



Universidad Católica Andrés Bello
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones



**HOMOLOGACIÓN DE SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE TRÁFICO TDM
SOBRE LA RED METROETHERNET DE CANTV, UTILIZANDO
EMULACIÓN DE CIRCUITOS (CES).**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO.

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES.

Realizado por:

Zhanya Fernández.

Gabriela González.

Tutor:

Ing. Ronald Sánchez.



Universidad Católica Andrés Bello
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones



**HOMOLOGACIÓN DE SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE TRÁFICO TDM
SOBRE LA RED METROETHERNET DE CANTV, UTILIZANDO
EMULACIÓN DE CIRCUITOS (CES).**

Realizado por:
Zhanya Fernández.
Gabriela González.

Tutor:
Ing. Ronald Sánchez.

DEDICATORIA

A mi mama y a mi abuela por ser mi motor, mi motivación y lo más importante de mi vida, **a mi tío Félix** por ser un ejemplo a seguir, por enseñarme a ser responsable y exigirme cada vez más para ser una buena profesional, **a mi tía nena** por ayudarme y apoyarme en todo momento, **a mi papa** por ser parte importante de mi vida, **y a mi hermanito** porque para él son todos mis logros y éxitos, porque quiero darle todas las cosas buenas. Finalmente dedico este trabajo especial de grado a **Dios** por darme fuerzas cuando quería rendirme, y por darme constancia y sabiduría para poder culminar mi carrera de ingeniería en telecomunicaciones.

Gabriela Alejandra González Morillo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a toda mi familia en general pero especialmente a mi mama por darme la vida, amor, educación e inculcarme valores, gracias por apoyarme y complacerme en todo, en especial en mis caprichos. TE AMO MAMA ERES LO MAXIMO PARA MI.

A Zhanya por ser mi compañera incondicional a lo largo de toda mi vida universitaria y darme su apoyo en todo momento, a Jacky y Pablo por todos los momentos vividos en clase y fuera de clase; gracias muchachos sin ustedes tres de verdad que no lo hubiese logrado. A Fabiana por su hermandad y gran apoyo, a Kata, Christy por ser mis 3 queridas y a todos mis amigos cercanos por brindarme su amistad, a mis primos, tías, tío, papa, Samuel, y abuelita por siempre darme ánimos y tanto amor.

A mi tutor empresarial Ronald por toda su ayuda y enseñanza transmitida.

A Wilfredo por enseñarme todo lo que le preguntaba y por su paciencia cuando le pedía que me repitiera gran cantidad de veces lo mismo porque no entendía.

Al señor Orlando Chaparro por darme la oportunidad de realizar las pasantías y la tesis en la Empresa CANTV. Al señor Miguel, Néstor, Juan, Leonel, Manuel, Marco, el cubano y a todo el personal del laboratorio de CANTV por todas las enseñanzas y los buenos ratos vividos.

A la Universidad Católica Andrés Bello por formarme y ser para mí el mejor recinto académico que existe; y prácticamente ser mi segundo hogar.

Gracias a todos.

Gabriela Alejandra González Morillo.

RESUMEN

HOMOLOGACIÓN DE SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE TRÁFICO TDM SOBRE LA RED METROETHERNET DE CANTV, UTILIZANDO EMULACIÓN DE CIRCUITOS (CES).

Fernández Rodríguez, Zhanya Lucía.

zhanyita@gmail.com

González Morillo, Gabriela Alejandra.

gabitagm@gmail.com

La presente investigación tiene como finalidad la elaboración y aplicación de un protocolo de pruebas cuyo enfoque es verificar el funcionamiento e interoperabilidad de los equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI Technologies, propuestos como parte de la agregación de servicios METROETHERNET con funcionalidades de emulación de circuitos TDM (CES), siendo el propósito principal satisfacer tanto las necesidades de la Empresa (CANTV) como las de los usuarios (clientes). Las redes legadas utilizadas actualmente serán migradas a nuevas tecnologías basadas en paquetes sin afectar la operación de las mismas. Una vez sometidos los dispositivos a las pruebas especificadas en el protocolo, se desarrolla el análisis correspondiente a los resultados y posteriormente se presentan las conclusiones y recomendaciones que tomará en cuenta la Empresa CANTV para la posible implementación de los dispositivos estudiados.

Palabras claves: Protocolo de pruebas, emulación de circuitos, interoperabilidad, migración, calidad de servicio, red METROETHERNET.

ÍNDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN.....	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ACRÓNIMO DE TÉRMINOS	10
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I.....	13
Planteamiento del proyecto	13
I.1 Planteamiento del problema	13
I.2 Objetivos	15
I.2.1 Objetivo General	15
I.II.2 Objetivos Específicos	15
I.3 Limitaciones y Alcances	16
I.3.1 Limitaciones	16
I.3.2 Alcances	16
I.4 Justificación	17
CAPÍTULO 2.....	19
Marco Teórico	19
II.1 TDM y Ethernet.....	20
II.2 Protocolos OSPF, STP, MSTP, y MPLS.....	25
II.3 RED METROETHERNET.....	27
II.3.1Componentes de las redes METROETHERNET	28
II.4 Servicios ofrecidos por la red METROETHERNET.....	29
II.5 Calidad de servicio	31
II.6 Definiciones de VLAN, LAG, LACP, TACACS, y RADIUS.....	31

II.7 RFC 2544.....	33
CAPÍTULO 3	37
Marco metodológico y desarrollo.....	37
III.1 Descripción de las etapas del marco metodológico.....	38
III.2 Levantamiento de la información.....	40
III.3 Diseño de Pruebas	45
III.3.1 Pruebas de Hardware:.....	46
III.3.2 Pruebas lógicas:.....	46
III.3.3 Pruebas de seguridad:.....	47
III.4 Desarrollo de Pruebas.....	47
III.4.1 Pruebas de Hardware.....	47
III.4.2 Pruebas Lógicas.....	49
III.4.3 Pruebas de seguridad.....	61
CAPÍTULO 4.....	64
Resultados	64
IV.1 Pruebas de Hardware.....	64
IV.1.2 Pruebas Lógicas	76
IV.1.3 Pruebas de seguridad:.....	108
CAPÍTULO 5.....	115
V.1 Conclusiones y recomendaciones.....	115
V.1.1 Conclusiones.....	115
V.1.2 Recomendaciones	118
BIBLIOGRAFÍA	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Boceto Red laboratorio CANTV.	19
Figura 2 Ilustración de TDM (fuente: Alejandra Cruz, 2009)	20
Figura 3: Trama Ethernet.	23
Figura 4: Ethernet en detalle.	24
Figura 5: Mensaje OSPF.	26
Figura 6: Red METROETHERNET.	30
Figura 7: Ejemplo de una red VLAN.	32
Figura 8: Tipos de latencia.	34
Figura 9: Tarjetas controladoras.	41
Figura 10: Tarjetas de servicio 2 puertos GE.	42
Figura 11: Tarjeta de servicio 4 puertos GE.	43
Figura 12: Tarjeta de servicio 8 puertos GE.	43
Figura 13: Tarjeta de E1.	44
Figura 14: Puerto de 10 GE.	44
Figura 15: Topología diseñada para prueba de <i>OSPF</i>	50
Figura 16: Topología para la prueba de VLL.	51
Figura 17: Topología utilizada prueba VPLS.	52
Figura 18: Topología prueba VPLS 2 áreas.	53
Figura 19: Escenario de la prueba HPLS.	54
Figura 20: Topología utilizada en la prueba de LAG.	55
Figura 21: Prueba RFC2544 Escenario 1.	56
Figura 22: Prueba RFC2544 Escenario 2.	57
Figura 23: Escenario prueba emulación de circuitos.	58
Figura 24 Montaje prueba QOS.	59
Figura 25: Topología de la prueba MPLS con túneles de protección.	60
Figura 26: Montaje utilizado en la prueba EOAM EFM.	61
Figura 27: Escenario prueba de gestión fuera de banda.	62
Figura 28: Escenario prueba TACACS.	63
Figura 29: Topología utilizada para la prueba RADIUS.	63
Figura 30: Tiempo de Conmutación de CXP ATN950.	65
Figura 31: Tabla de Alarmas vía CLI CXP ATN950.	65
Figura 32: Tiempo de Conmutación de CXP ATN950B.	66
Figura 33: Tabla de alarmas vía CLI CXP ATN950B.	66
Figura 34: Tabla de alarmas de fuentes de alimentación ATN910.	67

Figura 35: Tabla de alarmas de fuentes de alimentación ATN950.....	68
Figura 36: Tabla de alarmas de fuentes de alimentación ATN950B.	68
Figura 37 Tabla de alarmas del ventilador ATN910.....	69
Figura 38: Tabla de alarmas del ventilador ATN950.....	70
Figura 39: Tabla de alarmas del ventilador ATN950B.....	71
Figura 40: Tabla vía CLI de tarjeta PIC ATN910.....	72
Figura 41: Tabla vía CLI de tarjeta PIC ATN950.....	73
Figura 42: Continuación de la tabla de la tarjeta PIC ATN950. Fuente: Elaboración propia.....	73
Figura 43: Tabla vía CLI de tarjeta PIC ATN950B.....	74
Figura 44: Vista vía CLI prueba de reinicio de ATN950B.....	75
Figura 45: Vista vía CLI prueba de reinicio del ATN950.	75
Figura 46: Vista vía CLI prueba reinicio del ATN910.	76
Figura 47: Captura de pantalla en el <i>Smartbits</i> mostrando un tiempo de convergencia de 55mseg.	77
Figura 48: Captura de pantalla en el N2X mostrando los paquetes enviados y recibidos.	77
Figura 49: Tiempo de convergencia de la prueba VLL.	79
Figura 50: Tiempo de convergencia de la prueba VPLS.	80
Figura 51: Tiempo de convergencia de la prueba VPLS entre 2 áreas.	80
Figura 52: Tiempo de convergencia de la prueba HVPLS.	81
Figura 53: Configuración red ME activo-activo.	82
Figura 54: Configuración red ME activo-standby. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 55: Tráfico total puerto 1/2/8. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 56: Tráfico total puerto 5/2/7.....	84
Figura 57: Tiempos de convergencia LAG activo-activo. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 58: Tiempos de convergencia LAG activo-standby.	85
Figura 59: Prueba de <i>throughput</i> escenario 1. Fuente: Elaboración propia.....	86
Figura 60: Prueba de <i>throughput</i> escenario 2. Fuente: Elaboración propia.....	86
Figura 61: Prueba de latencia escenario 1.....	87
Figura 62: Prueba de latencia escenario 2.....	88
Figura 63: Prueba de <i>frame loss</i> en subida escenario 1 parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	89
Figura 64: Prueba de <i>frame loss</i> en subida escenario 1 parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	89

Figura 65: Prueba de <i>frame loss</i> en bajada escenario 1 parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 66: Prueba de <i>frame loss</i> en bajada escenario 1 parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	90
Figura 67: Prueba de <i>frame loss</i> en subida escenario 2 parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 68: Prueba de <i>frame loss</i> en subida escenario 2 parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 69: Prueba de <i>frame loss</i> en bajada escenario 2 parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	92
Figura 70: Prueba de <i>frame loss</i> en bajada escenario 2 parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	92
Figura 71: Prueba back-to-back escenario 1.	93
Figura 72: Prueba back-to-back escenario 2.	93
Figura 73: Prueba de <i>hashing</i> configuración de direcciones MAC distintas.	95
Figura 74: Prueba de <i>hashing</i> configuración de direcciones IP distintas. Fuente: Elaboración propia.	95
Figura 75: Balanceo de cargas.	96
Figura 76: Tráfico puerto 5/2/7.....	96
Figura 77: Tráfico puerto 1/2/8.....	97
Figura 78: Balanceo final.	97
Figura 79: Pruebas CES resultado E1 no canalizado.	99
Figura 80 Prueba CES configuración de E1 canalizado. Fuente: Elaboración propia.	99
Figura: 81 Prueba CES parámetros configurados E1 canalizado.....	100
Figura 82: Prueba CES resultado E1 canalizado. Fuente: Elaboración propia.	100
Figura 83: Prueba QOS servicio VLL.....	102
Figura 84: Prueba QOS servicio VPLS.....	103
Figura 85: Prueba QOS servicio HVPLS.....	103
Figura 86: Prueba QOS con <i>jumbo frame</i> y un servicio HVPLS.....	104
Figura 87: Prueba QOS con <i>jumbo frame</i> y un servicio VPLS. Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 88: Prueba QOS con <i>jumbo frame</i> y un servicio VLL. Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 89: Prueba QOS con <i>jumbo frame</i> configuraciones generales. Fuente: Elaboración propia.	105
Figura 90: Tiempo de conmutación prueba MPLS protección de grupo.	106

Figura 91: Resultado prueba EOAM EFM UP. Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 92: Resultado prueba EOAM EFM DOWN. Fuente: Elaboración propia. ...	107
Figura 93: Resultado prueba MSTP.....	108
Figura 94: Inducción al ATN910 utilizando TELNET.....	109
Figura 95: Entrada al ATN910 utilizando TELNET.....	110
Figura 96: Configuración vía CLI utilizando SSH. Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 97: Autenticación ATN950B utilizando SSH.....	111
Figura 98: Entrada al ATN950B utilizando SSH.....	111
Figura 99: Configuración vía CLI prueba TACACS.....	112
Figura 100: Entrada al ATN910 usuario TACACS.....	113
Figura 101: Configuración vía CLI prueba RADIUS.....	114
Figura 102: Entrada al ATN950B usuario RADIUS.....	114

ACRÓNIMO DE TÉRMINOS

ACL	Lista de control de acceso (<i>Access Control List</i>)
BA	Clasificador de tráfico (<i>Behavior Aggregate</i>)
CAR	Tasa de acceso garantizada (<i>Committed Access Rate</i>)
CES	Servicio de emulación de circuitos (<i>Circuit Emulation Service</i>)
CES o PSN	Red de conmutación de paquetes (<i>Circuit Emulation over Packet Switch Network</i>)
CIR	Tasa de información garantizada (<i>Committed Information Rate</i>)
DS	Servicios diferenciados (<i>Differentiated Service</i>)
DUT	Dispositivo bajo prueba (<i>Device Under Test</i>)
EOAM	<i>Ethernet OAM</i>
FE	<i>Fast Ethernet</i>
FQ	Flujo de colas (<i>Flow Queue</i>)
GE	<i>Giga Ethernet</i>
HQoS	Calidad de servicio jerárquico(<i>Hierarchical Quality of Service</i>)
HVPLS	VPLS jerárquica (<i>Hierarchical VPLS</i>)
LAN	Red de acceso local (<i>Local Area Network</i>)
LDP	Protocolo de distribución de etiquetas (<i>Label Distribution Protocol</i>)
LSP	Ruta para la conmutación de etiquetas (<i>Label Switching Path</i>)
ME	<i>MetroEthernet</i>
MPLS	Protocolo de etiquetado múltiple (<i>Multi Protocol Label Switching</i>)

MPLS-OAM	<i>MPLS-Operation, Administration and Maintenance</i>
MTU	Unidad máxima de transferencia (<i>Maximum Transmission Unit</i>)
OAM	<i>Operation, Administration and Maintenance</i>
PHB	Comportamiento por saltos del trafico (<i>Per Hop Behavior</i>)
PIR	Tope de tasa de información (<i>Peak Information Rate</i>)
PQ	Cola prioritaria (<i>Priority Queue</i>)
PWE3	Emulación de cable virtual (<i>Pseudo-Wire Emulation Edge to Edge</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>Quality of Service</i>)
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SSHv2	<i>Secure Socket Host V2</i>
SJF	<i>Super Jumbo Frame</i>
SP	Estricta Prioridad (<i>Strict Priority</i>)
UNI	Red de interfaz de usuario (<i>User-Network Interface</i>)
VLAN	Red de area local virtual (<i>Virtual LAN</i>)
VLL	Conexión punto a punto virtual (<i>Virtual Leased Line</i>)
VoD	Video demandado (<i>Video on Demand</i>)
VPLS	Servicio LAN privado (<i>Virtual Private LAN Service</i>)
VPN	Red privada virtual (<i>Virtual Private Network</i>)
WFQ	Cola ponderada por peso (<i>Weighted Fair Queuing</i>)
WRR	Ponderación especial por <i>bits</i> (<i>Weighted Round Robin</i>)

INTRODUCCIÓN

En el presente documento describe el trabajo especial de grado titulado “HOMOLOGACIÓN DE SOLUCIÓN DE TRANSPORTE DE TRÁFICO TDM SOBRE LA RED METROETHERNET DE CANTV, UTILIZANDO EMULACIÓN DE CIRCUITOS (CES)” a lo largo de su periodo de evolución en la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), proveedor líder en servicios de telecomunicaciones en Venezuela, la cual presta diversos servicios de voz datos y video principalmente. Se detalla desde el planteamiento del problema, las actividades realizadas para cumplir los objetivos propuestos, las fuentes teóricas que nos permitieron estudiar y evaluar las exigencias requeridas por la Empresa, y finalizamos concluyendo y recomendando una serie de aspectos que servirán de base para una próxima implementación de los equipos homologados.

La finalidad de esta investigación es buscar soluciones para avanzar tecnológicamente, se necesita alcanzar mayores anchos de banda para poder satisfacer servicios de nueva generación.

Se busca migrar totalmente a redes basadas en paquetes (IP), y para lograr este fin, evitando alto impacto en los usuarios, se desea implementar los dispositivos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI TECHNOLOGIES, capaces de emular circuitos TDM (CES). Una alternativa para garantizar el proceso de transición de tecnologías existentes de manera transparente para los clientes de CANTV, es agregar equipos adecuados en el proveedor de servicios que cumplan con las necesidades solicitadas, lo que constituye el objetivo central del presente trabajo de grado.

El proyecto se resume en 2 partes principales: el diseño de un protocolo de pruebas que garantice las funcionalidades requeridas por parte de CANTV, y la aplicación del protocolo de pruebas sobre los equipos determinados a estudiar.

CAPÍTULO I

Planteamiento del proyecto

En el presente capítulo se expone el motivo por el cual se elige el tema, el problema que se presenta actualmente, los objetivos propuestos en el estudio, el alcance y limitaciones del proyecto, y finalmente se justifica la elaboración del mismo.

I.1 Planteamiento del problema

La Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), es la principal compañía de telecomunicaciones en Venezuela, posee una plataforma tecnológica que ofrece parte de sus servicios de voz y datos mediante el uso de redes de transporte de alta capacidad basadas en TDM.

Actualmente las redes basadas en la tecnología de transmisión TDM están obsoletas, dicha tecnología se está descartando, ya que no tiene la garantía pertinente en el soporte técnico por parte de los proveedores y no goza del suministro confiable de los repuestos necesarios.

Las redes legadas como PDH, SDH, ATM, entre otras, aún tienen una gran cantidad de clientes. Ciertamente se quiere ir sustituyendo dichas redes para integrar nuevas tecnologías como lo es la emulación de circuitos (CES), pero sin perjudicar a los usuarios existentes por el proceso de migración que esto implica.

Se busca la integración de las tecnologías obsoletas, a las redes evolutivas que posee CANTV de manera transparente, evitando cambios drásticos en la plataforma ya tendida; hasta que sean totalmente migradas. Por este motivo se quiere evaluar alternativas, que encapsule el tráfico TDM sobre el tráfico Ethernet para lograr emulación de circuitos.

Se intenta utilizar la red METROETHERNET de CANTV como medio de transporte, ya que es una arquitectura tecnológica basada en paquetes IP, capaz de soportar múltiples servicios, gracias a sus altos anchos de banda. Para el proceso de avance conveniente, se desea estudiar y aplicar la manera de brindar soluciones a los usuarios entregando E1 canalizados y no canalizados y STM1 canalizados empleando la emulación de circuitos (compatible con la plataforma TDM), pero utilizando la red de transporte basada en paquetes (compatible con el servicio METROETHERNET).

Los planteamientos anteriores constituyen una problemática de alta prioridad para la Empresa, y origina el siguiente trabajo de grado. La finalidad principal del proyecto es promover la evolución tecnológica y el liderazgo de la Empresa en Venezuela. Se quiere proporcionar la migración pertinente de las redes TDM de los clientes de la compañía, a una red que trabaje con paquetes (METROETHERNET), sin tener impactos de alto rango; con la agregación de los equipos adecuados, logrando así un aumento en la eficiencia y la seguridad operacional en las redes de nueva tecnología.

Para ello se hace necesario el diseño y aplicación de pruebas para la evaluación de equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI Technologies, propuestos a CANTV como equipos de agregación de servicios METROETHERNET con funcionalidades de emulación de circuitos TDM (CES).

I.2 Objetivos

A continuación se presenta el objetivo general y los objetivos específicos propuestos para este proyecto.

I.2.1 Objetivo General

Homologar la solución de transporte del tráfico TDM sobre la red METROETHERNET de CANTV mediante la evaluación de los equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI TECHNOLOGIES propuestos a CANTV como equipos de agregación de servicios IP que admiten funcionalidades de emulación de circuitos TDM (CES).

I.II.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las especificaciones técnicas de los equipos de la serie ATN de HUAWEI.
- Diseñar y estandarizar el protocolo de pruebas a utilizar.
- Ejecutar el protocolo de pruebas que permita evaluar los equipos propuestos.
- Verificar la interoperabilidad de los equipos ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI TECHNOLOGIES, con la red METROETHERNET de CANTV.
- Verificar la configuración y funcionalidades de la capa física, mediante pruebas de hardware.
- Verificar la configuración y las funcionalidades telemáticas de los equipos, mediante pruebas lógicas y de calidad de servicio.
- Desarrollar y verificar protocolos de seguridad sobre los equipos ATN 910/950/950B.

I.3 Limitaciones y Alcances

Es esta sección se presentan las limitaciones y los alcances que abarca este trabajo.

I.3.1 Limitaciones

Las limitaciones a continuación describen varios aspectos que dependen de factores externos, y podemos destacar los siguientes:

- La investigación técnica del proveedor, sólo se hará respecto a los equipos a utilizar.
- El protocolo de pruebas diseñado, sólo se aplicará en los equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI Technologies.
- Los instrumentos que emulan tráfico para realizar pruebas determinadas, no se encuentran a disposición exclusiva. Lo cual puede alterar el tiempo planificado para este proyecto.
- La implementación de los dispositivos a evaluar, queda totalmente de parte de la Empresa CANTV.

I.3.2 Alcances

Dentro de los alcances que abarca esta investigación podemos resaltar:

- El estudio necesario para realizar cada uno de los objetivos planteados.
- El diseño y la estandarización de pruebas específicas para verificar el funcionamiento de equipos determinados.

- La ejecución del protocolo de pruebas diseñado, en dispositivos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI Technologies.
- El análisis pertinente mostrará si los equipos seleccionados son apropiados para una posterior implementación, dando soluciones de evolución a los usuarios correspondientes de CANTV.

1.4 Justificación

La elaboración de este proyecto tiene como justificación principal, la necesidad de evolución a nuevas tendencias tecnológicas. Para garantizar servicios con tecnología de punta a los clientes de la Empresa CANTV, se necesita manejar mayores anchos de banda donde la integración de la voz, los datos y el video son protagonistas.

Se desea migrar completamente de redes basadas en TDM a redes basada en paquetes (Ethernet), donde se maneje la red METROETHERNET de CANTV como red de transporte, ya que cumple con las condiciones requeridas y demandadas.

Para garantizar la satisfacción de necesidades requeridas por parte de CANTV, se hace necesaria la aplicación de un protocolo de pruebas a los equipos propuestos por HUAWEI Technologies.

La posterior implementación de los equipos ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI TECHNOLOGIES, en la Empresa CANTV traería como ventajas:

- Admisión de funcionalidades de emulación de circuitos (CES), para hacer posible la migración de viejas a nuevas tecnologías de manera transparente y sin tener alto impacto.
- Maximización en la calidad de servicio a los clientes, ajustando las prioridades y necesidades existentes.
- Minimización en pérdida de servicios.

- Eficiencia en los equipos, ya que poseen mayor capacidad de hardware y software.
- Servicio técnico garantizado.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

El trabajo especial de grado, consiste en homologar equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI Technologies con el fin de migrar de redes TDM a redes Ethernet. Se busca desarrollar el servicio de emulación de circuitos (CES) para que la transición entre los clientes y los proveedores de servicios (CANTV) tenga el menor impacto posible, garantizando eficiencia entre lo nuevo y lo existente. A continuación se presentan los términos relevantes que componen el estudio. La Figura 1 representa la topología utilizada en el laboratorio de CANTV.

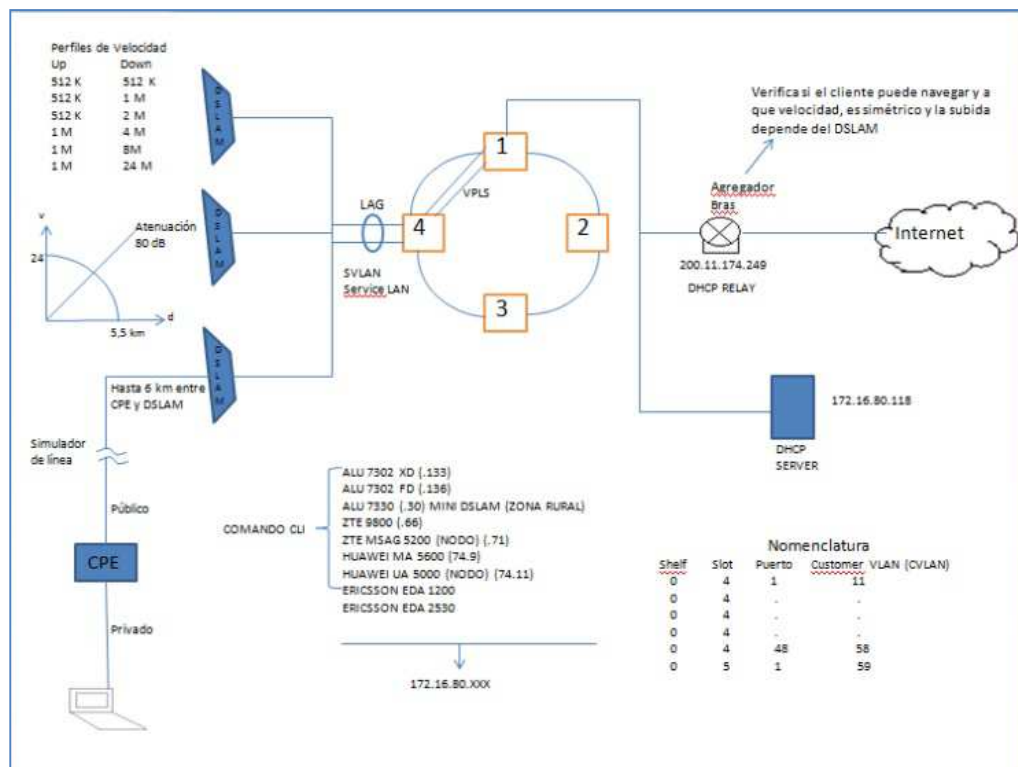


Figura 1: Boceto Red laboratorio CANTV.

Fuente: (Manuel Matiguan, 2012)

II.1 TDM y Ethernet

TDM (Time Division Multiplexing) se define como multiplexación por división de tiempo, es el nombre que identifica a una red de alta velocidad que facilita enlaces dedicados mediante circuitos punto a punto local, metropolitano, e internacional, lo que permite confiabilidad.

Características de TDM

- Canales de datos punto a punto.
- Velocidades de acceso nx64 Kbps.
- Garantiza independencia y seguridad.
- Mantenimiento correctivo y preventivo de los circuitos y terminales.

En la Figura 2 se muestra una trama utilizando TDM.

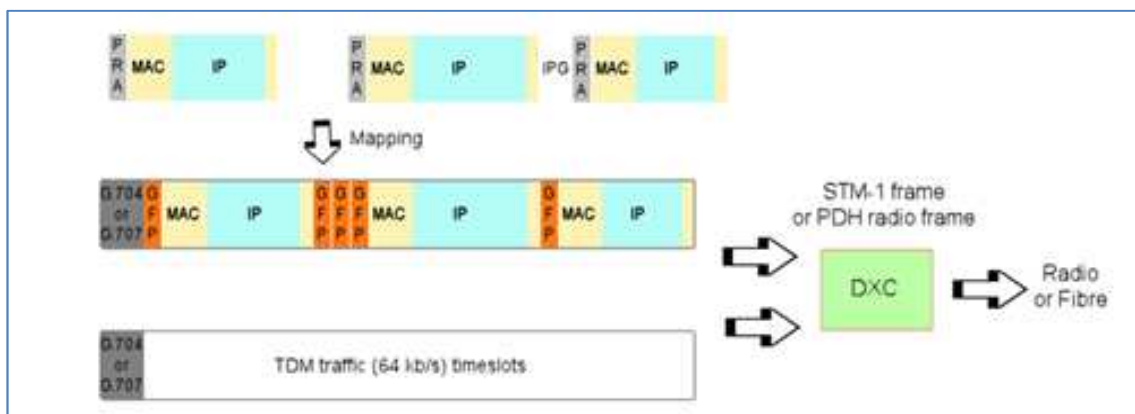


Figura 2: Ilustración de TDM

Fuente: Alejandra Cruz, 2009.

E1: Es un tipo de formato (trama) utilizado para la transmisión de información, tiene un ancho de banda de 2.048 Mbps, consta de 32 divisiones (*time slots*) con una modulación PCM (*pulse code modulation*) de 64 Kbps cada una, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfono normales más 2 canales adicionales; uno de sincronismo y uno de señalización, en cuanto a conmutación.

Señalización: se define como un intercambio de información entre centrales para lograr un control de las comunicaciones y la gestión de la red, básicamente se utiliza para conocer que está pasando en cada E1, y para encaminar el tráfico telefónico.

Dentro de una trama E1, un canal puede ser de dos tipos: E1 no canalizado, E1 canalizado o fraccional.

E1 no canalizado: Es cuando la trama está completa, considerándola como un solo canal de acceso. Se utilizan los 30 canales juntos.

E1 canalizado o fraccional: Un canal de acceso E1 es un agrupamiento de N intervalos de tiempo E1 ($N \times 64$ Kbps donde N va de 1 a 30 intervalos de tiempo por cada canal de acceso E1 canalizado), esta trama se trabaja de forma fraccional; se pueden asignar de forma consecutiva o no consecutiva, y se pueden utilizar solo la cantidad de canales necesarios.

PCM: Es un tipo de modulación por código de pulso (*Pulse Code Modulation*). La cual consiste en muestrear una señal analógica y luego asignarle a cada una de las muestra un número binario de longitud fija (por ejemplo 8 bits).

Ethernet

Es un conjunto de estándares para la capa física y la capa de enlace de datos o MAC (*Medium Access Control*) del modelo OSI, trabaja con la transmisión de información. Los datos enviados se encapsulan en un contenedor llamado trama, el tamaño de la trama varía desde 64 a 1518 Bytes, excepto cuando se usa el identificador (*tag*) de VLAN o se utiliza *jumbo frames*.

Ethernet es una tecnología de redes de área local (*LAN*) que transmite información entre computadores a una velocidad de 10 Mbps (*Ethernet*), 100 Mbps (*Fast Ethernet*) 1Gbps (*Gigabit Ethernet*) ó 10Gbps (*10 Gigabit Ethernet*).

La norma IEEE-802.3, indica que los medios que soporta Ethernet son:

- 10 Mbps en: coaxial grueso (*thick*), coaxial delgado (*thin*), par trenzado (*twisted-pair*) y fibra óptica.
- 1000 Mbps en: par trenzado y fibra óptica.
- 10 *Giga Ethernet* sólo es soportado por fibra óptica para Backbones.

