36.167 vc-qos ef
pwe3 circuit WIFI_CADE_3 202021 mpls ldp 10.115.36.167 vc-qos ef

interface ge2/4/0.3730
  pwe3 circuit WIFI_CADE_1 encapsulation ethernet untagged
  no shutdown

interface ge2/4/0.3731
  pwe3 circuit WIFI_CADE_2 encapsulation ethernet untagged
  no shutdown
```

```
interface ge2/4/0.3732
 pwe3 circuit WIFI_CADE_3 encapsulation ethernet untagged
 no shutdown
```

Plantilla de configuración en el NE40E-4 Pisco

```
interface GigabitEthernet1/0/7.3730
 vlan-type dot1q 3730
 mtu 1600
 description #VLL CADE-WIFI1 to NE80EICA-11/0/15#
 mpls l2vc 10.115.1.129 3730
 trust upstream backbone
 statistic enable
#
interface GigabitEthernet1/0/7.3731
 vlan-type dot1q 3731
 mtu 1600
 description #VLL CADE-WIFI2 to NE80EICA-11/0/15#
 set flow-stat interval 10
 mpls l2vc 10.115.1.129 3731
 trust upstream backbone
 statistic enable
#
interface GigabitEthernet1/0/7.3732
 vlan-type dot1q 3732
 mtu 1600
 description #VLL CADE-WIFI3 to NE80EICA-11/0/15#
 mpls l2vc 10.115.1.129 3732
 trust upstream backbone
 statistic enable
#
```

Plantilla de configuración en el NE80E Ica

```
interface GigabitEthernet11/0/15.3730
 vlan-type dot1q 3730
 mtu 1600
 description #VLL WIFI-CADE-AP1_to_Pisco NE40E4#
 mpls l2vc 10.115.1.135 3730
 trust upstream backbone
 statistic enable
#
interface GigabitEthernet11/0/15.3731
 vlan-type dot1q 3731
 mtu 1530
 description #VLL WIFI-CADE-AP2_to_Pisco NE40E4#
 mpls l2vc 10.115.1.135 3731
 trust upstream backbone
 statistic enable
#
interface GigabitEthernet11/0/15.3732
 vlan-type dot1q 3732
 mtu 1600
 description #VLL WIFI-CADE-AP2_to_Pisco NE40E4#
```

```

mpls l2vc 10.115.1.135 3732
trust upstream backbone
statistic enable
#

```

3.3.3 Eliminar la saturación del enlace

Como se analizó en 3.2.2, el nivel de saturación estaba sobrepasando el 90%, para solucionar la saturación del enlace que existía entre Ica – Pisco, se incrementó 2 enlaces de 1Gb cada uno de ancho banda, con proyección a no tener la necesidad de ampliación de enlace durante un largo tiempo, se consideró a incrementar a 3Gb. Ello se aprecia en la figura 3.12.

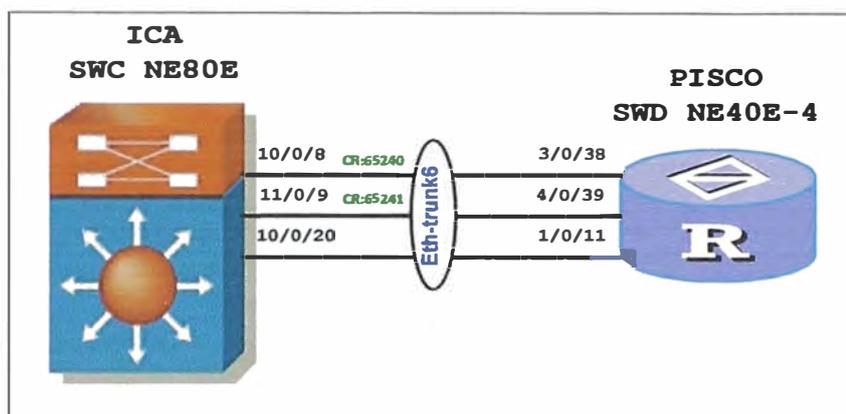


Figura 3.12 Incrementó de 2 enlaces de 1Gb cada uno de ancho banda

Cabe señalar que el ancho de banda de un enlace en esta red, depende de los tipos de puertos en el equipo, los cuales hay puertos ópticos de 1Gb y puertos ópticos de 10G, así el incremento de ancho de banda se da en incrementos de 1 ó 10 Gbps. El criterio de diseño cuando se incrementa ancho de banda se incrementa en la siguiente secuencia: De 1Gb a 2Gb; de 2Gb a 4Gb; de 4Gb a 10Gb.

También depende el incremento de enlaces de asignaciones de perfiles fibra oscura libres o como este caso depende de asignaciones en los equipos de transmisiones.

El criterio para la asignación de puertos en los equipos Metro es:

- Los puertos asignados para el tendido de fibra óptica deben pertenecer a diferentes tarjetas, por motivo de prevenir el mínimo impacto del enlace de uplink ante una avería de tarjeta en un slot o sub-slot.
- El enlace existente entre Ica – Pisco es fibra oscura, los 2 enlaces adicionales son medios de transmisiones (implementado a través de la red DWDM) como se señala en la figura 3.12 los circuitos de red (CR).

Las pruebas para verificar el buen estado del medio son los siguientes:

- Los niveles de potencias de transmisión (Tx) y recepción (Rx) de los puertos estén comprendidos en rango aceptable de potencias para este caso los niveles máximos y mínimos son (El rango establecido por el fabricante del módulo óptico SFP (Small Form-

Factor Pluggable) de 1.25Gb, 10km.):

- Rango normal de potencia de RX: [-17.002, -6.000]dBm
- Rango normal de potencia de Tx: [-6.643, -4.641]dBm

- Las pruebas de ping se realizan para demostrar conectividad y poder observar aparición de bit errados CRC, perdidas de paquetes, retardos de tiempo de respuesta

Las plantillas de configuración son las siguientes:

Plantilla de configuración para el NE80E ICA

