

**Propuesta para la integración de infraestructura de la empresa telefónica en el
nodo centro de Bucaramanga, orientada a mejorar la satisfacción de la demanda actual
de los servicios**

Gerson David Antolínez Medina

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Gestión y Consultoría TIC

Director

Rodolfo Sánchez García

Magister en Tecnologías de la Información

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Maestría en Gestión y Consultoría en Tecnologías de la Información y la Comunicación

2021

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a las personas que hicieron posible que este proyecto fuera posible, a mi familia por su comprensión, a los compañeros de trabajo por su apoyo y a los compañeros del master por su colaboración.

Agradecimientos

Primero que todo quiero agradecer a mi tutor Rodolfo Sánchez Garcia quien con sus experiencia y apoyo me dirigió a través de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados deseados.

También quisiera agradecer a la Universidad Santo Tomas por ofrecerme todas las herramientas necesarias para realizar este proyecto de grado. Fue un apoyo fundamental para poder presentar esta tesis.

Por último, deseo agradecer a mis compañeros y a mi familia, por apoyarme durante todo este proceso. En especial, quisiera agradecer a mis padres, que siempre estuvieron para apoyarme en los momentos difíciles.

Contenido

Introducción	11
1. Planteamiento del problema	13
1.1. Formulación del problema	16
1.2. Sistematización del problema	17
2. Objetivos	17
2.1. Objetivo general	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. Marco referencial	18
3.1. Marco conceptual	18
3.2. Marco teórico	20
3.2.1. MPLS.....	20
3.2.2. Redes definidas por software.....	23
3.2.3. Protocolos de enrutamiento	25
3.2.4. UMTS: Universal Mobile Telecommunications System	28
3.3. Marco legal.....	30
3.4. Estado del arte	31
4. Metodología	34
4.1. Línea de investigación.....	34
4.2. Tipo de investigación	34
4.3. Estructura metodológica.....	35
4.3.1. Generación de la línea base	35
4.4.Fuentes de información	66
4.5. Técnicas y herramientas de recolección de información	66
4.6. Técnicas para la evaluación de resultados.....	67
4.7. Resultados	67
4.7.1. Diseño.....	67
4.7.2. Fase 4: Arquitectura	68
4.7.3. Fase 5: Propuesta de intervención	78
5. Conclusiones	80
6. Trabajo futuro.....	80

Referencias	82
-------------------	----

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Comparativa entre las capacidades de la red actual y la propuesta.....</i>	79
---	----

Lista de figuras

Figura 1. <i>Arquitectura de una red MPLS [7]</i>	22
Figura 2. <i>Arquitectura simplificada de una SDN [9]</i>	25
Figura 3. <i>IGP vs BGP</i>	28
Figura 4. <i>Arquitectura simplificada de una red UMTS</i>	29
Figura 5. <i>Dimensionamiento del nodo centro</i>	35
Figura 6. <i>Arquitectura jerárquica de la red de telefónica</i>	36
Figura 7. <i>Arquitectura de red nodo centro de Bucaramanga</i>	40
Figura 8. <i>Esquema de conectividad del concentrador GWC-JOY-CEN</i>	42
Figura 9. <i>Diagrama de la red fija de Telefónica a nivel nacional</i>	44
Figura 10. <i>Núcleo red fija</i>	44
Figura 11. <i>Nodo centro de Bucaramanga BUC_CEN</i>	46
Figura 12. <i>Arquitectura codo centro Bucaramanga</i>	47
Figura 13. <i>Nodo BUC_TEB</i>	48
Figura 14. <i>Redes Telefónica Bucaramanga</i>	51
Figura 15. <i>Servicio Best Effort</i>	54
Figura 16. <i>Interconexión del nodo centro con el backbone nacional</i>	61
Figura 17. <i>Conexión del cliente utilizando la celda móvil</i>	63
Figura 18. <i>Conexión del cliente a través de la red móvil</i>	64
Figura 19. <i>Jerarquía de agregación / distribución</i>	69
Figura 20. <i>Capa de transporte en Seamless MPLS</i>	72
Figura 21. <i>Diseño propuesto simplificado</i>	78

Lista de Apéndices

Apéndice A. *Ficha técnica equipos 7705-SAR-8 y 7705 SAR-18*

Apéndice B. *Características Tarjetas MDA y CSM en Equipos 7705 SAR-8*

Apéndice C. *Equipos Nokia de la serie 7750 SR88*

Apéndice D. *Software de Gestión 5620 SAM (Service Aware Manager)*

Apéndice E. *Ficha Técnica Equipo Nokia 7250 IXR-R*

Apéndice F. *Manual de Usuario Nokia NSP (Network Services Platform)*

Apéndice G. *Diseño Propuesto Ampliado*

Nota: ver apéndices en archivos externos.

Resumen

En el nodo centro de Bucaramanga que gestiona la empresa Telefónica, se evidencian problemas de convergencia con las redes que allí se concentran, en parte debido a las antiguas redes heredadas de la empresa Telebucaramanga que fue adquirida por Telefónica y que aún están operativas, falta de mantenimiento y actualización de equipamiento y plataformas de gestión, y de mejoramiento en tecnologías de conectividad y diseño de topologías adecuadas para satisfacer la demanda. Esto podría ocasionar a futuro, que los usuarios percibieran una disminución de la calidad de servicio y problemas de interconexión. Con este trabajo, lo que se busca es hacer un análisis en profundidad de las redes y servicios que confluyen en el nodo centro Bucaramanga y presentar una propuesta de intervención que permita solucionar los problemas actuales y los que se podrían presentar a medida que aumenten los usuarios, los servicios proporcionados por las redes de datos y el tráfico durante los 5 próximos años.

Palabras clave: infraestructura, telebucaramanga, comunicaciones, calidad

Abstract

In the central hub network in Bucaramanga, which is managed by Telefonica company, there is evidence of convergency issues with the whole network that are concentrated there due to the formerly Telebucaramanga's network inherited by Telefonica, which is still up and running. Also, the issues are related to the lack of maintenance and regular upgrading of the equipment and network management platforms due to the lack of improvement of connectivity technology and the outdated topology that could satisfy the customer's requirements. These issues could make that in the future if the customers notice a decrease in the quality of service and connectivity problems. With this paper proposal, the intention is to complete a deep analysis of the current services and networks that belongs to the central hub network in the city of Bucaramanga and bring an intervention proposal which allows solving the current situation and the future issues once the number of the customer is increased, in the offered services in networking traffic (data, voice, and mobile) in the next five years.

Keywords: infrastructure, telebucaramanga, telecommunications, quality

Introducción

Cuando dos compañías de telecomunicaciones se fusionan, surgen diversos retos en el campo técnico y administrativo, ya que integrar las estructuras de dos organizaciones no es una tarea sencilla. Cuando Telefónica adquirió Telebucaramanga, se inició un proceso de fusión que ha tenido logros, pero también grandes desafíos. En el caso de estudio que aborda este Trabajo Final de Maestría (TFM), se analizaron algunos de los aspectos técnicos que, implicados en dicha fusión, en particular aquellos relacionados con el nodo centro de Bucaramanga.

Hoy en día, dicha fusión está terminada y las redes de las dos empresas, están interconectadas y son operativas, sin embargo, en este TFM se identificaron algunos aspectos claves por mejorar. En este TFM se plantea una propuesta de intervención, que permitirá mejorar la percepción que tienen los clientes acerca de los servicios ofrecidos actualmente y garantizará la prestación de estos ante el aumento de la demanda en los próximos 5 años.

La propuesta de intervención se realizó teniendo en cuenta algunos parámetros claves en la empresa, como son percepción del servicio por parte de los clientes, optimización y actualización de los equipos actualmente en servicio dando prioridad a las marcas de los equipos instalados.

El documento está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se realiza el planteamiento del problema donde se determina lo que se busca solucionar. La sección 3 presenta los objetivos generales y específicos orientados a solucionar el problema. La sección 4 plantea el marco referencial y la teoría que ayudara a complementar la solución del problema. La sección 5 contiene toda la metodología del proyecto donde se establece entre otros aspectos, la línea base con los equipos y la operación actual del nodo centro de Bucaramanga.

En la sección 5.3.1.2 se tiene el marco teórico de la propuesta de intervención.

En la sección 5.3.2.1 se presenta el análisis y priorización de escenarios en el nodo centro de Bucaramanga.

Se presentan los resultados de la propuesta de intervención, la cual se ha dividido en 4 fases:

La fase 1 consiste en la eliminación de los modelos Inter AS como forma de comunicación entre las 3 redes que conforman el nodo centro de Bucaramanga. La segunda etapa es la propuesta de cambio y/o actualización de los equipos que conforman la estructura del nodo. La tercera fase corresponde al aumento de la capacidad de los enlaces que conforman el nodo y la cuarta es un modelo de gestión que integra las 3 redes.

1. Planteamiento del problema

Más de 4.5 mil millones de personas usan Internet en el mundo, mientras que los usuarios de las redes sociales han pasado a ser 3.8 mil millones [1]. Casi el 60 por ciento de la población mundial ya se encuentra conectada a internet, y las últimas tendencias hacen pensar que más de la mitad de la población total del mundo utilizará las redes sociales a mediados de este año.

Colombia no es indiferente a esta tendencia, los colombianos viven actualmente en medio de un mundo cada vez más tecnológico, rodeados diariamente de un flujo de información incesante, viendo como muchas de las labores de la vida cotidiana y profesional se involucran rápidamente con elementos tecnológicos, generando indiscutiblemente necesidades nuevas que deben solventar.

No extraña que Colombia haya pasado de tener 12,8 millones de conexiones a Internet móvil 4G en el primer semestre de 2018 a 20,9 millones al primer trimestre de 2020, lo que significa un aumento de 8,1 millones, 5.7 millones por demanda y 2.4 millones por suscripción. Adicionalmente, Colombia tiene 24,3 millones de conexiones a Internet (entre fijo y móvil 4G) con una velocidad superior a los 10 Mbps. Lo anterior representa 9,4 millones de nuevas conexiones a Internet con mayores prestaciones. [2].

Para Telefónica Colombia, el incremento de la demanda de internet supone un reto importante y sobre todo un compromiso con sus clientes, buscando alternativas que le ayuden responder con nuevas tecnologías e iniciativas que impulsen el crecimiento de su infraestructura, es consiente que debe seguir preparando su infraestructura para responder a esa tendencia incremental de la demanda de servicios de internet. Telefónica tiene que seguir creciendo, en caso de que no lo haga se convierte en un problema no tener una infraestructura

preparada para el aumento de tráfico en su red, ya que la necesidad de descarga de contenidos de calidad es importante y se debe actuar acorde al incremento de dispositivos conectados a su red.

Telefónica entiende la necesidad de diseñar una estrategia que le permita preparar su infraestructura para las necesidades descritas anteriormente, evitando enfrentar procesos correctivos y de mitigación de fallas generadas por el colapso o desbordamientos que se puedan presentar en ciertos periodos de tiempo, interrupción en servicios como videoconferencias, lentitud en la navegación de los usuarios, pérdida de paquetes y mala percepción del servicio en forma general.