El paquete Ethernet contiene la dirección Ethernet (*MAC*), un campo de tipo de paquete y longitud, la carga útil (normalmente IP) y una suma de comprobación de errores.

La parte de la propiedad intelectual puede ser de 46 a 1500 bytes de largo. Algunos paquetes pueden ser VLAN (red local virtual) Etiquetado, que se utiliza para la separación de paquetes de Ethernet en una LAN común y la etiqueta también puede utilizarse para marcar el paquete Ethernet con una prioridad. Resultando en un máximo de 1522 bytes paquetes Ethernet de largo.

Ethernet consta de cuatro elementos básicos:

- **El medio físico:** compuesto por los cables y otros elementos de hardware, como conectores, utilizados para transportar la señal entre los computadores conectados a la red.
- **Los componentes de señalización:** dispositivos electrónicos estandarizados (*transceivers*) que envían y reciben señales sobre un canal Ethernet.
- **El conjunto de reglas para acceder el medio:** protocolo utilizado por la interfaz (tarjeta de red) que controla el acceso al medio y que le permite a los computadores acceder (utilizar) de forma compartida el canal Ethernet. Existen dos modos: *half* y *full duplex*.
- **El *frame* (paquete) Ethernet:** conjunto de bits organizados de forma estándar. El *frame* es utilizado para llevar los datos dentro del sistema *Ethernet*. También recibe el nombre de marco o trama.

En la Figura 3 que se presenta a continuación, se visualiza una trama Ethernet, mencionando su encabezado.

PREÁMBULO	SFD	DESTINO	ORÍGEN	LONG/TIPO	DATOS	PAD	FCS
7	1	6	6	2	0..1500	0..46	4

Figura 3: Trama Ethernet.

Fuente: http://mauriciomijares610.blogspot.com/2009_02_01_archive.html

Descripción del encabezado de la trama Ethernet:

- **PREÁMBULO:** Su única función es de sincronización. Es una secuencia de 0 y 1.

- DELIMITADOR DE INICIO DE TRAMA (SFD): marca el comienzo de la trama. Es el siguiente octeto: 10101011.
- DESTINO: Destination Address: MAC Address del destino.
- ORIGEN: Source Address: MAC Address Del Origen.
- LONG/TIPO: Longitud en bytes del campo de datos.
- DATOS: El mínimo es de 46 bytes y si no rellena con 0 (PAD).
- FCS: Chequeo de Redundancia Cíclica, sirve para comprobar errores en los datos.

En la Figura 4 se presenta una imagen que ilustra los paquetes ethernet detalladamente.

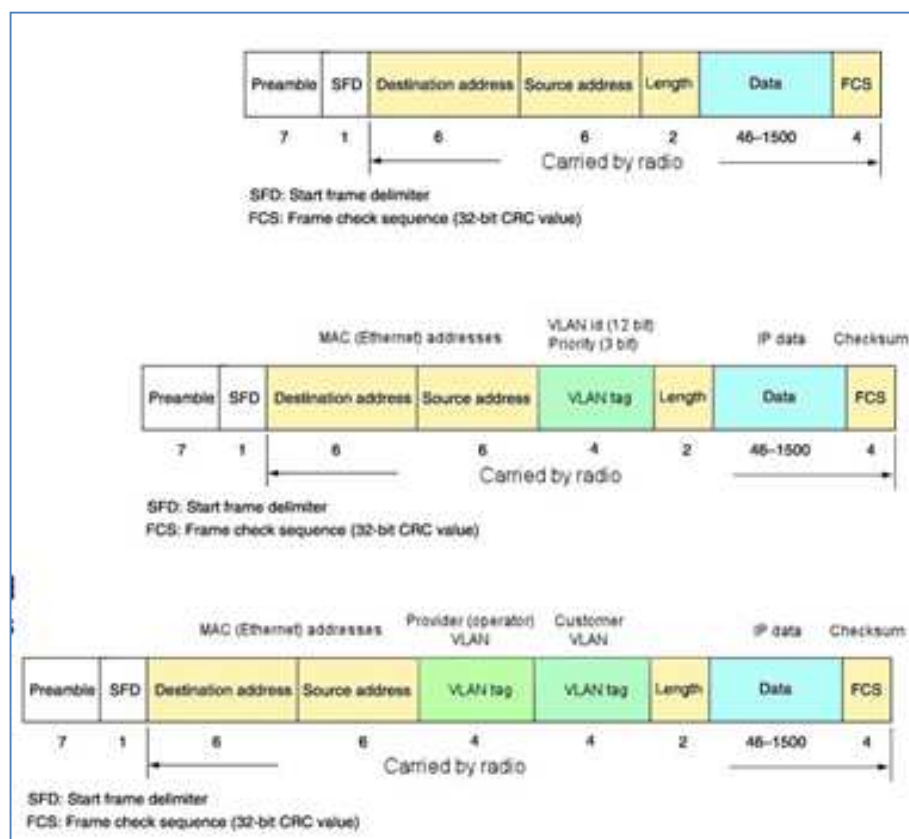


Figura 4: Ethernet en detalle.

Fuente: http://mauriciomijares615.blogspot.com/2009_02_01_archive.html

II.2 Protocolos OSPF, STP, MSTP, y MPLS.

OSPF (*Open Shortest Path First*): Es un protocolo de enrutamiento cuya especificación para OSPFv1 es el RFC 1131, tuvo dos implementaciones desarrolladas: una para ejecutar en routers y otra para ejecutar en estaciones de trabajo UNIX, esta última se convirtió luego en un proceso UNIX generalizado y conocido como GATED.

OSPFv1 fue experimental y nunca se implementó, en 1991, luego se introduce OSPFv2 (RFC 1247), ofrecía significativas mejoras técnicas con respecto a OSPFv1, al mismo tiempo, la ISO trabajaba en un protocolo de enrutamiento de estado de enlace propio, *Intermediate System to Intermediate System* (IS-IS)

En 1998, la especificación OSPFv2 se actualizó en RFC 2328 y representa la RFC actual para OSPF. En 1999, OSPFv3 para IPv6 se publicó en RFC 2740.

Características de OSPF

- Es el protocolo más utilizado por redes TCP/IP
- Usa la técnica de estado de enlace.
- Permite manejar redes con *subnetting*.
- Utiliza áreas para mejorar la administración.
- Usa el *flooding*.
- Transmite sus paquetes en datagrama IP.
- Utiliza paquetes livianos para monitorear los enlaces.
- Permite la autenticación de paquetes.
- Utiliza direcciones *multicast* 224.0.0.5 y 224.0.0.6 para programar su información.

Funcionamiento OSPF

Saludo inicial: los paquetes de saludo se utilizan para establecer y mantener la adyacencia con otros routers OSPF.

DBD: el paquete de descripción de bases de datos (DBD), incluye una lista abreviada de la base de datos de estado de enlace del router emisor y, lo utilizan los routers receptores para comparar con la base de datos de estado de enlace local.

LSR: los *routers* receptores pueden solicitar más información acerca de una entrada en la DBD, enviando una solicitud de estado de enlace (LSR).

LSU: los paquetes de actualización de estado de enlace (LSU), se utilizan para responder las LSR y para anunciar nueva información. Las LSU contienen siete tipos diferentes de notificaciones de estado de enlace (LSA)

LSAck: cuando se recibe una LSU, el router envía un acuse de recibo de estado de enlace (LSAck) para confirmar la recepción de LSU. La Figura 5 presenta un mensaje realizado por el protocolo OSPF.

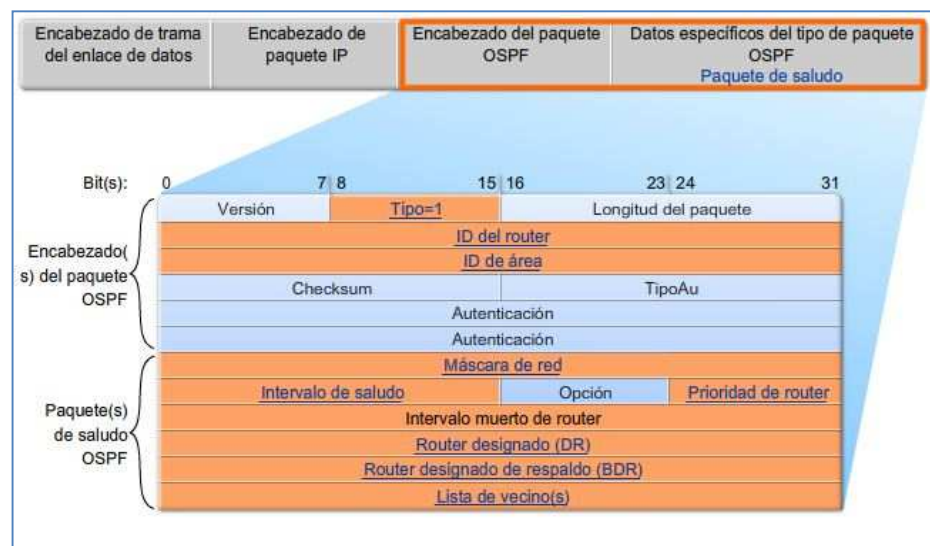


Figura 5: Mensaje OSPF.

Fuente: Luis Molner Cisco Fundanet, 2011.

STP (*Spanning Tree Protocol*): Protocolo cuya función es la de gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes, es decir creado para evitar colisiones de broadcast. Los puertos poseen 4 estados: bloqueo, escuchar, aprender y enviar.

MSTP (*Multiple Spanning Tree Protocol*): Es un protocolo evolutivo del STP, creado para aligerar cargas de los conmutadores cuando existe una red conformada por gran cantidad de ellos. Se aplica un proceso STP por cada VLAN utilizada. Existen VLAN basada en puertos, direcciones MAC, direcciones de red y basadas en un protocolo en específico.

MPLS (*Multi Protocol Label Switching*)

Es un mecanismo de transporte de datos estándar definido en el RFC3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. (Deibis Moreno, 2006).

II.3 RED METROETHERNET

Las redes METROETHERNET (ME), son redes metropolitanas basadas en tecnología Ethernet sobre fibra óptica, con el cual se elimina la capa ATM/SDH de las redes metropolitanas tradicionales.

Su mayor beneficio es que soportan servicios de capa 2, tales como VPN-L2 (*Virtual Private Networks Layer 2*), VPLS (*Virtual Private LAN Services*) y VLL (*Virtual Lease Lines*).

Suministra servicios a través de UNIs Ethernet (*User Network Interface*), y se define como una conexión que soporta varias clases de servicios de QOS (calidad de servicio). Cuenta con mecanismos donde se incluye soporte a tráfico "RTP" (tiempo

real), como puede ser Telefonía IP y Video IP, este tipo de tráfico resulta especialmente sensible a retardo, al *jitter* y al *grudge*. La red ME puede usar distintas tecnologías de transporte y de provisión de servicio, como por ejemplo: SONET/SDH, WDM (Multiplexación por división de onda), PON (redes ópticas pasivas), MAC-in-MAC, QiQ (VLAN *stack*), MPLS, entre otras.

La implementación de la METROETHERNET de CANTV no afecta en lo absoluto las redes Ethernet convencionales, y a la vez permite que las aplicaciones determinen su ancho de banda.

Están soportadas principalmente por medios de transmisión guiados, como son el cobre (MAN BUCLE) y la fibra óptica, existiendo también soluciones de radio licenciada, los caudales proporcionados son de 10Mbps, 20Mbps, 34Mbps, 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.

II.3.1 Componentes de las redes METROETHERNET

- CE (*Customer Equipment*) se conecta a través de UNIs, un CE puede ser un router o un puente (*bridge*) o *switch*.
- EVC es la asociación entre una o más interfaces UNIs (*User Network Interface*). Es un tubo virtual que proporciona al usuario servicios; extremo a extremo atravesando múltiples redes MEN (*Metro Ethernet Network*).

El EVC tiene dos funciones básicas: conectar dos o más sitios (*UNIs*) habilitando la transferencia de tramas Ethernet entre ellos, e impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC, permitiendo privacidad y seguridad. También puede ser usado para construir VPN (*Virtual Private Network*) de nivel 2. Hay 2 tipos de EVC: punto a Punto (E-Line) y multipunto a multipunto (E-LAN).

El servicio E-Line proporciona un EVC punto a punto entre dos interfaces UNI (*User Network Interface*). Se utiliza para proporcionar una conexión Ethernet punto a punto. Dentro del tipo de servicio E-Line se incluye una amplia gama de servicios. El más sencillo consistente en un ancho de banda simétrico para transmisión de datos en ambas direcciones y no fiable, entre dos interfaces UNI a 10 Mbps. El tipo de servicio E-LAN proporciona conectividad multipunto a multipunto. Conecta dos o más interfaces UNI (*User Network Interface*). Los datos enviados desde un UNI llegarán a 1 ó más UNI destino. Cada uno de ellos está conectado a un EVC multipunto. A medida que va creciendo la red y se van añadiendo más interfaces UNI, éstos se conectarán al mismo EVC multipunto, simplificando enormemente la configuración de la misma. Desde el punto de vista del usuario, la E-LAN se comporta como una LAN.

Una breve representación de una red de transporte METROETHERNET se puede visualizar en la Figura 6.

II.4 Servicios ofrecidos por la red METROETHERNET

VLL (Virtual Leased Line)

Es una forma de proveer comunicación Ethernet punto a punto, a través de un encapsulamiento *Pseudo-wire*, el cual emula la operación de un circuito dedicado transparente, a través del cual se pueden establecer conexiones punto a punto, similares a las realizadas en los servicios Frame Relay, ATM y TDM.

Los *Switches* (Alcatel-Lucent) que conforman la red METROETHERNET de CANTV soportan aproximadamente 48.000 VLL.

VPLS (*Virtual Private LAN Service*)

Es un tipo de VPN que provee servicios MPLS de capa 2 para ofrecer conectividad multipunto Ethernet. A través de VPLS, es posible hacer que las redes LAN ubicadas en múltiples sitios aparezcan como si formaran parte de una única red LAN.

Los Switches (Alcantel-Lucent) que conforman la red METROETHERNET de CANTV soportan unas 4.000 VPLS aproximadamente.

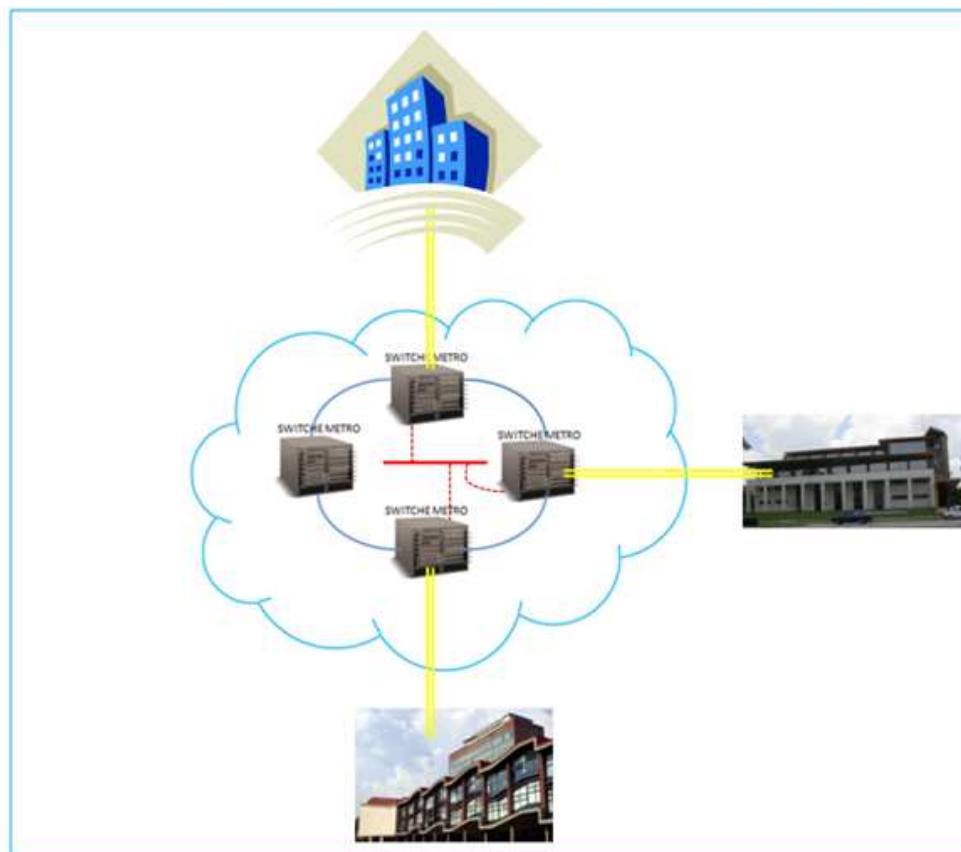


Figura 6: Red METROETHERNET.

Fuente: Elaboración propia.

II.5 Calidad de servicio

La calidad de servicio es lo que permite ofrecer prioridad a determinados tipos de tráfico sobre diferentes servicios en la red, por lo que el QoS garantiza a los usuarios la aplicación de la prioridad dependiendo el tipo de tráfico.

Trabaja con 8 prioridades que va de 0 a 7, aplicando al PBIT 7 la mayor prioridad, dependiendo como se realice la clasificación del tráfico.

Como parámetros tenemos:

- Ancho de banda: que indica el caudal máximo que se puede transmitir.
- Retardo: que indica el tiempo promedio que tardan en llegar los paquetes.
- *Jitter*: que indica algunas variaciones en el tiempo que tardan en llegar los paquetes.
- Porcentajes en las tasas de pérdidas: que indica la proporción de los paquetes perdidos con respecto a los mandados.

II.6 Definiciones de VLAN, LAG, LACP, TACACS, y RADIUS

VLAN (Red de área local virtual): Es una red donde a conexión física es igual, pero agrupa de manera lógica, es decir que una VLAN es capaz de aislar ciertas redes LAN de otras. Es la misma conexión pero al segmentarlas se crean subgrupos según las necesidades requeridas.

Se agrega un etiquetado VLAN para saber a quién pertenece y a que puerto va dirigido. Garantizan mayor seguridad en la red, un *broadcast* controlado y una administración y control centralizado al tener la facilidad de cambiar o mover usuarios de la red.

En la Figura 7 se puede observar un ejemplo de una VLAN.

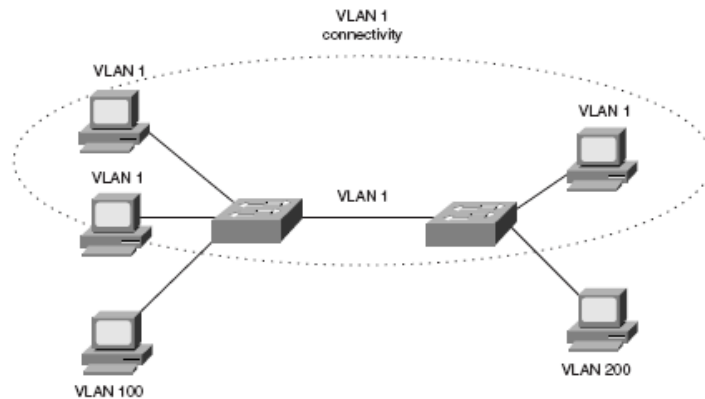


Figura 7: Ejemplo de una red VLAN.

Fuente: Cisco CCNP Pdf, 2012.

LAG (Agregación de enlaces): Se define como un grupo de 2 a 8 enlaces combinados entre sí para aumentar un rendimiento determinado o para proporcionar alguna redundancia requerida.

El LAG se puede configurar de 2 maneras:

- Activo-Activo: para mayor rendimiento.
- Activo-Standby: para redundancia.

LACP (*Link Aggregation Control Protocol*): Protocolo que proporciona el control del grupo de enlaces agregados, asegura que ambos extremos del enlace Ethernet son funcionales y que están de acuerdo en ser miembros del LAG.

El protocolo LACP debe estar habilitado en ambos extremos del enlace para que entre en funcionamiento, puede configurarse en activo o inactivo y utiliza identificadores para realizar sus funciones.

TACACS (*Terminal Access Controller Access Control System*): Se define como un protocolo de autenticación propietario de CISCO, su función principal es

comunicarse remotamente con el servidor de autenticación para saber si el usuario tiene acceso a la red y puede manipularla o no.

RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Server*): Básicamente RADIUS tiene funciones parecidas a TACACS pero son de distintos fabricantes. RADIUS trabaja con el puerto 1812 UDP para establecer sus conexiones.

II.7 RFC 2544

El RFC 2544 es una prueba que consta de 4 partes, las cuales se describen a continuación:

- ***Throughput:***

Se encarga de enviar un número específico de tramas a una tasa específica a través del DUT (dispositivo bajo prueba), luego contar las tramas correctamente recibidas desde el DUT. Si la cantidad de tramas ofrecidas es menor a la cantidad de tramas correctamente recibidas desde el DUT, la tasa del flujo ofrecido se reduce y el ensayo se vuelve a correr.

El *throughput* es la máxima tasa a la cual la cantidad de tramas transmitidas por el DUT es la misma que la transmitida por el equipo sometido a la prueba. El ensayo debe realizarse con los formatos y tamaños de tramas especificados a continuación.

Los valores recomendados en la RFC para los tamaños de trama son 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 y 1518 bytes. Se acota que se suman 4 bits a cada trama debido a etiquetas de VLANs.

- **Latencia**

La latencia para dispositivos *Store and Forward*, es el intervalo de tiempo que comienza cuando el último *bit* de la trama entrante alcanza el puerto de entrada y termina cuando el primer *bit* de la misma trama es visto en el puerto de salida.

Para dispositivos *Bit Forwarding*, es el intervalo de tiempo que comienza cuando el final del primer bit de la trama entrante alcanza el puerto de entrada y termina cuando el comienzo del primer bit de la misma trama es visto en el puerto de salida.

A continuación en la Figura 8 se puede visualizar ambos conceptos.

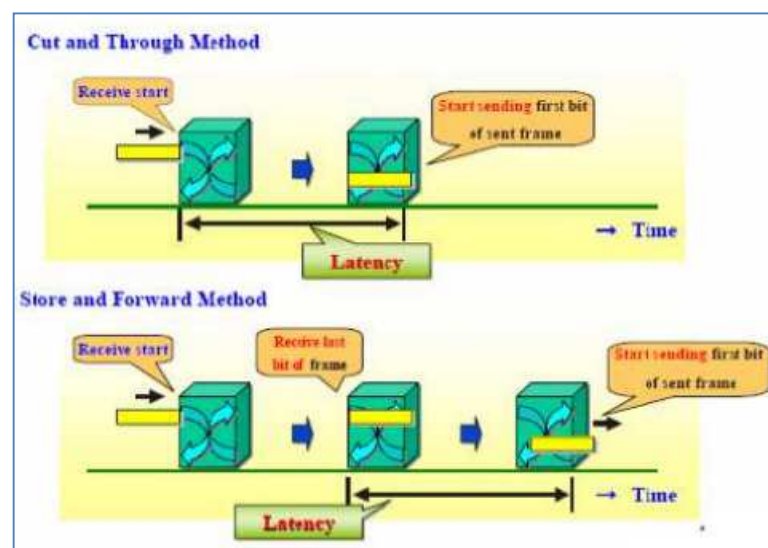


Figura 8: Tipos de latencia.

Fuente: Pablo Scaniello, 2006.

El procedimiento de la prueba de latencia es el siguiente:

Se envía un flujo de datos de un particular tamaño de trama a través del DUT al *throughput* que se determinó anteriormente, hacia un destino específico. El flujo deberá ser de por lo menos 120 segundos de duración.

Un marcador (*tag*) deberá ser incluido dentro de una trama luego de los 60 segundos. El tiempo en el cual esta trama es completamente transmitida se graba (marca de tiempo A). La lógica del receptor en el equipo de prueba debe reconocer este

marcador en el flujo de datos y grabar el tiempo en el cual esta trama es recibida (marca de tiempo B).

La latencia es la resta de las marcas de tiempo B y A. Esta definición sirve tanto para dispositivos *store and forward* como para *bit forwarding*. Esta prueba debe repetirse por lo menos 20 veces y reportar el valor medio de los valores guardados.

- ***Frame Loss Rate (Tasa de tramas perdidas).***

Porcentaje de tramas que deberían ser enviadas (*forwarded*) por un dispositivo de red bajo estado estacionario de carga (constante) pero no son enviadas (*forwarded*) por la falta de recursos.

El procedimiento de la prueba *frame loss rate* es el siguiente:

Se envía un específico número de tramas a una tasa específica a través del DUT y se cuentan cuantas tramas son transmitidas por el DUT. La tasa de pérdida de tramas se calcula como:

$$((\text{Contador de entrada} - \text{contador de salida}) * 100) / \text{Contador de entrada}$$

El primer ensayo será para la tasa de tramas que corresponde al 100% de la máxima tasa del medio de entrada, para cada tamaño de trama.

Se repite el procedimiento para la tasa que corresponde al 90% del máximo utilizado y luego para el 80% de esta tasa.

Esta secuencia continuará (reduciendo en intervalos del 10%) hasta que haya dos pruebas exitosas en las cuales no se encuentren tramas perdidas.

- ***Back-To-Back Frames***

Son tramas de un mismo largo, enviadas a una tasa para la cual hay una separación legalmente mínima entre tramas, para un medio dado, durante un período de tiempo, comenzando desde el estado inactivo (*idle time*).

Procedimiento de la prueba:

Se envía una ráfaga de tramas con el mínimo inter-frame gap al DUT y se cuentan las tramas enviadas por el DUT. Si la cuenta de tramas recibidas es igual al número de tramas transmitidas se incrementa el largo de la ráfaga y la prueba se vuelve a correr.

Si el número de tramas es menor, se reduce el largo de la ráfaga y la prueba se vuelve a correr.

El valor del back-to-back frames es el número de tramas con el mayor tamaño de ráfaga para el cual el DUT puede manejarlas sin pérdida de tramas.

La duración de la prueba deberá de ser por lo menos de 2 segundos y repetida por lo menos 50 veces. El valor reportado deberá ser el promedio de los valores obtenidos.

CAPÍTULO 3

Marco metodológico y desarrollo

Para la realización del presente estudio, se trabaja con una metodología de investigación segmentada en 5 fases directamente enlazadas entre sí, para el logro de cada uno de los objetivos, considerando dicho trabajo como evaluativo de diseño no experimental de campo, por lo que se obtendrán resultados mediante las pruebas que se apliquen a los equipos serie ATN (910, 950 y 950B) y que estará basado en las normas establecidas por los organismos internacionales de telecomunicaciones y las necesidades de la Empresa de telecomunicaciones CANTV.

Para cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo, se hizo necesario, en primer lugar, la realización de una investigación teórica en textos digitales e impresos que brindan la información necesaria para el desarrollo del trabajo

Posteriormente se procede a realizar el diseño y estandarización de pruebas necesarias para la evaluación de los equipos serie ATN (910, 950 y 950B) bajo el esquema de servicios METROETHERNET sobre la infraestructura presente en el laboratorio de CANTV.

En la tercera etapa se procedió a la ejecución de pruebas para verificar el funcionamiento y operación de dichos equipos con la red de CANTV.

Como cuarta etapa tenemos el análisis de resultados y ajustes finales que permitirá posteriormente obtener las conclusiones y recomendaciones necesarias para que la Empresa CANTV tome en cuenta si los equipos de la Serie ATN son factibles para ser implementados como parte de la red y así poder seguir brindando un mejor servicio a sus clientes.

III.1 Descripción de las etapas del marco metodológico

A continuación se describe cada una de las etapas de la metodología utilizada en el presente trabajo.

Etapa 1: Investigación teórica:

En la primera etapa de este trabajo especial de grado, se realiza la investigación teórica de las tecnologías a utilizar, el funcionamiento de los equipos correspondientes, las especificaciones técnicas, los manuales de uso, los servicios que soportan, y las configuraciones propias del proveedor.

Etapa 2: Diseño y estandarización de pruebas:

En esta parte del proyecto nos centramos en diseñar un protocolo de pruebas que se acoplen a las necesidades de la Empresa, los distintos escenarios requeridos donde se pueda verificar las funcionalidades de los equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI Technologies.

Debido a que el diseño del protocolo de pruebas se colocará como estandarización por parte de CANTV, se requieren parámetros apropiados en la redacción del documento, que logren la adaptación a cualquier persona que tenga la necesidad de comprobación de servicios en equipos determinados.

En dicho documento se presentan dos tipos de requerimientos las de carácter obligatorio y las del carácter deseable. Los equipos deben pasar por un proceso de licitación y cada requerimiento tiene un impacto a la hora de la adquisición por parte de CANTV, es por esta razón que este protocolo es de suma importancia para la homologación.

Etapas 3: Ejecución de pruebas:

Una vez aprobado el PROTOCOLO DE PRUEBAS establecido en el mismo, la tercera etapa de este trabajo de grado consta en aplicar a los equipos estudiados una serie de requerimientos, a objeto de comprobar la efectividad e interoperabilidad de los dispositivos HUAWEI con la red METROETHERNET de CANTV y clasificarlos en un rango apto para solucionar el problema puntual que la Empresa.

En el punto “desarrollo de pruebas” mostrado en el punto III.3, se describe cada una de las pruebas y el objetivo de ejecución de las mismas.

Etapas 4: Análisis de resultados y ajustes finales.

Luego de diseñar y ejecutar una serie de estudios para los equipos seleccionados, se evalúa la capacidad del hardware, software, calidad de servicio y seguridad, para analizar las posibles soluciones que pueden ofrecer. Se realiza un resumen explicativo donde se exponen los motivos por los cuales los dispositivos cumplen o no con los parámetros para ofrecer a los usuarios de CANTV una solución adecuada.

Etapas 5: Conclusiones recomendaciones y redacción del tomo.

En la etapa final, se realizan las recomendaciones de la investigación junto a la conclusión tomada luego de analizar los resultados, la redacción del tomo completo y la preparación de la defensa del trabajo especial de grado.

III.2 Levantamiento de la información

Los equipos de datos a ser homologados se presentan en el siguiente cuadro:

Equipo	Configuración	Vista Frontal
 ATN 910	• 1 x CXP: 2GE+4FE(e)+16E1 • 2*100/1000Base-X-SFP FIC • 16-port E1 FIC	
 ATN 950	• 2 x CXP • 4*100/1000Base-X-SFP FIC • 16-port E1 FIC	
 ATN 950B	• 2 x CXP • 1*10GE XFP FIC • 8*100/1000Base-X-SFP FIC • 8*100/1000Base-T FIC	

Cuadro 1: Equipos a Homologar.

Fuente: Huawei, 2012.

CXP (Tarjeta Controladora)

La tarjeta CXP integra múltiples unidades funcionales. Al integrar el sistema de control y unidad de gestión, la unidad de reloj, la gestión y la unidad de mantenimiento, la CXP proporciona las funciones del plano de control y el plano de mantenimiento. Existen diferentes tipos de tarjetas CXP; el ATN910 cuenta con una sola tarjeta CXP, que integra interfaces de línea con las interfaces de reloj auxiliares. En el caso de los ATN950 y ATN950B, las tarjetas CXP ofrecen redundancia 1+1.

La Figura 9 representa visualmente dichas tarjetas.

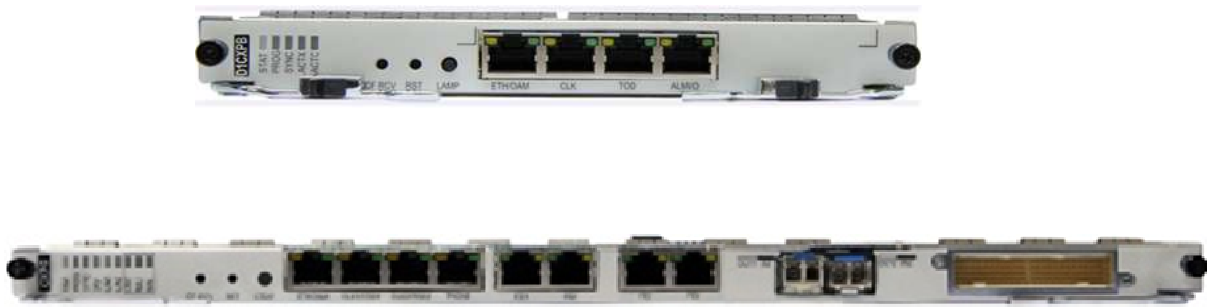


Figura 9: Tarjetas controladoras.