```
interface GigabitEthernet11/0/9
description link to NE40E-4 PISCO GE_3/0/38
undo shutdown
set flow-stat interval 10
eth-trunk 6
port-queue be wfq weight 42 port-wred high outbound
port-queue af1 wfq weight 10 port-wred high outbound
port-queue af2 wfq weight 10 port-wred high2 outbound
port-queue af4 wfq weight 10 outbound
port-queue ef pq shaping shaping-percentage 15 outbound
port-queue cs6 wfq weight 3 outbound
#
interface GigabitEthernet10/0/8
description link to NE40E-4 PISCO GE_4/0/39
undo shutdown
set flow-stat interval 10
eth-trunk 6
port-queue be wfq weight 42 port-wred high outbound
port-queue af1 wfq weight 10 port-wred high outbound
port-queue af2 wfq weight 10 port-wred high2 outbound
port-queue af4 wfq weight 10 outbound
port-queue ef pq shaping shaping-percentage 15 outbound
port-queue cs6 wfq weight 3 outbound
#
interface Eth-Trunk6
mtu 1700
description Eth-Trunk to NE40E-4 PISCO
set flow-stat interval 10
#
interface Eth-Trunk6.1983
vlan-type dot1q 1983
mtu 1700
description Eth-Trunk to RSVP NE40E-4 PISCO
set flow-stat interval 10
ip address 10.113.176.45 255.255.255.252
isis enable 1
isis circuit-type p2p
isis circuit-level level-2
isis authentication-mode md5 O)D*R\G'PDGQ=^Q`MAF4<1!!
isis cost 100
isis ldp-sync
mpls
mpls te
```

```

mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 750000
mpls te bandwidth bc0 750000
mpls rsvp-te
mpls rsvp-te hello
statistic enable
#
interface Eth-Trunk6.2301
vlan-type dot1q 2301
mtu 1700
description Link to LDP NE40E-4 PISCO
set flow-stat interval 10
ip address 10.112.176.45 255.255.255.252
isis enable 1
isis circuit-type p2p
isis circuit-level level-2
isis authentication-mode md5 O)D*R\G'PDGQ=^Q`MAF4<1!!
isis cost 100
isis ldp-sync
isis bfd enable
mpls
mpls ldp
statistic enable
#

```

Plantilla de configuración para el NE40E-4 PISCO

```

interface GigabitEthernet3/0/38
description link to NE80E ICA GE_11/0/9
undo shutdown
set flow-stat interval 10
eth-trunk 6
port-queue be wfq weight 42 port-wred high outbound
port-queue af1 wfq weight 10 port-wred high outbound
port-queue af2 wfq weight 10 port-wred high2 outbound
port-queue af4 wfq weight 10 outbound
port-queue ef pq shaping shaping-percentage 15 outbound
port-queue cs6 wfq weight 3 outbound
#
interface GigabitEthernet4/0/39
description link to NE80E ICA GE_10/0/8
undo shutdown
set flow-stat interval 10
eth-trunk 6
port-queue be wfq weight 42 port-wred high outbound
port-queue af1 wfq weight 10 port-wred high outbound
port-queue af2 wfq weight 10 port-wred high2 outbound
port-queue af4 wfq weight 10 outbound
port-queue ef pq shaping shaping-percentage 15 outbound
port-queue cs6 wfq weight 3 outbound
#
interface Eth-Trunk6
mtu 1700
description Eth-Trunk to NE80E ICA
set flow-stat interval 10
#

```

```

interface Eth-Trunk6.1983
vlan-type dot1q 1983
mtu 1700
description Eth-Trunk to RSVP NE80E ICA
set flow-stat interval 10
ip address 10.113.176.46 255.255.255.252
isis enable 1
isis circuit-type p2p
isis circuit-level level-2
isis authentication-mode md5 O)D*R\G'PDGQ=^Q`MAF4<1!!
isis cost 100
isis ldp-sync
mpls
mpls te
mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 750000
mpls te bandwidth bc0 750000
mpls rsvp-te
mpls rsvp-te hello
statistic enable
#
interface Eth-Trunk6.2301
vlan-type dot1q 2301
mtu 1700
description Link to LDP NE80E ICA
set flow-stat interval 10
ip address 10.112.176.46 255.255.255.252
isis enable 1
isis circuit-type p2p
isis circuit-level level-2
isis authentication-mode md5 O)D*R\G'PDGQ=^Q`MAF4<1!!
isis cost 100
isis ldp-sync
isis bfd enable
mpls
mpls ldp
statistic enable
#

```

La configuración de mecanismo BFD (Bidirectional Forwarding Direction) se muestra a continuación:

Plantilla para el NE80E ICA.

```

bfd to_3/0/38 bind peer-ip default-ip interface GigabitEthernet10/0/8
discriminator local 13
discriminator remote 14
wtr 5
process-interface-status
Commit
#
bfd to_4/0/39 bind peer-ip default-ip interface GigabitEthernet11/0/9
discriminator local 15
discriminator remote 16
wtr 5
process-interface-status

```