El nodo centro, objeto de estudio de este TFM (Trabajo Final de Máster) no es ajeno a estas necesidades. Actualmente su infraestructura no tiene la capacidad para ser un punto de convergencia entre las redes fijas que involucran el área corporativa y residencial, y las redes móviles, lo cual no permite ofrecer servicios integrados (MPLS, SDWAN) óptimos, no puede ofrecer parámetros de calidad (ancho de banda, retardo, pérdida) con altos estándares a dichos servicios, no puede contar con planes de crecimiento que sean viables en el aspecto técnico/económico y no podrá contar con planes de control eficaces orientados a trabajar de forma preventiva y no correctiva. Estos factores hacen que los procesos de viabilidades que existen al interior de la empresa, y que sirven para entregar ofertas solicitadas por el cliente, no sean transparentes y con tiempos de respuesta altos y variantes, donde finalmente se generan actividades que no generan valor en el proceso de entrega de oferta al cliente.

El nodo centro de Bucaramanga básicamente no cuenta con un proyecto de transformación, el cual debe contener los siguientes aspectos:

- Contemplar una convergencia por capas de red y funcionalidades que permitan operar bajo una red simple, que contenga convergencia de capas de red y funcionalidades.
- Contar con un dimensionamiento tanto en hardware como en software que le permita cubrir las necesidades de sus clientes en los próximos 5 años, este dimensionamiento debe contar con un plan de migración a tarjetas de alta densidad y puertos universales que le permita un incremento en la capacidad de la red.
- Una red alineada con las necesidades que demanda 5G, IoT, SD-WAN, Realidad Virtual, entre otros.
- Una red donde converja el tráfico móvil, empresarial, residencial e internet.

Otro punto importante y que se debe valorar dentro de esa problemática, es la incertidumbre a nivel tecnológico, debido a la poca información por parte de Telefónica sobre la tecnología e infraestructura de la red de Telebucaramanga, esta situación puede generar problemas en futuras migraciones por las siguientes razones:

- Incompatibilidad entre los equipos a nivel de seguridad, enrutamiento, protocolos, falta de soporte del fabricante por el licenciamiento vencido en los equipos
- No contar con una matriz de conmutación de alta velocidad y una arquitectura de doble plano que provean alta redundancia y capacidad de transporte.
- Imposibilidad de ofrecer a los clientes un servicio de calidad.

A toda la problemática descrita anteriormente, que hace que el proceso de convergencia de servicios resulte más complejo, se deben tener en cuenta otros obstáculos como son la inversión en la red para unificar los servicios fijos y móviles con los de Telebucaramanga, también se debe valorar la capacidad económica que se tiene disponible para poder llevar a cabo la propuesta de intervención. Si bien el TFM no contempla una fase de implementación,

si es importante que el diseño esté acorde al presupuesto, que, en este caso, destinen desde Bogotá.

Mas allá de los problemas de incompatibilidad y obsolescencia en los equipos que se encuentre durante la fase de levantamiento de información, se debe validar si los equipos tienen las características adecuadas para prestar un servicio de calidad, deben ser equipos que cumplan con los requerimientos de velocidad acordes al mercado, que puedan satisfacer el crecimiento en la demanda en los próximos 5 años, que puedan adaptarse a un modelo de capas y todo esto orientado a una integración de tecnologías que permitan la configuración, operación y recuperación de la red en caso de fallas, además de facilitar y agilizar la provisión de servicios.

Es por esto por lo que este TFM de maestría busca presentar una propuesta de intervención, orientada al diseño de una nueva arquitectura que busca evitar o solucionar las problemáticas mencionadas. Cabe mencionar que uno de los autores de la propuesta pertenece a la organización, y esto facilita el acceso a la información requerida.

1.1. Formulación del problema

En virtud de lo anterior, el presente trabajo se orientará al diseño necesario que debe hacer Telefónica en su infraestructura para estar preparada al incremento constante de la demanda de internet; por tanto, el estudio busca responder a la siguiente pregunta:

¿Es posible que la falta de integración de tecnologías (de red) en el nodo centro de Bucaramanga, afecte la percepción que tienen los clientes sobre la calidad del servicio a medida que estos utilicen nuevas aplicaciones y servicios, ocasionando afectación en la participación del mercado de la empresa durante los próximos años?

1.2. Sistematización del problema

A continuación, se presentan algunas preguntas que permitirán entender mejor el problema central.

- ¿Se debe implementar de un esquema de red más simple y eficiente, que tenga una Convergencia de capas de red?
- ¿La infraestructura de Telefónica debe permitir la integración de funciones de red logrando una automatización?
- ¿Es posible que una estrategia, basada en el concepto de convergencia, permita preparar a la empresa Telefónica seccional Bucaramanga para responder de forma adecuada a la futura demanda de servicios?
- ¿Qué tanto afecta la falta de integración de tecnologías en la correcta satisfacción de la demanda actual de la empresa Telefónica?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar una estrategia que le permita a la Empresa Telefónica integrar su infraestructura en el nodo centro de Bucaramanga, para prestar un mejor servicio de conectividad a sus clientes.

2.2. Objetivos específicos

- Generar una línea base del estado de la red de la organización en el nodo centro de Bucaramanga a través del análisis de la documentación de la empresa y de los servicios prestados a través de la red.

- Definir los servicios, escenarios o productos que requieren un análisis en profundidad debido a su gran demanda o impacto en el rendimiento de la red.
- Presentar una propuesta de intervención que permita mantener la calidad del servicio ante el aumento de la demanda en los próximos 5 años.

3. Marco referencial

3.1. Marco conceptual

Fusión de Empresas: Se entiende por fusión cuando una o más sociedades se disuelvan, sin liquidarse, para ser absorbidas por otra o para crear una nueva. La absorbente o la nueva compañía adquirirá los derechos y obligaciones de la sociedad o sociedades disueltas al formalizarse el acuerdo de fusión [3]. Aquí queda claro que, en el caso de estudio de este TFM, Telefónica adquiere también todas las responsabilidades que tenía Telebucaramanga para con sus clientes.

Interconexión de Redes: De acuerdo con la UIT [4], se ha conceptualizado la interconexión como “los arreglos comerciales y técnicos bajo los cuales los proveedores de servicios interconectan sus equipos, redes y servicios para permitir a los consumidores acceder a servicios y redes de otros proveedores de servicios.”

Núcleo de la Red: También recibe los nombres de Core o Backbone de la red. El propósito de esta capa de la red es interconectar los diferentes puntos de la capa de distribución y transportar los datos de la forma más rápidamente posible. En esta capa se encuentran los dispositivos más robustos y potentes de la red.

Protocolos de Enrutamiento: Son los algoritmos que utilizan los routers de las redes de datos para enviar los paquetes desde el host origen hasta el host destino. Estos algoritmos se ejecutan en los routers y funcionan de forma autónoma en cada uno de ellos, con base al intercambio de información acerca de las redes que puede alcanzar cada uno de los routers.

Red de Acceso: Es la parte de la infraestructura del operador de telecomunicaciones que conecta al usuario final, ya sea empresa o usuario residencial, a su red. Este acceso a la red por parte del usuario final en el nodo centro de Bucaramanga, puede darse por diferentes medios físicos como son par de cobre, fibra óptica o acceso inalámbrico a través de la red móvil.

Red de Distribución: La red o capa de distribución, es la parte de la red que se encarga de concentrar o agregar todas las conexiones que se tienen en la red de acceso. Es posible tener varios niveles de agregación o distribución, como es el caso que se analiza en este TFM.

Seamless MPLS: Es una arquitectura basada en protocolos estándares como BGP, que permiten hacer una segmentación lógica y jerárquica de la red, brindando escalabilidad, robustez y simplicidad [5]. Seamless MPLS permite extender la región MPLS a la capa de acceso, logrando una comunicación end-to-end y estableciendo una ruta de conmutación de etiquetas de extremo a extremo a través de las capas de borde, acceso y agregación.

Virtual Private Network: Una red privada virtual (VPN) es una tecnología de red que consiste en el intercambio de información de manera segura y privada a través de redes públicas. Se utilizan, por ejemplo, para conectar dos sucursales de una empresa y que estas compartan datos e información de forma privada, utilizando una conexión a la internet pública. La característica más importante de esta tecnología es que permite ahorrar costos, ya que la alternativa para mantener la privacidad y seguridad de la conexión sería utilizar líneas dedicadas de datos.

3.2. Marco teórico

3.2.1. MPLS

MPLS es el acrónimo de Multiprotocol Label Switching, que significa conmutación de etiquetas multiprotocolo. MPLS es un sistema de reenvío paquetes de datos que funciona entre las capas de enlace y red del modelo OSI. Cuando un paquete entra en una red MPLS (dominio), se le agrega un encabezado MPLS, el cual contiene varios campos, entre ellos la etiqueta (layer), que es la que se va a utilizar para reenviar el paquete hasta que abandone el dominio MPLS. Esta información de control con la cual funciona MPLS, se encapsula entre los encabezados de la capa de enlace y de la capa de red. Los aspectos básicos de las redes MPLS se definieron en [6] y a continuación se mencionan los más relevantes para el desarrollo del presente TFM.

En una red MPLS, a diferencia de una red convencional, las rutas que siguen los paquetes a través de la red se pueden determinar de antemano, de manera que cuando un paquete ingresa al dominio y se le asigna una etiqueta, básicamente se le está asignando la ruta que va a seguir dentro de la red.

Los routers de una red MPLS, reciben el nombre de LSR (label-switched router). Estos routers, examinan únicamente la etiqueta del paquete y con base en ello, reenvían el paquete por la ruta preestablecida, siendo este proceso mucho más rápido que el enrutamiento tradicional, en el cual el router debe hacer una exploración más profunda del encabezado IP, para después de forma autónoma reenviar el paquete por la interfaz adecuada de acuerdo con la información de su tabla de enrutamiento.