Fuente: Huawei, 2012.

2-port 100/1000Base-X-SFP (EG2)

Tarjeta de 2-Puertos 100/1000Base-X-SFP. Ofrece dos interfaces GE a velocidad de línea y soporta la función de sincronización de 1588v2 y Ethernet. Esta tarjeta puede ser usada los ATN910 y ATN950. La tarjeta EG2 soporta los siguientes tipos de módulos ópticos:

- GE módulo óptico, que proporciona características de las interfaces GE ópticas.

- FE módulo óptico, que proporciona características de las interfaces ópticas FE.
- Interfaz Eléctrica SFP módulo, que proporciona características de 1000M Base-T con detección automática de interfaces eléctricas.
- La tarjeta de 2-Port 100/1000Base-X-SFP apoya el uso mixto de los tres tipos de módulos.

La Figura 10 representa gráficamente dicha tarjeta.



Figura 10: Tarjetas de servicio 2 puertos GE.

Fuente: Huawei, 2012.

4-port 100/1000Base-X-SFP (EG4F)

Tarjeta de 4-Puertos 100/1000Base-X-SFP. Ofrece cuatro interfaces GE y soporta la función de sincronización de 1588v2 y Ethernet. Esta tarjeta puede ser usada los ATN910 y ATN950. Las cuatro interfaces ópticas están divididas en dos grupos, cada grupo ofrece un ancho de banda de 1Gbps, compartido entre las dos interfaces del grupo. La tarjeta EG4F soporta los siguientes tipos de módulos ópticos:

- GE módulo óptico, que proporciona características de las interfaces GE ópticas
- FE módulo óptico, que proporciona características de las interfaces ópticas FE
- Interfaz Eléctrica SFP módulo, que proporciona características de 1000M Base-T con detección automática de interfaces eléctricas.
- La tarjeta de 4-Port 100/1000Base-X-SFP apoya el uso mixto de los tres tipos de módulos.

A continuación en la Figura 11 muestra en físico esta tarjeta.



Figura 11: Tarjeta de servicio 4 puertos GE.

Fuente: Huawei, 2012.

8-port 100/1000Base-X-SFP (EM8F)

Tarjeta de 8-Puertos 100/1000Base-X-SFP. Ofrece ocho interfaces GE y soporta la función de sincronización de 1588v2 y Ethernet. Esta tarjeta puede ser usada en los ATN950B. La tarjeta EM8F soporta los siguientes tipos de módulos ópticos:

- GE módulo óptico, que proporciona características de las interfaces GE ópticas.
- FE módulo óptico, que proporciona características de las interfaces ópticas FE.
- Interfaz Eléctrica SFP módulo, que proporciona características de 1000M Base-T con detección automática de interfaces eléctricas.
- La tarjeta de alta velocidad 8-Port 100/1000Base-X-SFP apoya el uso mixto de los tres tipos de módulos.

La Figura 12 muestra la tarjeta anteriormente descrita.



Figura 12: Tarjeta de servicio 8 puertos GE.

Fuente: Huawei, 2012.

16-port E1 flexible card (75&120 ohms) :

La tarjeta de 16 puertos E1 flexibles (FIC) es intercambiable en caliente y ofrece hasta 16 interfaces E1. El tipo de servicio de cada interfaz se puede configurar de forma flexible, soportado servicios CES a nivel de 64kbps.

En la Figura 13 se puede visualizar esta tarjeta.



Figura 13: Tarjeta de E1.

Fuente: Huawei, 2012.

1-port 10GE XFP FIC:

Tarjeta de 1 puerto 10GE óptico, soporta la función de sincronización de 1588v2 y Ethernet. Esta tarjeta puede ser usada en los ATN950B, y permite la extracción en caliente.

En la Figura 14 se observa la tarjeta de un puerto 10 GE.



Figura 14: Puerto de 10 GE.

Fuente: Huawei, 2012.

VRP:

El VRP es el sistema operativo de los equipos ATN. La versión propuesta para la homologación es la V200R001C02.

Equipos de prueba

- **ANT-5:** Es un equipo de instalación, medición y verificación PDH/SDH. Se utiliza como herramienta de campo para la instalación, puesta en servicio y mantenimiento de líneas de acceso PDH, SONET, ATM y SDH en velocidades desde 1.544 Mbps hasta 2.5 Gbps. En el presente trabajo, el ANT-5 se utiliza específicamente para probar en los equipos a homologar la funcionalidad de emulación de circuitos. La especificación técnica detallada se puede visualizar en la parte de anexos.
- **SmartBits 600:** Es una herramienta de prueba compacta, que permite generar tráfico de pruebas y realizar capturas de una manera sencilla a través de una interfaz gráfica. La especificación técnica se puede observar en la parte de anexos.

III.3 Diseño de Pruebas

El diseño de las pruebas se segmenta en 3 grandes puntos:

- Pruebas de Hardware.
- Pruebas Lógicas.
- Pruebas de Seguridad.

Es importante destacar que para la elaboración del protocolo se toma en cuenta las normas y recomendaciones de organismos nacionales e internacionales en conjunto con los criterios de evaluación y las necesidades de la Empresa para prestar los servicios adecuados.

III.3.1 Pruebas de Hardware:

Se integra por 5 pruebas.

- 1) Prueba de Redundancia de CXP (Controladora) en los ATN950 y ATN950B.
- 2) Prueba de redundancia de fuentes de alimentación en los ATN950/950B/910.
- 3) Prueba de fallas de ventilación en los ATN910, ATN950 y ATN950B.
- 4) Prueba de fallas en módulos PIC (*Port Interface Card*) en los ATN910/950/950B.
- 5) Prueba de reinicio de los equipos ATN.

III.3.2 Pruebas lógicas:

Se integra por 14 pruebas.

- 1) Pruebas de convergencia rápida de OSPF (*Open Shortest Path First*).
- 2) Prueba de una VLL Martini (utilizando LDP).
- 3) Prueba de una VPLS Martini (utilizando LDP).
- 4) Prueba de VPLS entre dos áreas OSPF.
- 5) Prueba de una H-VPLS Martini (utilizando LDP).
- 6) Prueba de RFC 2544.
- 7) Prueba de balanceo de cargas contra la red METROETHERNET de CANTV (*Hashing*).

- 8) Prueba de LAG-LACP contra la red METROETHERNET de CANTV.
- 9) Prueba de emulación de circuitos.
- 10) Prueba de Calidad de Servicio (QoS).
- 11) Prueba de Calidad de Servicio (QoS) *Jumbo Frame*.
- 12) Prueba de túneles MPLS con protección de grupo.
- 13) Prueba de EOAM EFM.
- 14) Prueba de MSTP.

III.3.3 Pruebas de seguridad:

Se integra por 3 pruebas.

- 1) Configuración de parámetros fuera de banda.
- 2) Pruebas de autenticación y autorización remota a los equipos utilizando TACACS.
- 3) Prueba de autenticación y autorización remota a los equipos utilizando RADIUS.

III.4 Desarrollo de Pruebas

En la siguiente sección se describen cada una de las pruebas diseñadas y aplicadas.

III.4.1 Pruebas de Hardware

A continuación se describe el procedimiento de cada una de las pruebas a realizar.

1) Prueba de Redundancia de CXP (Controladora) en los ATN950 y ATN950B.

La finalidad de esta prueba es verificar el funcionamiento de las tarjetas controladoras redundantes del ATN950 y ATN950B, ya que el ATN910 no posee doble tarjeta.

Primero se instalan los equipos con dos (2) CXP (controladoras) y al menos una tarjeta PIC (de servicio), se verifica que las tarjetas presentes sean reconocidas por el sistema operativo VRP (*Versatile Routing Platform*). Se genera un tráfico entre dos interfaces, se procede a la remoción de la tarjeta CXP activa y finalmente se verifica la conmutación hacia la tarjeta CXP de respaldo a través del gestor U2000 y vía CLI con los comandos correspondientes.

2) Prueba de redundancia de fuentes de alimentación en los ATN950/950B/910.

Se procede a comprobar el funcionamiento redundante de las fuentes de alimentación de los equipos, se instalan los 3 dispositivos ATN con fuentes DC redundantes, se desconecta una de las fuentes de energía de cada equipo y se verifica accediendo al CLI del ATN910 ATN950 y ATN950B que las tarjetas siguen siendo reconocidas ya que cada fuente redundante toma el control. Con esta prueba al esperar que no haya afectación (apagado o reinicio) en el equipo o en alguna tarjeta por la ausencia de una fuente de alimentación, se garantiza que no haya riesgo de pérdidas en los servicios.

3) Prueba de fallas de ventilación en los ATN910, ATN950 y ATN950B.

A continuación se verifica la generación de alarmas debido a una falla en el sistema de ventilación de los ATN910, ATN950, ATN950B. Se debe instalar los equipos con el módulo de ventilación operativa. Se procede a la remoción del módulo de ventilación, lo que se espera es que no haya afectación al apagar o reiniciar los equipos por la ausencia de un *FAN* (ventilador).

Los equipos ATN poseen un solo módulo FAN, por lo que la temperatura del equipo se puede elevar a niveles críticos solo si la falla del módulo ocurre por tiempo prolongado.

4) Prueba de fallas en módulos PIC (*Port Interface Card*) en los ATN910/950/950B.

Esta actividad se diseña para demostrar el funcionamiento de las PIC, el registro de las tarjetas adecuadamente y verificar el estatus en la interfaz de línea de comando debido al retiro de los módulos PIC. Se instalan los equipos ATN910, un ATN950 y un ATN950B con al menos un módulo PIC (tarjeta de servicios) en funcionamiento normal. Se procede a la remoción del módulo PIC, y se verifica vía CLI el estatus de tarjeta de servicio. Lo que se busca con esta prueba es verificar que los módulos PIC (tarjeta de servicios) de los equipos se registren y operen normalmente.

5) Prueba de reinicio de los equipos ATN.

La última prueba dedicada al hardware se realiza para verificar que las tarjetas son detectadas después del reinicio de los equipos, se debe instalar los equipos ATN910, un ATN950 y un ATN950B con todos sus módulos en estatus normal. A continuación se procede a apagar las fuentes de poder, y se comprueba vía CLI la pérdida de gestión del equipo y alarmas generadas. Posteriormente se enciende el equipo y se espera que los equipos se reinicien en menos de 5 minutos. Una vez reiniciado cada equipo, éstos pueden reconocer todas las tarjetas y los módulos del mismo además de los servicios configurados.

III.4.2 Pruebas Lógicas

La configuración de las direcciones IP de los equipos no varían al avanzar las pruebas. La topología detallada es la presentada en la Figura 15.

1) Pruebas de convergencia rápida de OSPF (*Open Shortest Path First*).

Se conectan los equipos en anillo como lo indica la topología de la Figura 15, luego se configuran las direcciones IP de los equipos junto a los puertos de cada terminal. En los equipos HUAWEI se configura el protocolo OSPF. Se genera tráfico a la red mediante el dispositivo *SmartBits*. Se verifica la convergencia del protocolo, desconectando un enlace, reconectándolo y luego repitiendo el proceso con el otro enlace.

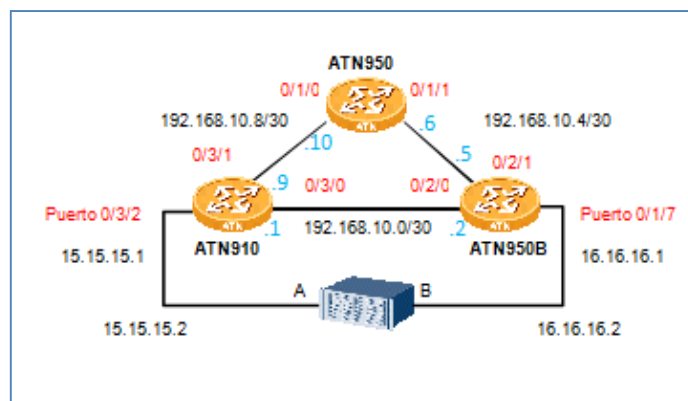


Figura 15: Topología diseñada para prueba de OSPF.

Fuente: Elaboración propia.

Para la utilización de la red METROETHERNET de CANTV se necesita configurar el protocolo MPLS adicional al protocolo OSPF para poder garantizar la coexistencia de múltiples servicios VPN como por ejemplo: VLL, VPLS, entre otros servicios.

LDP (*label distribution protocol*) es el protocolo encargado de distribuir las etiquetas MPLS por los distintos nodos que conforman la red de transporte.

2) Prueba de una VLL Martini (utilizando LDP).

Se configura en los equipos ATN el protocolo OSPF, MPLS y LDP por parte de HUAWEI, y adicionalmente se configura el servicio VLL. Se procede a retirar el enlace principal y se comprueba que el secundario se active y toma el tráfico correspondiente. Se retira el enlace secundario y se chequea la reactivación del enlace principal. Se verifican los tiempos de convergencia donde se espera que el tiempo resultante sea menor o igual 50 ms.

La topología utilizada para esta prueba se presenta a continuación en la Figura 16.

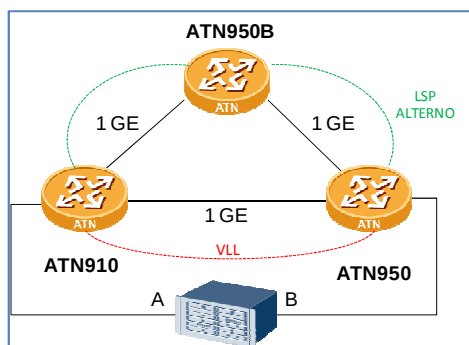


Figura 16: Topología para la prueba de VLL.

Fuente: Elaboración propia.

3) Prueba de una VPLS Martini (utilizando LDP).

Se configura en los dispositivos ATN el protocolo OSPF, MPLS y LDP (*label distribution protocol*) por parte de HUAWEI, y adicionalmente se configura el servicio VPLS. Se procede a retirar el enlace principal y se verifica que el enlace secundario se active y asuma el tráfico correspondiente. Se retira el secundario y se debe activar el enlace principal nuevamente. Se verifican los tiempos de convergencia donde se espera que el tiempo obtenido sea menor o igual a 150 ms.

A continuación en la Figura 17 se muestra la topología utilizada en este escenario.

La simulación de los clientes (CE's) serán los equipos de prueba, en este caso el *Smartbits*. Se procede a enviar tráfico desde el equipo de prueba, verificando la recepción de los paquetes. Se ejecuta el retiro del enlace principal y se verifica que el enlace secundario tome el control. Se retira el secundario y se debe activar el enlace principal nuevamente. Se espera que el equipo reconozca las rutas entre áreas OSPF como *inter-área* y que el servicio VPLS se restablezca. El tiempo de re-convergencia de la VPLS usando LDP como protocolo para el intercambio etiquetas MPLS hacia la ruta de respaldo debe estar por debajo de los 150 ms.

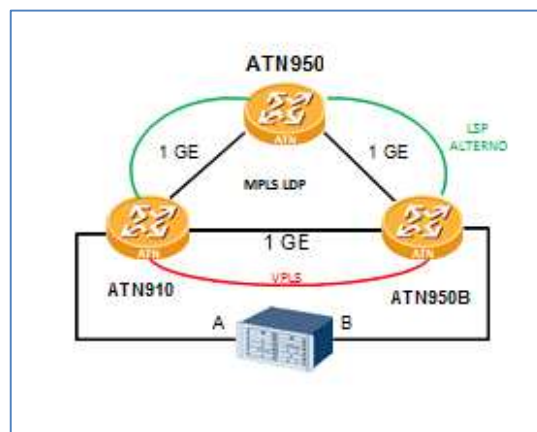


Figura 18: Topología prueba VPLS 2 áreas.

Fuente: Elaboración propia.

5) Prueba de una H-VPLS Martini (utilizando LDP).

A continuación en la Figura 19 se puede visualizar la topología implementada para ejecución de esta prueba. La misma consiste en verificar el funcionamiento de una HVPLS en los equipos HUAWEI, la cual no es más que una VPLS jerárquica.

La diferencia entre una VPLS y una HVPLS está en cual dispositivo de enrutamiento aprende las diversas direcciones MAC de los clientes. En la VPLS tradicional lo hace

el enrutador que está más cerca de los clientes (CE's), en la HVPLS lo aprende el enrutador designado como jerárquico o principal.

La finalidad de la utilización de una HVPLS es simplemente minimizar costos, ya que solo se necesitaría de un enrutador costoso y potente capaz de aprender todas las direcciones MAC de los clientes, y los demás enrutadores pueden ser de menor gama de categoría ya que su única función será enviar tráfico hacia el elegido como principal o jerárquico.

El procedimiento es básicamente el mismo formato de las pruebas anteriores, se monta la topología, se configuran los protocolos requeridos, se desconecta el enlace principal y se mide el tiempo de conmutación hacia el enlace secundario, luego se repite el proceso desde el enlace secundario hacia el enlace principal. El tiempo promedio de la conmutación de enlaces debe ser menor o igual a 150ms.

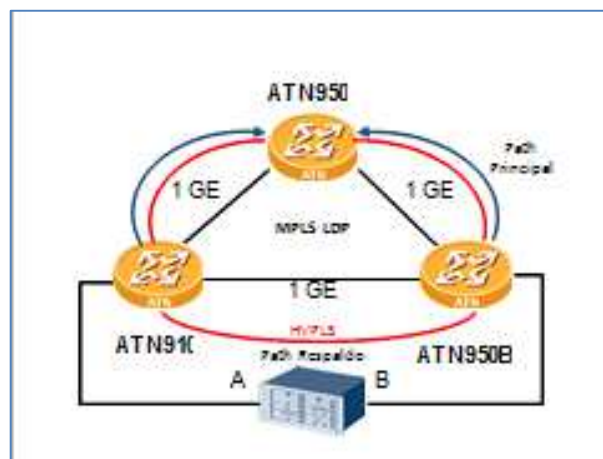


Figura 19: Escenario de la prueba HVPLS.

Fuente: Elaboración propia.

6) Prueba de LAG-LACP contra la red METROETHERNET de CANTV.

El procedimiento para realizar esta prueba es el siguiente:

El primer paso es conectar el dispositivo ATN950B utilizando 2 puertos en distintas MDA, hacia la red METROETHERNET (ME) de CANTV (SWITCHE 7450 de Alcatel). La topología utilizada se muestra en la Figura 20.

Se configura en la red ME el LAG 67 y la VLAN 300 por parte de CANTV, y el puerto troncal 0 (*e-trunk0*) por parte de HUAWEI.

En los equipos se configura un puerto troncal (*e-trunk*) dejando pasar la VLAN 300, se configura el protocolo LACP para que se comunique con la red ME.

Finalmente se configuran los puertos que pasaran por el puerto troncal, 1/2/8, 5/2/7. Se genera tráfico con el dispositivo *Smartbits*, el puerto de prueba asignado en la red ME para pasar el tráfico es el 1/2/7. Se procede a desconectar un enlace y se debe ver que siga pasando el tráfico con normalidad, se reconecta esa fibra y se repite el proceso con el otro enlace y se verifica que siga pasando el tráfico con normalidad.

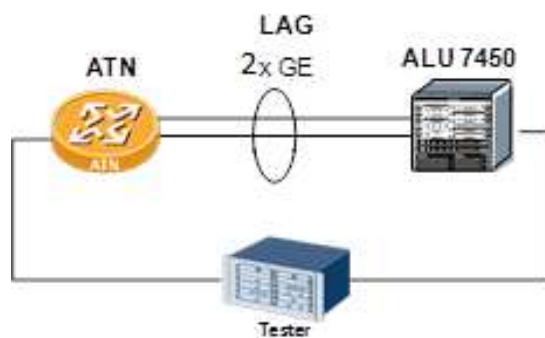


Figura 20: Topología utilizada en la prueba de LAG.

Fuente: Elaboración propia.

7) Prueba de RFC 2544.

Se aplicaron las pruebas de medición de *conformance* (conformidad) y *performance* (rendimiento), regidas bajo el RFC 2544 en los equipos ATN de HUAWEI. La conformidad permite comprobar si un dispositivo cumple con las recomendaciones deseadas, y el rendimiento nos indica que tan bien se comporta el equipo bajo diferentes condiciones.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas en 2 escenarios:

1. Entre la topología tipo anillo de los equipos HUAWEI mostrado en la Figura 21.
2. Entre la topología tipo anillo de los equipos HUAWEI y a su vez conectado a la red METROETHERNET de CANTV mostrado en la Figura 22.

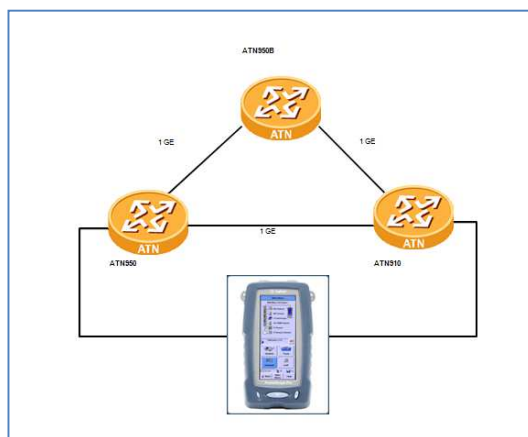


Figura 21: Prueba RFC2544 Escenario 1.

Fuente: Elaboración propia.

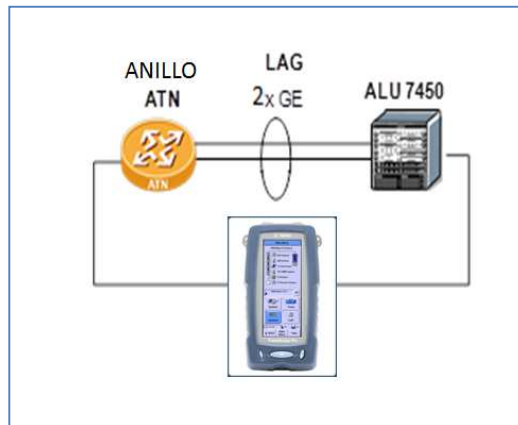


Figura 22: Prueba RFC2544 Escenario 2.

Fuente: Elaboración propia.

8) Prueba de balanceo de cargas contra la red METROETHERNET de CANTV (*Hashing*).

Para verificar el balanceo de cargas se realiza el *hashing* en capa 2 y en capa 3 del modelo OSI. Se asignan direcciones MAC distintas con IP origen e IP destino (distintas también), lo que se busca es verificar que en la red ME pase por el LAG 67 (el configurado previamente para los requerimientos) el tráfico balanceadamente. El beneficio de la funcionalidad de esta prueba es que cuando haya mucha demanda de los servicios, el equipo sea capaz de enviar equitativamente por los puertos que conforman el LAG, el tráfico; y se evite la congestión en un solo puerto garantizando así mejor calidad.

La topología usada para la prueba es la que se presenta en la Figura 20.

9) Prueba de emulación de circuitos.

Esta prueba consiste en tomar un E1 bien sea canalizado o no canalizado, encapsularlo y enviarlo por la red de transporte ME en forma de paquetes IP y recibirlo al otro extremo del recorrido en forma de E1 nuevamente, es decir se espera la transmisión del tráfico TDM sin errores.

Los clientes son simulados en los extremos por equipos de medición ANT5 y el escenario utilizado se puede visualizar a continuación en la Figura 23.

La funcionalidad de esta prueba es de suma importancia ya que es una posible solución para migrar de redes TDM a redes Ethernet sin tener impacto significativo.

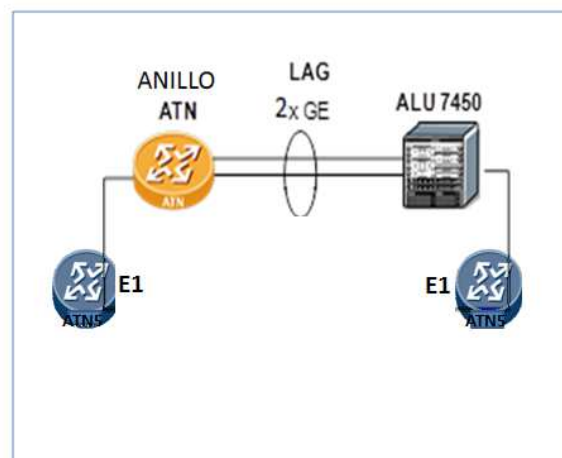


Figura 23: Escenario prueba emulación de circuitos.

Fuente: Elaboración propia.

10) Prueba de Calidad de Servicio (QoS).

El objetivo de esta prueba es verificar la calidad de servicio en los conmutadores ATN de HUAWEI. Por lo cual los equipos deben soportar los parámetros exigidos

por CANTV, uno de ellos es el marcaje de tráfico que viene dado bajo el estándar 802.1p y el otro parámetro es el de colocarle peso a las colas bajo los parámetros de PQ (*Priority Queing*), SP (*Strict Priority*), WFQ (*Weighted Fair Queuing*) o WRR (*Weighted Round Robin*). Para la realización de esta prueba se efectuó el montaje mostrado en la Figura 24. Se utilizó un instrumento de medición (*Agilent N2X*) el cual tiene la función de generar tráfico bajo los parámetros nombrados en el párrafo anterior. Se espera que los equipos de la serie ATN 910, 950 y 950B de HUAWEI TECHNOLOGIES cumplan con los requerimientos de CANTV.

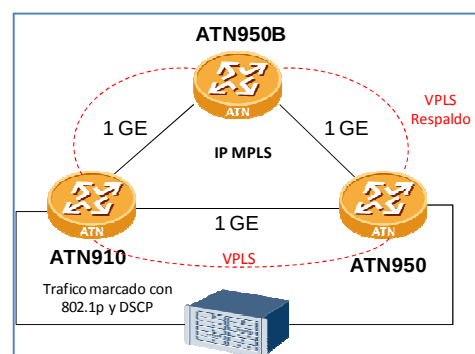


Figura 24 Montaje prueba QoS.

Fuente: Elaboración propia.

11) Prueba de Calidad de Servicio (QoS) Jumbo Frame.

Esta prueba sigue los mismos pasos de la prueba anterior de calidad de servicio, la única variante es que se trabaja con paquetes de mayor tamaño.

Tanto en la red ME como en el equipos HUAWEI se debe configurar el MTU a 9000. El montaje utilizado en esta prueba es el mostrado en la Figura 24.

12) Prueba de túneles MPLS con protección de grupo.

El objetivo de esta prueba es poder garantizar un camino de respaldo por su ocurre cualquier falla. Se configuran los protocolos correspondientes y se procede a desconectar el enlace principal, se espera que una vez ocurrida la falla, el tráfico sea enrutado al túnel de respaldo utilizando MPLS OAM *protection group*. Se espera que el tiempo promedio de re-convergencia del protocolo MPLS OAM *protection group* hacia el túnel de respaldo sea menor o igual a 200ms. Finalmente se espera que cuando se restablezca la conexión principal el túnel el también lo haga. El escenario montado se refleja en la Figura 25.

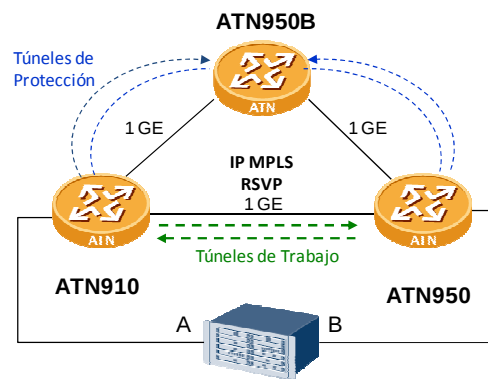


Figura 25: Topología de la prueba MPLS con túneles de protección.

Fuente: Elaboración propia

13) Prueba de EOAM EFM.

Se conectan los equipos como se visualiza en la topología 26, esta prueba se realiza para validar el funcionamiento del protocolo EOAM en un enlace bidireccional, el cual consiste en que si hay un corte o pérdida del enlace transmisor y se cae automáticamente el enlace receptor, el enlace receptor administrativamente se apaga para que no haya recibo de errores en la transmisión. Vía CLI se debe chequear el cambio de estado (*UP/DOWN*) del puerto configurado.

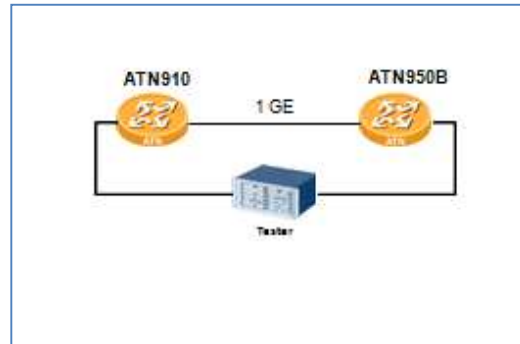


Figura 26: Montaje utilizado en la prueba EOAM EFM.

Fuente: Elaboración propia.

14) Prueba de MSTP.

A continuación se quiere verificar el funcionamiento del protocolo MSTP, esencial para evitar colisiones de *broadcast* en redes donde los conmutadores sean protagonistas. Se habilita el protocolo MSTP en todos los equipos, luego se envía flujos de tráfico desde un extremo del *Smartbits* hasta el otro extremo. Se desconectan los enlaces y se registran los tiempos de convergencia.

El montaje usado en esta prueba se muestra en la Figura 15.

III.4.3 Pruebas de seguridad

1) Configuración de parámetros fuera de banda.

La finalidad de esta prueba es configurar los parámetros requeridos para la administración de los equipos ATN fuera de banda, para lograr esta tarea se necesita utilizar un puerto saliente de la tarjeta controladora. Se debe conectar el equipo vía interfaz GE a los equipos ATN de forma que puedan ser ingresados por un laptop vía segmento fuera de banda, finalmente se configuran los protocolos SSH y Telnet. Se

espera que el equipo pueda ser operado a través de las interfaces de gestión fuera de banda con protocolos Telnet y SSH. En la Figura 27 se presenta el escenario usado.

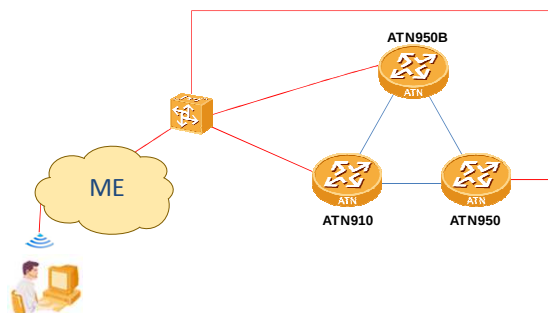


Figura 27: Escenario prueba de gestión fuera de banda.

Fuente: Elaboración propia.

2) Pruebas de autenticación y autorización remota a los equipos utilizando TACACS.

Validar autenticación y autorización de acceso al equipo ATN utilizando un servidor TACACS es el propósito de esta prueba. La topología utilizada se presenta en la Figura 28. Los pasos a seguir para la realización de la misma son los siguientes:

Configurar un usuario y una contraseña para el acceso en el servidor TACACS. Configurar las direcciones IP en las interfaces y el servicio de autenticación utilizando TACACS, para autorizar peticiones de conexión vía SSH y Telnet.

Se espera realizar la autenticación correcta del usuario y poder ingresar al CLI de los equipos utilizando cuentas registradas en el servidor TACACS del Laboratorio CANTV.