```
commit
#
```

Plantilla para el NE40E-4 PISCO

```
bfd to_10/0/8 bind peer-ip default-ip interface GigabitEthernet3/0/38
discriminator local 13
discriminator remote 14
wtr 5
process-interface-status
commit
#
bfd to_11/0/9 bind peer-ip default-ip interface GigabitEthernet4/0/39
discriminator local 15
discriminator remote 16
wtr 5
process-interface-status
commit
#
```

3.3.4 Asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet

Para asegurar de disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet, el respaldo se implementa por una ruta diferente y por un medio de transporte diferente como son los equipos de transmisiones OSN 3500 previniendo ante la posibilidad de un corte de Fibra Óptica entre Pisco e Ica; la cual se tiene disponible un enlace de Pisco hacia Lurín.

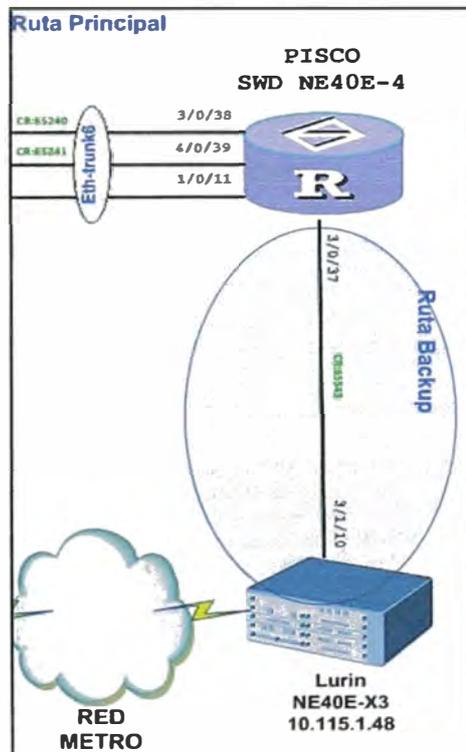


Figura 3.13 Enlace de respaldo

3.3.5 Topología final de la solución

Diseñado la topología final mostrada en la figura 3.14 (página siguiente), la cual

contempla todos equipos adicionales, nuevos enlaces a fin de satisfacer los requisitos de brindar acceso a los servicios de telefonía móvil y la nueva demanda de tráfico para dicho evento.

Entre los equipos adicionales instalados en la red Backhaul se tienen:

- 8611 Tellabs Paracas (descrito en 3.1.3 sección a)
- 8009 Tellabs Hilton 1 y 2 (se describe el siguiente apartado sus características).

GWT 8609 Hilton

El router Tellabs 8609 tiene una arquitectura de reenvío de paquetes QoS, lo que permite la optimización de la red para los servicios de datos, en LTE, 4G, 3G y 2G redes de voz. Permite la diferenciación de los servicios de voz y video en tiempo real de alta calidad y el mejor esfuerzo para el servicio de datos.

Se distribuye dos de estos equipos en el Hotel Hilton, con enlaces de uplink de 1Gb, los atributos de los Tellabs 8609 [20] se muestra en la tabla 3.10:

Tabla 3.11 Resumen de características del Router Tellabs 8609 ([20])

Atributos	Descripción
	GWD 8609
Capacidad	4 Gbps
Cantidad Slots	2 slots para tarjetas hot swappable power feed (Intercambio de alimentación en caliente) 12 puertos Gigabit Ethernet: 4 10BASE-T/100BASE-TX/ 1000BASE-T and 8 100/1000BASE-X SFP 1 Puerto de administración local (RS-232 type)
Voltaje y Corriente de entrada	DC: -48V AC: 110V/220V
Dimensiones (Ancho*Profundidad*Alto)	441mm x44 mm x300mm.
Consumo máximo de potencia	70 W a 100W
T° ambiente de trabajo	-5°C to 45°C
Protocolos soportados	OSPF-TE, ISIS-TE, BGP and MP-BGP LDP, RSVP-TE



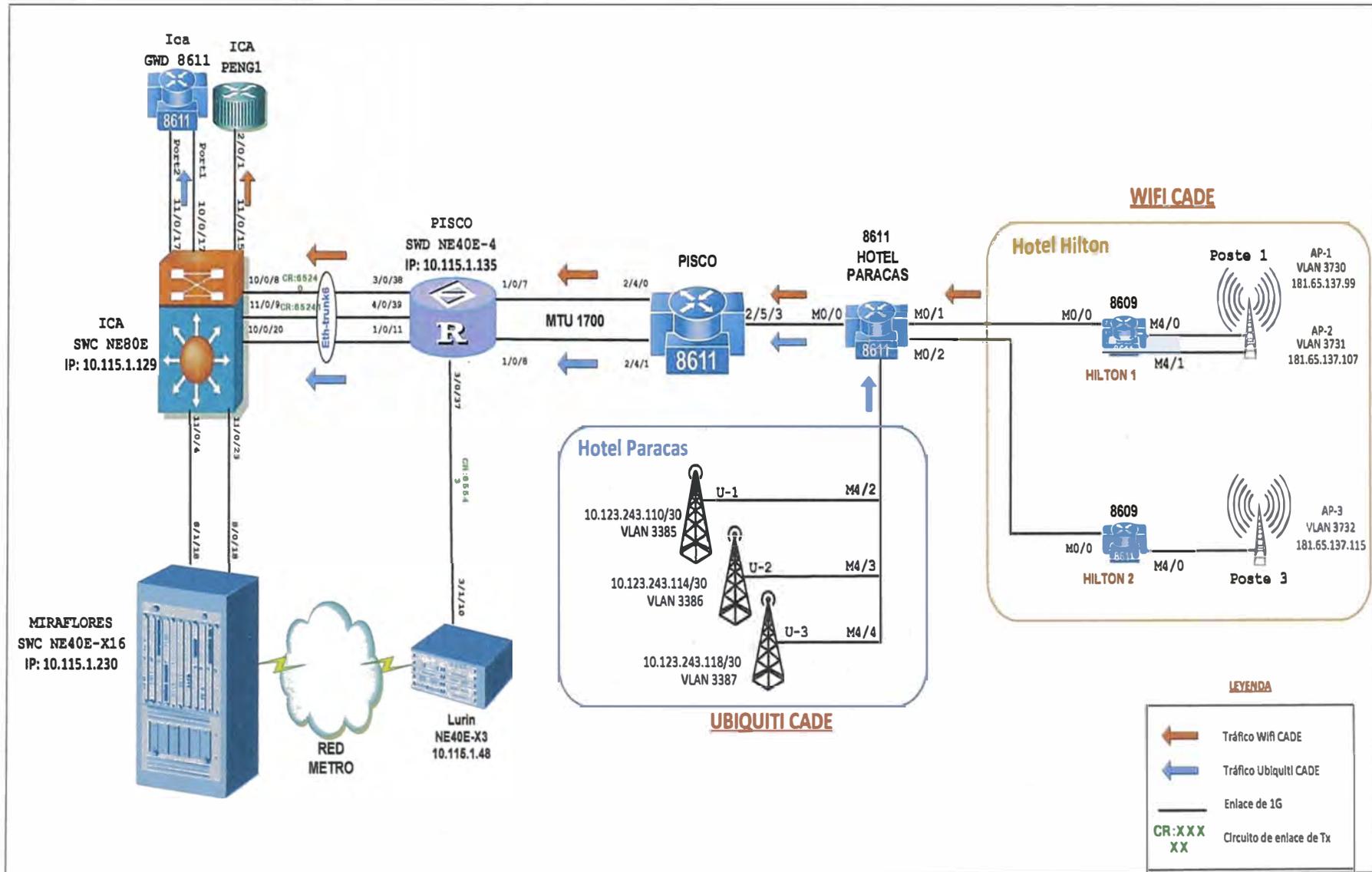


Figura 3.14 Topología final de la solución

3.4 Comisionamiento

Para el comisionamiento se realizó en diferentes etapas y para cada requerimiento. Estas fueron:

- Verificación de Potencia de TX y RX de los enlaces agregados.
- Prueba de conectividad y stress del enlace.
- Verificación del medio (CRC).
- Verificación del estado de mecanismo BFD.
- Verificación Estado IS-IS.
- Verificación de estadística de los enlaces agregados.
- Verificación de los servicios finales.

3.4.1 Verificación de Potencia de TX y RX en los nuevos enlaces