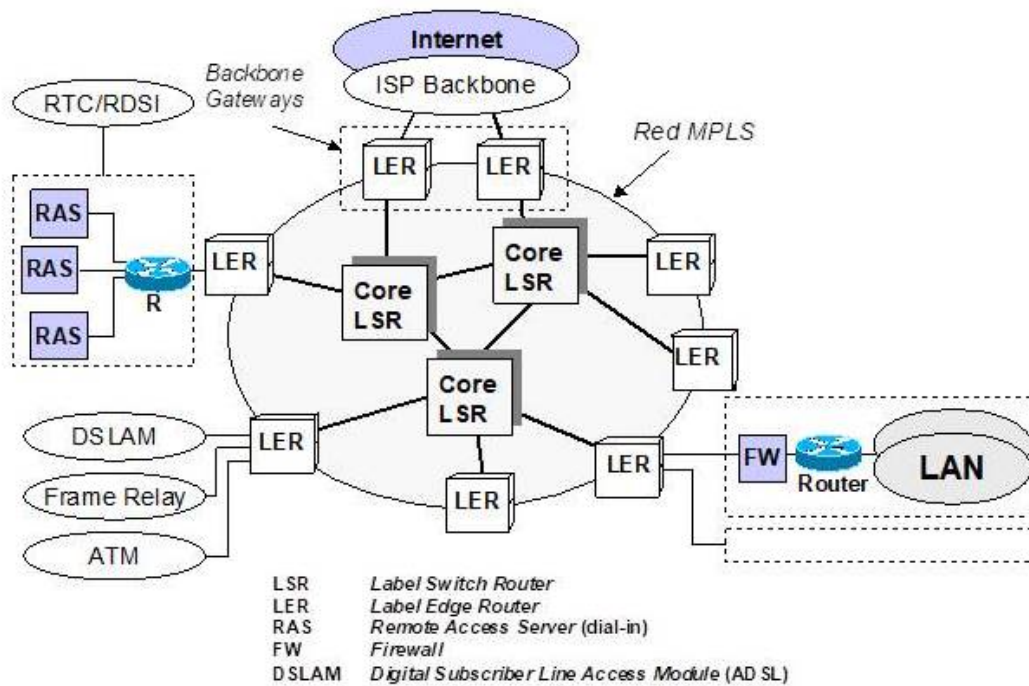
Otra característica importante de las redes MPLS, es que el protocolo de red no está preestablecido, de manera que es posible utilizar IP o cualquier otro dependiendo de las necesidades y características propias de cada red.

MPLS requiere de un protocolo para distribuir las etiquetas y establecer los LSP (Label Switched Path), que son básicamente las rutas que siguen los paquetes a través de la red. Las etiquetas también se pueden distribuir utilizando protocolos tradicionales de enrutamiento. Un LSP, se comporta de forma similar a como lo hacen los circuitos virtuales en las redes ATM, pero los LSP son unidireccionales. Las rutas establecidas por los LSP pueden cambiar con base en el tráfico que tenga la red en un momento determinado o dependiendo de otros parámetros de la red. El LSP entre dos routers, puede ser el mismo utilizado en capa 3, es decir salto a salto o el router que envía el paquete, puede solicitar un ER (Explicit Route). Esta capacidad de elegir rutas en la red es una de las características más importantes de las redes MPLS.

Cada LSR, tiene una tabla de reenvío, la cual está compuesta por las etiquetas que se han distribuido anteriormente en la red. Cada entrada en la tabla de indexación, indica al LSR como procesar cada paquete. Cuando un paquete ingresa en la red MPLS, un router de borde o LER (Label Edge Router) lo clasifica y le asigna una etiqueta, la cual se inserta como un encabezado con otra información de control relevante. Estos routers LER son los puntos de entrada y/o salida de la red MPLS y son los encargados de interconectar la red MPLS con otras redes fuera del dominio. Cuando el paquete llega a un LSR, este examina el encabezado MPLS en busca de la etiqueta y antes de reenviar el paquete por la interfaz adecuada, de acuerdo con la información contenida en su tabla, reemplaza la etiqueta de entrada por la de salida. Este proceso es más rápido que el que se utiliza en el enrutamiento IP tradicional, el cual requiere que se analice y se busque en la tabla de enrutamiento la equivalencia más larga, para luego

reenviar el paquete al router de siguiente salto. Una vez que el paquete llega a su destino (último LER dentro de la red MPLS), se retira el encabezado MPLS y el paquete continúa su camino a través de otras redes. En la Figura 1 se muestra la arquitectura de una red MPLS.

Figura 1. Arquitectura de una red MPLS [7]



Dentro de un dominio MPLS, la clasificación de los paquetes, el reenvío y la calidad de servicio están determinados por la etiqueta asignada al paquete, este proceso se hace solamente cuando el paquete ingresa a la red MPLS en el LER, de modo que el núcleo de la red no tiene que realizar este proceso constantemente, lo da como resultado una red más rápida.

Otra característica importante de las redes MPLS, es que los LSP se pueden utilizar como túneles, ya que desde que el paquete entra en la red, su camino a través de esta está completamente determinado por la etiqueta asignada a su ingreso. Si se compara MPLS con

otras técnicas de tunelización, MPLS es más simple, debido a que no es necesario especificar cada uno de los routers que forman parte del túnel, ya que estos quedan establecidos al momento de asignar la etiqueta.

3.2.2. Redes definidas por software

Uno de los pilares fundamentales de la sociedad actual son los datos, no en vano se dice que estamos en la sociedad de la información. Gran parte de la actividad económica actual se basa en la información y para esto, los datos deben poder transferirse de forma rápida, eficiente y segura.

Las redes IP tradicionales, son las encargadas de transferir estos datos, sin embargo, no están exentas de problemas, ya que son complejas y difíciles de gestionar. Por ejemplo, no es una tarea sencilla configurar la red de acuerdo con unas políticas preestablecidas o reconfigurarla para responder a los problemas más comunes, como pueden ser fallos de algún enlace, balancear la carga entre enlaces redundantes o cambios y reconfiguraciones en la infraestructura física.

Originalmente, el término Redes Definidas por Software, hacía referencia a una arquitectura de red, en la cual el reenvío de paquetes en el plano de datos está gestionado por un plano de control, el cual está desacoplado del plano de datos. [8]

Las redes definidas por software son un concepto que promete solucionar algunos de los problemas de la gestión de las redes Ip. En primera instancia, se busca terminar con la actual integración vertical de las redes, separando la lógica de control del hardware subyacente como los routers, switches y demás equipos de red. Lo que se busca es centralizar el control de la red,

permitiendo programar la misma para alcanzar la flexibilidad de la que carecen las redes actuales.

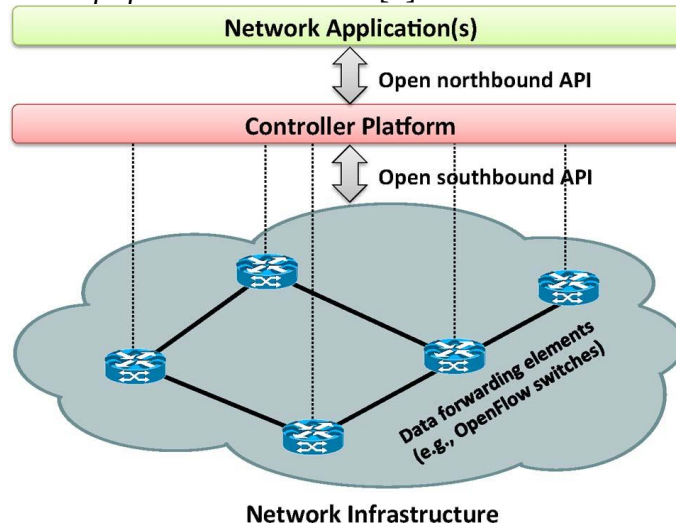
Las SDN (Software Defined Networks) se fundamentan en 4 conceptos principales, según se referencia en [9]

- El plano de control y de datos están desacoplados, es decir los dispositivos de red simplemente se dedican a reenviar paquetes de datos, mientras que el control de estos dispositivos pasa a la red.
- Las decisiones acerca de cómo se reenvía los paquetes en la red se hacen basándose en el flujo al cual pertenecen estos y no solamente en el destino. Un flujo podría definirse como un conjunto de paquetes que tienen ciertas características y al cual se le aplican ciertas acciones. Todos los paquetes que pertenecen a un flujo reciben el mismo tratamiento por parte de los switches. Routers, firewalls, etc. Esto hace que la red sea más flexible y fácil de gestiona.
- El comportamiento de los dispositivos de red no es autónomo, sino que este pasa a una entidad externa llamada controlador de la SDN. Este controlador, es una plataforma de software que se ejecuta en un servidor y proporciona las abstracciones necesarias para controlar los dispositivos de red a partir de una visión centralizada de la misma. Haciendo una analogía, este controlador sería el equivalente al sistema operativo de un computador.
- La red es programable a través de aplicaciones que funcionan en el controlador, de manera que son estas las que interactúan con el plano de datos, que es donde están los dispositivos de red. Esta es la característica más importante y la que ha hecho que la industria esté impulsando su uso.

En la Figura 2, se muestra un esquema simplificado de una red definida por software. La infraestructura de red (routers, switches, firewalls, etc.) están en el plano inferior, el cual es

manejado por el plano superior, que es donde se encuentra el controlador de la red y finalmente sobre este plano de control, se encuentran las aplicaciones de red.

Figura 2. *Arquitectura simplificada de una SDN [9]*



3.2.3. Protocolos de enrutamiento

Para que dos hosts puedan intercambiar información, a menudo es necesario que dicha información se segmente y viaje en forma de paquetes por diferentes redes de datos. Cada host tiene una dirección IP en capa 3 del modelo OSI. Dicha dirección se utiliza para determinar el camino que siguen los paquetes de datos desde el emisor hasta el receptor, sin embargo, los nodos de la red no tienen toda la información de la ruta, solo pueden determinar cuál es el siguiente nodo (router) que debe recibir el paquete, este comportamiento se repite hasta que el paquete llega finalmente a su destino. Para poder determinar cuál es el router que debe recibir el paquete, se utilizan los protocolos de enrutamiento.

Estrechamente relacionado con los protocolos de enrutamiento, se tiene el concepto de AS o sistema autónomo en internet, el cual es una agrupación de redes que tienen una política de enrutamiento común y que son gestionados por una (o varias) organizaciones. La

característica primordial de un AS es que gestiona su tráfico interno y la forma en la que envía y recibe paquetes de otros AS.

3.2.3.1. Interior Gateway Protocol (IGP). El protocolo de Gateway interior, es el que se utiliza para enrutar los paquetes de datos dentro de un sistema autónomo. Las compañías u organizaciones que gestionan un AS eligen el protocolo de enrutamiento que se va a utilizar dentro del AS. Los protocolos IGP más utilizados son:

- RIP-Routing Information Protocol
- OSPF -Open Shortest Path First
- EIGRP-Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
- IGRP-Interior Gateway Routing Protocol

3.2.3.2. Exterior Gateway Protocol (EGP). El protocolo de Gateway exterior es que se utiliza para enrutar paquetes cuyo destino está en otro sistema autónomo. El protocolo BGP, Border Gateway Protocol es actualmente el más utilizado para esta tarea. La versión actual del protocolo se describe en la RFC4274 [10].

BGP está diseñado para conectar sistemas autónomos y se asume que el enrutamiento dentro del AS se realiza con alguno de los protocolos IGP, de manera que BGP no toma ninguna decisión acerca de cómo se reenvían los paquetes dentro del AS, de hecho, puede funcionar sin problema alguno si los protocolos IGP que utilizan dos AS interconectados son diferentes.

La información que intercambia BGP, es suficiente para construir un diagrama de los diferentes sistemas autónomos conectados, permitiendo evitar bucles e implementar diversas políticas de reenvío de paquetes.