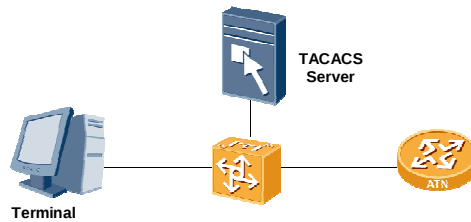


Figura 28: Escenario prueba TACACS.

Fuente: Elaboración propia.

3) Prueba de autenticación y autorización remota a los equipos utilizando RADIUS.

Se repite el mismo procedimiento que la prueba TACACS, pero se utiliza el servidor RADIUS. A continuación en la Figura 29 se muestra el escenario de la prueba.

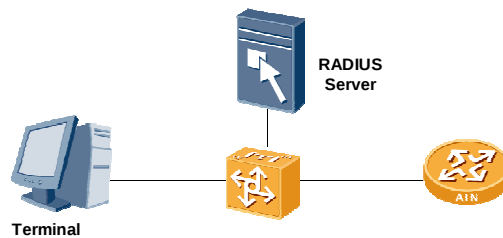


Figura 29: Topología utilizada para la prueba RADIUS.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

Resultados

En este capítulo se elabora el análisis de los resultados obtenidos al realizar las diversas pruebas a los equipos de la serie ATN: ATN910, ATN950 y ATN950B de HUAWEI TECHNOLOGIES.

A continuación se presentan los análisis de los resultados para las diversas pruebas de hardware, lógicas y de seguridad realizadas a los distintos equipos:

IV.1 Pruebas de Hardware

En la siguiente sección se analizan los resultados de las 5 pruebas de Hardware.

1) Prueba de Redundancia de CXP (Controladora) en los ATN950 y ATN950B.

En las figuras 30 y 32 se presentan las capturas de pantalla al equipo de prueba *Smartbits*, donde se pueden visualizar los tiempos de conmutación entre las tarjetas controladoras (CXP) principales y las redundantes.

Como se puede observar el tiempo de convergencia en el ATN950 es de 0,3 ms y en el ATN950B es de 0,5 ms, lo que significa es que el lapso que le toma a la tarjeta controladora redundante en asumir el control de los servicios activos de los equipos son prácticamente despreciables; podemos concluir que al haber algún tipo de eventualidad con la controladora principal, estos equipos son capaces de proteger los servicios cambiando a sus tarjetas redundantes casi de manera instantánea.

Las tablas con las alarmas generadas vía CLI, donde se observa que se ha removido la tarjeta CXP de cada equipo se exponen en las Figuras 31 y 33.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		Events	Rates	Events	Rates									
2		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A									
4														
5	Tx Frames	18,079,674	9,769	18,077,973	9,767									
6	Rx Frames	18,078,560	9,767	18,079,671	9,769									
7	Tx Bytes	2,314,198,272	1,250,299	2,313,980	1,250,123									
8	Rx Bytes	2,313,959,108	1,250,167	2,314,359,295	1,250,390									
9	Tx Triggers	0	0	0	0									
10	Rx Triggers	0	0	0	0									
11	CRC Errors	0	0	0	0									
12	OverSize	0	0	0	0									
13	Frag/UnderSize	0	0	0	0									
14	Tx From Stack	0	0	0	0									
15	Rx To Stack	1,711	0	61	0									
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0									
17	ARP Replies Received	0	0	0	0									
18	ARP Replies Received	0	0	0	0									
19	ARP Replies Received	0	0	0	0									
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A									
21	PING Replies Sent	0	0	0	0									
22	PING Replies Sent	0	0	0	0									
23	PING Replies Received	0	0	0	0									
24	PING Replies Received	0	0	0	0									
25	Signature Frames Sent	18,079,674	9,769	18,077,973	9,767									
26	Signature Frames Received	18,076,849	9,767	18,080,798	9,769									
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0									
28	VLAN Frames Received	18,076,849	9,767	18,080,798	9,769									
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0									
30	Pause Frames Received	0	0	0	0									
31	IPv4 Frames Received	18,076,849	9,767	18,080,798	9,769									
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0									
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0									
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0									

Figura 30: Tiempo de Conmutación de CXP ATN950.

Fuente: Elaboración propia.

<ATN950>dis alarm all				
Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:38:21	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]
2	Major	12-11-22	04:38:20	The board was removed.[CXP slot 8]
<ATN950>				
<ATN950>dis alarm all				
Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:38:21	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]
2	Major	12-11-22	04:38:20	The board was removed.[CXP slot 8]
<ATN950>dis alarm all				
Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:38:21	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]
<ATN950>display alarm all				
Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:52:40	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]
2	Major	12-11-22	04:52:38	The board was removed.[CXP slot 7]
<ATN950>dis alarm all				
Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:52:40	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]
<ATN950>				

Figura 31: Tabla de Alarmas vía CLI CXP ATN950.

Fuente: Elaboración propia.

WorkShop

File Edit View Insert Format Tools Help

H4 | Tiempo de Convergencia Switchover de Controladora

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
		Events	Rates	Events	Rates									
		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A									
1														
2														
3														
4														
5	Tx Frames	18,079,674	9,769	18,077,973	9,767									
6	Rx Frames	18,078,560	9,767	18,079,669	9,769									
7	Tx Bytes	2,314,196,272	1,250,299	2,313,980	1,250,123									
8	Rx Bytes	2,313,959,108	1,250,167	2,314,359,295	1,250,390									
9	Tx Triggers	0	0	0	0									
10	Rx Triggers	0	0	0	0									
11	CRC Errors	0	0	0	0									
12	OverSize	0	0	0	0									
13	Frag/UnderSize	0	0	0	0									
14	Tx From Stack	0	0	0	0									
15	Rx To Stack	1,711	0	61	0									
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0									
17	ARP Replies Received	0	0	0	0									
18	ARP Replies Received	0	0	0	0									
19	ARP Requests Received	0	0	0	0									
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A									
21	PING Replies Sent	0	0	0	0									
22	PING Requests Sent	0	0	0	0									
23	PING Replies Received	0	0	0	0									
24	PING Requests Received	0	0	0	0									
25	Signature Frames Sent	18,079,674	9,769	18,077,973	9,767									
26	Signature Frames Received	18,076,849	9,767	18,080,798	9,769									
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0									
28	VLAN Frames Received	18,076,849	9,767	18,080,798	9,768									
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0									
30	Pause Frames Received	0	0	0	0									
31	IPv4 Frames Received	18,076,849	9,767	18,080,798	9,769									
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0									
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0									
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0									

Sheet1

Figura 32: Tiempo de Conmutación de CXP ATN950B.

Fuente: Elaboración propia.

Login authentication

Password:

Info: The max number of VTY users is 10, and the number of current VTY users on line is 1.
The current login time is 2012-11-22 04:07:45+00:00.

<ATN950B>

<ATN950B>dis alarm all

Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:07:30	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]
2	Major	12-11-22	04:07:29	The board was removed.[CXP slot 8]

<ATN950B>

<ATN950B>dis alarm all

Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:07:30	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]

<ATN950B>dis alarm all

Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:16:43	The board was removed.[CXP slot 7]
2	Major	12-11-22	04:16:42	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]

<ATN950B>dis alarm all

Index	Level	Date	Time	Info
1	Major	12-11-22	04:16:42	The power supply module was installed but was not powered on.[POWER slot 9]

<ATN950B>|

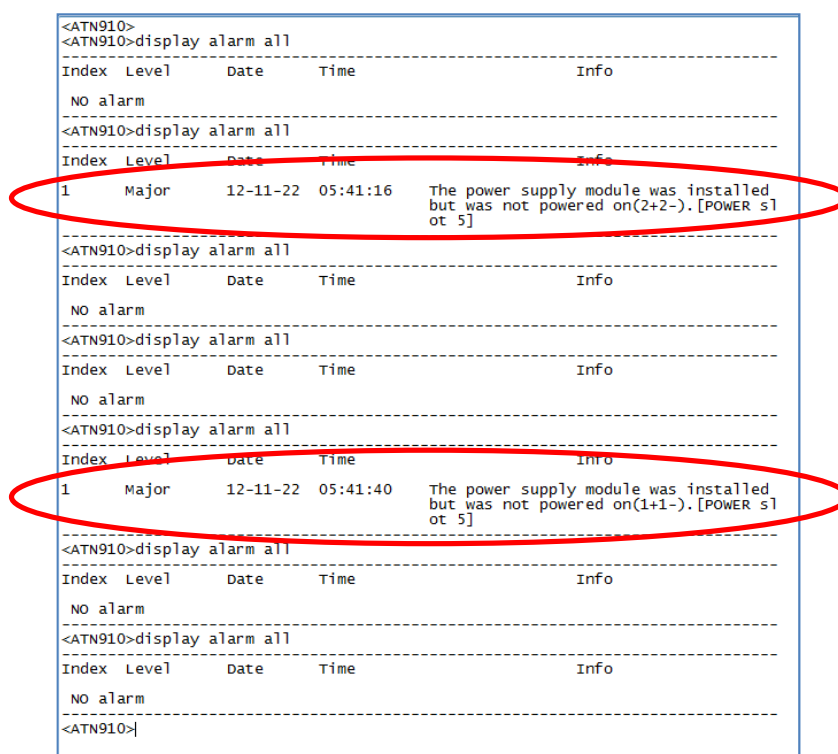
Figura 33: Tabla de alarmas vía CLI CXP ATN950B.

Fuente: Elaboración propia.

2) Prueba de redundancia de fuentes de alimentación en los ATN950/950B/910.

Para comprobar que la redundancia de fuentes de alimentación de los equipos ATN 910, 950 y 950B funciona, se le toma una captura de pantalla a la interfaz de línea de comandos (CLI) donde se puede visualizar la tabla con el cambio de una fuente de alimentación a otra, garantizando que no haya riesgos de pérdida en los servicios si ocurre un accidente.

En la Figura 34, 35, y 36 se observan las tablas del ATN 910, 950 y 950B respectivamente.



```

<ATN910>
<ATN910>display alarm all
-----
Index  Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN910>display alarm all
-----
Index  Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-22  05:41:16  The power supply module was installed
                                         but was not powered on(2+2-). [POWER s1
                                         ot 5]
-----
<ATN910>display alarm all
-----
Index  Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN910>display alarm all
-----
Index  Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-22  05:41:40  The power supply module was installed
                                         but was not powered on(1+1-). [POWER s1
                                         ot 5]
-----
<ATN910>display alarm all
-----
Index  Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN910>display alarm all
-----
Index  Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN910>

```

Figura 34: Tabla de alarmas de fuentes de alimentación ATN910.

Fuente: Elaboración propia.

```

<ATN950>
<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-22  06:05:44  The power supply module was installed
but was not powered on.[POWER slot 10]
-----
<ATN950>
<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-22  06:06:33  The power supply module was installed
but was not powered on.[POWER slot 9]
-----
<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN950>

```

Figura 35: Tabla de alarmas de fuentes de alimentación ATN950.

Fuente: Elaboración propia.

```

<ATN950B>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN950B>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-22  05:44:39  The power supply module was installed
but was not powered on.[POWER slot 10]
-----
<ATN950B>
<ATN950B>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN950B>
<ATN950B>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-22  05:45:27  The power supply module was installed
but was not powered on.[POWER slot 9]
-----
<ATN950B>
<ATN950B>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN950B>

```

Figura 36: Tabla de alarmas de fuentes de alimentación ATN950B.

Fuente: Elaboración propia.

3) Prueba de fallas de ventilación en los ATN910, ATN950 y ATN950B.

El objetivo en esta prueba, es que se genere una alarma al presentarse una ausencia del módulo de ventilación en cualquiera de los equipos de la serie ATN de Huawei; ya que si un dispositivo electrónico eleva su temperatura indicada como normal por el fabricante puede presentar fallas de diversos tipos. Las tablas de alarmas vía CLI de los 3 dispositivos ATN910, ATN950 y ATN950B se presentan en las Figuras 34, 35 y 36. También debemos destacar las Figuras 37, 38 y 39 donde se garantiza que luego de ser removidos los módulos de ventilación, se registraron correctamente.

```

<ATN910>display device
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        CXP   Present NA      Normal Master
3        PIC   Present Registered Normal NA
4        PIC   Present Registered Normal NA
5        PWR   Present Registered Normal NA
6        FAN   Present Registered Normal NA
<ATN910>
<ATN910>dis alarm all
Index Level Date Time Info
-----
NO alarm
<ATN910>
<ATN910>dis alarm all
Index Level Date Time Info
-----
1 Major 12-11-28 05:37:49 The fan module was not installed in the slot.[FAN slot 6 ]
<ATN910>
<ATN910>display device
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        CXP   Present NA      Normal Master
3        PIC   Present Registered Normal NA
4        PIC   Present Registered Normal NA
5        PWR   Present Registered Normal NA
6        FAN   Present Registered Normal NA
<ATN910>
<ATN910>dis alarm all
Index Level Date Time Info
-----
NO alarm
<ATN910>
<ATN910>display device
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        CXP   Present NA      Normal Master
3        PIC   Present Registered Normal NA
4        PIC   Present Registered Normal NA
5        PWR   Present Registered Normal NA
6        FAN   Present Registered Normal NA
<ATN910>
<ATN910>

```

Figura 37 Tabla de alarmas del ventilador ATN910.

Fuente: Elaboración propia.

<ATN950>						
<ATN950>display device						
ATN950's Device status:						
Slot #	Type	Online	Register	Status	Primary	
1	PIC	Present	Registered	Normal	NA	
4	PIC	Present	Registered	Normal	NA	
7	CXP	Present	NA	Normal	Master	
8	CXP	Present	Registered	Normal	Slave	
9	PWR	Present	Registered	Normal	NA	
10	PWR	Present	Registered	Normal	NA	
11	FAN	Present	Registered	Normal	NA	
<ATN950>						
<ATN950>dis alarm all						
Index	Level	Date	Time	Info		
1	Major	12-11-28	05:45:08	The fan module was not installed in the slot.[FAN slot 11]		
<ATN950>						
<ATN950>display device						
ATN950's Device status:						
Slot #	Type	Online	Register	Status	Primary	
1	PIC	Present	Registered	Normal	NA	
4	PIC	Present	Registered	Normal	NA	
7	CXP	Present	NA	Normal	Master	
8	CXP	Present	Registered	Normal	Slave	
9	PWR	Present	Registered	Normal	NA	
10	PWR	Present	Registered	Normal	NA	
<ATN950>						
<ATN950>dis alarm all						
Index	Level	Date	Time	Info		
NO alarm						
<ATN950>						
<ATN950>display device						
ATN950's Device status:						
Slot #	Type	Online	Register	Status	Primary	
1	PIC	Present	Registered	Normal	NA	
4	PIC	Present	Registered	Normal	NA	
7	CXP	Present	NA	Normal	Master	
8	CXP	Present	Registered	Normal	Slave	
9	PWR	Present	Registered	Normal	NA	
10	PWR	Present	Registered	Normal	NA	
11	FAN	Present	Registered	Normal	NA	
<ATN950>						
<ATN950>						

Figura 38: Tabla de alarmas del ventilador ATN950.

Fuente: Elaboración propia.

<ATN950B>display device					
ATN950B's Device status:					
Slot #	Type	Online	Register	Status	Primary
1	PIC	Present	Registered	Normal	NA
2	PIC	Present	Registered	Normal	NA
5	PIC	Present	Registered	Normal	NA
7	CXPB	Present	Registered	Normal	Slave
8	CXPB	Present	NA	Normal	Master
9	PWR	Present	Registered	Normal	NA
10	PWR	Present	Registered	Normal	NA
11	FAN	Present	Registered	Normal	NA
<ATN950B>dis alarm all					
Index	Level	Date	Time	Info	
1	Major	12-11-28	05:39:21	The fan module was not installed in the slot.[FAN slot 11]	
<ATN950B>display device					
ATN950B's Device status:					
Slot #	Type	Online	Register	Status	Primary
1	PIC	Present	Registered	Normal	NA
2	PIC	Present	Registered	Normal	NA
5	PIC	Present	Registered	Normal	NA
7	CXPB	Present	Registered	Normal	Slave
8	CXPB	Present	NA	Normal	Master
9	PWR	Present	Registered	Normal	NA
10	PWR	Present	Registered	Normal	NA
<ATN950B>					
<ATN950B>dis alarm all					
Index	Level	Date	Time	Info	
No alarm					
<ATN950B>display device					
ATN950B's Device status:					
Slot #	Type	Online	Register	Status	Primary
1	PIC	Present	Registered	Normal	NA
2	PIC	Present	Registered	Normal	NA
5	PIC	Present	Registered	Normal	NA
7	CXPB	Present	Registered	Normal	Slave
8	CXPB	Present	NA	Normal	Master
9	PWR	Present	Registered	Normal	NA
10	PWR	Present	Registered	Normal	NA
11	FAN	Present	Registered	Normal	NA
<ATN950B>					
<ATN950B>					

Figura 39: Tabla de alarmas del ventilador ATN950B.

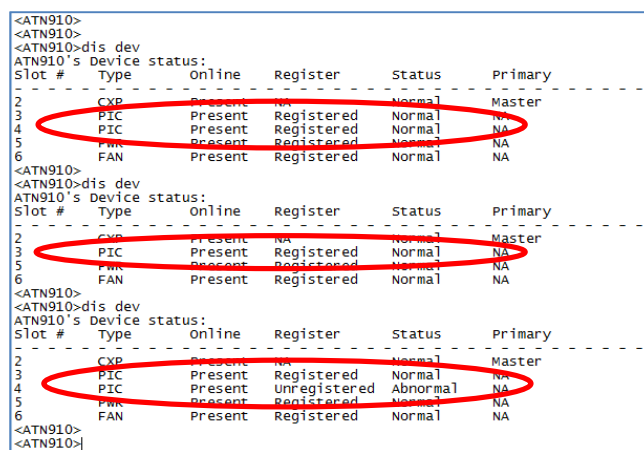
Fuente: Elaboración propia.

4) Prueba de fallas en módulos PIC (Port Interface Card) en los ATN910/950/950B.

Para verificar el funcionamiento de esta prueba, se procedió a remover tarjetas de servicios en cada equipo ATN y se tomaron las capturas pertinentes.

En la Figura 40 se puede visualizar como en el ATN910 están registradas 2 tarjetas PIC, luego de la remoción de una de las tarjetas solo se registra una sola tarjeta en el CLI y finalmente se puede ver como aparecen ambas tarjetas de nuevo pero la que fue removida apenas registrándose.

En las Figuras 41 y 42 se presenta el mismo proceso descrito en el párrafo anterior de la tabla de registro de las tarjetas de servicio vía CLI, pero con los equipos ATN950 (2 tarjetas de servicio) y ATN950B (3 tarjetas de servicio) respectivamente.



```
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>dis dev
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        CXP   Present NA      Normal Master
3        PIC   Present Registered Normal  NA
4        PIC   Present Registered Normal  NA
5        FWK   Present Registered Normal  NA
6        FAN   Present Registered Normal  NA
<ATN910>
<ATN910>dis dev
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        CXP   Present NA      Normal Master
3        PIC   Present Registered Normal  NA
4        PIC   Present Unregistered Abnormal NA
5        FWK   Present Registered Normal  NA
6        FAN   Present Registered Normal  NA
<ATN910>
<ATN910>dis dev
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        CXP   Present NA      Normal Master
3        PIC   Present Registered Normal  NA
4        PIC   Present Unregistered Abnormal NA
5        FWK   Present Registered Normal  NA
6        FAN   Present Registered Normal  NA
<ATN910>
<ATN910>
```

Figura 40: Tabla vía CLI de tarjeta PIC ATN910.

Fuente: Elaboración propia.

```

<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
NO alarm
-----
<ATN950>
<ATN950>display device
ATN950's Device status:
Slot #  Type      Online    Register   Status     Primary
-----
1      PIC         Present   Registered Normal      NA
4      PIC         Present   Registered Normal      NA
7      CXP         Present   Registered Normal      Master
8      CXP         Present   Registered Normal      Slave
9      PWR         Present   Registered Normal      NA
10     PWR         Present   Registered Normal      NA
11     FAN         Present   Registered Normal      NA
<ATN950>
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01SRM/4/PICPULLOUT(1)[1]:PIC4 was pulled out.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 SRM_ENTITY/1/CARDREMOVE: OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.219.2.3.1 The card was removed.
<ATN950>
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/CARD_DISABLE(1)[2]:Board 0 card 4 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[3]:Interface E1 0/4/0 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[4]:Interface E1 0/4/1 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[5]:Interface E1 0/4/2 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[6]:Interface E1 0/4/3 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[7]:Interface E1 0/4/4 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[8]:Interface E1 0/4/5 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[9]:Interface E1 0/4/6 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[10]:Interface E1 0/4/7 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[11]:Interface E1 0/4/8 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[12]:Interface E1 0/4/9 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[13]:Interface E1 0/4/10 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[14]:Interface E1 0/4/11 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[15]:Interface E1 0/4/12 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[16]:Interface E1 0/4/13 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[17]:Interface E1 0/4/14 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[18]:Interface E1 0/4/15 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[19]:Interface Serial0/4/0:1 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[20]:Interface Serial0/4/0:2 has been unavailable.
<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-28 06:17:18 The subcard was removed.[PIC 0/4]
-----
<ATN950>
<ATN950>display device
ATN950's Device status:

```

Figura 41: Tabla vía CLI de tarjeta PIC ATN950.

Fuente: Elaboración propia.

```

Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[19]:Interface Serial0/4/0:1 has been unavailable.
Nov 28 2012 06:17:18 ATN950 %01IFNET/4/IF_DISABLE(1)[20]:Interface Serial0/4/0:2 has been unavailable.
<ATN950>
<ATN950>dis alarm all
-----
Index Level      Date      Time      Info
-----
1      Major      12-11-28 06:17:18 The subcard was removed.[PIC 0/4]
-----
<ATN950>
<ATN950>display device
ATN950's Device status:
Slot #  Type      Online    Register   Status     Primary
-----
1      PIC         Present   Registered Normal      NA
4      PIC         Present   Registered Normal      NA
7      CXP         Present   Registered Normal      Slave
8      CXP         Present   Registered Normal      Slave
9      PWR         Present   Registered Normal      NA
10     PWR         Present   Registered Normal      NA
11     FAN         Present   Registered Normal      NA
<ATN950>
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 SRM_ENTITY/4/CARDINVALIDRESUME: OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.219.2.3.6 The card recovered from to
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 SRM_ENTITY/4/CARDINSERT: OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.219.2.3.2 The card was installed. (EntityTyp
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/CARD_ENABLE(1)[21]:Board 0 card 4 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[22]:Interface E1 0/4/0 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[23]:Interface E1 0/4/1 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[24]:Interface E1 0/4/2 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[25]:Interface E1 0/4/3 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[26]:Interface E1 0/4/4 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[27]:Interface E1 0/4/5 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[28]:Interface E1 0/4/6 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[29]:Interface E1 0/4/7 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[30]:Interface E1 0/4/8 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[31]:Interface E1 0/4/9 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[32]:Interface E1 0/4/10 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[33]:Interface E1 0/4/11 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[34]:Interface E1 0/4/12 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[35]:Interface E1 0/4/13 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[36]:Interface E1 0/4/14 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[37]:Interface E1 0/4/15 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[38]:Interface Serial0/4/0:1 has been available.
Nov 28 2012 06:18:45 ATN950 %01IFNET/4/IF_ENABLE(1)[39]:Interface Serial0/4/0:2 has been available.
Nov 28 2012 06:18:46 ATN950 %01ITAD/4/IFDOWN(1)[40]:Owing to the alarm message(s), E1 0/4/0 went Down. (AlarmType=los)"
Nov 28 2012 06:18:46 ATN950 %01ITAD/4/IFDOWN(1)[41]:Owing to the alarm message(s), E1 0/4/1 went Down. (AlarmType=los)"
<ATN950>
<ATN950>
<ATN950>
<ATN950>
<ATN950>
<ATN950>

```

Figura 42: Continuación de la tabla de la tarjeta PIC ATN950. Fuente: Elaboración propia.

```

<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>dis dev
ATN950B's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        PIC    Present Registered Normal  NA
5        PIC    Present Registered Normal  NA
7        CXPB   Present NA       Normal Master
8        CXPB   Present Registered Normal Slave
9        PWR    Present Registered Normal  NA
10       PWR    Present Registered Normal  NA
11       FAN    Present Registered Normal  NA

<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>dis dev
ATN950B's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        PIC    Present Registered Normal  NA
5        PIC    Present Registered Normal  NA
7        CXPB   Present NA       Normal Master
8        CXPB   Present Registered Normal Slave
9        PWR    Present Registered Normal  NA
10       PWR    Present Registered Normal  NA
11       FAN    Present Registered Normal  NA

<ATN950B>
<ATN950B>dis dev
ATN950B's Device status:
Slot #   Type   Online Register Status Primary
-----
2        PIC    Present Registered Normal  NA
5        PIC    Present Registered Normal  NA
7        CXPB   Present NA       Normal Master
8        CXPB   Present Registered Normal Slave
9        PWR    Present Registered Normal  NA
10       PWR    Present Registered Normal  NA
11       FAN    Present Registered Normal  NA

<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>

```

Figura 43: Tabla vía CLI de tarjeta PIC ATN950B.

Fuente: Elaboración propia.

5) Prueba de reinicio de los equipos ATN.

Para chequear el correcto reinicio de los equipos, se verifican las capturas de pantalla realizadas en la interfaz de línea de comandos donde se aparecen todos los módulos registrados y los módulos por registrar en los equipos luego de pasar por la etapa de reinicio, garantizando así el cumplimiento de esta prueba.

En la Figura 44 se visualiza el dispositivo ATN950B, en la Figura 45 el ATN950 y por último se muestra en la figura 46 el ATN910.

```

Login authentication
Password:
<ATN950B>
<ATN950B>sys
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[ATN950B]
[ATN950B]
[ATN950B]
[ATN950B]
[ATN950B]dis dev
[ATN950B]dis device
ATN950B's Device status:
slot #   Type      Online   Register   Status     Primary
-----
1        PIC        Present Registered Normal    NA
2        PIC        Present Unregistered Abnormal  NA
5        PIC        Present Unregistered Abnormal  NA
7        CXPB      Present NA       Normal    Master
8        CXPB      Present Registered Normal    Slave
9        PWR        Present Registered Normal    NA
10       PWR        Present Registered Normal    NA
11       FAN        Present Registered Normal    NA
[ATN950B]
[ATN950B]
[ATN950B]
[ATN950B]

```

Figura 44: Vista vía CLI prueba de reinicio de ATN950B.

Fuente: Elaboración propia.

```

<ATN950>
Nov 29 2012 02:58:58 ATN950 %%010SPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[3]:Neighbor changes event: neighbor status changed. (ProcessId
Nov 29 2012 02:58:58 ATN950 %%010SPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[4]:Neighbor changes event: neighbor status changed. (ProcessId
<ATN950>
Nov 29 2012 02:59:03 ATN950 %%010SPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[5]:Neighbor changes event: neighbor status changed. (ProcessId
Nov 29 2012 02:59:03 ATN950 %%010SPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[6]:Neighbor changes event: neighbor status changed. (ProcessId
Nov 29 2012 02:59:03 ATN950 %%010SPF/4/NBR_CHANGE_E(1)[7]:Neighbor changes event: neighbor status changed. (ProcessId
Nov 29 2012 02:59:03 ATN950 %%011FNET/4/LINK_STATE(1)[8]:The line protocol IP on the interface Tunnel0/0/1 has entered
<ATN950>
<ATN950>
Nov 29 2012 02:59:14 ATN950 %%01BFD/4/STACHG_TOUP(1)[9]:BFD session changed to up. (SlotNumber=0, Discriminator=261,
<ATN950>
<ATN950>
Warning: There is a risk on the user-interface which you login through. Please change the configuration of the user-i
Info: The max number of VTY users is 10, and the number
of current VTY users on line is 1.
The current login time is 2012-11-29 03:03:03+00:00.
<ATN950>
<ATN950>dis dev
ATN950's Device status:
slot #   Type      Online   Register   Status     Primary
-----
1        PIC        Present Registered Normal    NA
4        PIC        Present Unregistered Abnormal  NA
7        CXP      Present NA       Normal    Master
8        CXP      Present Registered Normal    Slave
9        PWR      Present Registered Normal    NA
10       PWR      Present Registered Normal    NA
11       FAN      Present Registered Normal    NA
<ATN950>dis dev
ATN950's Device status:
slot #   Type      Online   Register   Status     Primary
-----
1        PIC        Present Registered Normal    NA
4        PIC        Present Registered Normal    NA
7        CXP      Present NA       Normal    Master
8        CXP      Present Registered Normal    Slave
9        PWR      Present Registered Normal    NA
10       PWR      Present Registered Normal    NA
11       FAN      Present Registered Normal    NA
<ATN950>dis dev
ATN950's Device status:
slot #   Type      Online   Register   Status     Primary
-----
1        PIC        Present Registered Normal    NA
4        PIC        Present Registered Normal    NA
7        CXP      Present NA       Normal    Master
8        CXP      Present Registered Normal    Slave
9        PWR      Present Registered Normal    NA
10       PWR      Present Registered Normal    NA
11       FAN      Present Registered Normal    NA
<ATN950>

```

Figura 45: Vista vía CLI prueba de reinicio del ATN950.

Fuente: Elaboración propia.

```

<ATN910>
<ATN910>dis dev
<ATN910>dis device
ATN910's Device status:
Slot #   Type   Online   Register   Status   Primary
-----
2        CXP    Present  NA         Normal   Master
3        PIC    Present  Registered Normal    NA
4        PIC    Present  Registered Normal    NA
5        PWR    Present  Registered Normal    NA
6        FAN    Present  Registered Normal    NA
<ATN910>
<ATN910>re
<ATN910>reset
<ATN910>refresh
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>

```

Figura 46: Vista vía CLI prueba reinicio del ATN910.

Fuente: Elaboración propia.

IV.1.2 Pruebas Lógicas

La siguiente sección presenta los resultados de las catorce pruebas lógicas aplicada a los equipos ATN de HUAWEI.

1) Pruebas de convergencia rápida de OSPF (*Open Shortest Path First*).

La verificación del correcto funcionamiento del protocolo OSPF en los equipos ATN de Huawei, se visualiza mediante el tiempo de convergencia capturado desde el equipo de medición *smartbits*, luego de haber desconectado el enlace principal. OSPF se ve en la necesidad de buscar otra ruta alterna y lo que se mide es el tiempo que tarda en conmutar a una ruta secundaria.

Para cumplir con los parámetros requeridos por la Empresa CANTV el tiempo de convergencia debe tener un valor cercano a 50ms, en la Figura 47 se presenta el resultado de esta prueba donde se percibe que el tiempo de conmutación entre enlaces tiende a un valor aproximado de 55ms. Esto quiere decir que los dispositivos en esta prueba, satisfacen los parámetros esperados.