Esta verificación se realiza en los puertos asignados de cada equipo en la que se amplió o se agregó enlaces.

Según los valores aceptables son:

- Rx Optical Power. Normal range: [-17.002, -1.999]dBm
- Tx Optical Power: Normal range: [-6.643, -4.641]dBm

En caso la Potencia de RX sea muy elevada se utiliza atenuadores, entre ellos se tienen de 2dB, 3dB, 5dB y 7dB. En la figura 3.15 se muestra los valores de potencia de TX y RX en los nuevos enlaces

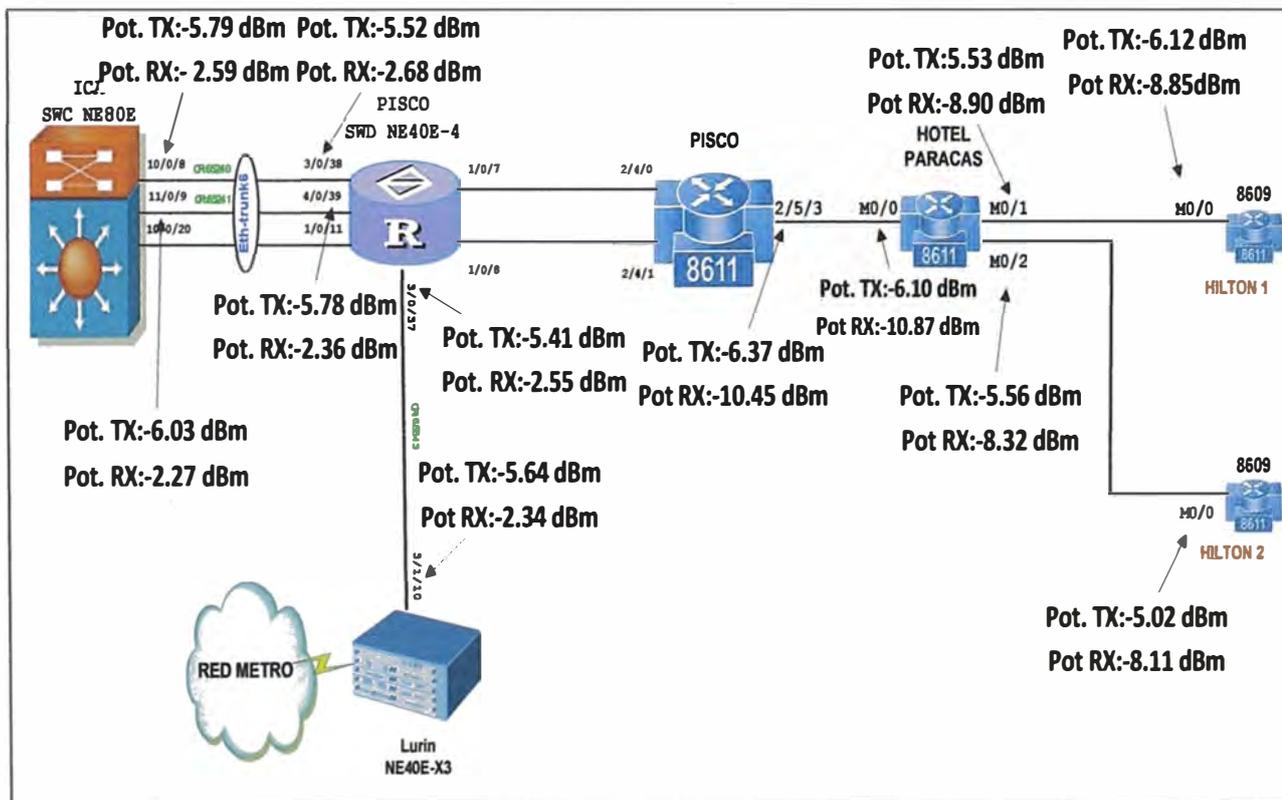


Figura 3.15 Potencia de TX y RX en los nuevos enlaces

3.4.2 Prueba de conectividad y stress del enlace

Estas pruebas se realizan haciendo ping en enlaces punto a punto con la mayor capacidad de tasa de transmisión y límite del tamaño del paquete (considerado en el MTU del enlace).

Para este caso los nuevos enlaces siguen el estándar de configuración de la siguiente manera:

- Enlace Metro – Metro: MTU 1530.
- Enlace Metro – Backhaul: MTU 1700.
- Enlace Backhaul – Backhaul: MTU 1700.

3.4.3 Verificación del medio (CRC)

Esta prueba comprueba que el medio de transmisión se encuentra en buen estado o no. En todos los casos de esta implementación no se encontró CRC, para comprobar la aparición de CRC (Cyclic Redundancy Check) se obtiene luego de realizar la prueba de conectividad y stress del enlace, ahí se observa si aparecen o no CRC.

3.4.4 Verificación del estado de mecanismo BFD

Se verifica el estado de la sesión BFD (Bidirectional Forwarding Detection) activada.

Como se explicó en el marco teórico es un mecanismo de detección utilizado para detectar rápidamente fallos de enlace y supervisar la conectividad IP independiente de los protocolos de comunicación y enrutamiento.

Con el comando siguiente: `[ICA_ICANB1_NE80E]display bfd session all`, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 3.11 (Se resalta estado de BFD de NE80E Ica activada).

Tabla 3.12 Estado de mecanismo BFD NE80E

Local	Remote	PeerIpAddr	State	Type	InterfaceName
4	3	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet11/0/19
8402	8197	10.112.176.54	Up	D_IP_IF	Eth-Trunk1.2301
2	1	224.0.0.184	Down	S_IP_IF	GigabitEthernet10/0/19
8	7	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet11/0/13
6	5	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet10/0/13
10	9	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet11/0/21
12	11	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet10/0/21
13	14	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet10/0/8
15	16	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet11/0/9
17	18	224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet10/0/20
11629	8694	10.112.176.50	Up	D_IP_IF	GigabitEthernet11/0/20.2301
11952	8790	10.112.176.22	Up	D_IP_IF	Eth-Trunk5.2301
11959	8640	10.112.176.46	Up	D_IP_IF	Eth-Trunk6.2301
11967	8217	10.112.176.62	Up	D_IP_IF	Eth-Trunk4.2301

11995	8212	10.112.176.58	Up	D_IP_IF	GigabitEthernet10/0/18.2301
12000	8245	10.112.176.30	Up	D_IP_IF	GigabitEthernet11/0/22.2301
Total UP/DOWN Session Number : 15/1					

Con el comando siguiente: [ICA_PIS_ND1_NE40E-4]display bfd session all, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 3.12 (Se resalta el estado de BFD de NE40E-4 Pisco activada).