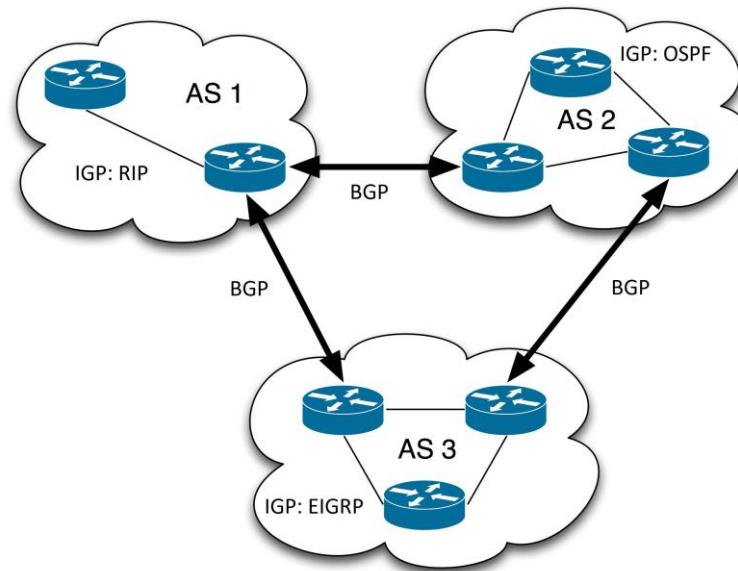
El protocolo, tiene dos características importantes, la primera es la que se conoce como atributos Path (Path attributes) y Aggregation of Network Layer Reachability Information (NLRI).

Los atributos Path brindan al protocolo una gran flexibilidad, se pueden utilizar para probar nuevas funciones sin afectar a los demás routers de la red. Uno de los atributos más importantes es el Path del sistema autónomo, conocido como AS Path. A medida que la información de accesibilidad viaja por internet, el AS Patch va guardando en una lista todos los AS que se pueden alcanzar. Esta información luego es utilizada para evitar bucles e implementar políticas basadas en el enrutamiento.

El algoritmo que utiliza BGP no puede clasificarse directamente como de estado de enlace o vector distancia. En lugar de esto, se le conoce como Path-Vector, el cual evita los problemas tradicionalmente asociados al algoritmo de vector distancia.

BGP utiliza la estrategia de actualización incremental para optimizar potencia de procesamiento y ancho de banda. Esta forma de actualización consiste en que un par de routers conectados en una sesión BGP, se envían entre ellos únicamente los cambios ocurridos en la información de enrutamiento desde el último intercambio de mensajes. Estos mensajes se envían utilizando un mecanismo confiable de transporte como TCP.

En la Figura 3 se observan tres sistemas autónomos. Cada uno de los AS tiene su propio IGP para enrutar el tráfico dentro de sus redes, sin embargo, cada AS puede operar en su interior con un IGP distinto, como se muestra en la figura. Cuando los paquetes tienen como destino una red externa al AS, se utiliza BGP para enviar los paquetes a su destino.

Figura 3. *IGP vs BGP*

3.2.4. UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

Las redes UMTS o de tercera generación (3G) iniciaron su desarrollo en 1999, cuando la ITU aprobó las características principales del sistema que más tarde se conocería como IMT-2000 [11]. Se considera a esta tecnología la sucesora de la segunda generación (2G), de la cual toma algunos componentes, pero cambia completamente la interfaz de radio.

Las redes UMTS tienen varias ventajas sobre su antecesora, entre ellas presenta una mayor tolerancia a las interferencias, esto debido a que se utiliza CDMA, acceso múltiple por división de código. La implementación inicial de UMTS permitía velocidades de hasta 2 Mbps, pero en sucesivas implementaciones, estos valores mejoraron, por ejemplo, en lo que se conoce como estándar HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) [12] se llegó a 14.4 Mbps y con HSDPA+ a 42 Mbps.

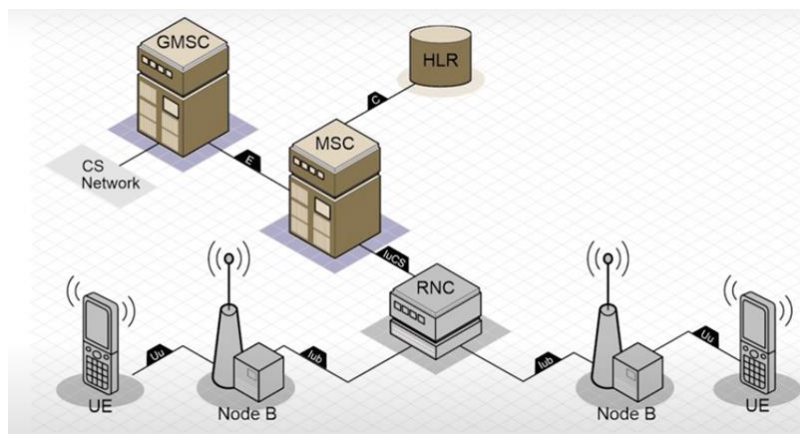
En este tipo de tecnología, el ancho de banda se reparte entre todos los usuarios de la celda. También, la velocidad de acceso se ve afectada por la distancia a la cual se encuentra la estación móvil de la estación base. Esta disminución de la velocidad es más marcada en UMTS que en redes 2G, por ejemplo.

Características Principales:

- Su desarrollo comenzó en 2004
- Utiliza CDMA (acceso múltiple por división de código) con DSSS (espectro ensanchado con secuencia directa), esto significa que todos los usuarios utilizan todo el ancho de banda.
- Utiliza un mecanismo riguroso de control de potencia de los usuarios.
- El sistema funciona con un nivel de interferencia agregada, esto quiere decir que se necesita de otros usuarios para adaptar los niveles de transmisión y así poder estimar el canal.
- El sistema funciona con bajos niveles de SINR.
- Un usuario que esté en el límite entre dos celdas se podrá conectar a ambas.

En la Figura 4 se muestra un modelo simplificado de la arquitectura de una red UMTS. A continuación, se comentan los bloques principales del diagrama.

Figura 4. *Arquitectura simplificada de una red UMTS*



User Equipment (UE): Es el equipo terminal del usuario.

Node B: Es la parte de la interfaz de radio que le da acceso a la red al UE.

Radio Network Controller (RNC): Se encarga de la gestión de los recursos de radio y también gestiona la movilidad del usuario. Cada RNC puede controlar varios Node B.

Mobile Switching Center (MSC): Forma parte del núcleo de la red, es la pieza central de una red basada en la conmutación de circuitos. Esta parte de la red es compatible con redes 2G. Se encarga de gestionar las llamadas de los UE y también de la parte de facturación.

Gateway Mobile Switching Center (GMSC): Es la parte del núcleo de la red que permite conectar a los UE con redes externas.

Home location register (HLR): Es una base de datos que almacena información importante acerca de los abonados, como por ejemplo si en un momento determinado este está conectado o no a la red, los servicios que puede utilizar un usuario, tipo de equipo terminal del usuario, entre otros.

3.3. Marco legal

A continuación, se relacionan algunas leyes que de forma directa o indirecta este TFM ayudando a cumplir.

LEY 1341 DE 2009: En el capítulo 1 de la Ley 1341, se presentan los principios generales de la misma, los cuales se reproducen a continuación: “La presente ley determina el marco general para la formulación de las políticas públicas que regirán el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, su ordenamiento general, el régimen de competencia, la protección al usuario, así como lo concerniente a la cobertura, la calidad del servicio, la promoción de la inversión en el sector y el desarrollo de estas tecnologías, el uso

eficiente de las redes y del espectro radioeléctrico, así como las potestades del Estado en relación con la planeación, la gestión, la administración adecuada y eficiente de los recursos, regulación, control y vigilancia del mismo y facilitando el libre acceso y sin discriminación de los habitantes del territorio nacional a la Sociedad de la Información” [13].

LEY 1978 de 2019: En el artículo 1, se presenta el objeto de la LEY 1978, el cual se reproduce a continuación: “La presente Ley tiene por objeto alinear los incentivos de los agentes y autoridades del sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), aumentar su certidumbre jurídica, simplificar y modernizar el marco institucional del sector, focalizar las inversiones para el cierre efectivo de la brecha digital y potenciar la vinculación del sector privado en el desarrollo de los proyectos asociados, así como aumentar la eficiencia en el pago de las contraprestaciones y cargas económicas de los agentes del sector”. [14].

3.4. Estado del arte

En su informe de gestión responsable de 2020 [15], Telefónica informa que para su filial en Colombia y para el cuarto trimestre de 2017, Colombia Telecomunicaciones inició un proceso de integración operativa con sus filiales Metrotel S.A. ESP y Telebucaramanga S.A. ESP, para capturar sinergias y avanzar hacia su integración jurídica. En el año 2018, se llevó a cabo la integración comercial, de marca y administrativa de Metrotel y Telebucaramanga con Colombia Telecomunicaciones. En consecuencia, a partir de noviembre de 2018 Metrotel y Telebucaramanga operan bajo la marca comercial Movistar, y adicionalmente las labores administrativas fueron gestionadas por Colombia Telecomunicaciones, para fines de este TFM no se tendrá en cuenta la filial Metrotel S.A. ESP.

Asociado a lo anterior, vale la pena citar que el concepto de Industria 4.0 que se está promoviendo actualmente, contempla escenarios completamente interconectados con el fin de aumentar la eficiencia, calidad y rendimiento de los procesos industriales. En este contexto, las tecnologías de comunicación juegan un papel clave como herramienta fundamental que permite la interconexión entre procesos de negocio a priori aislados, sacando el máximo partido de dichos procesos y derivando en aplicaciones y mecanismos de toma de decisiones a nivel de negocio más potentes. [16]

La integración de Telebucaramanga por parte de Movistar en el 2018 sigue representando en la actualidad un reto tecnológico, dentro de Movistar se asume como un proyecto que busca integrar los procesos comerciales, tecnológicos y operativos de Telebucaramanga con Movistar, garantizando la continuidad en el servicio y asegurando la transferencia de las mejores prácticas entre compañías para lograr una gestión más eficiente mediante la captura de sinergias. De esta manera es posible ofrecer un mejor servicio a los clientes de las filiales, quienes en adelante podrán contar con un amplio portafolio de servicios al cual se integran los productos móviles y digitales de Movistar, con más canales de atención y todo ello, soportado en la inversión proyectada en infraestructura de telecomunicaciones en Bucaramanga. [17]

Basados en revisión de literatura realizada en el índice bibliográfico SCOPUS [18] [16] e información de fuentes primarias de Telefónica [15] [17], se realizará una revisión de los antecedentes que pueda presentar esta propuesta, esta labor se va a centrar en la búsqueda de palabras claves como CONVERGENCIA, INTEGRACIÓN y TELECOMUNICACIONES.