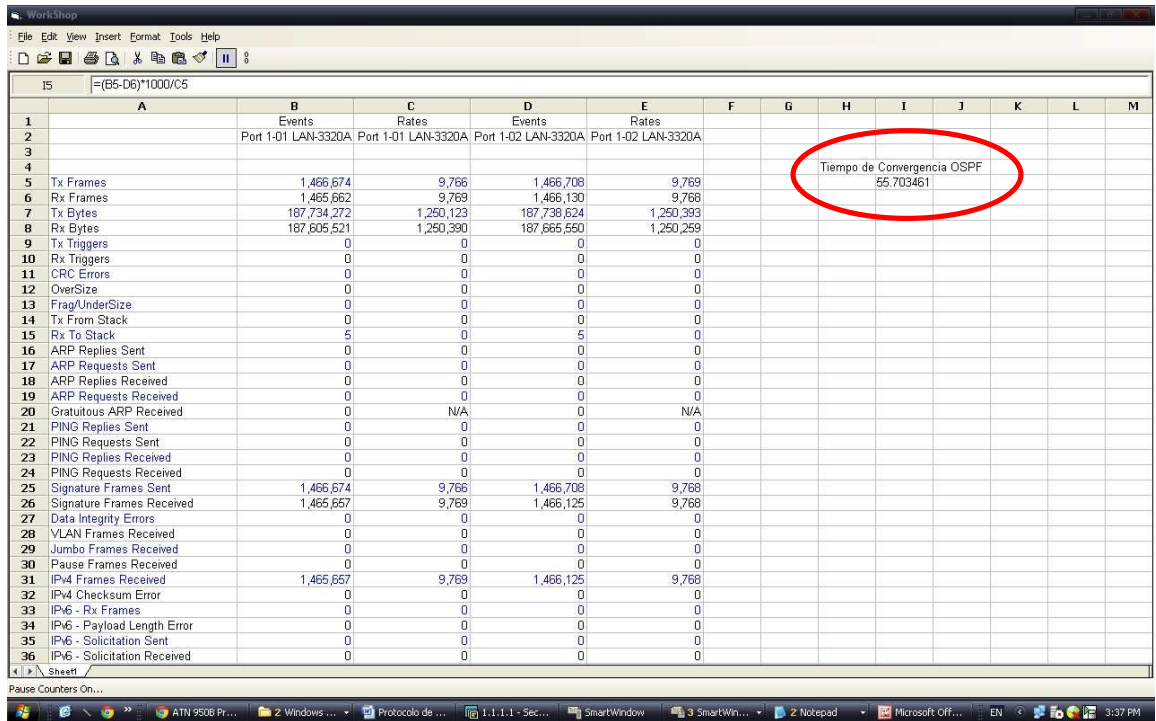


Figura 47: Captura de pantalla en el Smartbits mostrando un tiempo de convergencia de 55mseg.

Fuente: Elaboración propia.

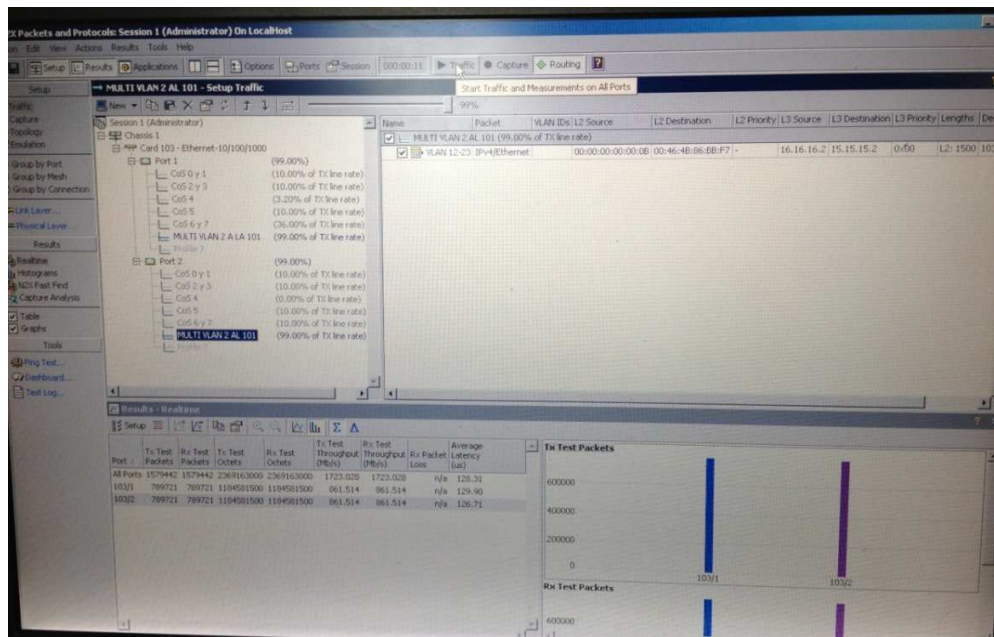


Figura 48: Captura de pantalla en el N2X mostrando los paquetes enviados y recibidos.

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados de las pruebas de servicios como: el funcionamiento de VLL, VPLS, y HVPLS, lo que garantiza el correcto funcionamiento de los equipos frente a topologías diseñadas, es que el tiempo de conmutación de cada uno de los servicios configurados esté entre los parámetros solicitados por la Empresa CANTV. La convergencia se mide luego de interrumpir un enlace con servicios operativos, el tiempo que tarda el enlace redundante en tomar el control de los servicios configurados es el tiempo que necesitamos comparar con los requerimientos establecidos previamente.

Para un servicio VLL el tiempo de convergencia requerido es de 50ms, los servicios VPLS bien sea en área única o VPLS en 2 áreas el tiempo de conmutación que exige CANTV oscila entre un rango menor o igual a 150 y 200ms. Finalmente el servicio HVPLS se rige por los mismos parámetros que los servicios VPLS.

2) Prueba de una VLL Martini (utilizando LDP).

En la Figura 49 se presenta el tiempo de conmutación utilizando un servicio VLL, el resultado presentado es de 43 ms aproximadamente, lo que significa que cumple con los parámetros requeridos.

3) Prueba de una VPLS Martini (utilizando LDP).

El tiempo de convergencia en el servicio VPLS área única, es de 47ms; describiendo un tiempo optimo ya que lo exigido por la Empresa debe ser menor o igual a los 150ms. Véase Figura 50.

4) Prueba de VPLS entre dos áreas OSPF.

El resultado de este escenario se presenta en la Figura 51, al registrar un tiempo aproximado de 79 ms se garantiza el correcto funcionamiento del escenario descrito anteriormente.

5) Prueba de una H-VPLS Martini (utilizando LDP).

En la prueba de HVPLS, luego de tumbar el enlace principal y medir el tiempo de convergencia del servicio al enlace secundario; el resultado fue de aproximadamente 131ms.

Al interpretar esta cifra lo que se puede decir es que se está cumpliendo el objetivo de la prueba, ya que el tiempo permitido para la conmutación de los enlaces sin afectar los servicios prestados debe ser menor o igual a 150 ms; un tiempo mayor al resultante en esta prueba.

The screenshot shows a network device's performance counter table. A red circle highlights the cell containing the text 'Tiempo de Convergencia VLL Martini' and the value '43.801822'.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Events	Rates	Events	Rates								
		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A								
5	Tx Frames	559,640	9,769	0	0								
6	Rx Frames	7	0	555,361	9,769								
7	Tx Bytes	71,633,930	1,250,394	0	0								
8	Rx Bytes	1,932	0	71,087,279	1,250,389								
9	Tx Triggers	0	0	0	0								
10	Rx Triggers	0	0	0	0								
11	CRC Errors	0	0	0	0								
12	OverSize	0	0	0	0								
13	Frag/UnderSize	0	0	0	0								
14	Tx From Stack	0	0	0	0								
15	Rx To Stack	7	0	7	0								
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0								
17	ARP Requests Sent	0	0	0	0								
18	ARP Replies Received	0	0	0	0								
19	ARP Requests Received	0	0	0	0								
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A								
21	PING Replies Sent	0	0	0	0								
22	PING Requests Sent	0	0	0	0								
23	PING Replies Received	0	0	0	0								
24	PING Requests Received	0	0	0	0								
25	Signature Frames Sent	559,640	9,769	0	0								
26	Signature Frames Received	0	0	555,364	9,769								
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0								
28	VLAN Frames Received	0	0	555,364	9,769								
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0								
30	Pause Frames Received	0	0	0	0								
31	IPv4 Frames Received	0	0	555,364	9,769								
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0								
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0								
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0								
35	IPv6 - Solicitation Sent	0	0	0	0								
36	IPv6 - Solicitation Received	0	0	0	0								

Figura 49: Tiempo de convergencia de la prueba VLL.

Fuente: Elaboración propia.

G7											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Events	Rates	Events	Rates						
2		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A						
3											
4											
5	Tx Frames	381,919	9,769	382,896	9,768						
6	Rx Frames	379,785	9,769	381,343	9,768						
7	Tx Bytes	48,885,632	1,250,394	49,010,688	1,250,325						
8	Rx Bytes	48,612,628	1,250,395	48,812,057	1,250,325						
9	Tx Triggers	0	0	0	0						
10	Rx Triggers	0	0	0	0						
11	CRC Errors	0	0	0	0						
12	OverSize	0	0	0	0						
13	Frag/UnderSize	0	0	0	0						
14	Tx From Stack	0	0	0	0						
15	Rx To Stack	1	0	1	0						
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0						
17	ARP Requests Sent	0	0	0	0						
18	ARP Replies Received	0	0	0	0						
19	ARP Requests Received	0	0	0	0						
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A						
21	PING Replies Sent	0	0	0	0						
22	PING Requests Sent	0	0	0	0						
23	PING Replies Received	0	0	0	0						
24	PING Requests Received	0	0	0	0						
25	Signature Frames Sent	381,919	9,768	382,896	9,768						
26	Signature Frames Received	379,784	9,769	381,342	9,768						
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0						
28	VLAN Frames Received	379,784	9,769	381,342	9,768						
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0						
30	Pause Frames Received	0	0	0	0						
31	IPv4 Frames Received	379,784	9,769	381,342	9,768						
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0						
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0						
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0						
35	IPv6 - Solicitation Sent	0	0	0	0						
36	IPv6 - Solicitation Received	0	0	0	0						

Figura 50: Tiempo de convergencia de la prueba VPLS.

Fuente: Elaboración propia.

G7											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Events	Rates	Events	Rates						
2		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A						
3											
4											
5	Tx Frames	1,019,329	9,769	1,017,962	9,769						
6	Rx Frames	1,017,947	9,769	1,018,352	9,769						
7	Tx Bytes	130,474,112	1,250,260	130,299,136	1,250,394						
8	Rx Bytes	130,297,808	1,250,394	130,350,180	1,250,394						
9	Tx Triggers	0	0	0	0						
10	Rx Triggers	0	0	0	0						
11	CRC Errors	0	0	0	0						
12	OverSize	0	0	0	0						
13	Frag/UnderSize	0	0	0	0						
14	Tx From Stack	0	0	0	0						
15	Rx To Stack	4	0	4	0						
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0						
17	ARP Requests Sent	0	0	0	0						
18	ARP Replies Received	0	0	0	0						
19	ARP Requests Received	0	0	0	0						
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A						
21	PING Replies Sent	0	0	0	0						
22	PING Requests Sent	0	0	0	0						
23	PING Replies Received	0	0	0	0						
24	PING Requests Received	0	0	0	0						
25	Signature Frames Sent	1,019,329	9,768	1,017,962	9,769						
26	Signature Frames Received	1,017,943	9,769	1,018,352	9,769						
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0						
28	VLAN Frames Received	1,017,943	9,769	1,018,352	9,769						
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0						
30	Pause Frames Received	0	0	0	0						
31	IPv4 Frames Received	1,017,943	9,769	1,018,352	9,769						
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0						
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0						
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0						
35	IPv6 - Solicitation Sent	0	0	0	0						
36	IPv6 - Solicitation Received	0	0	0	0						

Figura 51: Tiempo de convergencia de la prueba VPLS entre 2 áreas.

Fuente: Elaboración propia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Events	Rates	Events	Rates								
		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A								
1													
2													
3													
4													
5	Tx Frames	348,798	9,769	347,430	9,769								
6	Rx Frames	347,254	9,769	347,193	9,769								
7	Tx Bytes	44,648,144	1,250,394	44,471,040	1,250,395								
8	Rx Bytes	44,448,660	1,250,394	44,440,985	1,250,395								
9	Tx Triggers	0	0	0	0								
10	Rx Triggers	0	0	0	0								
11	CRC Errors	0	0	0	0								
12	OverSize	0	0	0	0								
13	FragUnderSize	0	0	0	0								
14	Tx From Stack	0	0	0	0								
15	Rx To Stack	1	0	1	0								
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0								
17	ARP Requests Sent	0	0	0	0								
18	ARP Replies Received	0	0	0	0								
19	ARP Requests Received	0	0	0	0								
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A								
21	PING Replies Sent	0	0	0	0								
22	PING Requests Sent	0	0	0	0								
23	PING Replies Received	0	0	0	0								
24	PING Requests Received	0	0	0	0								
25	Signature Frames Sent	348,798	9,769	347,430	9,769								
26	Signature Frames Received	347,253	9,769	347,193	9,769								
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0								
28	VLAN Frames Received	347,253	9,769	347,193	9,769								
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0								
30	Pause Frames Received	0	0	0	0								
31	IPv4 Frames Received	347,253	9,769	347,193	9,769								
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0								
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0								
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0								
35	IPv6 - Solicitation Sent	0	0	0	0								
36	IPv6 - Solicitation Received	0	0	0	0								

Figura 52: Tiempo de convergencia de la prueba HVPLS.

Fuente: Elaboración propia.

6) Prueba de LAG-LACP contra la red METROETHERNET de CANTV.

Esta prueba fue efectuada con el equipo de medición N2X.

Un requerimiento por parte de CANTV para los equipos ATN de HUAWEI es que se haga la desconexión hilo por hilo de fibra, independientemente del elemento a utilizar (Acceso o Transporte), lo que se quiere verificar es que la red ME conmute y que el ATN también conmute, es decir que si se cae la transmisión en un puerto de los ATN y la recepción en la red ME no debe haber transmisión en la ME ni recepción en los ATN, sino que debe conmutar al otro puerto configurado en el LAG.

A continuación en la Figura 53 se muestra la configuración de la red ME en modo activo-activo y luego en la Figura 54 se presenta en modo activo-standby. En la Figura 55 y 56 se visualiza en la red METROETHERNET de CANTV como conmuta a un puerto configurado en el LAG todo el tráfico, cuando hay un corte en alguno de

los enlaces como se menciona en el párrafo anterior, finalmente en la Figura 57 y 58 se presenta el tiempo de convergencia de ambas configuraciones donde se puede observar que lo que lo máximo que se puede tarda en conmutar al otro enlace y en condiciones críticas es 2 segundos (2000ms), lo cual es un valor aceptable dentro de los parámetros exigidos por CANTV .

```

      qos 500
      exit
      exit
      no shutdown
-----
*B:ESS3>config>service>vpls#
*B:ESS3>config>service>vpls#
*B:ESS3>config>service>vpls#
-----

*B:ESS3# show lag 67 detail
=====
LAG Details
=====
Description      : LAG LACP Pruebas SW ATN Huawei
-----
Details
-----
Lag-id           : 67                Mode           : access
Adm              : up                Opr            : up
Thres. Exceeded Cnt : 38             Port Threshold  : 0
Thres. Last Cleared : 11/28/2012 14:00:02 Threshold Action : down
Dynamic Cost      : false            Encap Type      : qinq
Configured Address : 00:03:fa:52:96:f3 Lag-IfIndex     : 1342177347
Hardware Address   : 00:03:fa:52:96:f3 Adapt Qos      : link
Hold-time Down    : 0.0 sec
LACP              : enabled          Mode            : active
LACP Transmit Intvl : fast           LACP xmit stdby : enabled
Selection Criteria : highest-count   Slave-to-partner : disabled
Number of sub-groups : 1           Forced          : -
System Id         : 00:03:fa:52:95:70 System Priority  : 32768
Admin Key         : 32788            Oper Key        : 32788
Prtr System Id    : 00:46:4b:73:42:57 Prtr System Priority : 32768
Prtr Oper Key     : 49
-----
Port-id   Adm   Act/Stdby Opr   Primary   Sub_group   Forced   Prio
-----
1/2/8     up    active   up    yes       1           -        32768
5/2/7     up    active   up    yes       1           -        32768
-----
Port-id   Role   Exp   Def   Dist   Col   Syn   Aggr   Timeout   Activity
-----
1/2/8     actor  No    No    Yes    Yes    Yes    Yes    Yes       Yes
1/2/8     partner No    No    Yes    Yes    Yes    Yes    Yes       Yes
5/2/7     actor  No    No    Yes    Yes    Yes    Yes    Yes       Yes
5/2/7     partner No    No    Yes    Yes    Yes    Yes    Yes       Yes
=====
*B:ESS3#
|

```

Figura 53: Configuración red ME activo-activo.

Fuente: Elaboración propia.

```

lacp-xmit-standby
no selection-criteria
no hold-time
access
    adapt-qos distribute
exit
no shutdown
-----
*B:ESS3>config>lag# exit
*B:ESS3# show lag 67 detail

```

LAG Details

Description : LAG LACP Pruebas SW ATN Huawei

Details

Lag-id	: 67	Mode	: access
Adm	: up	Opr	: up
Thres. Exceeded Cnt	: 17	Port Threshold	: 0
Thres. Last Cleared	: 11/22/2012 11:53:30	Threshold Action	: down
Dynamic Cost	: false	Encap Type	: qinq
Configured Address	: 00:03:fa:52:96:f3	Lag-IfIndex	: 1342177347
Hardware Address	: 00:03:fa:52:96:f3	Adapt Qos	: distribute
Hold-time Down	: 0.0 sec		
LACP	: enabled	Mode	: active
LACP Transmit Intvl	: fast	LACP xmit stbdy	: enabled
Selection Criteria	: highest-count	Slave-to-partner	: disabled
Number of sub-groups	: 2	Forced	: -
System Id	: 00:03:fa:52:95:70	System Priority	: 32768
Admin Key	: 32788	oper Key	: 32788
Prtr System Id	: 00:46:4b:73:42:57	Prtr System Priority	: 32768
Prtr Oper Key	: 49		

Port-id	Adm	Act/Stdbdy	Opr	Primary	Sub-group	Forced	Prio
1/2/8	up	active	up	yes	1	-	32768
5/2/7	up	standby	down	yes	2	-	32768

Port-id	Role	Exp	Def	Dist	Col	Syn	Aggr	Timeout	Activity
1/2/8	actor	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
1/2/8	partner	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
5/2/7	actor	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
5/2/7	partner	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes

```

*B:ESS3#
*B:ESS3#
*B:ESS3#
*B:ESS3#

```

Figura 54: Configuración red ME activo-standby. Fuente: Elaboración propia.

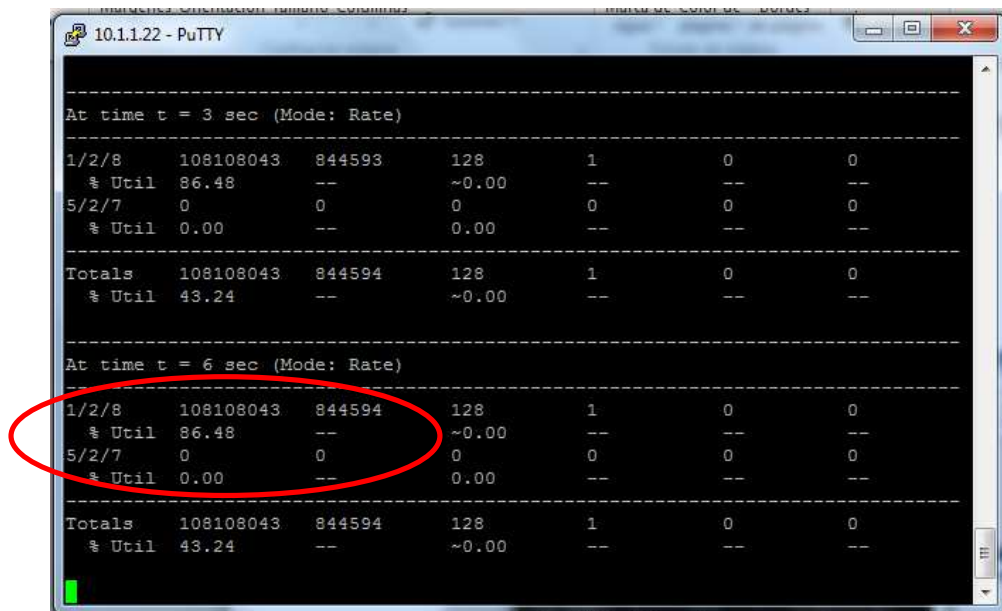


Figura 55: Tráfico total puerto 1/2/8. Fuente: Elaboración propia.

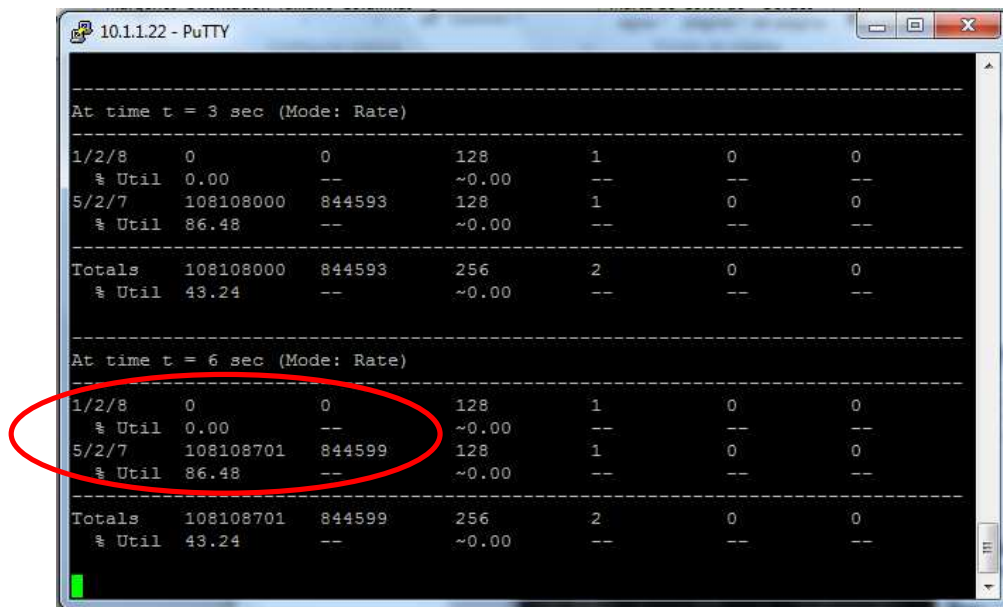


Figura 56: Tráfico total puerto 5/2/7

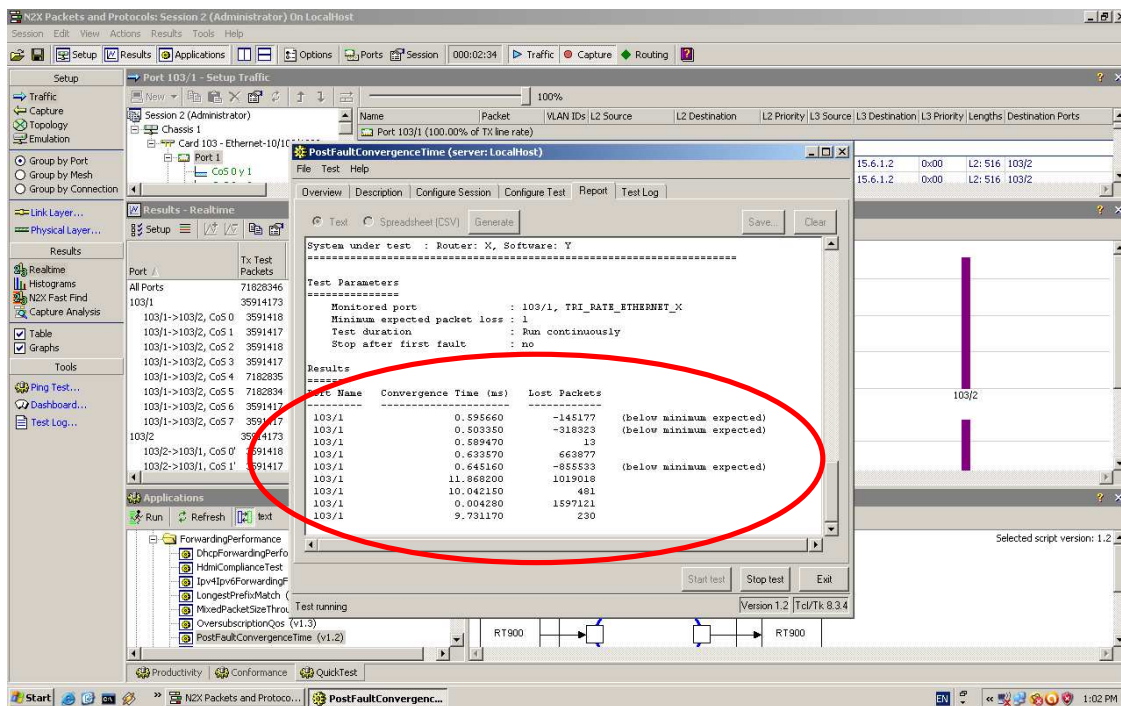


Figura 57: Tiempos de convergencia LAG activo-activo. Fuente: Elaboración propia.

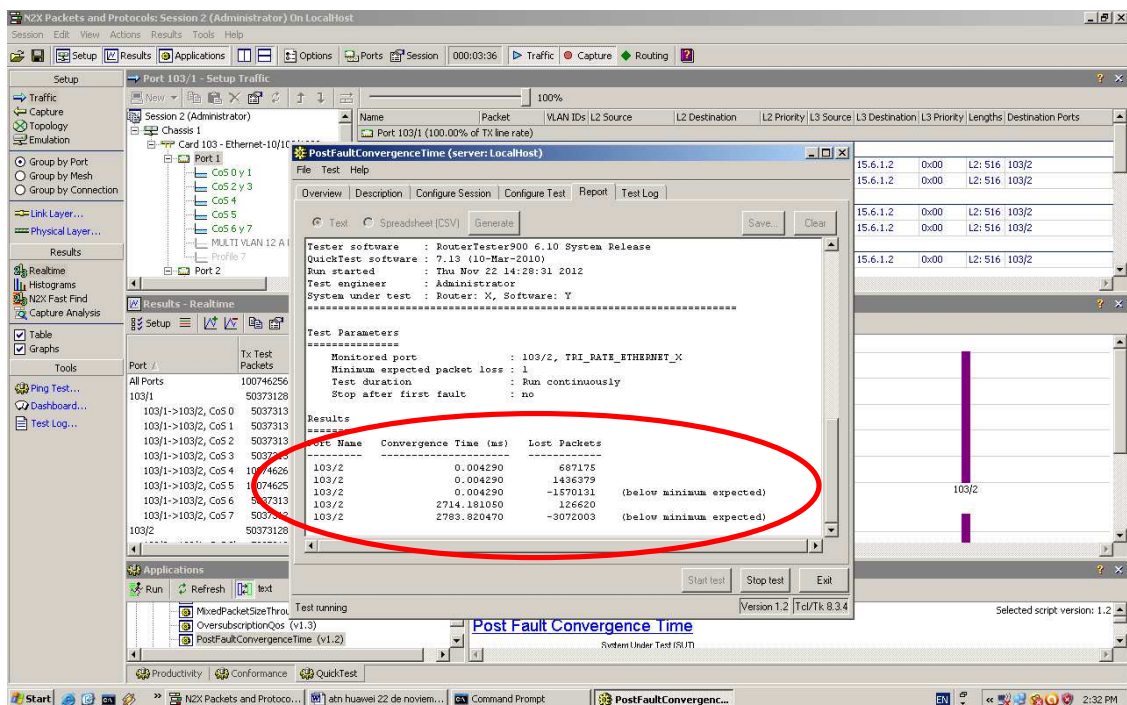


Figura 58: Tiempos de convergencia LAG activo-standby.

Fuente: Elaboración propia.

7) Prueba de RFC 2544.

La presentación de resultados en la prueba de *throughput* (rendimiento) es de la siguiente manera:

Eje x= tamaño de la trama. Eje y=la tasa de transmisión de las tramas.

En la Figura 59 y 60 se muestran los resultados de los distintos escenarios utilizados, donde podemos visualizar que el porcentaje de *throughput* (rendimiento) del equipo está alrededor del 100%, solo en las tramas más pequeñas es que pierden 1 o 2% y esto es debido a la carga útil que consigue el equipo para las tramas de esta longitud. Lo que significa es que los equipos pueden transmitir toda su capacidad ofrecida, los

valores dados se consideran entre los parámetros permitidos como totalmente aceptables.

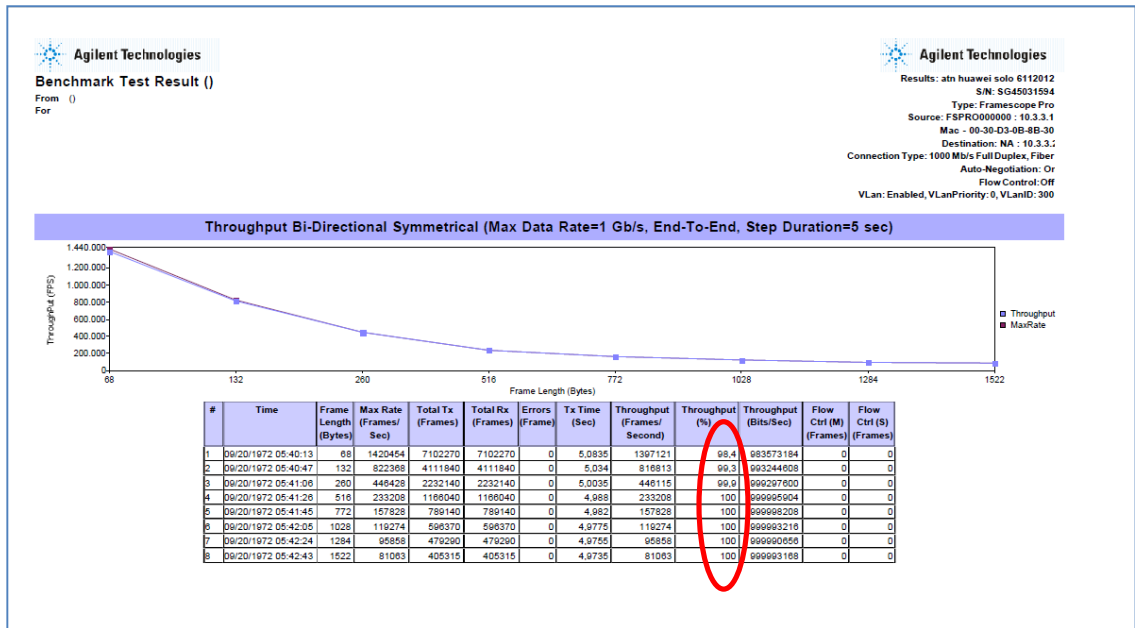


Figura 59: Prueba de throughput escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

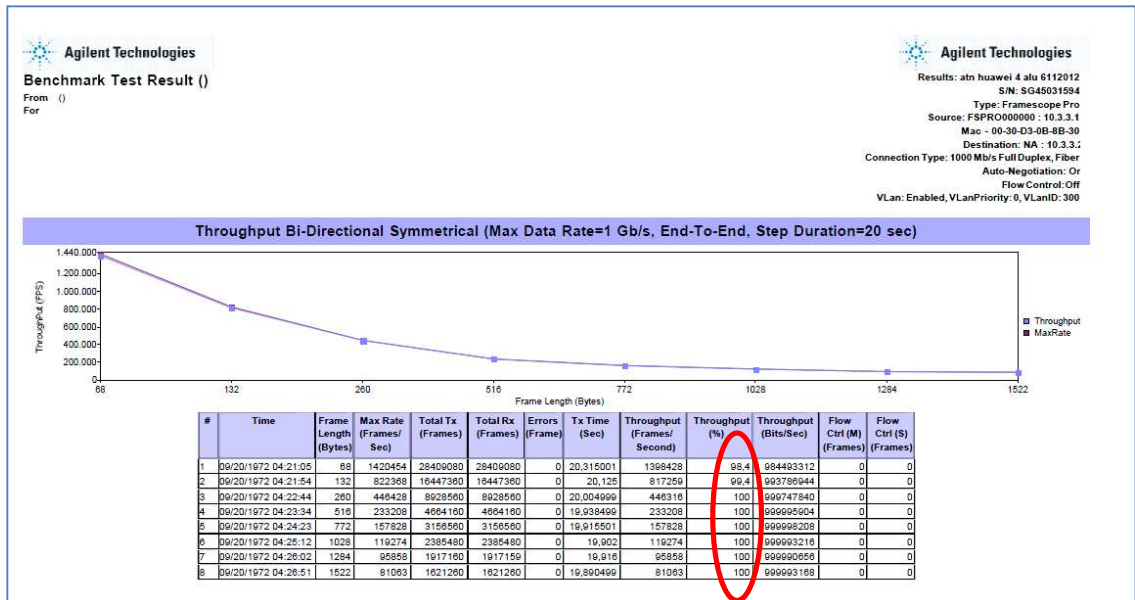


Figura 60: Prueba de throughput escenario 2. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de latencia del RFC2544 se presentan en las Figuras 61 (anillo HAUWEI), y 62 (anillo HUAWEI con la red ME CANTV). Donde se obtuvieron valores máximos de latencia de 0,13 ms para el escenario 1 y 0,2 ms para el escenario 2 en paquetes con tamaño de 1522 bytes, y una latencia mínima de 0,029 ms para el escenario 1 y de 0,051 para el escenario 2 ocurridas en paquetes de 68 bytes de longitud.