Tabla 3.13 Estado de mecanismo BFD NE40E-4

Local	Remote PeerIpAddr	State	Type	InterfaceName
18	17 224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet1/0/11
14	13 224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet3/0/38
16	15 224.0.0.184	Up	S_IP_IF	GigabitEthernet3/0/39
8640	11959 10.112.176.45	Up	D_IP_IF	Eth-Trunk6.2301
8652	12928 10.111.96.169	Up	D_IP_IF	GigabitEthernet2/0/23.2301
Total UP/DOWN Session Number : 5/0				

3.4.5 Verificación Estado IS-IS y LDP

Se verificó el estado de la sesión protocolo IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) activada.

Como se explicó en el marco teórico, es un protocolo que indica si se ha realizado las vecindades con los equipos adyacentes del mismo tipo de IS-IS; la cuales anuncia los estados de los enlaces conectados directamente.

Con el comando: [ICA_ICANB1_NE80E]display isis peer | include nk6, se obtiene el Estado de IS-IS en UP, mostrado en la tabla 3.13

Tabla 3.14 Estado de IS-IS en UP

System Id	Interface	Circuit Id	State	HoldTime	Type	PRI
ICA_PIS_ND1_NE4	Eth-Trunk6.1983	5	Up	30s	L2	--
ICA_PIS_ND1_NE4	Eth-Trunk6.2303	1	Up	26s	L2	--

Con el comando: [ICA_ICANB1_NE80E]display isis peer | include 3/0/37, se obtiene el estado de IS-IS en UP, mostrado en la tabla 3.14:

Tabla 3.15 Estado de IS-IS en UP

System Id	Interface	Circuit Id	State	HoldTime	Type	PRI
ICA_PIS_ND1_NE4	GE3/0/37.1983	357	Up	30s	L2	--
ICA_PIS_ND1_NE4	GE3/0/37.2301	358	Up	26s	L2	--

Se verifica la información de los vecinos descubiertos por el protocolo MPLS tanto del lado NE80E Ica como NE40E-4 Pisco.

Con el siguiente comando: [ICA_ICANB1_NE80E]display mpls ldp peer, se muestra lo referente al NE80E, se muestra en la tabla 3.15 (se resalta Reconocimiento de la

Loopback de Pisco se mantiene).

Tabla 3.16 Información de los vecinos descubiertos NE80E

Peer-ID	TransportAddress	DiscoverySource
10.115.1.130:0	10.115.1.130	Eth-Trunk0.2301 Remote Peer : nd-s8512
10.115.1.131:0	10.115.1.131	GigabitEthernet11/0/20.2301
10.115.1.132:0	10.115.1.132	Eth-Trunk1.2301
10.115.1.133:0	10.115.1.133	GigabitEthernet11/0/22.2301 Remote Peer : nt-san
10.115.1.134:0	10.115.1.134	Eth-Trunk5.2301 Remote Peer : nd-chi
10.115.1.230:0	10.115.1.230	GigabitEthernet11/0/4.1982 GigabitEthernet11/0/23.1982
10.115.15.121:0	10.115.15.121	Eth-Trunk4.2301 Remote Peer : nt-pal
10.115.1.135:0	10.115.1.135	Remote Peer : nd-pis Eth-Trunk6.2301
10.115.15.122:0	10.115.15.122	GigabitEthernet10/0/14.2301 Remote Peer : swt_quad
10.115.1.168:0	10.115.1.168	GigabitEthernet10/0/18.2301
10.115.15.123:0	10.115.15.123	GigabitEthernet11/0/12.2301 Remote Peer : swt_sant
10.115.15.124:0	10.115.15.124	GigabitEthernet10/0/12.2301 Remote Peer : swt_sunam
10.115.0.44:0	10.115.0.44	Vlanif1999 Vlanif1996
10.115.15.125:0	10.115.15.125	GigabitEthernet11/0/18.2301 Remote Peer : swt_chbaja
10.115.1.235:0	10.115.1.235	Remote Peer : nc-monx
10.115.0.206:0	10.115.0.206	GigabitEthernet12/1/0.1982
10.115.0.16:0	10.115.0.16	Eth-Trunk5.1981 Eth-Trunk5.1982
10.115.0.50:0	10.115.0.50	Vlanif1991 Vlanif1984 Vlanif1987