Las compañías de telecomunicaciones (Telcos) en Colombia han realizado varias fusiones que han tenido como resultado la integración de empresas más pequeñas a otras con

más presencia en el territorio nacional, entre esos casos podemos encontrar, la integración de UNE a TIGO que se formalizó el 14 de agosto de 2014 tras la firma de la escritura pública de fusión entre UNE EPM Telecomunicaciones S.A. y Millicom Spain Cable S.L., EPM y Millicom efectuando el cierre de la transacción para integrar sus intereses en los negocios fijo y móvil en Colombia, representados por UNE EPM Telecomunicaciones y sus subsidiarias, y Colombia Móvil-TIGO. [19] con esta fusión las dos empresas con mayor presencia en la costa Caribe y Antioquia buscaron unir esfuerzos para consolidarse en esas regiones y seguir creciendo en el resto del país. también se tiene el caso de la fusión de TELMEX y COMCEL donde a partir del 26 de junio de 2012 Comcel cambió su razón social a Claro Colombia, luego de su alianza con Telmex Colombia, también subsidiaria de América Móvil. para dar origen a CLARO, este proceso de fusión administrativamente fue más extenso y se cerró en septiembre de 2019.

Finalmente se tiene la fusión TELEBUCARAMANGA a MOVISTAR, que será parte del estudio de este TFM y cuyos movimientos representan un reto dentro las empresas en varios frentes, uno de ellos es lograr una convergencia tecnológica que le permita al cliente no experimentar fallas en el servicio durante la fusión de las dos empresas.

Con este nuevo panorama, los tres principales operadores en Colombia tendrán integración tanto en el sector móvil como fijo, por lo que, en el futuro, los usuarios verán un auge en las ofertas que incluyen servicios en todos los ámbitos, y donde se comience a hablar de convergencia, la cual es el conjunto de procesos de transformación social, económica, organizativa y tecnológica que la digitalización está haciendo posible e impulsando. [18] Todo este nuevo panorama en el sector de las telecomunicaciones puede generar un entorno turbulento donde se presenta una situación de alteración, confusión, la cual se caracteriza por

presentar incertidumbre, pues los recursos, restricciones y demás se encuentran en constante cambio. Dicho entorno se puede originar por avances científicos y crecimientos económicos, entre otros, los cuales pueden afectar el proceso normal del sector. Para identificar la turbulencia, se utilizan tres elementos: dinamismo, complejidad e incertidumbre [20]

Lo mencionado anteriormente es importante, pero también debemos tener en cuenta que la opinión del cliente sobre el servicio que prestan las empresas de telecomunicaciones suele ser desfavorable. Por ejemplo, existe un descontento por parte de los jóvenes respecto al servicio prestado por parte de las telefonías Claro y Movistar, estas dos compañías no han logrado cumplir con las expectativas de los clientes, que tienen diferentes quejas identificadas en la investigación. . [21]

4. Metodología

La metodología de investigación aplicada al presente trabajo se detalla a continuación.

4.1. Línea de investigación

El presente TFM se basa en las líneas de telemática y gestión TI de la facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás.

4.2. Tipo de investigación

El trabajo de grado tendrá un enfoque mixto, se trabajará de forma cualitativa por medio de entrevistas a personal estratégico al interior de Telefónica y de forma cuantitativa para determinar el nivel de madurez de Telefónica en la infraestructura objeto de estudio en el trabajo de grado.

4.3. Estructura metodológica

Este TFM pretende diseñar una estrategia para integrar la infraestructura del nodo centro de Bucaramanga, permitiendo una convergencia de las redes que ayuden a prestar un mejor servicio al cliente. Por lo tanto, se plantearon cinco (5) fases que se deben cumplir dentro de una planificación, buscando lograr cumplir los objetivos. Las fases planteadas se agrupan en las etapas que se presentan a continuación:

4.3.1. Generación de la línea base

4.3.1.1. Fase 1: Levantamiento de información. En esta primera fase se dimensiona el estado actual del nodo, cuáles son las redes que se encuentran prestando servicio en ese lugar y que tipo de servicios operan desde ese nodo. En concreto, se presenta el funcionamiento actual del nodo, y para esto, se definieron los aspectos que hacen parte de un contexto inicial y que se muestran en la Figura 5.

Figura 5. Dimensionamiento del nodo centro



4.3.1.2. Infraestructura red fija y móvil. Actualmente Telefónica cuenta con una red de telecomunicaciones diseñada bajo el concepto de una arquitectura de: Acceso – Distribución – Transporte, esta arquitectura también es conocida como una arquitectura jerárquica o por niveles / capas.

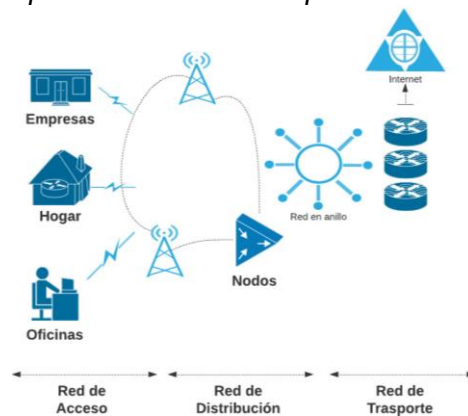
Dentro del nivel de Transporte se encuentra un subnivel llamado *Backbone*, este nivel es el encargado de transportar grandes cantidades de datos entre un número limitado de puntos fijos de distribución. Las diferentes capas de la red de comunicación están interconectadas, dentro de este nivel normalmente se utiliza fibra óptica.

La función de la capa de transporte es mover grandes cantidades de datos desde la red principal (backbone) a los nodos y controladores repartidos a nivel nacional.

La capa de distribución típicamente no maneja gran cantidad de datos, su objetivo principal es proveer múltiples puntos de presencia para mejorar y optimizar el acceso de los diferentes clientes.

Finalmente, la capa de acceso proporciona los medios para comunicar al cliente final, estos medios pueden ser últimos kilómetros fibra óptica, radioenlaces o cable coaxial. En la Figura 6 se muestra la arquitectura de red jerárquica que utiliza Telefónica.

Figura 6. Arquitectura jerárquica de la red de telefónica



Para contar con una perspectiva vertical de la conectividad de Telefónica en Colombia, es importante validar en primer lugar *la infraestructura de telecomunicaciones* a nivel nacional de la empresa. En segundo lugar, se debe conocer *el Backbone nacional de transporte* y por último conocer *la red metropolitana*, que para este TFM sería la red del área metropolitana de Bucaramanga donde se encuentra el nodo centro.

Infraestructura de Telecomunicaciones: Telefónica cuenta con una infraestructura en telecomunicaciones robusta y con la capacidad para administrar diferentes tecnologías. Con esto llega a todo el territorio nacional a través de múltiples redes:

- Red de fibra óptica con más de 5100 Km. de longitud a nivel nacional.
- Red de microondas con más de 5000 estaciones terrestres.
- Red de cables submarinos que permiten la comunicación con cualquier parte del mundo, de los cuales 2 son cables propios (SAM1 y PCCS).
- Red satelital para llegar a los lugares más remotos de Colombia.
- Red de telefonía nacional e internacional con presencia local en 998 municipios, con más del 91% de cobertura del territorio Nacional.
- Red de datos e Internet a nivel nacional e internacional
- 8 anillos concéntricos con más de 2'000.000 de canales.
- 110 anillos Metro en 32 Ciudades, soportado por SDH, XDSL, IP MPLS.

Sobre esta red, Telefónica ofrece servicios de transmisión de datos nacionales e internacionales voz y video, los cuales permiten establecer conexiones físicas y lógicas entre sus diferentes sitios. Con esto se logra conectar las redes de área local (LAN) con la de área extensa (WAN) corporativa.

Los servicios de transmisión de datos que se pueden ofrecerse son:

- VPN IP MPLS
- VPN IPSEC
- Enlaces digitales Fast Ethernet y Gigabit Ethernet
- Enlaces digitales dedicados Global LAN.
- Cables submarinos.
- Conexiones satelitales Clear Channel (SCPC).
- Sistemas microondas digitales y análogos.
- xDSL.

Backbone Nacional de Transporte: Para brindar las grandes capacidades, Telefónica cuenta con una infraestructura de Fibra óptica nacional denominada Red Troncal Nacional de Fibra Óptica. Esta infraestructura para transporte de información interconecta 13 capitales de departamento y cincuenta (50) municipios del país, mediante más de 4200 Km de fibra óptica. Cuenta con conexiones locales en Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Bucaramanga y Pereira, a través de anillos de fibra óptica metropolitanos, mediante los cuales se presta servicio a los clientes.

El núcleo de la red de transporte lo conforma un anillo STM-64 (10 Gbps). Este anillo está construido con la tecnología de transporte DWDM que brinda mejores tiempos de convergencia ópticos. La red está diseñada con un nivel de alta redundancia y se encuentra estructurada en una jerarquía, que permite la redundancia automática y el desborde del tráfico ante la eventual falla en la operación de una troncal de red, o inclusive un nodo completo.

La red de transporte está compuesta por dos grandes partes:

La red interurbana: Es una estructura de 3 anillos principales con una capacidad instalada por anillo de más de 400 Gbps y está construida con equipos de los proveedores Nokia y Huawei.

La red urbana o regional WDM, SDH: Es la estructura de la red de transporte que cubre 24 redes urbanas de diferentes proveedores (Huawei, ECI, Alcatel). A nivel nacional se cuenta con más de 2200 equipos SDH – NG y más de 140 equipos DWDM.

Red Metropolitana

Debido a la gran concentración de clientes en las principales ciudades del país, Telefónica cuenta con una infraestructura basada en tecnología DWDM a nivel Metropolitano para consolidar redes de alta capacidad y redundantes que cumplan con los requerimientos de ancho de banda de hasta 100Gbps.

En complemento a esta infraestructura, está consolidada una red de acceso para llegar en diferentes tecnologías a las sedes del cliente que tengan requerimientos de ancho de banda diferentes

Red Nodo Centro de Bucaramanga: En este trabajo, se documentó el estado actual del nodo centro de Bucaramanga, las redes que se conectan, los equipos utilizados y los servicios que desde allí se prestan.