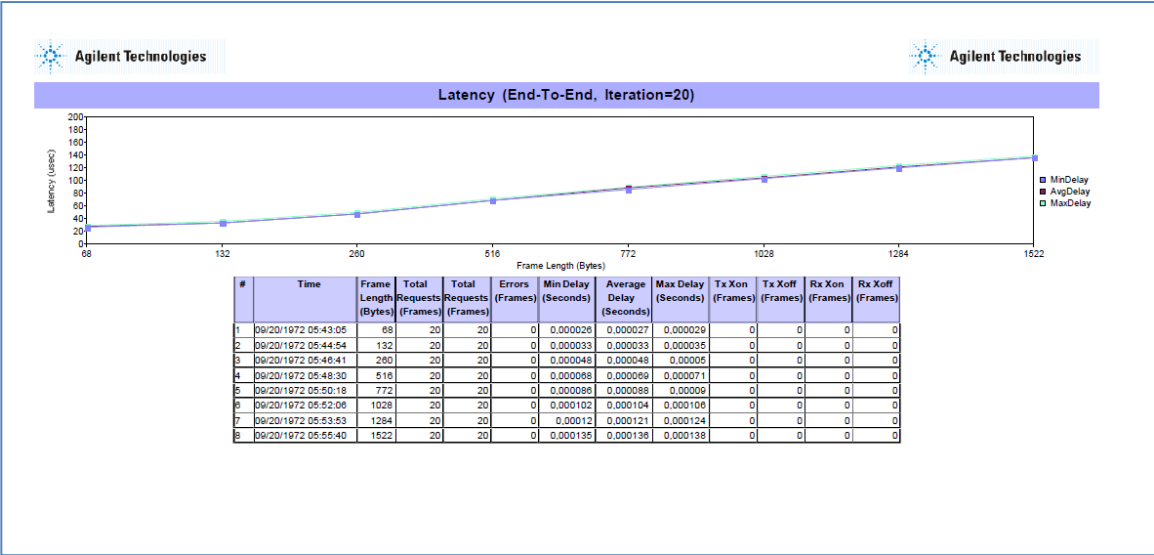


Figura 61: Prueba de latencia escenario 1.

Fuente: Elaboración propia.

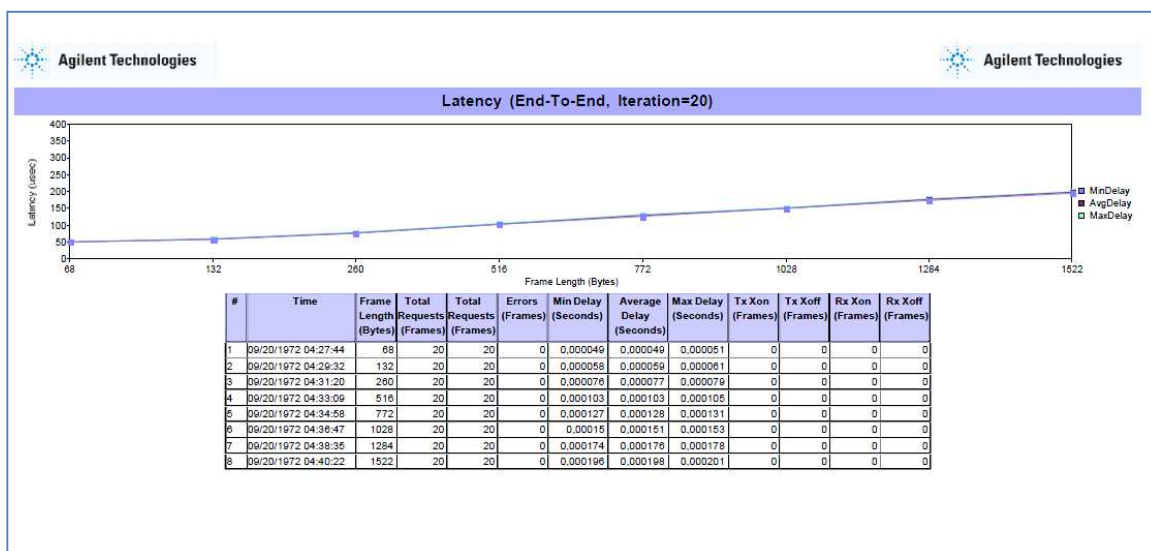


Figura 62: Prueba de latencia escenario 2.

Fuente: Elaboración propia.

La presentación de resultados de la prueba *frame loss rate* (tasa de tramas perdidas), se reporta de la siguiente manera: el eje de las X es la tasa de tramas de entrada, a un específico tamaño de trama. El eje de las Y es el porcentaje de pérdidas de tramas para una específica tasa de entrada.

Esta prueba es útil para conocer el comportamiento del DUT en una condición de sobrecarga de la red, como se comportaría el DUT frente a condiciones patológicas como por ejemplo tormentas de *broadcast* (*broadcast storms*).

En las Figuras 63, 64, 67 y 68 se muestra la grafica donde se verifica que no hay pérdida de tramas en la subida de ambos escenarios, en las Figuras 65, 66, 69 y 70 se visualizan las gráficas donde se verifica que no hay pérdida de tramas en la bajada de ambos escenario.

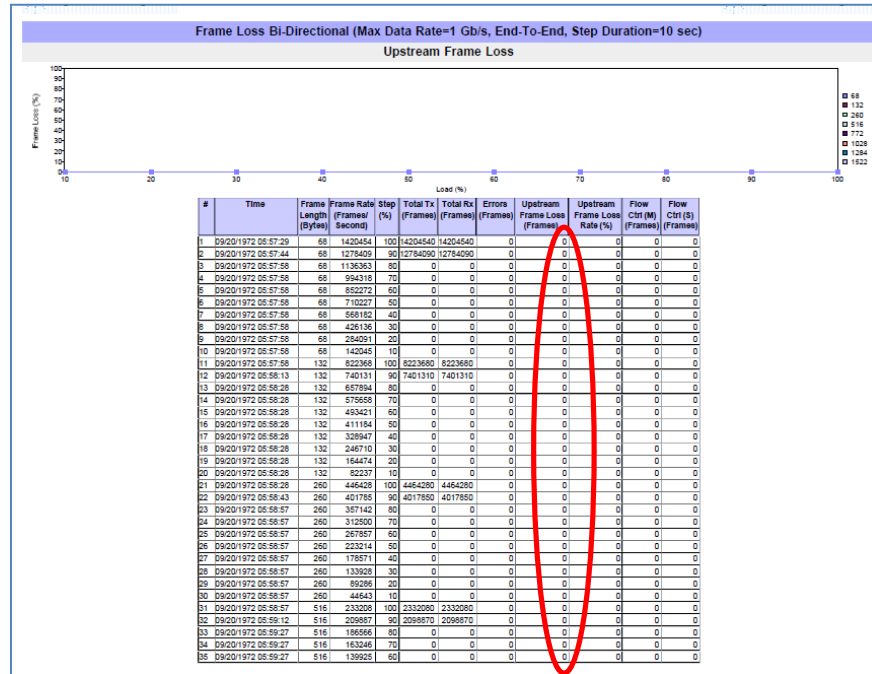


Figura 63: Prueba de frame loss en subida escenario 1 parte 1. Fuente: Elaboración propia.

#	Time	Frame Length (Bytes)	Frame Rate (Frames/Second)	Step (%)	Total Tx (Frames)	Total Rx (Frames)	Errors (Frames)	Upstream Frame Loss (Frames)	Upstream Frame Loss Rate (%)	Flow Ctrl (M) (Frames)	Flow Ctrl (S) (Frames)
36	09/20/1972 05:59:27	516	116604	50	0	0	0	0	0	0	0
37	09/20/1972 05:59:27	516	93283	40	0	0	0	0	0	0	0
38	09/20/1972 05:59:27	516	69962	30	0	0	0	0	0	0	0
39	09/20/1972 05:59:27	516	46642	20	0	0	0	0	0	0	0
40	09/20/1972 05:59:27	516	23321	10	0	0	0	0	0	0	0
41	09/20/1972 05:59:27	772	157828	100	157828	157828	0	0	0	0	0
42	09/20/1972 05:59:41	772	142045	90	142045	142045	0	0	0	0	0
43	09/20/1972 05:59:56	772	126262	80	0	0	0	0	0	0	0
44	09/20/1972 05:59:56	772	110480	70	0	0	0	0	0	0	0
45	09/20/1972 05:59:56	772	94697	60	0	0	0	0	0	0	0
46	09/20/1972 05:59:56	772	78914	50	0	0	0	0	0	0	0
47	09/20/1972 05:59:56	772	63131	40	0	0	0	0	0	0	0
48	09/20/1972 05:59:56	772	47348	30	0	0	0	0	0	0	0
49	09/20/1972 05:59:56	772	31565	20	0	0	0	0	0	0	0
50	09/20/1972 05:59:56	772	15763	10	0	0	0	0	0	0	0
51	09/20/1972 05:59:56	1028	119274	100	119274	119274	0	0	0	0	0
52	09/20/1972 06:00:11	1028	107347	90	107347	107347	0	0	0	0	0
53	09/20/1972 06:00:25	1028	95419	80	0	0	0	0	0	0	0
54	09/20/1972 06:00:25	1028	83492	70	0	0	0	0	0	0	0
55	09/20/1972 06:00:25	1028	71564	60	0	0	0	0	0	0	0
56	09/20/1972 06:00:25	1028	59637	50	0	0	0	0	0	0	0
57	09/20/1972 06:00:25	1028	47710	40	0	0	0	0	0	0	0
58	09/20/1972 06:00:25	1028	35782	30	0	0	0	0	0	0	0
59	09/20/1972 06:00:25	1028	23855	20	0	0	0	0	0	0	0
60	09/20/1972 06:00:25	1028	11927	10	0	0	0	0	0	0	0
61	09/20/1972 06:00:25	1284	95858	100	95858	95858	0	0	0	0	0
62	09/20/1972 06:00:40	1284	86272	90	86272	86272	0	0	0	0	0
63	09/20/1972 06:00:54	1284	76606	80	0	0	0	0	0	0	0
64	09/20/1972 06:00:54	1284	67101	70	0	0	0	0	0	0	0
65	09/20/1972 06:00:54	1284	57515	60	0	0	0	0	0	0	0
66	09/20/1972 06:00:54	1284	47929	50	0	0	0	0	0	0	0
67	09/20/1972 06:00:54	1284	38343	40	0	0	0	0	0	0	0
68	09/20/1972 06:00:54	1284	28757	30	0	0	0	0	0	0	0
69	09/20/1972 06:00:54	1284	19172	20	0	0	0	0	0	0	0
70	09/20/1972 06:00:54	1284	9586	10	0	0	0	0	0	0	0
71	09/20/1972 06:00:55	1522	81063	100	81063	81063	0	0	0	0	0
72	09/20/1972 06:01:09	1522	72957	90	72957	72957	0	0	0	0	0
73	09/20/1972 06:01:24	1522	64880	80	0	0	0	0	0	0	0
74	09/20/1972 06:01:24	1522	56744	70	0	0	0	0	0	0	0
75	09/20/1972 06:01:24	1522	48638	60	0	0	0	0	0	0	0
76	09/20/1972 06:01:24	1522	40532	50	0	0	0	0	0	0	0
77	09/20/1972 06:01:24	1522	32425	40	0	0	0	0	0	0	0
78	09/20/1972 06:01:24	1522	24319	30	0	0	0	0	0	0	0
79	09/20/1972 06:01:24	1522	16213	20	0	0	0	0	0	0	0
80	09/20/1972 06:01:24	1522	8106	10	0	0	0	0	0	0	0

Figura 64: Prueba de frame loss en subida escenario 1 parte 2. Fuente: Elaboración propia.

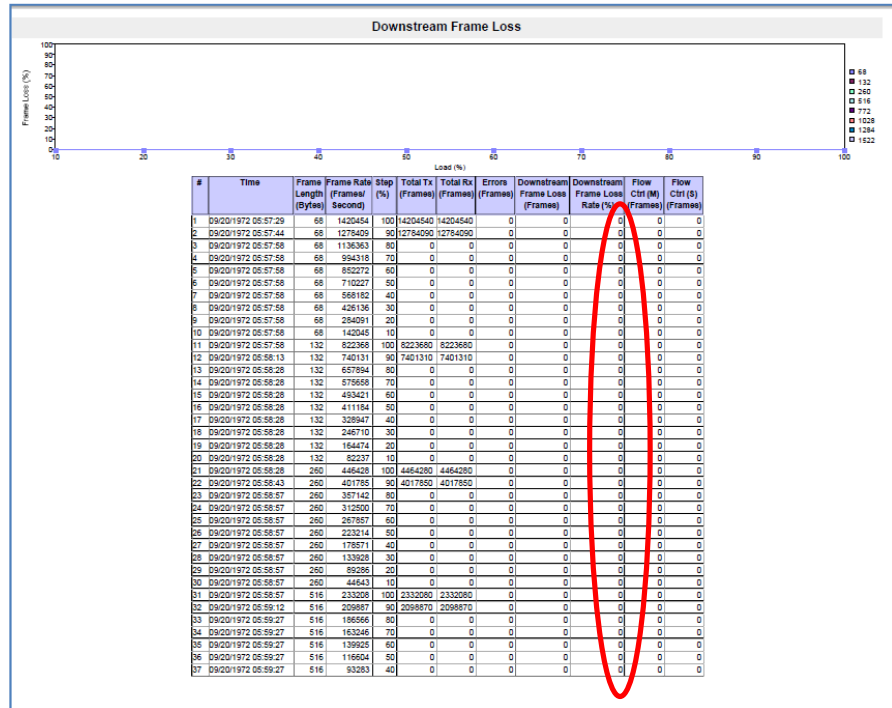


Figura 65: Prueba de frame loss en bajada escenario 1 parte 1. Fuente: Elaboración propia.

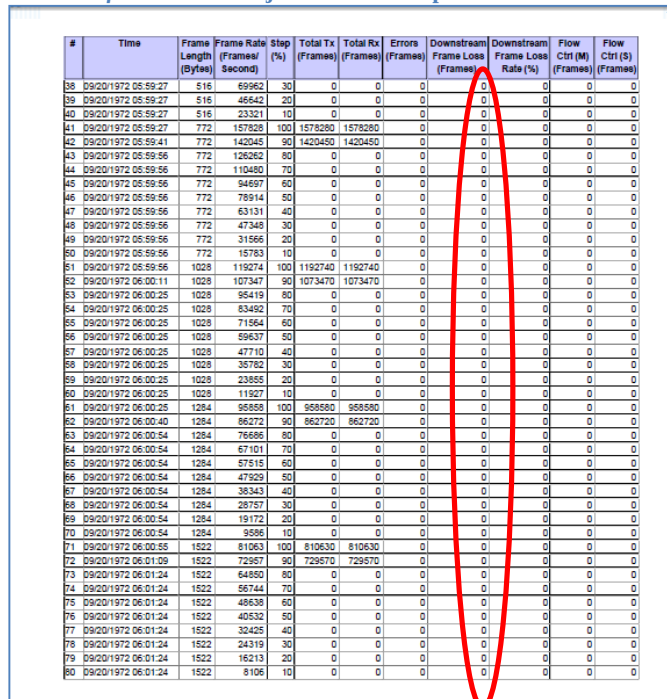


Figura 66: Prueba de frame loss en bajada escenario 1 parte 2. Fuente: Elaboración propia.

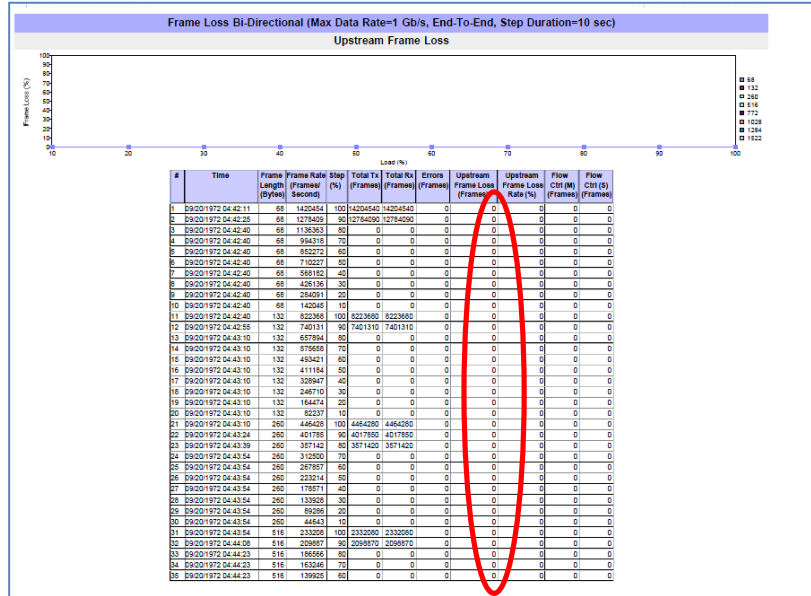


Figura 67: Prueba de *frame loss* en subida escenario 2 parte 1. Fuente: Elaboración propia.

#	Time	Frame Length (Bytes)	Frame Rate (Frames/Second)	Step (%)	Total Tx (Frames)	Total Rx (Frames)	Errors (Frames)	Upstream Frame Loss (Frames)	Upstream Frame Loss Rate (%)	Flow Ctrl (M) (Frames)	Flow Ctrl (S) (Frames)
36	D9201972 04:44:23	516	116604	50	0	0	0	0	0	0	0
37	D9201972 04:44:23	516	93253	40	0	0	0	0	0	0	0
38	D9201972 04:44:23	516	69962	30	0	0	0	0	0	0	0
39	D9201972 04:44:23	516	45642	20	0	0	0	0	0	0	0
40	D9201972 04:44:23	516	23321	10	0	0	0	0	0	0	0
41	D9201972 04:44:23	772	1578280	100	1578280	1578280	0	0	0	0	0
42	D9201972 04:44:38	772	1420450	90	1420450	1420450	0	0	0	0	0
43	D9201972 04:44:52	772	126262	80	0	0	0	0	0	0	0
44	D9201972 04:44:52	772	110480	70	0	0	0	0	0	0	0
45	D9201972 04:44:52	772	94697	60	0	0	0	0	0	0	0
46	D9201972 04:44:52	772	78914	50	0	0	0	0	0	0	0
47	D9201972 04:44:52	772	63131	40	0	0	0	0	0	0	0
48	D9201972 04:44:52	772	47349	30	0	0	0	0	0	0	0
49	D9201972 04:44:52	772	31566	20	0	0	0	0	0	0	0
50	D9201972 04:44:52	772	15783	10	0	0	0	0	0	0	0
51	D9201972 04:44:52	1028	1192740	100	1192740	1192740	0	0	0	0	0
52	D9201972 04:45:07	1028	1073470	90	1073470	1073470	0	0	0	0	0
53	D9201972 04:45:21	1028	95419	80	0	0	0	0	0	0	0
54	D9201972 04:45:21	1028	83492	70	0	0	0	0	0	0	0
55	D9201972 04:45:21	1028	71564	60	0	0	0	0	0	0	0
56	D9201972 04:45:21	1028	59637	50	0	0	0	0	0	0	0
57	D9201972 04:45:21	1028	47710	40	0	0	0	0	0	0	0
58	D9201972 04:45:21	1028	35782	30	0	0	0	0	0	0	0
59	D9201972 04:45:21	1028	23855	20	0	0	0	0	0	0	0
60	D9201972 04:45:21	1028	11927	10	0	0	0	0	0	0	0
61	D9201972 04:45:21	1284	958580	100	958580	958580	0	0	0	0	0
62	D9201972 04:45:36	1284	862720	90	862720	862720	0	0	0	0	0
63	D9201972 04:45:51	1284	76686	80	0	0	0	0	0	0	0
64	D9201972 04:45:51	1284	67101	70	0	0	0	0	0	0	0
65	D9201972 04:45:51	1284	57515	60	0	0	0	0	0	0	0
66	D9201972 04:45:51	1284	47929	50	0	0	0	0	0	0	0
67	D9201972 04:45:51	1284	38343	40	0	0	0	0	0	0	0
68	D9201972 04:45:51	1284	28757	30	0	0	0	0	0	0	0
69	D9201972 04:45:51	1284	19172	20	0	0	0	0	0	0	0
70	D9201972 04:45:51	1284	9586	10	0	0	0	0	0	0	0
71	D9201972 04:45:51	1522	810630	100	810630	810630	0	0	0	0	0
72	D9201972 04:46:05	1522	729570	90	729570	729570	0	0	0	0	0
73	D9201972 04:46:20	1522	64850	80	0	0	0	0	0	0	0
74	D9201972 04:46:20	1522	56744	70	0	0	0	0	0	0	0
75	D9201972 04:46:20	1522	48638	60	0	0	0	0	0	0	0
76	D9201972 04:46:20	1522	40532	50	0	0	0	0	0	0	0
77	D9201972 04:46:20	1522	32426	40	0	0	0	0	0	0	0
78	D9201972 04:46:20	1522	24319	30	0	0	0	0	0	0	0
79	D9201972 04:46:20	1522	16213	20	0	0	0	0	0	0	0
80	D9201972 04:46:20	1522	8106	10	0	0	0	0	0	0	0

Figura 68: Prueba de *frame loss* en subida escenario 2 parte 2. Fuente: Elaboración propia.

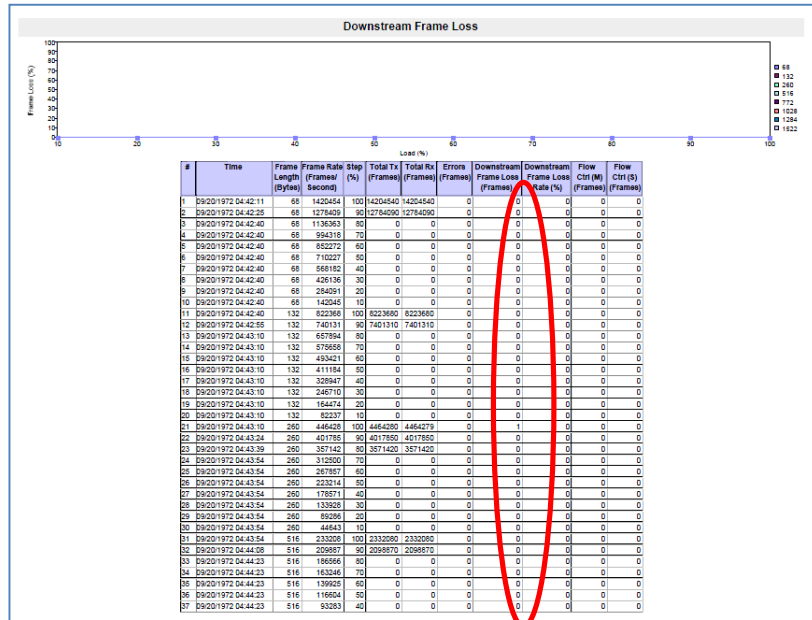


Figura 69: Prueba de *frame loss* en bajada escenario 2 parte 1. Fuente: Elaboración propia.

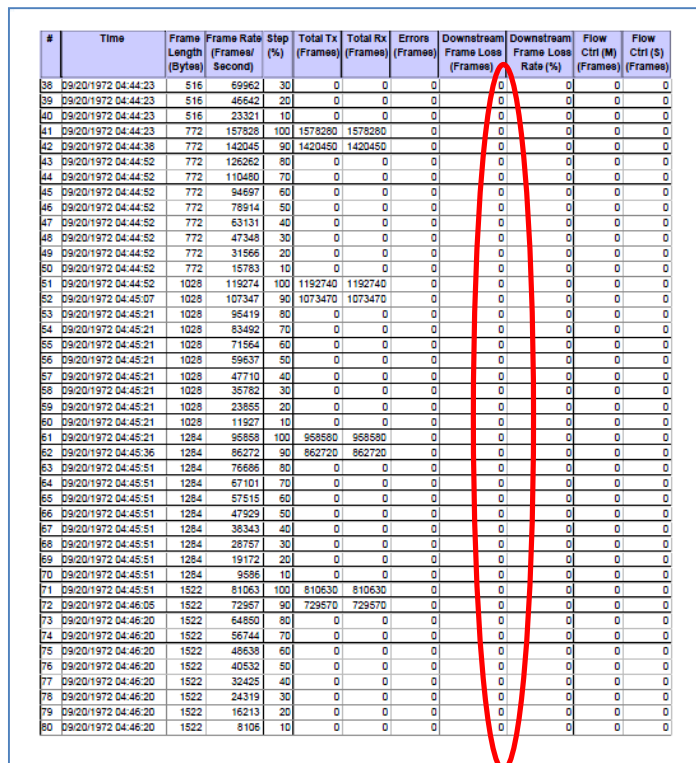


Figura 70: Prueba de *frame loss* en bajada escenario 2 parte 2. Fuente: Elaboración propia.

Para la última Prueba del RFC2544 llamada *back-to-back frames* se verifica en las Figuras 71 y 72 que no hubo errores en las tramas enviadas por el anillo de los equipos ATN de HUAWEI, y el mismo anillo conectado a la red ME de CANTV.

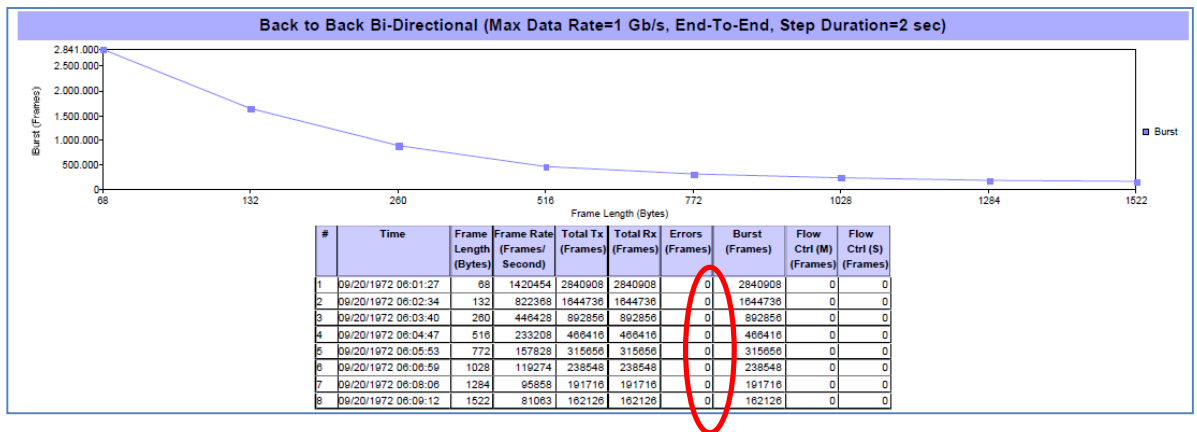


Figura 71: Prueba back-to-back escenario 1.

Fuente: Elaboración propia.

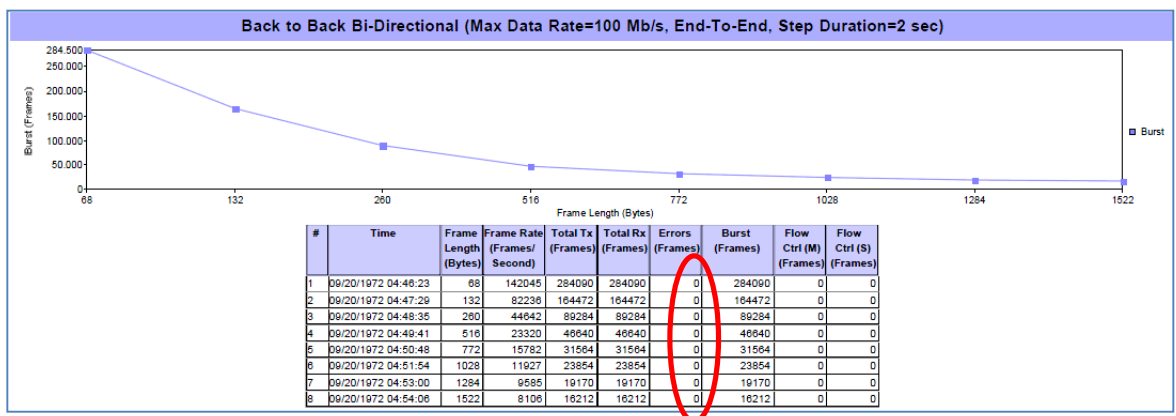


Figura 72: Prueba back-to-back escenario 2.

Fuente: Elaboración propia.

8) Prueba de balanceo de cargas contra la red METROETHERNET de CANTV (*Hashing*).

Es importante mencionar que aparte de probar Redundancia en el LAG configurado con activo-standby o activo-activo, se prueba también lo referente al balanceo de cargas independientemente sea en capa 2 o en capa 3 (Dirección MAC ó IP). La idea es que el equipo de acceso en caso es los ATN de Huawei, puedan distribuir el tráfico en ambas interfaces involucradas en el LAG, no es obligatorio que lo haga en 50-50% puede ser un 60-40% o 70-30%.

En las Figuras 73 y 74 presentamos la configuración de direcciones MAC origen y destino distintas, y direcciones IP origen y destino distintas para que el equipos pueda hacer el balanceo bien sea en capa 2 o en capa 3.

En la Figura 75: el puerto 1/2/8 tiene el 47.86 %, el puerto 5/2/7 tiene el 38.91% siendo el 86.47% el trafico total.

Con este resultado se verifica el balanceo de cargas.

En la Figura 76: el puerto 1/2/8 está apagado, es decir que el puerto 5/2/7 asume el porcentaje total de todo el tráfico. Y en la imagen 77: el puerto 5/2/7 está apagado, lo que quiere decir es que el puerto 1/2/8 asume el porcentaje total de todo el tráfico.

Finalmente en la Figura 78 al restablecer los enlaces queda balanceado de nuevo el flujo de tráfico, ya que su configuración final queda en activo-activo.