10.115.0.211:0	10.115.0.211	GigabitEthernet13/0/0.1982
10.115.1.19:0	10.115.1.19	Remote Peer : nc-sixx GigabitEthernet10/0/23.1982 GigabitEthernet10/0/3.1982
10.115.1.127:0	10.115.1.127	GigabitEthernet10/0/22.1982 GigabitEthernet11/0/3.1982 GigabitEthernet11/0/2.1982
10.115.1.33:0	10.115.1.33	Remote Peer : nt-mir
TOTAL: 22 Peer(s) Found.		

Con el siguiente comando: [ICA_PIS_ND1_NE40E-4]dis mpls ldp peer, se muestra lo correspondiente al NE40E-4 en la tabla 3.16 (se resalta Reconocimiento de la Loopback de Pisco se mantiene).

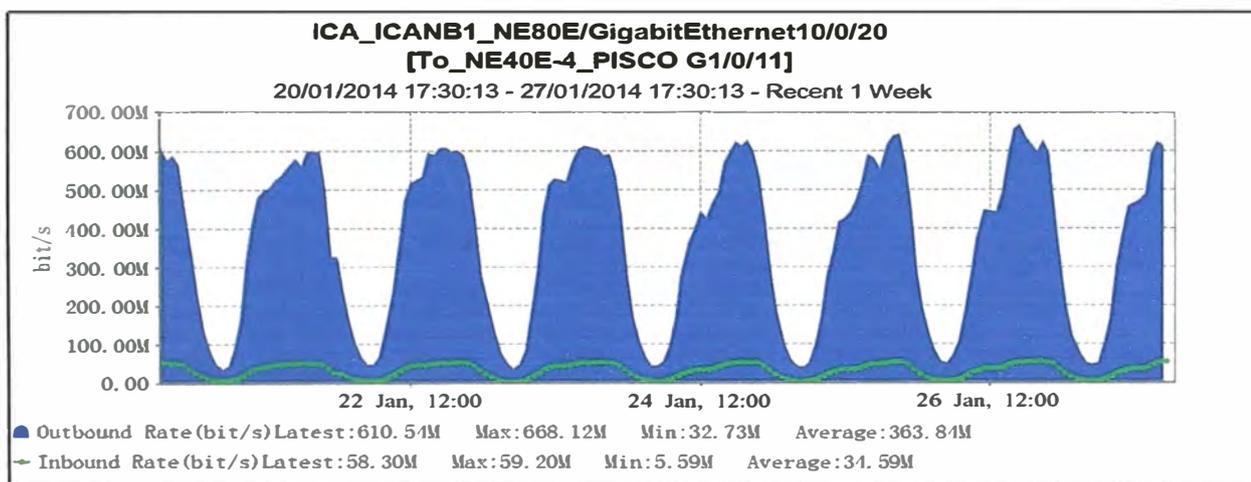
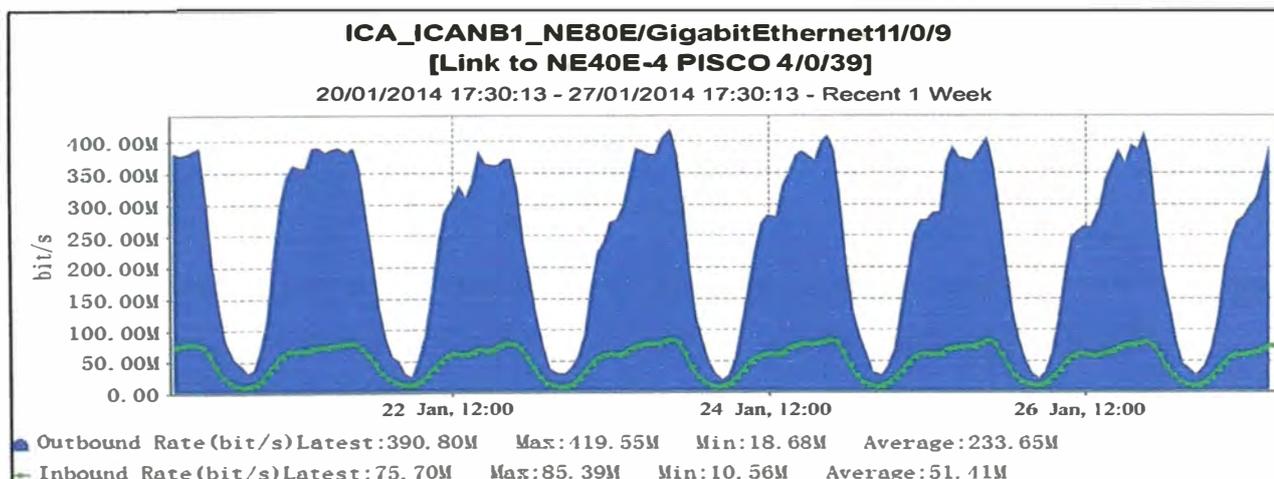
Tabla 3.17 Información de los vecinos descubiertos NE40E-4

Peer-ID	TransportAddress	DiscoverySource
10.115.1.133:0	10.115.1.133	Remote Peer : nt-sa
10.115.1.10:0	10.115.1.10	GigabitEthernet2/0/23.2301
10.115.1.19:0	10.115.1.19	Remote Peer : sw-sixx
10.115.1.129:0	10.115.1.129	Remote Peer : nc-ica Eth-Trunk6.2303
TOTAL: 4 Peer(s) Found.		

3.4.6 Verificación de estadística de los enlaces agregados

En las figuras 3.16 a 3.18, se muestra las estadísticas del tráfico en los 3 enlaces que actualmente cuenta entre Pisco e Ica, observados desde NE80E Ica (Para ello se debe hacer referencia a la figura 3.12 de la sección 3.3.3).

- Enlace 1: NE80E Ica (10/0/20) – NE40E-4 Pisco (1/0/11). Fibra oscura
- Enlace 2: NE80E Ica (11/0/9) – NE40E-4 Pisco (4/0/39). Transmisiones SDH.
- Enlace 3: NE80E Ica (10/0/8) – NE40E-4 Pisco (3/0/38). Transmisiones SDH.

**Figura 3.16** Enlace 1: NE80E Ica (10/0/20) – NE40E-4 Pisco (1/0/11). Fibra oscura**Figura 3.17** Enlace 2: NE80E Ica (11/0/9) – NE40E-4 Pisco (4/0/39), SDH.

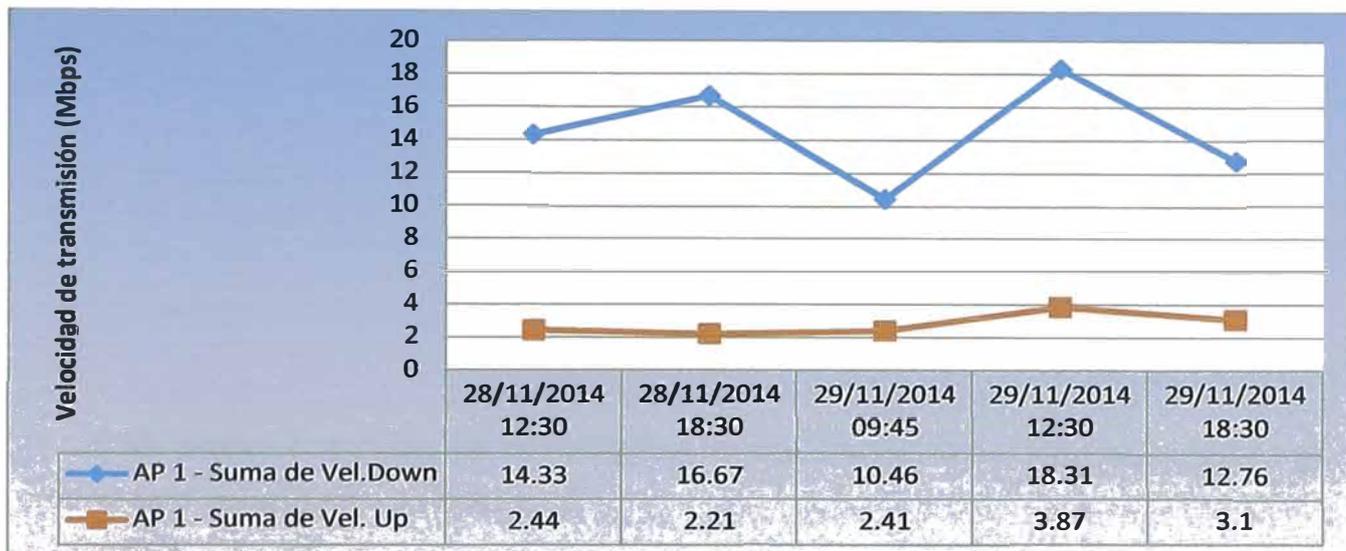


Figura 3.19 Tráfico registrado en el Access Point 1 para el servicio WiFi CADE

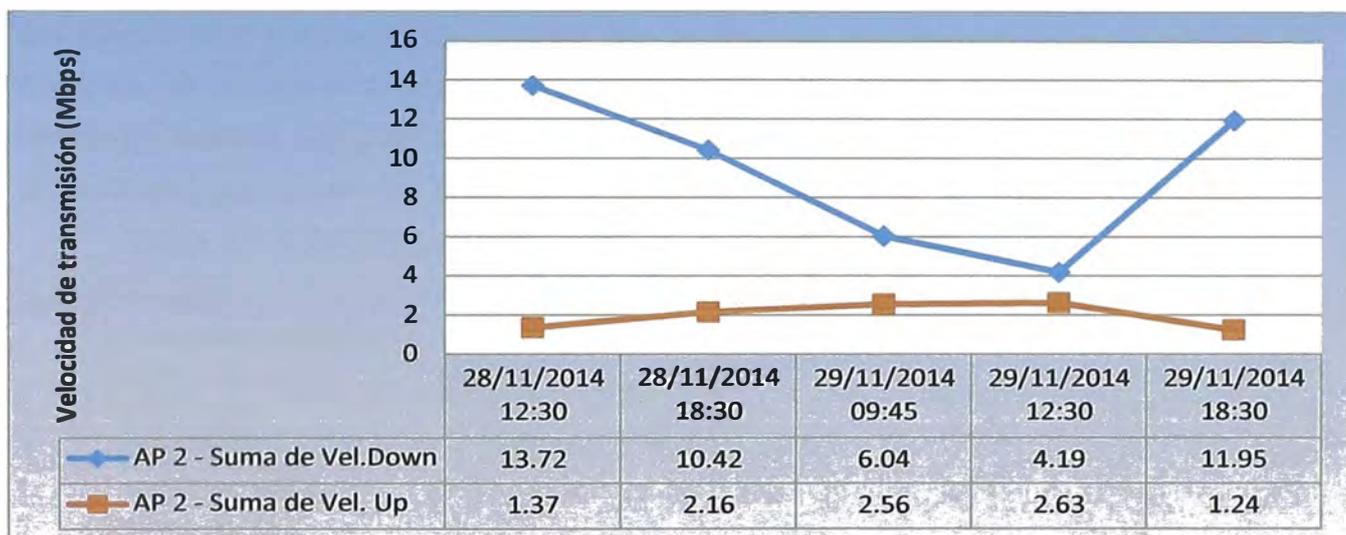


Figura 3.20 Tráfico registrado en el Access Point 2 para el servicio WiFi CADE



Figura 3.21 Tráfico registrado en el Access Point 3

CAPÍTULO IV COSTOS Y CRONOGRAMA

En el presente capítulo se exponen los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

4.1 Costos

Se exponen los costos de los equipos y materiales adquiridos para la implementación del diseño propuesto a fin de cumplir con el objetivo, de asegurar la cobertura de los servicios de telefonía e internet móvil para el evento CADE 2013 lo que conlleva a desplegar nuevos equipos, obras civiles para el tendido de fibra oscura, instalación de antenas en lugares cercano al evento, asignación de recursos, se muestra la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Relación de costos-Precio en soles (Fuente: Elaboración Propia)

Ítem	Concepto	Descripción	Qty	P. Unitario	P. Total
1	Obras civiles para tendido de fibra oscura.	Diseño e implementación de planta externa			30800
2	Tellabs 8611	Tellabs 8611 Smart Router	1	37624	37 624
3	Tellabs 8609	Tellabs 8609 Access Switch	2	3350	6700
4	Tranceivers ópticos	Transceiver SFP 1G, 10Km	12	222.5	2670
5	Sistema de fibra	Sistema de Fibra LC-LC, 10mts	6	160.78	964.68
6	Sistema de fibra	Sistema de Fibra LC-LC, 20mts	8	320.4	2563.2
7	Sistema de fibra	Sistema de Fibra LC-LC, 30mts	4	480.85	1923.4