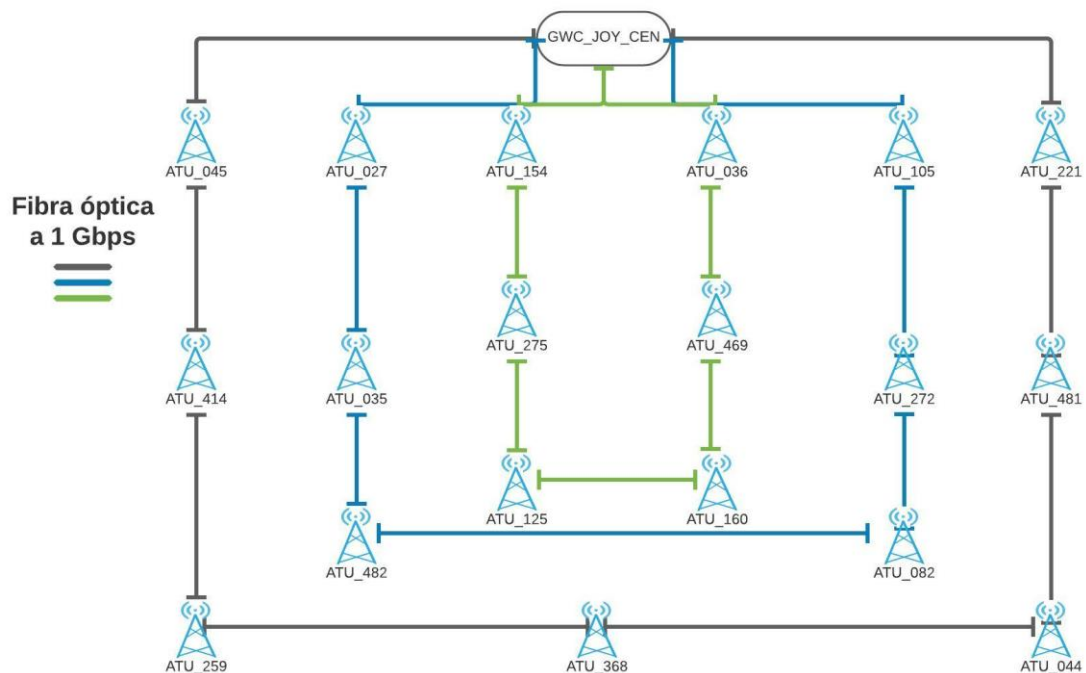
El nodo Bucaramanga tiene de forma general dos componentes. El primero es la infraestructura móvil conformada por las redes de Movistar ubicadas en el SW la JOYA en la calle 9 con 3 y la segunda es la infraestructura fija conformada por las redes de la antigua TELECOM ubicadas en la calle 18 con 35 y las redes de TELEBUCARAMANGA ubicadas en la calle 15 con 36.

Infraestructura Móvil: El nodo centro de Bucaramanga cuenta con 3 anillos de fibra óptica con capacidad a 1 Gbps, donde se conectan 19 Estaciones base de Telefónica (ATS).

Cada anillo tiene capacidad para conectar hasta 8 estaciones móviles. Su topología en anillo permite que cada estación cuente con redundancia ante cualquier problema de conectividad por la ruta principal y siempre va a contar con una ruta de respaldo que permite que no haya interrupción del servicio en caso de fallos. Para el caso del nodo centro de Bucaramanga los anillos están conformados como se muestra en la

Figura 7

Figura 7. *Arquitectura de red nodo centro de Bucaramanga*



A continuación, se relacionan las estaciones de telefonía móvil por anillo:

- *Anillo color negro:* ATU_045_ Quebrada Seca, ATU_414_ Don Bosco, ATU_259_ 13 de mayo, ATU_044_ Alcaldía, ATU_481_ Gobernación, ATU_221_ San Andresito
- *Anillo color azul:* ATU_027_ García Rovira, ATU_355_ Epicentro, ATU_482_ San Mateo, ATU_028_ Parque Centenario, ATU_272_ García Rovira II, ATU_105_ Gira Luz

- *Anillo color verde:* ATU_154_ Alarcón, ATU_275_ Gira Luz II, ATU_125_ La triada, ATU_160_ Cámara de comercio, ATU_469_ Antonia Santos II, ATU_036_ Chicamocha

La

Figura 7 contiene las ATU que son las estaciones de telefonía móvil que funcionan con equipos 7705 SAR-8 y un GWC (Gateway Concentrador) que está ubicado en el nodo centro y contiene un equipo 7705 SAR-18. La comunicación entre ellos se realiza por medio de tramas de direcciones de hardware (MAC). Esto indica que las conexiones se realizan a nivel de capa 2 dentro del modelo OSI.

La familia de equipos SAR 7705 son equipos diseñados para la adaptación, agregación y enrutamiento de los servicios que se ofrecen en las diferentes infraestructuras como la MPLS. Sus interfaces soportan diferentes protocolos que permiten crear una red de interconexión entre las redes de datos y la red móvil (Backhaul Móvil). Dentro de los protocolos utilizados se deben resaltar los protocolos de enrutamiento, OSPF (Open Shortest Path First) y BGP (Border Gateway Protocol).

Los equipos 7705 SAR (Service Aggregation Routers) de NOKIA conforman una plataforma de agregación. Son una solución tanto para interiores como exteriores, soportan servicios de alta disponibilidad y permiten conectividad por fibra óptica, microondas y cobre. Estos equipos cuentan con ingeniería de tráfico permitiendo una convergencia entre el flujo de información de la red móvil y la red fija. Dentro de la familia 7705 SAR existen varios modelos, a efectos de este trabajo se utilizaron los modelos de *concentración* 7705 SAR-18 y los de *acceso* 7705 SAR-8 que se muestran en el anexo A.

Equipo 7705 SAR-8: Este equipo cuenta con un sistema redundante que está conformado por 8 ranuras horizontales para las CSM y las tarjetas adaptadoras (MDAs). Las tarjetas CSM

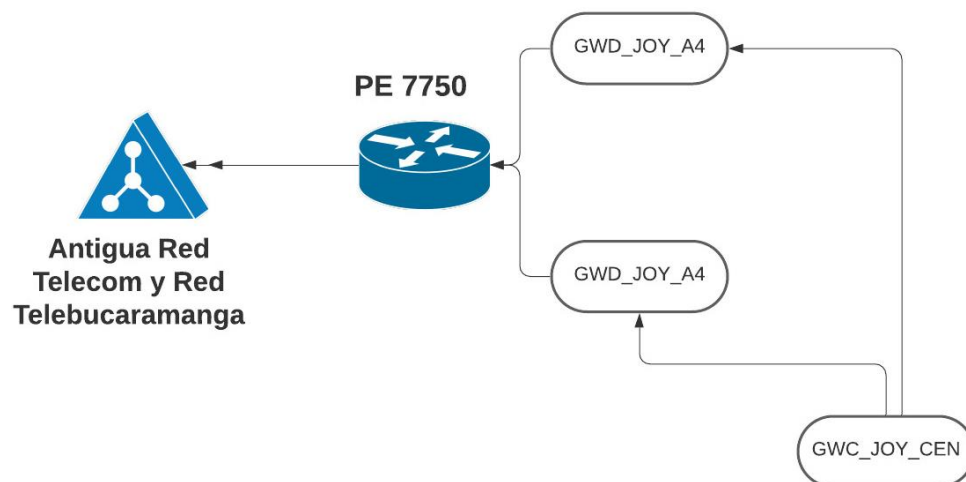
control cuentan con funciones de conmutación, interfaces Ethernet, T1/E1, LED indicadores y conectores para la gestión de equipos, sincronización y alarmas. Cada CSM incluye un compact flash que contiene el software del equipo, lo cual hace necesario contar con una CSM instalada para que el equipo arranque su funcionamiento.

Las tarjetas CSM van conectadas al backplane y transporta el tráfico entre las tarjetas MDAs. La CSM recibe y dirige el tráfico a los diferentes destinos de acuerdo con las políticas de enrutamiento definidas. Las tarjetas MDAs brindan una diversidad de interfaces que soportan distintos tipos de tecnologías y dependiendo de la versión del chasis, soportan hasta 4 slot de 2.5 Gbps full dúplex (FD). Información adicional en el anexo B.

El tráfico del nodo centro es transportado por medio de una fibra óptica con capacidad de 10 Gbps. Al igual que la comunicación entre las estaciones móviles y el GWC_JOY_CEN, la conexión entre el equipo GWD_JOY (equipo distribuidor) y el equipo PE (Provider Edge) 7750 se realiza a nivel de capa 2, tal como lo muestra la

Figura 8.

Figura 8. Esquema de conectividad del concentrador GWC-JOY-CEN



Los equipos distribuidores trabajan de forma redundante, ya que cuentan con un equipo de respaldo que evita la suspensión de los servicios que fluyen a través de ellos. Estos equipos a su vez están conectados a un equipo PE 7750. Se puede destacar el router de alto rendimiento, de multiservicio en la capa de distribución y que está diseñado para la entrega simultanea de servicios fijos y móviles. Este típico enrutador de borde cuenta con capacidad integrada para el procesamiento de paquetes y con esto asegura que nuevos servicios se puedan agregar de forma adecuada y sin afectar su rendimiento.

Infraestructura Fija: Para entender la red fija con que cuenta actualmente Telefónica se deben mencionar dos eventos importantes. El primero, fue el proceso licitatorio del 2006 donde Telefónica España se hacía con el 50% más una acción de Telecom, con la condición de que Telefónica brindara la posibilidad a Telecom de entrar en el negocio de la telefonía celular. El segundo evento, es la compra en 2010 a través de una subsidiaria de Telebucaramanga por parte de Telefónica. Cabe aclarar que Telefónica ha realizado otras compras como Metrotel en la Costa Atlántica, pero para este TFM este hecho no es relevante.

El objeto de estudio de este TFM es la infraestructura actual del nodo centro de Bucaramanga, pero para entender su funcionamiento es importante entender de forma general cómo funciona la red fija de Telefónica a nivel nacional., la cual se muestra en la

Figura 9.