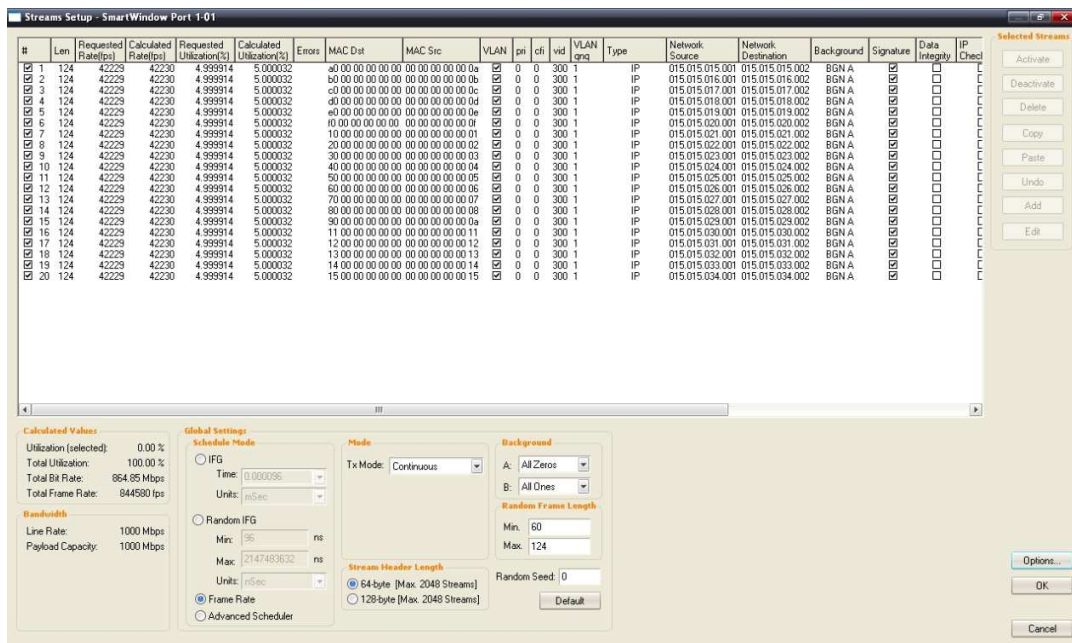


Figura 73: Prueba de *hashing* configuración de direcciones MAC distintas.

Fuente: Elaboración propia.

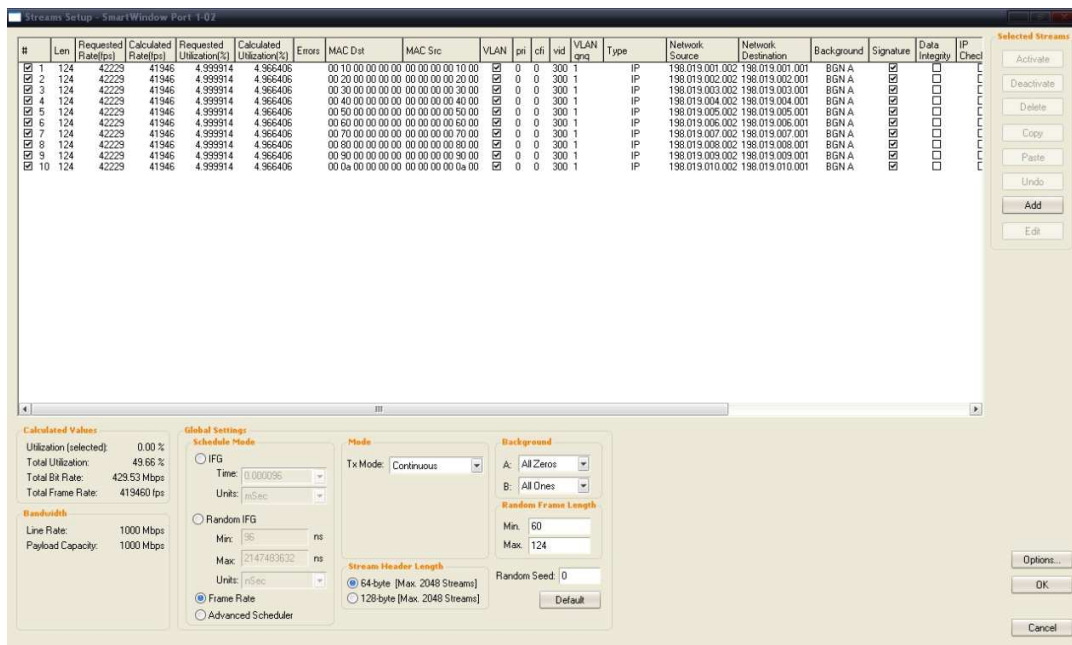


Figura 74: Prueba de *hashing* configuración de direcciones IP distintas. Fuente: Elaboración propia.

10.1.1.22 - PuTTY

```

-----
At time t = 3 sec (Mode: Rate)
-----
1/2/8      59459413    464528      128        1        0        0
% Util    47.56      --      ~0.00      --      --      --
5/2/7      48648715    380068      128        1        0        0
% Util    38.91      --      ~0.00      --      --      --
-----
Totals    108108128    844595      256        2        0        0
% Util    43.24      --      ~0.00      --      --      --
-----
At time t = 6 sec (Mode: Rate)
-----
1/2/8      59459456    464527      128        1        0        0
% Util    47.56      --      ~0.00      --      --      --
5/2/7      48649440    380074      128        1        0        0
% Util    38.91      --      ~0.00      --      --      --
-----
Totals    108108896    844601      256        2        0        0
% Util    43.24      --      ~0.00      --      --      --
-----

```

Figura 75: Balanceo de cargas.

Fuente: Elaboración propia.

10.1.1.22 - PuTTY

```

=====
Port-id   Input      Input      Output     Output     Input      Output
          Bytes    Packets    Bytes      Packets    Errors    Errors
=====
At time t = 0 sec (Base Statistics)
=====
1/2/8     1231155152* 9618391234 9341966387* 72984112488 44194      0
5/2/7     1644955639* 1276809381* 7956556319* 61319369690 33198      0
=====
Totals    1768071154* 1372993293* 1729852270* 1343034821* 77392      0
=====
At time t = 3 sec (Mode: Rate)
=====
1/2/8     0          0          0          0          0          0
% Util    0.00      --          0.00      --          --          --
5/2/7     108108000  844593     128        1          0          0
% Util    86.48      --      ~0.00      --          --          --
=====
Totals    108108000  844593     128        1          0          0
% Util    43.24      --      ~0.00      --          --          --
=====

```

Figura 76: Tráfico puerto 5/2/7.

Fuente: Elaboración propia.

10.1.1.22 - PuTTY

Port-id	Input Bytes	Input Packets	Output Bytes	Output Packets	Input Errors	Output Errors

At time t = 0 sec (Base Statistics)						
1/2/8	1231197143*	9618719285	9341966389*	72984112502	44194	0
5/2/7	1645348942*	1277116649*	7956556324*	61319369730	33198	0

Totals	1768468656*	1373303841*	1729852271*	1343034822*	77392	0

At time t = 3 sec (Mode: Rate)						
1/2/8	108107616	844590	128	1	0	0
% Util	86.48	--	~0.00	--	--	--
5/2/7	0	0	0	0	0	0
% Util	0.00	--	0.00	--	--	--

Totals	108107616	844590	128	1	0	0
% Util	43.24	--	~0.00	--	--	--

Figura 77: Tráfico puerto 1/2/8.

Fuente: Elaboración propia.

10.1.1.22 - PuTTY

At time t = 24 sec (Mode: Rate)						
1/2/8	59459371	464527	128	1	0	0
% Util	47.56	--	~0.00	--	--	--
5/2/7	48649184	380071	128	1	0	0
% Util	38.91	--	~0.00	--	--	--

Totals	108108555	844598	256	2	0	0
% Util	43.24	--	~0.00	--	--	--

At time t = 27 sec (Mode: Rate)						
1/2/8	59459456	464527	128	1	0	0
% Util	47.56	--	~0.00	--	--	--
5/2/7	48648971	380071	128	1	0	0
% Util	38.91	--	~0.00	--	--	--

Totals	108108427	844598	256	2	0	0
% Util	43.24	--	~0.00	--	--	--

Figura 78: Balanceo final.

Fuente: Elaboración propia.

9) Prueba de emulación de circuitos.

Para la comprobación del funcionamiento de la emulación de circuitos en los equipos ATN de HUAWEI se utilizaron E1 canalizados y no canalizados, se dejó corriendo cada prueba aproximadamente 48 horas. Se chequea que entre el E1 canalizado y no canalizado por la red ME de CANTV encapsulando los paquetes. Un E1 equivale a 2 megas, finalmente se verifica que no haya pérdidas y por ende que pasa el tráfico completo.

En la Figura 79 se presenta el resultado de la prueba de E1 no canalizado donde se puede ver que no hubo pérdidas en el envío de la información.

En las Figuras 80 y 81 se muestra la configuración de la prueba para E1 canalizado. Por último en la Figura 82 tenemos el resultado definitivo de dicha prueba donde luego de correr la prueba el tiempo determinado, el dispositivo de medición dice que la transmisión es “OK”, es decir que no hubo pérdida de datos al probar el funcionamiento de la emulación de circuitos al encapsular y viajar por la red de transporte ME de CANTV.

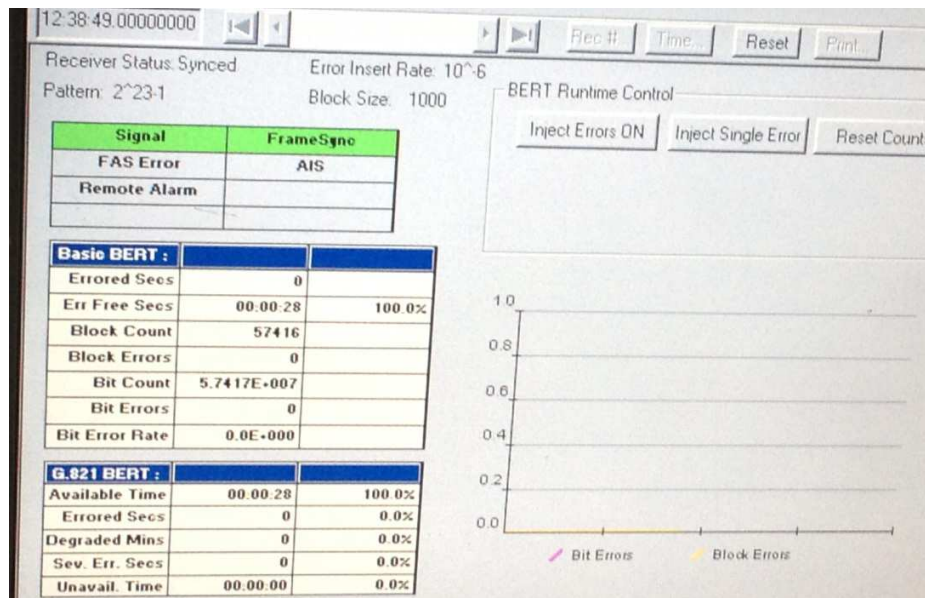


Figura 79: Pruebas CES resultado E1 no canalizado.

Fuente: Elaboración propia.

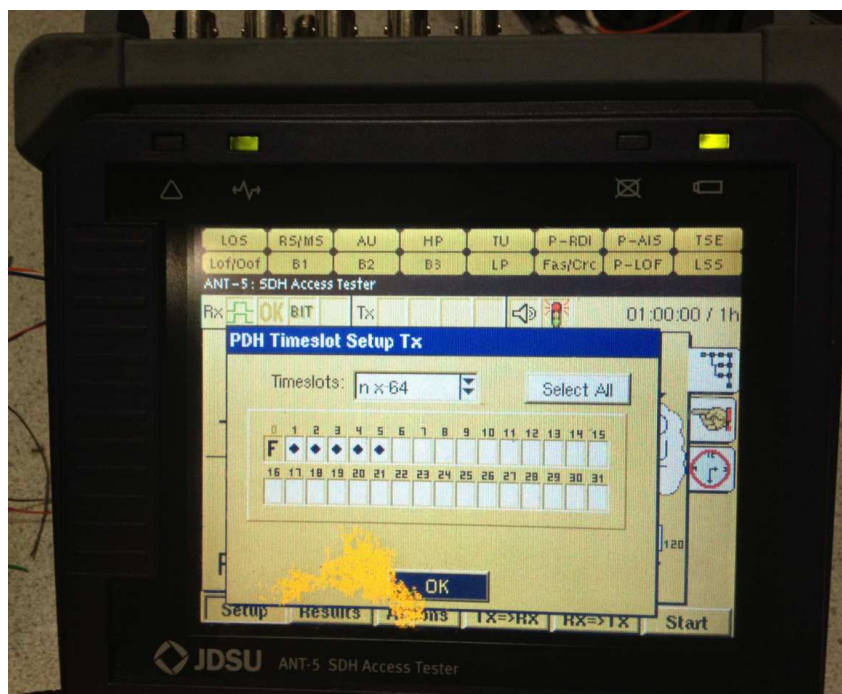


Figura 80 Prueba CES configuración de E1 canalizado. Fuente: Elaboración propia.

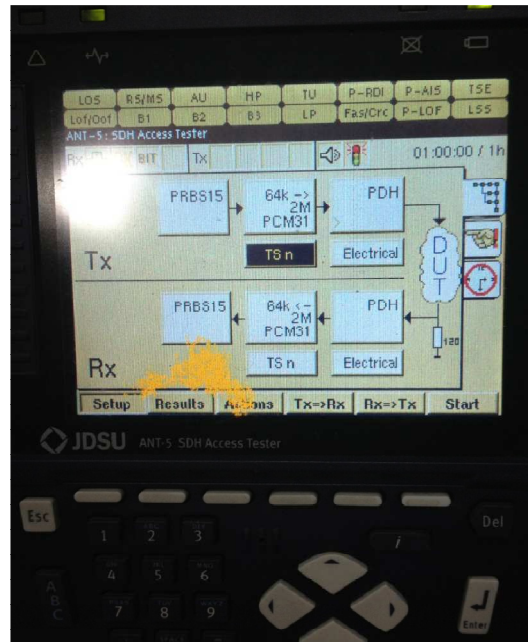


Figura: 81 Prueba CES parámetros configurados E1 canalizado.

Fuente: Elaboración propia.

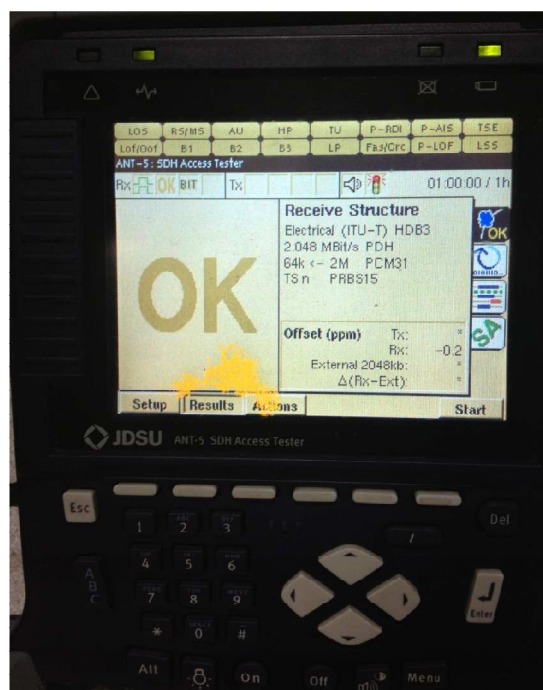


Figura 82: Prueba CES resultado E1 canalizado. Fuente: Elaboración propia.

10) Prueba de Calidad de Servicio (QoS).

Para comprobar el manejo de calidad de servicio de parte de los equipos ATN 910, 950 y 950B de HUAWEI, se utiliza el equipo de medición N2X que nos permitió configurar los parámetros requeridos por parte del equipo de planificación de redes de CANTV, el cual analizo el comportamiento del tráfico existente eso y diseñaron una plantilla de calidad de servicio.

Para las colas 0 y 1 que mayormente es internet se le asigna un 15%, en las colas 2 y 3 que suelen ser clientes y servicios corporativos se le asigna un 25%, para colas 4 y 5 que tienen mayor peso (voz y video) se le asigna un 50% del ancho de banda pero puede haber redistribución si se necesita en otras colas, hay casos q la cola 5 que representa a la voz se separa; los servicios de emulación de circuitos (CES) pasan por la cola 5.

Finalmente en la colas 6 y 7 que se utilizan para la señalización y gestión de los equipos, se le da un 10% fijo a estas colas ya que representa la estricta prioridad de la calidad de servicio, aunque nunca llega a tomar el 100% de ese 10% fijo del ancho de banda asignado, siempre está ahí por ser la prioridad más alta.

Lo que se quiere comprobar es que los equipos ATN hagan la distribución de las prioridades asignadas, sin tener pérdidas de paquetes. A continuación mostramos los resultados de las pruebas realizadas.

En la Figura 83 se muestra la distribución del tráfico en las colas según lo explicado en sección anterior, se tiene un servicio VLL corriendo. Las Figuras 84 y 85 presentan los resultados pero con un servicio operativo de VPLS y de HVPLS respectivamente, y se verifica la pérdida de paquetes.

11) Prueba de Calidad de Servicio (QoS) *Jumbo Frame*.

Para los resultados de esta prueba se utilizan los mismos parámetros que para la prueba anterior solo que varía el tamaño MTU de 1526 a 9000.

En las Figuras 86, 87, 88 y 89 se presentan los resultados, se observa la distribución de prioridades en el tráfico y se señala que la MTU es 9000.

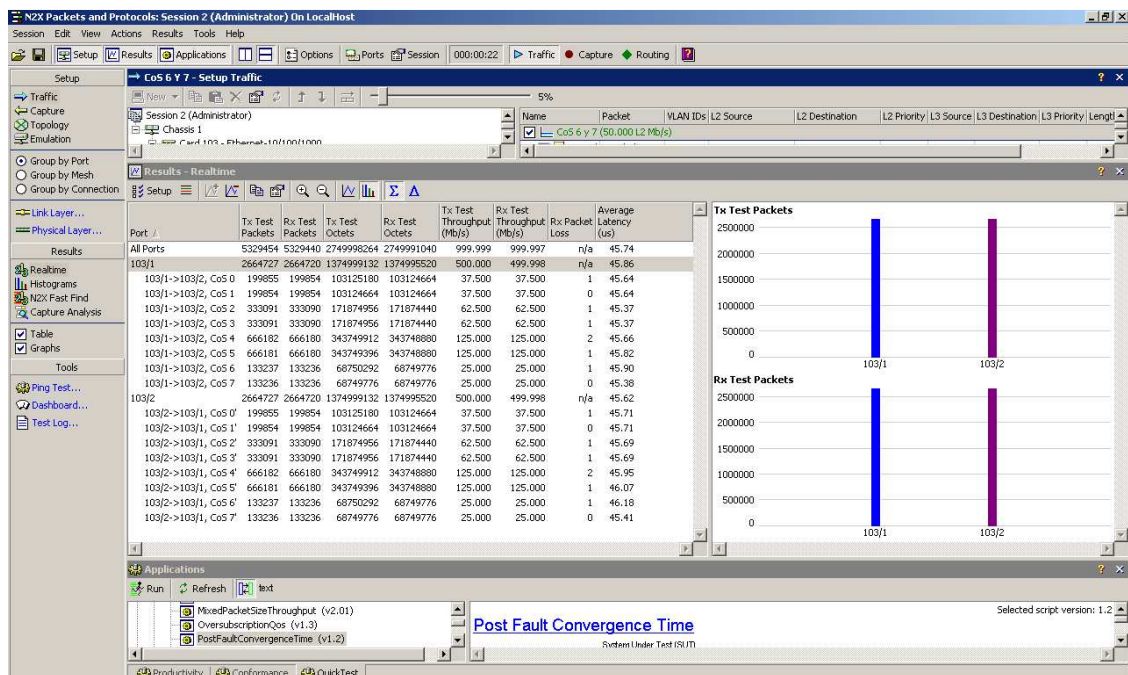


Figura 83: Prueba QOS servicio VLL.

Fuente: Elaboración propia.

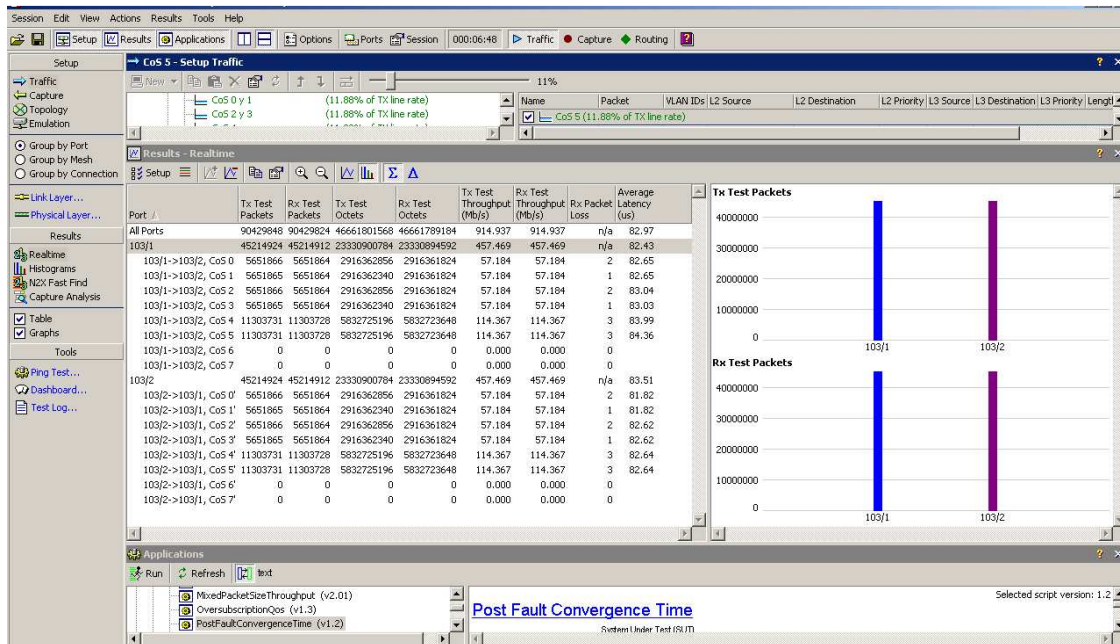


Figura 84: Prueba QOS servicio VPLS.

Fuente: Elaboración propia.

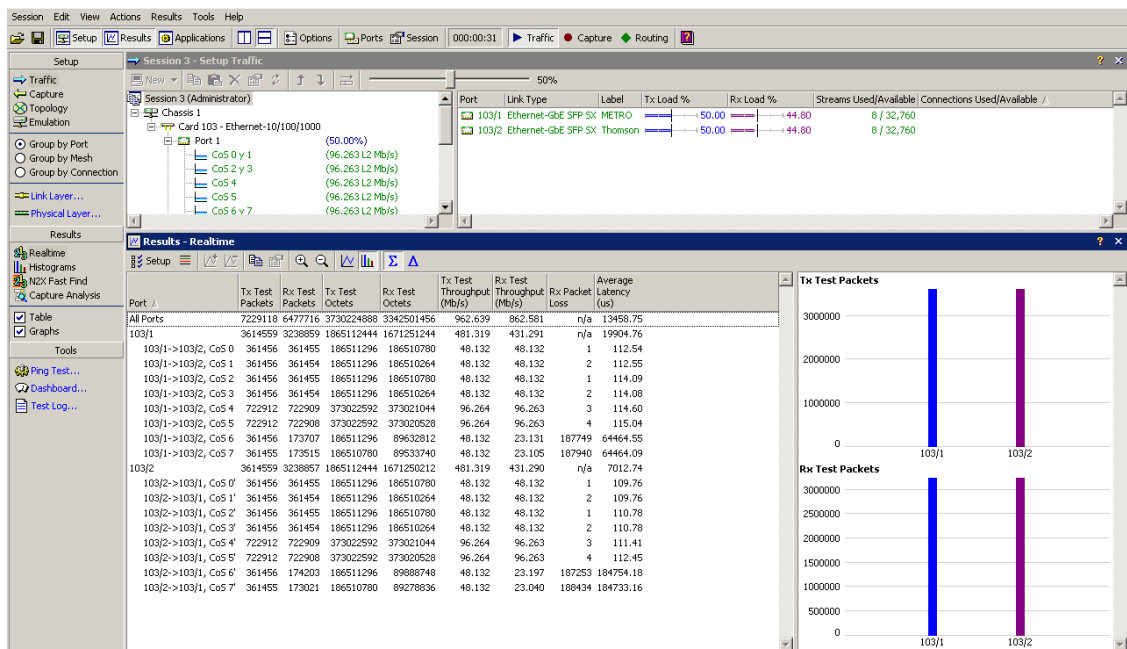


Figura 85: Prueba QOS servicio HVPLS.

Fuente: Elaboración propia.

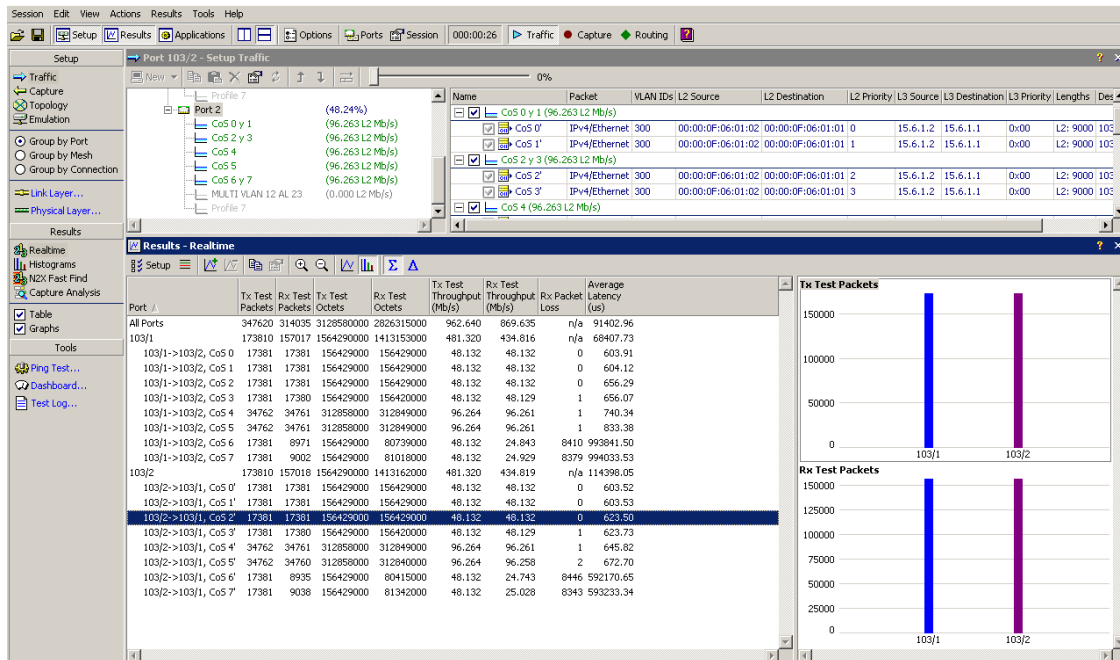


Figura 86: Prueba QOS con *jumbo frame* y un servicio HVPLS.

Fuente: Elaboración propia.

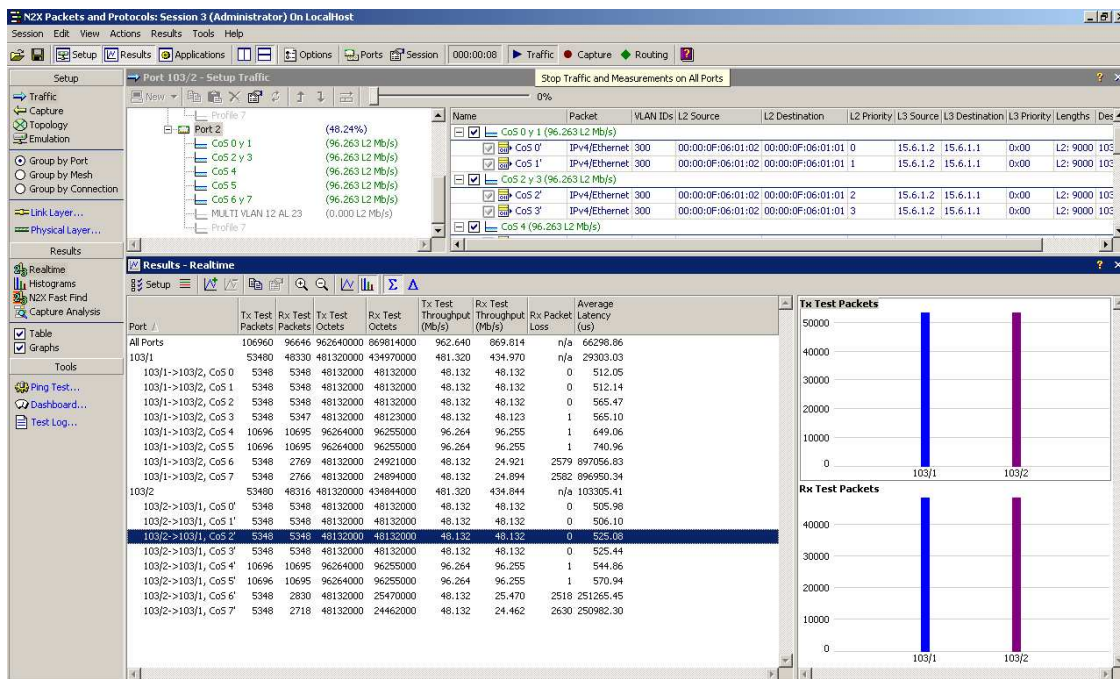


Figura 87: Prueba QOS con *jumbo frame* y un servicio VPLS. Fuente: Elaboración propia.

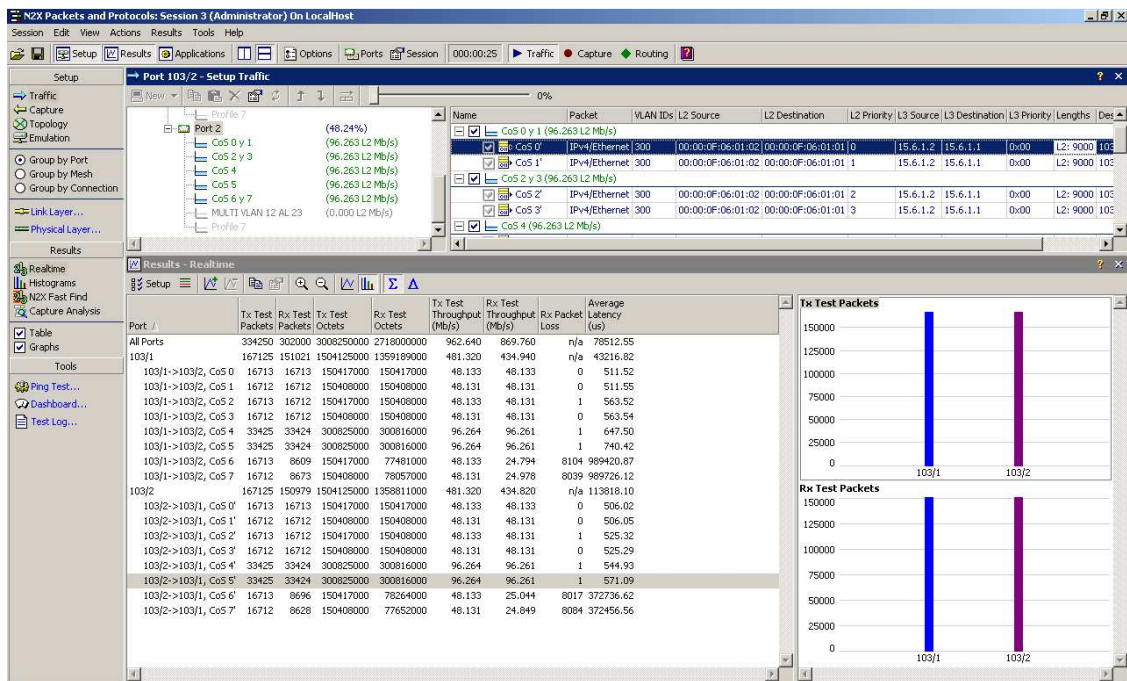


Figura 88: Prueba QOS con *jumbo frame* y un servicio VLL. Fuente: Elaboración propia.