9	Sistema de fibra	Sistema de Fibra LC-FC, 20mts	4	320.4	1281.6
10	Sistema de fibra	Sistema de Fibra LC-FC, 30mts	2	480.85	961.7
11	Cable de energía	Cable de energía calibre 18 AWG, 300V	50	3.91	195.5
12	Cable a tierra	Cable a tierra 4 mm ² 450V/750V, 45A 105°C, 10mts	4	24.3	97.2
13	Acopladores	Acopladores ópticos monomodo	2	17.98	35.96
14	Atenuadores	Atenuador LC-LC SM 3dBm	4	165.68	662.72
15	Atenuadores	Atenuador LC-LC SM 5dBm	2	165.68	331.36
16	Llaves de energía	Interruptor termo magnético de 15A.	4	26.57	106.28
17	Llaves de energía	Interruptor termo magnético de 30A.	2	35.42	35.42
19	Tubo corrugado	Tubo corrugado	60	4.82	289.2
Total					18 818.22

4.3 Cronograma

La figura 4.1 muestra el diagrama de Gantt.



Figura 4.1 Diagrama de Gantt (Fuente: Elaboración Propia)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se cumplió con el objetivo de asegurar la cobertura de servicios de telefonía e internet móvil, para el evento CADE 2013 realizado en la ciudad de Pisco, mediante la implementación y despliegue de un sistema de transporte Metro Ethernet.
2. Se logró extender la red de transporte hacia las soluciones de tráfico Wi-Fi y tráfico Ubiquiti mediante la instalación de equipamientos backhaul en el Hotel Hilton Paracas.
3. Se logró eliminar la saturación del enlace al incrementar 2 enlaces de 1Gb de ancho de banda cada uno.
4. Se aseguró la disponibilidad de los servicios de telefonía móvil e internet, mediante una ruta de respaldo y por un medio de transporte diferente.
5. En la solución presentada en el capítulo 3, se observa las ventajas de esta tecnología de transporte de la red Metro Ethernet, como la flexibilidad de realizar modificaciones para crecimiento de la red, su bajo costo en su implementación, y garantiza la calidad de servicio para el tráfico de voz y video.
6. El incremento de ancho de banda que se brinda en la red Metro Ethernet se da en proporción discreta de 1 Gbps, 10 Gbps; lo que permite ser el backbone para nuevos servicios que demanden mayor ancho de banda como actualmente se dispone de la tecnología 4G LTE (Long Terminal Evolution), IPTV, entre otras.
7. Como una de las principales operadoras de Telefonía y como auspiciador de evento CADE 2013, se garantizó la continuidad del servicio a fin posicionarse en el mercado con productos de última generación como son los celulares con tecnología 4G LTE, ya que contó con módulos de exposición de esta tecnología en el lugar del evento.
8. Este informe contribuye en la implementación de una solución robusta, flexible, escalable y de bajo costo en su ejecución en la red de Transporte Metro Ethernet que como se presentó abarca grandes distancias para el transporte y brindar acceso a servicios de banda ancha.
9. El escenario donde se implementó la solución fue en la planta de operación de la red Metro Ethernet de Telefónica del Perú, donde elaboró a partir de sus planos de planta externa de F.O, red de transmisión Nacional, red Metro y Backhaul para la interconexión de los equipos de acceso hacia los agregadores donde brinda el enrutamiento a Internet.