Figura 9. Diagrama de la red fija de Telefónica a nivel nacional

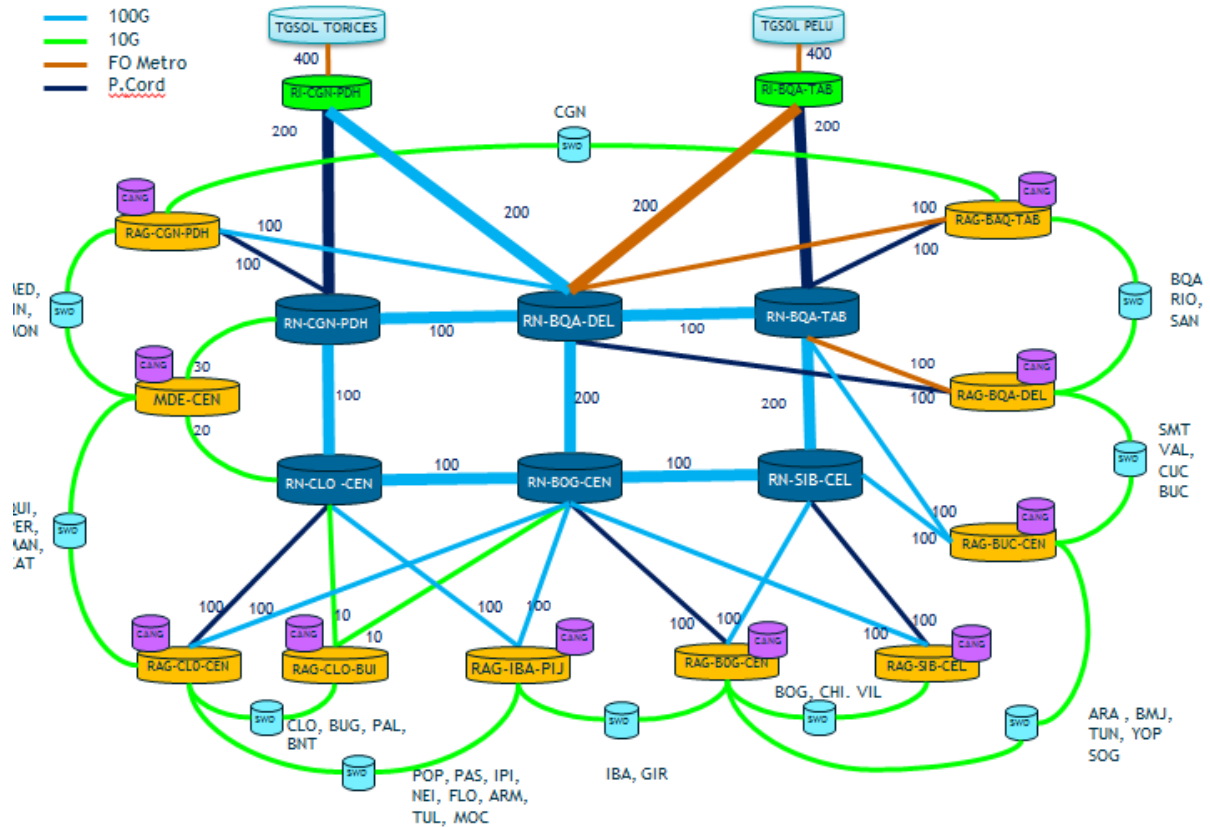
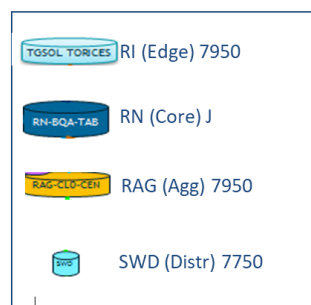


Figura 10. *Núcleo red fija*



La infraestructura fija cuenta con un Núcleo de red (RN) que se encarga de proveer la conexión entre los diferentes puntos. La figura red fija, muestra que ese núcleo se encarga de la conexión entre los equipos de agregación que están distribuidos por las ciudades principales.

Esta parte de la red nos permite conectar servicios como internet, MPLS, telefonía IP, entre otros.

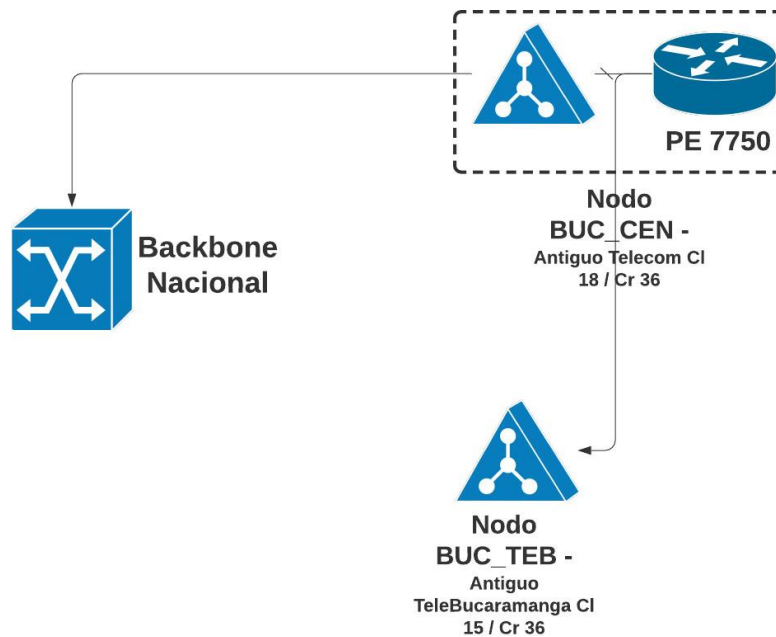
Los equipos de agregación (RAG) son Alcatel 7950 XRS, estos equipos son routers de núcleo de red IP que utilizan un procesador de red FP3(NPU) con capacidad de 400G. Se encargan del enrutamiento hacia el núcleo de la red y del enrutamiento hacia los equipos de borde.

Los equipos de borde están constituidos por equipos distribuidores 7750 y se encuentran repartidos estratégicamente por las ciudades y municipios el país, como ya lo habíamos determinado anteriormente, el nodo centro de Bucaramanga cuenta con uno de estos equipos. En el anexo C se muestran algunos equipos de la serie 7750 SR y sus características.

La serie de equipos Nokia 7750 SR (service router) ofrecen alto rendimiento, escalabilidad y flexibilidad a la hora de recibir servicios de borde, servicios residenciales (banda ancha) y servicios móviles, incluye funciones de infraestructura de red como enrutamiento Core/backbone, agregación WAN, mitigación DDoS y gateway e interconexión en los centros de datos. El anexo C muestra la variedad de equipos con que cuenta la serie 7750, el equipo que se encuentra dentro del nodo centro de Bucaramanga es el 7750 SAR-12

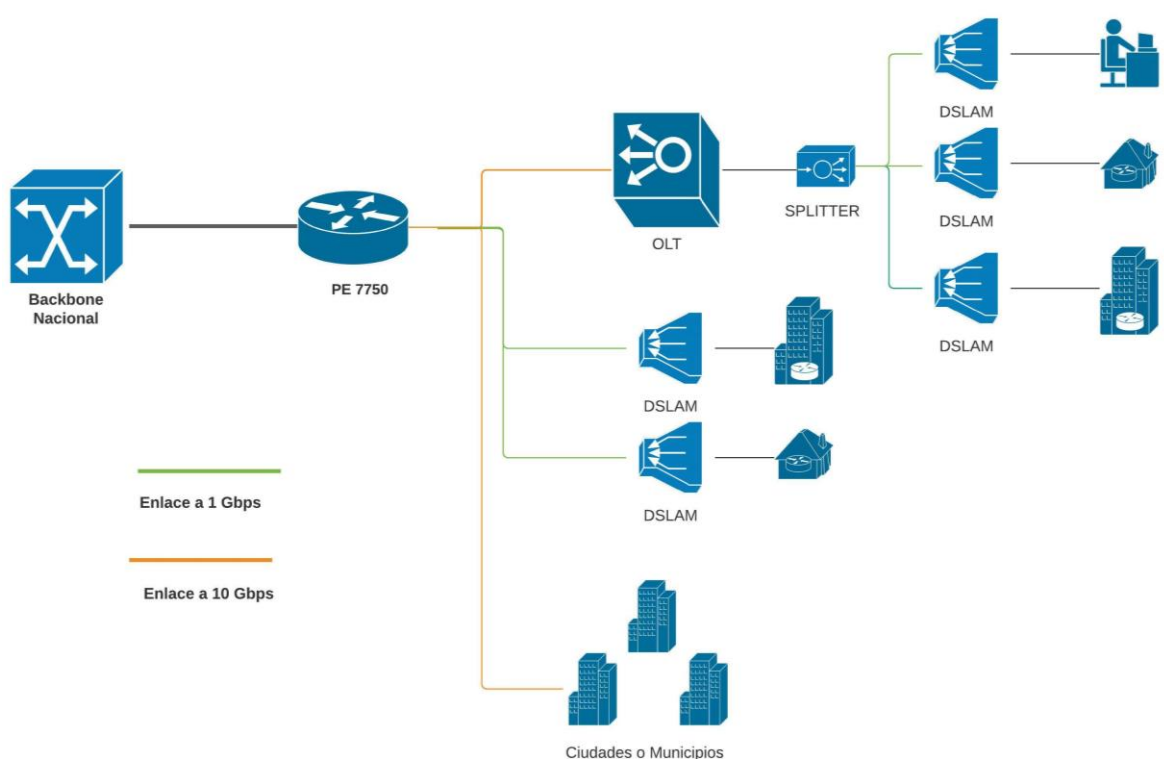
Infraestructura nodo centro Bucaramanga: La

Figura **11**, muestra el esquema de la red fija del nodo centro Bucaramanga. Actualmente tiene un nodo principal en la carrera 18 con calle 36 (Antiguo Telecom) y el nodo ubicado en la carrera 15 con calle 36 (Antiguo Telebucaramanga). El esquema se presenta de esa forma debido a que Telebucaramanga era cliente de Telefónica y aún existe una conexión en fibra óptica por donde se suministra un canal de internet dedicado de 1.5 Gbps.

Figura 11. *Nodo centro de Bucaramanga BUC_CEN*

Descripción Nodo (BUC_CEN): El nodo cuenta con un equipo **7750 SAR-12** y tiene una plataforma diseñada para suministrar un software de alta disponibilidad y una arquitectura de hardware orientada brindar la capacidad que requieran los servicios ofrecidos en ese equipo. Esto permite a Telefónica hacer un incremento de clientes y/o anchos de banda de forma escalable, por lo tanto, el equipo puede cumplir la función de escalabilidad conforme se vaya requiriendo. El equipo cuenta con redundancia de energía (proporcionada por módulos a -48 VDC) y dos bandejas de ventiladores encargados de garantizar el funcionamiento del equipo dentro de los límites establecidos.

Figura 12. *Arquitectura codo centro Bucaramanga*



Internamente el nodo presenta la arquitectura definida en la Figura 12. El equipo PE tiene puertos con capacidad hasta 10Gbps. A estos puertos se conectan equipos OLT (Optical Line Terminal), equipos DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) y servicios de otras ciudades que requieren pasar por este equipo para conectar con el Backbone Nacional de Telefónica.

Los equipos DSLAM que se conectan al equipo PE 7750 tienen una capacidad aproximada de 1 Gbps y conectan los servicios ADSL con Internet por medio de una conexión banda ancha en fibra óptica o cobre.

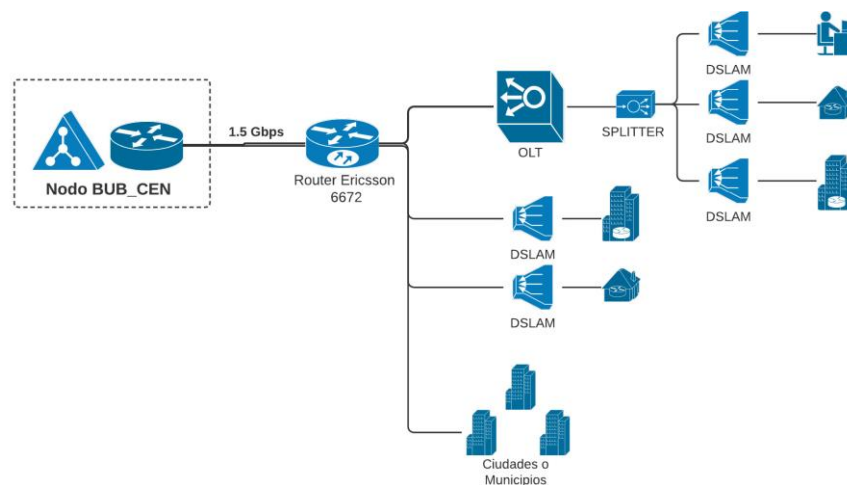
Estos enlaces se encargan principalmente de conectar físicamente los diferentes usuarios, realizar la conversión de protocolos entre la red de acceso y la red WAN, y conmutar internamente el tráfico que proviene de los clientes hacia la red de Telefónica.