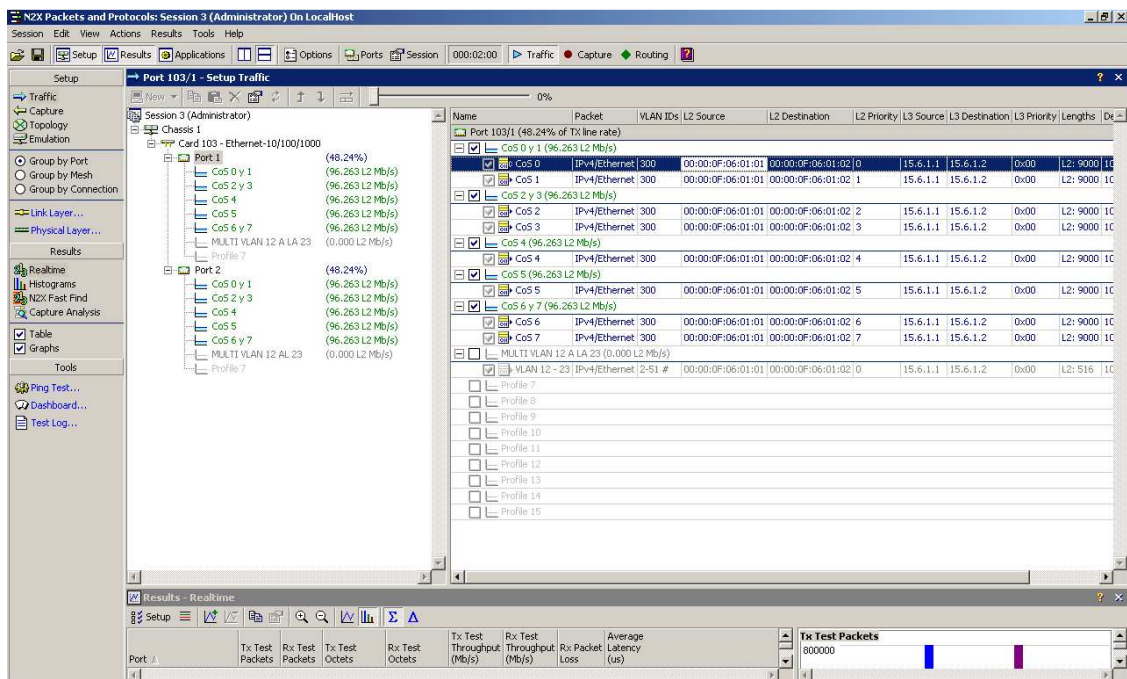
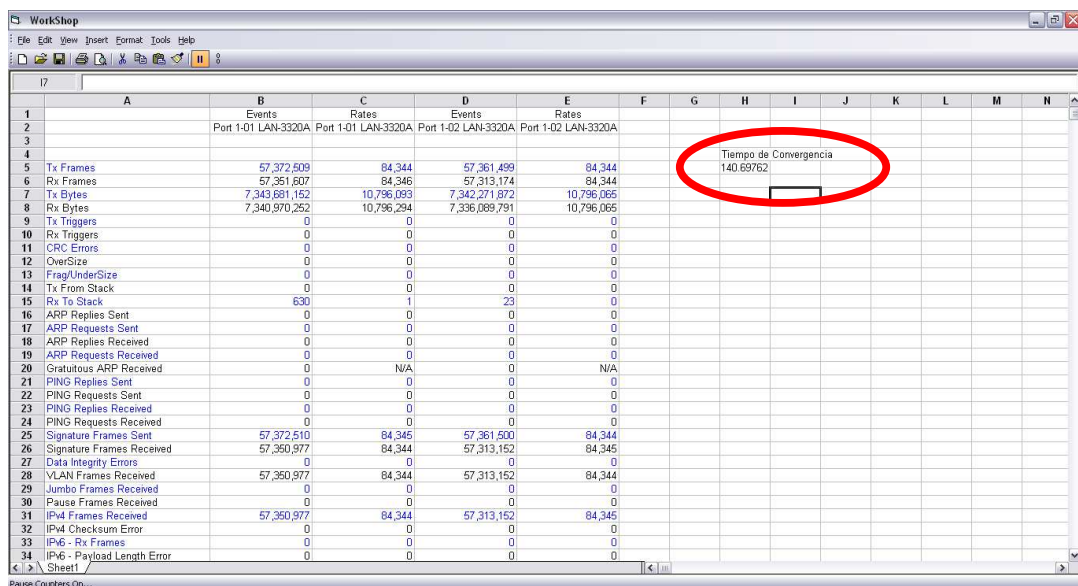


Figura 89: Prueba QOS con *jumbo frame* configuraciones generales. Fuente: Elaboración propia.

12) Prueba de túneles MPLS con protección de grupo.

El tiempo de convergencia en esta prueba es de aproximadamente 140 ms, el cual describe un tiempo optimo ya que lo exigido por la Empresa debe menor o igual a los 200ms. Véase Figura 90.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
		Events	Rates	Events	Rates									
		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A									
1														
2														
3														
4														
5	Tx Frames	57,372,509	84,344	57,361,499	84,344			Tiempo de Convergencia						
6	Rx Frames	57,361,607	84,346	57,313,174	84,344			140.69762						
7	Tx Bytes	7,343,681,152	10,796,093	7,342,271,872	10,796,065									
8	Rx Bytes	7,340,970,252	10,796,294	7,336,089,791	10,796,065									
9	Tx Triggers	0	0	0	0									
10	Rx Triggers	0	0	0	0									
11	CRC Errors	0	0	0	0									
12	OverSize	0	0	0	0									
13	Frag/UnderSize	0	0	0	0									
14	Tx From Stack	0	0	0	0									
15	Rx To Stack	630	1	23	0									
16	ARP Replies Sent	0	0	0	0									
17	ARP Requests Sent	0	0	0	0									
18	ARP Replies Received	0	0	0	0									
19	ARP Requests Received	0	0	0	0									
20	Gratuitous ARP Received	0	N/A	0	N/A									
21	PING Replies Sent	0	0	0	0									
22	PING Requests Sent	0	0	0	0									
23	PING Replies Received	0	0	0	0									
24	PING Requests Received	0	0	0	0									
25	Signature Frames Sent	57,372,510	84,345	57,361,500	84,344									
26	Signature Frames Received	57,350,977	84,344	57,313,152	84,345									
27	Data Integrity Errors	0	0	0	0									
28	VLAN Frames Received	57,350,977	84,344	57,313,152	84,344									
29	Jumbo Frames Received	0	0	0	0									
30	Pause Frames Received	0	0	0	0									
31	IPv4 Frames Received	57,350,977	84,344	57,313,152	84,345									
32	IPv4 Checksum Error	0	0	0	0									
33	IPv6 - Rx Frames	0	0	0	0									
34	IPv6 - Payload Length Error	0	0	0	0									

Figura 90: Tiempo de conmutación prueba MPLS protección de grupo.

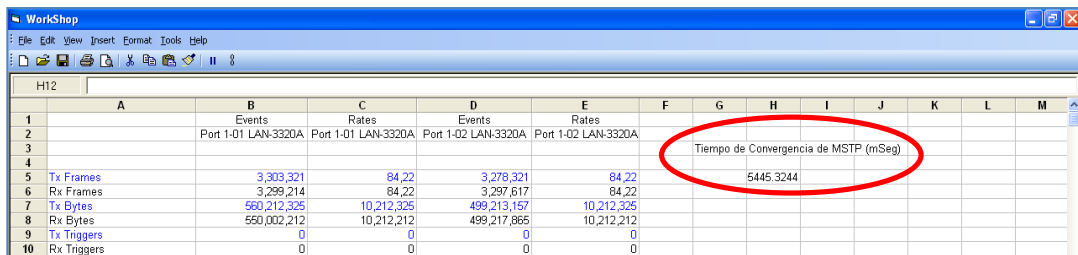
Fuente: Elaboración propia.

13) Prueba de EOAM EFM.

En las Figuras 91 y 92 se puede visualizar el resultado de esta prueba, siendo totalmente aceptable ya que lo que se pide es que vía CLI se pueda verificar si algún puerto que está prendido (UP) de manera incorrecta sea apagado (DOWN) automáticamente por el protocolo utilizado.

14) Prueba de MSTP.

El resultado de esta prueba se presenta a continuación en la Figura 93, donde se puede verificar el correcto funcionamiento del protocolo gracias al tiempo de convergencia. El tiempo resultante es de aproximadamente 5 segundos y el requerido debe ser menor o igual a 6 segundos.



The screenshot shows a network configuration tool window titled 'WorkShop'. It displays a table with columns A through M. The table contains data for MSTP convergence. A red circle highlights the value '5445.3244' in the 'Tiempo de Convergencia de MSTP (mSeg)' column.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Events	Rates	Events	Rates								
2		Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-01 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A	Port 1-02 LAN-3320A								
3													
4													
5	Tx Frames	3,303,321	84,22	3,278,321	84,22								
6	Rx Frames	3,299,214	84,22	3,297,617	84,22								
7	Tx Bytes	560,212,325	10,212,325	499,213,157	10,212,325								
8	Rx Bytes	550,002,212	10,212,212	499,217,865	10,212,212								
9	Tx Triggers	0	0	0	0								
10	Rx Triggers	0	0	0	0								

Figura 93: Resultado prueba MSTP.

Fuente: Elaboración propia.

IV.1.3 Pruebas de seguridad:

A continuación se presentan los resultados de las tres pruebas de seguridad desarrolladas.

1) Configuración de parámetros fuera de banda.

Los resultados obtenidos en esta parte, vienen dados luego de conectar los equipos ATN 910, 950 y 950B de HUAWEI fuera de banda. Se les asignaron a los 3 equipos bajo prueba 3 direcciones IP y se demuestra que utilizando el protocolo TELNET y SSH, se puede realizar su gestión. Para el ATN910 su dirección IP es: 10.117.118.11, para el ATN950 su dirección IP es 10.117.118.13 y para el ATN950B es 10.117.118.12. En las Figuras 94 y 95 se presentan como se entra al equipo ATN910 usando telnet, y posteriormente en las Figuras 96, 97 y 98 se expone la configuración vía CLI y la posterior entrada a uno de los equipos utilizando el protocolo SSH, dejando así en evidencia el funcionamiento de la prueba.

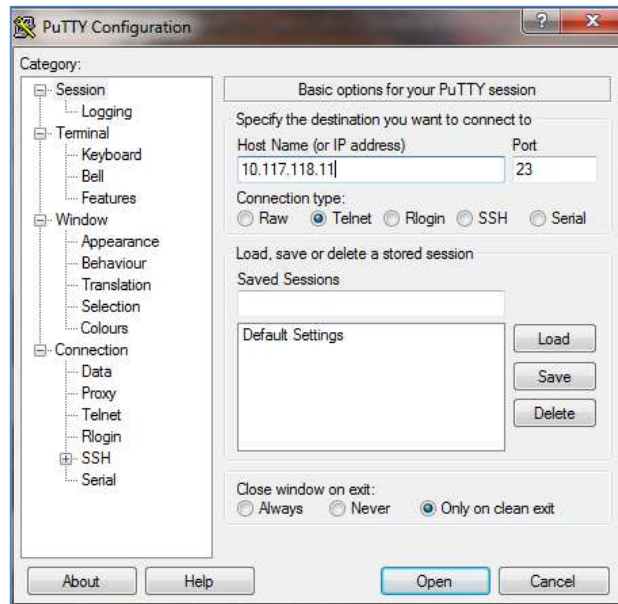
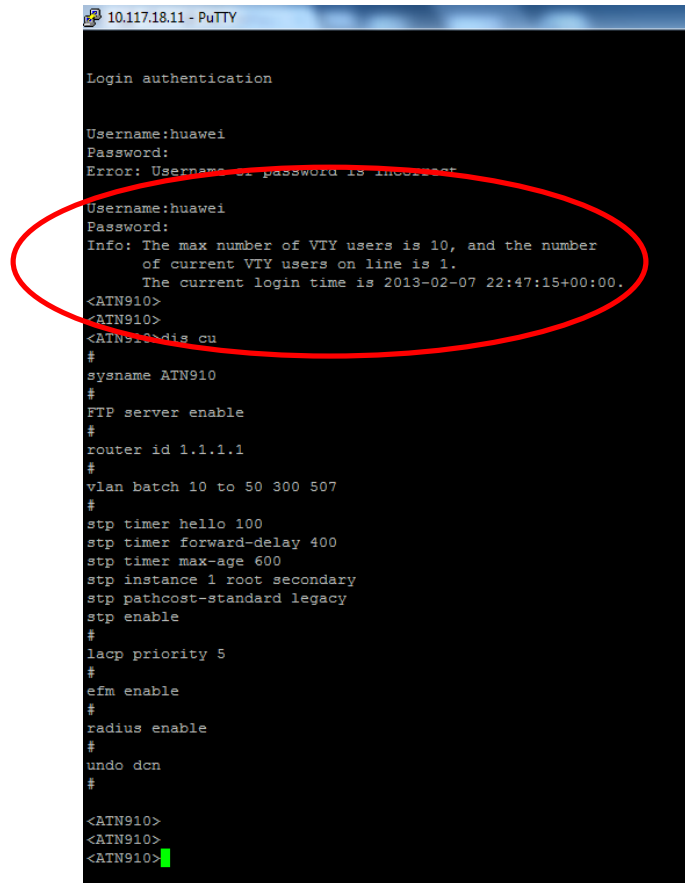


Figura 94: Inducción al ATN910 utilizando TELNET.

Fuente: Elaboración propia.



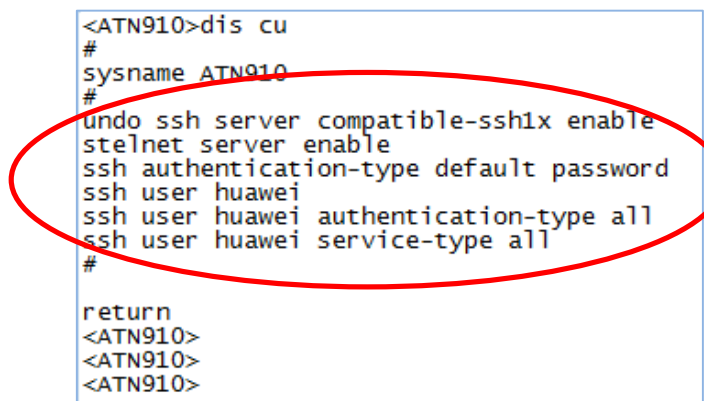
```
10.117.18.11 - PuTTY

Login authentication

Username:huawei
Password:
Error: Username or password is incorrect
Username:huawei
Password:
Info: The max number of VTY users is 10, and the number
      of current VTY users on line is 1.
      The current login time is 2013-02-07 22:47:15+00:00.
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>dis cu
#
sysname ATN910
#
FTP server enable
#
router id 1.1.1.1
#
vlan batch 10 to 50 300 507
#
stp timer hello 100
stp timer forward-delay 400
stp timer max-age 600
stp instance 1 root secondary
stp pathcost-standard legacy
stp enable
#
lACP priority 5
#
efm enable
#
radius enable
#
undo dcn
#
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
```

Figura 95: Entrada al ATN910 utilizando TELNET.

Fuente: Elaboración propia.



```
<ATN910>dis cu
#
sysname ATN910
#
undo ssh server compatible-ssh1x enable
stelnet server enable
ssh authentication-type default password
ssh user huawei
ssh user huawei authentication-type all
ssh user huawei service-type all
#
return
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
```

Figura 96: Configuración vía CLI utilizando SSH. Fuente: Elaboración propia.

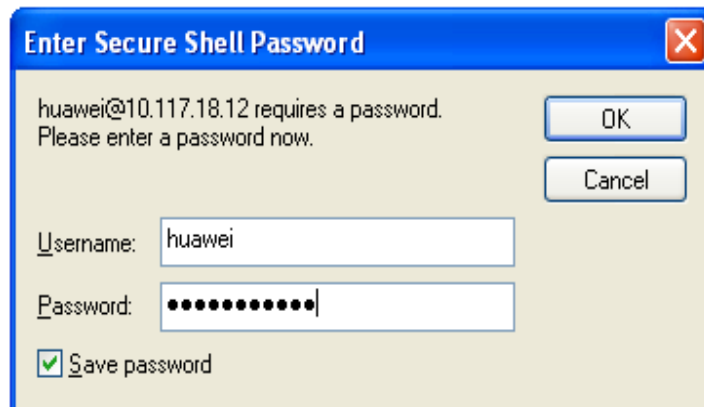


Figura 97: Autenticación ATN950B utilizando SSH.

Fuente: Elaboración propia.

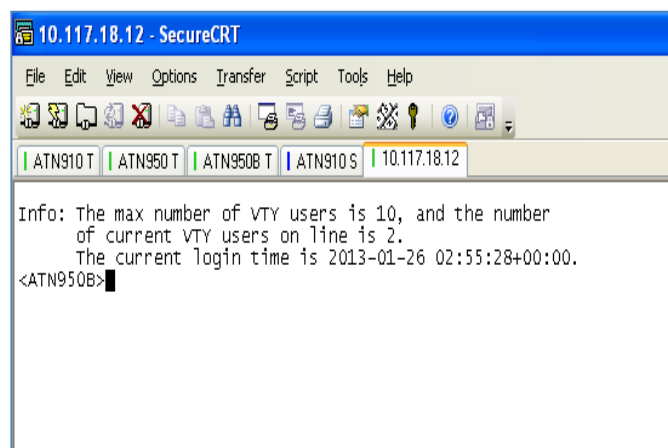


Figura 98: Entrada al ATN950B utilizando SSH.

Fuente: Elaboración propia.

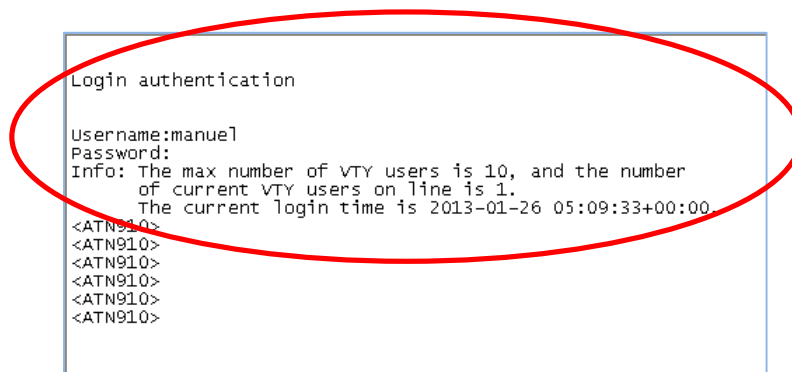
2) Pruebas de autenticación y autorización remota a los equipos utilizando TACACS.

La configuración de esta prueba se puede visualizar en la Figura 99, en la Figura 100 se observa que se está ingresando al equipo utilizando el usuario “manuel”; si se detalla la configuración vía CLI no hay ningún usuario creado localmente en el equipo con ese nombre y al mismo tiempo podemos observar que la autenticación fue configurada con el servidor TACACS, por lo tanto se puede demostrar que la prueba está funcionando de acuerdo a lo esperado; ya que se utiliza un usuario previamente creado en el servidor TACACS de CANTV.

```
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>dis cu
#
hwtacacs-server template huawei
hwtacacs-server authentication 172.16.80.118
hwtacacs-server authorization 172.16.80.118
hwtacacs-server accounting 172.16.80.118
hwtacacs-server source-ip 10.117.18.11
hwtacacs-server shared-key simple laboratorio
undo hwtacacs-server user-name domain-included
#
aaa
local-user admin password simple 1040.wil
local-user admin service-type ftp
local-user admin level 3
local-user admin ftp-directory cfcad:
local-user huawei password simple Huawei_2012
local-user huawei service-type ssh
authentication-scheme default0
authentication-scheme default1
authentication-scheme default
authentication-mode hwtacacs local none
#
authorization-scheme default
authorization-mode hwtacacs local none
#
accounting-scheme default0
accounting-scheme default1
#
domain default_admin
authorization-scheme default
accounting-scheme default0
hwtacacs-server huawei
#
user-interface con 0
authentication-mode password
set authentication password cipher %$%$wrd;X9x=a2~C#S;*bu*G,YPGD*-cmK_)fMIi6mN1"*c4%_VQ%$%$
user-interface vty 0 4
authentication-mode aaa
user privilege level 3
protocol inbound all
user-interface vty 16 20
#
return
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
```

Figura 99: Configuración vía CLI prueba TACACS.

Fuente: Elaboración propia.



```
Login authentication
Username:manuel
Password:
Info: The max number of VTY users is 10, and the number
      of current VTY users on line is 1.
      The current login time is 2013-01-26 05:09:33+00:00.
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
<ATN910>
```

Figura 100: Entrada al ATN910 usuario TACACS.

Fuente: Elaboración propia.

3) Prueba de autenticación y autorización remota a los equipos utilizando RADIUS.

El resultado de esta prueba se presenta en las Figuras 101 y 102, donde queda evidenciado como se configura vía CLI el servidor RADIUS de CANTV (Figura 101), y como se está ingresando al equipo ATN950B utilizando el usuario “Huawei 2” (Figura 102), si se observa la configuración vía CLI no hay ningún usuario creado localmente en el equipo con ese nombre, al mismo tiempo observamos que la autenticación fue configurada con el servidor RADIUS, es decir que se puede comprobar que la prueba está funcionando correctamente.

```

<ATN950B>
<ATN950B>dis cu
radius enable
#
radius-server group huawei
radius-server authentication 172.16.80.118 1812
radius-server accounting 172.16.74.118 8042
radius-server accounting 172.16.80.118 8042
radius-server shared-key secreto
radius-server source interface Ethernet0/0/0
undo radius-server user-name domain-included
#
aaa
local-user admin password simple 1040.wil
local-user admin service-type ftp
local-user admin level 3
local-user admin ftp-directory cfcard:
local-user huawei password simple Huawei_2012
local-user huawei service-type telnet ssh
authentication-scheme default0
authentication-scheme default1
authentication-scheme default
authentication-mode local radius
authentication-scheme cantv-radius
authentication-mode radius none
#
authorization-scheme default
authorization-scheme cantv-radius
#
accounting-scheme default0
accounting-scheme default1
accounting-scheme cantv-radius
#
domain default_admin
authentication-scheme cantv-radius
authorization-scheme cantv-radius
accounting-scheme cantv-radius
radius-server group huawei
#
user-interface con 0
authentication-mode password
set authentication password cipher %$%$&$N,~[1>2G^|8.n7gE1B90crf:/T,#>;qm>m<XMa|=H-:;%$%$
user-interface vty 0 4
authentication-mode aaa
user privilege level 3
idle-timeout 60 0
protocol inbound all
user-interface vty 16 20
#
return
<ATN950B>
<ATN950B>

```

Figura 101: Configuración vía CLI prueba RADIUS.

Fuente: Elaboración propia.

```

Login authentication
Username:huawei2
Password:
Info: The max number of VTY users is 10, and the number
of current VTY users on line is 1.
The current login time is 2013-02-01 05:15:43+00:00.
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
<ATN950B>
Info: Receive a message from AAA of cutting user.
Info: The max number of VTY users is 10, and the number
of current VTY users on line is 0.

```

Figura 102: Entrada al ATN950B usuario RADIUS.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5

V.1 Conclusiones y recomendaciones

V.1.1 Conclusiones

Luego de realizar las pruebas específicas en el protocolo diseñado para los equipos ATN 910, 950 y 950B de HUAWEI, se puede concluir que los dispositivos evaluados cumplen con los requerimientos y estándares exigidos por parte de la Empresa CANTV para prestar soluciones y servicios demandados por sus clientes, con el fin de evolucionar y dar pasos firmes para seguir siendo la Empresa líder en el sector de las telecomunicaciones en Venezuela.

Verificando los resultados obtenidos detalladamente, se puede destacar que en la parte de las pruebas de hardware, los equipos cumplen con el funcionamiento necesario para garantizar los servicios prestados ante cualquier falla operativa que se presente; otro aspecto importante de mencionar es que los resultados requeridos por la Empresa CANTV se ajustan según los estándares de los entes nacionales e internacionales en el área de telecomunicaciones.

Los dispositivos evaluados poseen tanto redundancia de fuentes de alimentación como de tarjetas controladoras, esenciales para garantizar un servicio óptimo. Registran adecuadamente las tarjetas de servicio y cuando hay alguna eventualidad con los módulos de ventilación o cualquier otro elemento de hardware arrojan una alarma para atacar el problema.

La segunda parte del protocolo de pruebas aplicado a los equipos anteriormente descritos, es dedicado a las pruebas lógicas, donde se puede mencionar que los resultados cumplieron con los parámetros especificados en el protocolo, ya que en cada una de las actividades realizadas, los parámetros requeridos por la Empresa fueron superados. El protocolo de enrutamiento OSPF funciona en el tiempo

adecuado; los servicios VLL, VPLS en una y dos áreas, y el servicio HVPLS registraron un tiempo de convergencia menor al establecido por CANTV. La interoperabilidad con la red METROETHERNET queda demostrado al verificar el funcionamiento de las pruebas: LAC-LACP contra la red ME, balanceo de cargas (*hashing*) y RFC2544, donde se muestran las configuraciones en activo-activo y en activo-standby; y se observa la conmutación de puertos configurados dentro del LAG cuando hay un corte en algún enlace, el balanceo de cargas por los puertos donde pasa el tráfico inyectado.

Los resultados del *throughput* en el RFC2544 estuvieron por encima del 95%, valor mínimo requerido por CANTV para garantizarle a sus clientes el ancho de banda ofrecido, teniendo en cuenta que el *throughput* puede tomar mejores valores en paquetes de mayor longitud. La latencia estuvo dentro de los parámetros permitidos así que se pueden utilizar aplicaciones sensibles al retardo, y no hubo pérdida de tramas en subida ni en bajada y tampoco hubo pérdida en los paquetes enviados entre la red ME y el anillo de los equipos ATN. El RFC2544 se cumple si las 4 pruebas se cumplen.

La transmisión y recepción de E1 bien sea canalizados o no canalizados desde un ATN pasando por la red de transporte ME encapsulado hasta otro ATN final, tuvo un proceso exitoso ya que no presentaron errores en toda su trayectoria. El logro del correcto funcionamiento de esta prueba es de suma importancia ya que se alcanza uno de los objetivos mayores del presente trabajo especial de grado, y sería una posible solución para buscar la manera de ofrecer servicios basado en redes TDM manteniendo la misma estructura a través de una red de transporte en Ethernet; mediante los equipos que soportan emulación de circuitos (CES), encapsulando el tráfico TDM en una trama Ethernet y así no tener impacto significativo.

Por otra parte la evaluación de la calidad de servicio en los equipos ATN de HUAWEI fue otra prueba importante para validar un funcionamiento adecuado en los

mismos. Los ATN 910, 950 y 950B cumplen exitosamente con la QoS (Calidad de Servicio) mediante el uso de la teoría de colas, donde mostraron ser capaz de manejar el diverso tráfico de colas mediante la asignación de PQ (*Priority Queing*), SP (*Strict Priority*), WFQ (*Weighted Fair Queuing*) o WRR (*Weighted Round Robin*), bien sea con MTU de 1526 o de 9000. El uso de esta función permite prestar un servicio de mejor calidad cuando se presenten circunstancias críticas, donde el ancho de banda requerido en un momento determinado sea muy demandado, clasificando el tráfico según sus prioridades de los servicios (voz, datos, video, clientes corporativos, internet, gestión o señalización) y garantizar la transmisión del tráfico eficientemente sin descartar paquetes.

Finalizando con las pruebas lógicas se verifica el funcionamiento del protocolo MPLS examinando que el tiempo de conmutación es menor al requerido por CANTV, y el protocolo EOAM EFM donde apaga los puertos cuando están operando inadecuadamente.

La última parte de las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento de los equipos ATN 910, 950 y 950B de HUAWEI TECHNOLOGIES para una posterior implementación como solución de acceso en capa 2 y capa 3, y solución de transporte TDM sobre la red ME mediante la emulación de circuitos, viene presentada por las pruebas de seguridad. Clasificadas así ya que se necesita autorizar y autenticar a un usuario determinado para poder ingresar a los equipos de manera remota sin necesidad de utilizar un cable físico. El funcionamiento de dichas pruebas se comprobó satisfactoriamente utilizando el protocolo SSH y TELNET vía acceso remoto y también utilizando usuarios creados en los servidores TACACS y RADIUS instalados en el laboratorio de arquitectura de redes de CANTV el cual es parte de la gerencia de planificación de redes de la misma Empresa.

Los equipos estudiados y homologados cumplen con los requerimientos exigidos por las redes modernas, es decir que son altamente calificados para cumplir con

soluciones determinadas; además se clasifican como lo suficientemente robustos en materias de seguridad, hardware y software.

La implementación de los equipos presentados en este trabajo, sólo depende del equipo especializado que se encarga de analizar las propuestas entregadas por distintos proveedores, comparando parámetros como costos y funcionalidades necesarias.

V.1.2 Recomendaciones

- Decidir las pruebas específicas y definitivas del protocolo, evitando modificarlas y agregarle pruebas en un tiempo posterior. Esto hace que el período para verificar el funcionamiento de los dispositivos sea menor, maximizando la eficacia del equipo de trabajo.
- Tener reservados todos los equipos de medición.
- Se recomienda que para poder cumplir con las exigencias de la Empresa, se ejecute un protocolo de homologación estandarizado y estudiado previamente por un equipo especializado; para asegurar el funcionamiento de dispositivos determinados que puedan ofrecer soluciones finales.
- Se sugiere utilizar la base de este Trabajo Especial de Grado, como punto de partida para el despliegue de nuevas tecnologías no sólo en redes fijas como lo ofrece CANTV, sino también en servicios ofrecidos por operadoras móviles.
- Se recomienda utilizar las conclusiones de este proyecto, como punto de referencia para investigar nuevas aplicaciones de los equipos ATN de HUAWEI Technologies.

BIBLIOGRAFÍA

Amaya, J., & Niño, J. (s.f.). *Redes Virtuales VLAN*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2012, de <http://www.angelfire.com/al4/vlan/LABORATO.htm>.

Cantv. (s.f.). www.cantv.com.ve. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de Historia de Cantv.

Ceragon Networks. (2010). Ethernet y TDM. Caracas, Distrito Federal, Venezuela.

Chaparro, O. (22 de Octubre de 2012). Historia y evolución de Cantv. (G. González, & Z. Fernández, Entrevistadores)

Cisco Systems. (2011). CCNA. Caracas, Distrito Federal, Venezuela.

Contreras, M. (2012). Telefonía Móvil. Caracas, Distrito Federal , Venezuela.

GNU. (17 de Septiembre de 2009). *Radius*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2012, de <http://www.gnu.org/software/radius/>.

IBM. (2008). *Connectivity version 5 release 4*. Retrieved Noviembre 1, 2012, from <http://publibz.boulder.ibm.com/epubs/pdf/hcsc9b31.pdf>.

Matiguan, M. (24 de Octubre de 2012). Metro Ethernet Cantv. (G. González, & Z. Fernández, Entrevistadores)

Salazar, W. (25 de Octubre de 2012). ATN huawei. (G. González, Entrevistador)

Scaniello, P., & Sosa, G. (2005). *Curso de Evaluación de performance de Redes* . Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/perfredes/trabajos/trabajos_2005/dispositivos/dispRedes.pdf.

UPNA. (2007). *Spanning Tree Protocol*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2012, de https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba11_12/slides/07-STP.pdf.