Recomendaciones

1. Al momento de diseñar una ampliación de enlaces (ya sea para ampliación de capacidad de ancho de banda, contingencia o respaldo) en la Red Metro es importante tener en cuenta la red de planta externa de F.O, red de transmisión para el despliegue de equipamiento e interconexión a nivel físico.
2. Al terminar de implementar la solución propuesta es necesario realizar pruebas end to end, tales como transmitir paquetes de máximo tamaño (trama Ethernet 1528 bytes) a fin de asegurar en todo el trayecto MTU mínimo de 1530 bytes así evitar pérdidas de paquetes grandes, otras de las pruebas es de asegurar el flujo de tráfico máximo a transmitir y pruebas para verificar el cumplimiento de QoS del servicio de telefonía.
3. Es importante evaluar el despliegue de los servicios (Internet y Telefonía) en la zona de Pisco a fin de prevenir la saturación de los enlaces nuevos enlaces y poder migrar a enlace de mayor capacidad como de 10Gbps.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Redes de banda ancha: Metro Ethernet – Cátedra: Redes Locales y Metropolitanas de la Universidad de Rafael Bellosó Chacín, República Bolivariana de Venezuela.
- [2] Seminario Técnico - IEEE- Abril 2009
- [3] Implementación de una Red Metro Ethernet en la Herramienta Metasolv De Oracle. Por la Br. Rosmir S Terán A. para optar al título de Ingeniero Electricista.
- [4] Metro Ethernet Forum: <http://www.metroethernetforum.org/>
- [5] Huawei Technologies CO, LTD Protocolo de Enrutamiento IS-IS.
- [6] IS-IS v1.32 – Aaron Balchunas: www.routeralley.com/ra/docs/isis.pdf
- [7] IS-IS Tutorial Philip Smith - The Middle East Network Operators Group
- [8] Fundamentos de MPLS/VPN - Rogelio Alvez
- [9] Calidad de servicio en redes IP* Evaluation of Quality of Services in IP network - Federico Gacharná, Noviembre de 2007
- [10] Calidad de Servicio Multicapa en una Red IP basada en Wimax – Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, Universidad Pontificia Bolivariana – 2009
- [11] Voz, Video y Telefonía Sobre IP, Dr. Ing. José Joskowicz, Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, URUGUAY, Agosto 2013.
- [12] Tecnologías Avanzadas de la Información – Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla. Revisión 1 (Nov 2012).
- [13] Huawei Technologies CO, BFD Technology White Paper.
- [14] Huawei NE80E <http://www.huawei.com/pe/products/data-communication/networkers/ne80e/>
- [15] Huawei NE40E, <http://www.huawei.com/pe/products/data-communication/networkers/ne40e/index.htm>
- [16] M120 Juniper, http://www.juniper.net/techpubs/en_US/release-independent/junos/topics/concept/m120-description.html
- [17] Tellabs 8611, “Tellabs® 8600 Managed Edge System”
<http://www.pariosolutions.com/wp-content/uploads/2012/10/tlab8600sysoverview.pdf>

- [18] OptiX OSN 3500, <http://www.huawei.com/pe/products/transport-network/hybrid-mstp/osn3500/>
- [19] Tessco, BelAir20EO
<https://www.tessco.com/products/displayProductInfo.do?sku=531809>
- [20] Tellabs 8609, "Tellabs® 8609 Smart Router"
https://www.winncom.com/pdf/Coriant_8609/Coriant_8609_Datasheet.pdf