Al equipo PE también se conecta una OLT encargada de controlar la información que transmiten los clientes a través de la red GPON y funcionalmente realiza las mismas funciones que un DSLAM.

El área metropolitana de Bucaramanga, Barrancabermeja y Arauca se conectan por transmisión a ese equipo para poder salir al backbone de Telefónica. A efectos técnicos, estas ciudades funcionan como clientes para este equipo. Por ejemplo, cuando un cliente requiere un servicio de Internet dedicado en Barrancabermeja, se realiza la conexión de ese cliente a la infraestructura de acceso que hay en la ciudad. Luego ese tráfico debe ser llevado hasta el equipo PE 77 ubicado en el nodo Bucaramanga centro para que pueda acceder al Backbone de Telefónica y de esta forma poder cumplir con el requerimiento del cliente.

Descripción nodo (TEB_CEN):

Figura 13. *Nodo BUC_TEB*



La

Figura 13 muestra una arquitectura similar a la del nodo BUC_CEN, como se mencionó anteriormente. Esta infraestructura ya se encontraba conectada, por medio de una fibra óptica

con capacidad de 1.5 Gbps, a la infraestructura del nodo BUC_CEN. Todo el tráfico que se genera al interior del nodo es gestionado por medio del router Ericsson 6672 que se encuentra conectado al equipo PE 7750.

El alcance de este TFM no contempla el detalle de abonados y demás, sino infraestructura que permite el paso de ráfagas de datos y no las llamadas individuales de los usuarios.

4.3.1.2.1. Servicios independientes. Sobre la red del nodo centro Bucaramanga se soportan diversos servicios para los segmentos de clientes de hogares, empresariales y corporativos con los que cuenta actualmente Telefónica en esta zona. Se pueden relacionar los servicios de la siguiente manera:

Servicios de voz

Servicio de telefonía básica: Hacen referencia a la telefonía móvil ofrecida dentro de la red móvil y la telefonía fija ofrecida desde la red fija, actualmente el nodo centro maneja en promedio 8550 usuarios concurrentes de telefonía móvil y 4650 usuarios de telefonía fija.

Troncal SIP: Básicamente son líneas telefónicas que funcionan sobre IP y utilizan el protocolo SIP (Session Initiation Protocol). Es un producto orientado a los segmentos de empresa y corporaciones y rápidamente están sustituyendo las líneas análogas. El nodo centro actualmente cuenta con 234 usuarios utilizando esta tecnología.

Servicio de acceso a internet

Banda ancha: Son conexiones a internet con velocidades mínimas de 25 Mbps de bajada y 5Mbps de subida, es un servicio orientado a hogares y pequeñas empresas. Actualmente el nodo centro Bucaramanga cuenta con alrededor de 25.000 clientes.

Internet dedicado: Es una conexión dedicada, simétrica, permanente y de alta velocidad, garantizando al cliente navegación a través del ancho de banda determinado, desde la última milla donde se conecta el cliente hasta la conexión de salida internacional desde donde se presta el servicio. Actualmente el nodo centro Bucaramanga cuenta con 345 clientes.

Seguridad

Internet Seguro: Es una conexión que presenta las características del internet dedicado y mejora la seguridad perimetral incorporando varios niveles de protección: firewall, IPS, antivirus, filtro de contenido, antispymware, filtro antispam y conexiones teletrabajo mediante VPNs. Actualmente el nodo centro Bucaramanga cuenta con 198 clientes.

Seguridad Gestionada: Es un servicio de administración delegada por el cliente. Consistente en la operación remota por parte del SOC (Centros de Operaciones de Seguridad) de Telefónica a los dispositivos de seguridad con que cuenta el cliente en sus instalaciones. Actualmente el nodo centro Bucaramanga cuenta con 45 clientes.

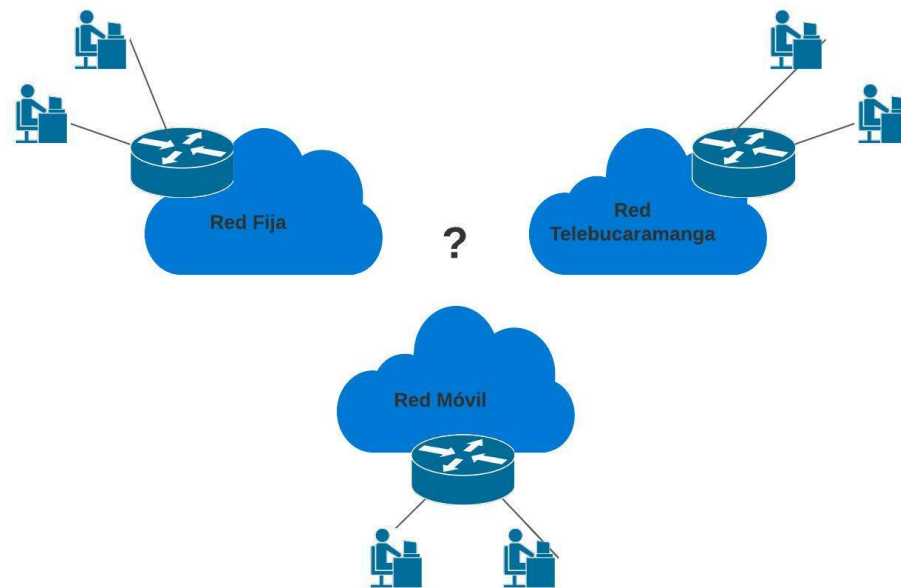
Datos

MPLS: Es un servicio donde el cliente podrá contar con una red privada de conectividad entre cada una de sus sedes. Soporta una gran variedad de medios de acceso, y supone compatibilidad con futuras tecnologías conforme se desarrollen y estén disponibles, lo que permite actualizar la tecnología sin necesidad de migraciones que ocasionen interrupciones en la conexión del cliente. Este servicio usualmente sirve como plataforma para ofrecer los servicios de internet y seguridad mencionados anteriormente.

4.3.1.2.2. Integración inicial Inter-AS: El funcionamiento del servicio MPLS al interior de Telefónica tiene como principio que todas las sucursales de un mismo cliente están

conectadas a la red de Telefónica, por ende, a un solo proveedor de servicios. Estas conexiones se hacen por medio de los equipos PE (Provider Edge) 7750 y los routers de borde.

Figura 14. *Redes Telefónica Bucaramanga*



Actualmente Telefónica cuenta con una red fija, una red móvil y la red de las filiales adquiridas (en este caso de estudio, la de Telebucaramanga), que, aunque hacen parte de una misma empresa, técnicamente son 3 redes independientes tal como lo muestra la

Figura 14. Para que el servicio MPLS funcione, es importante que las tres infraestructuras se puedan comunicar. Un escenario muy común es que un cliente que originalmente tenía servicio de Telebucaramanga, con conectividad MPLS para 3 sedes de su empresa y que necesite un servicio adicional para una cuarta sede, pueda conectarla por medio de la red fija o móvil garantizando que las cuatro sedes se comuniquen correctamente.

Teniendo en cuenta lo enunciado anteriormente Telefónica está implementando, *Comunicación entre Múltiples Operadores de Servicios (Inter-AS)*, haciendo posible que los clientes cuenten con sucursales localizadas en todo el territorio nacional interconectadas por medio de la red fija, la red móvil o la red de cualquiera de las filiales adquiridas por Telefónica. Al conformar una red Inter-AS podemos lograr que una VPN (Virtual Private Network) pueda pasar entre las tres redes ofreciendo conjuntamente servicios MPLS al mismo cliente. Una VPN puede comenzar en una sucursal conectada a la red fija y pasar a otra sucursal conectada a la red móvil. Esto permite formar una red continua entre las sucursales del cliente al interior de Telefónica.

La necesidad de utilizar Inter-AS se presenta en dos escenarios. El primero ocurre cuando dos sucursales del mismo cliente están conectadas por diferentes proveedores de servicio. En este caso, los dos proveedores se ponen de acuerdo en la forma de interconectar sus VPNs garantizando la conectividad de extremo a extremo al cliente. El segundo ocurre cuando un proveedor de servicio adquiere o absorbe a otro más pequeño. Este es el caso de Telefónica que, con la fusión entre Telecom y Movistar, y la adquisición de las filiales comenzó a trabajar con redes diferentes independientemente que el operador de servicio sea el mismo.

A fin de proporcionar conectividad VPN de extremo a extremo, se implementan tres modelos Inter-AS:

- Opción A - Back to Back VRF: Es el modelo más sencillo. Los routers de interconexión de cada uno de los proveedores de servicio funcionan como routers de borde ASBRs (Autonomous System Boundary Router) y se interconectan a través de un solo enlace. En cada ASBRs se configuran las VRFs (Virtual Routing and Forwarding) para reunir las rutas VPN del cliente. La información se envía como paquetes IP entre los ASBRs y se puede utilizar cualquier

protocolo de enrutamiento Cliente / Servidor. La opción tiene la limitante que no es escalable, porque se debe configurar todos los VRF en los ASBRs.

- Opción B - MP-eBGP entre ASBRs: Para esta opción no es necesario configurar VRFs en cada uno de los router del cliente. En esta opción, se intercambian prefijos VPNv4 para diferenciar a los clientes. Los ASBRs utilizan MP-eBGP (Protocolo BGP extendido) para transportar las rutas VPNv4 entre los proveedores de servicio. Esta opción presenta problemas para garantizar la calidad de servicio (QoS) y la certeza de que la información se entregó entre los ASBRs debido a que el tráfico de todos los clientes comparte un único enlace que está limitado en ancho de banda.

- Opción C - Multihop MP-eBGP entre Route-Reflectors (RRs): Es la opción más escalable, ya que los ASBRs no necesitan tener todos los prefijos VPNv4. Por ende, la sesión MP-eBGP se establece entre los RRs (Router Reflector). En este modelo los RR son los encargados de reenviar las actualizaciones a los clientes.

Actualmente el nodo centro Bucaramanga utiliza los tres modelos y son muy útiles para permitir las comunicaciones entre las tres redes. Cabe resaltar las desventajas que trae la utilización de este tipo de redes en cuanto a la falta de escalabilidad, aumento de la latencia y pérdida de QoS.

4.3.1.2.3. Definición de parámetros QoS. La Calidad de Servicio (QoS) hace parte de las características más importantes con las que debe contar una red convergente. Los servicios y aplicaciones que demandan los usuarios requieren normalmente voz y video de alta calidad, ya que la demanda excesiva de estas aplicaciones por parte de los usuarios normalmente

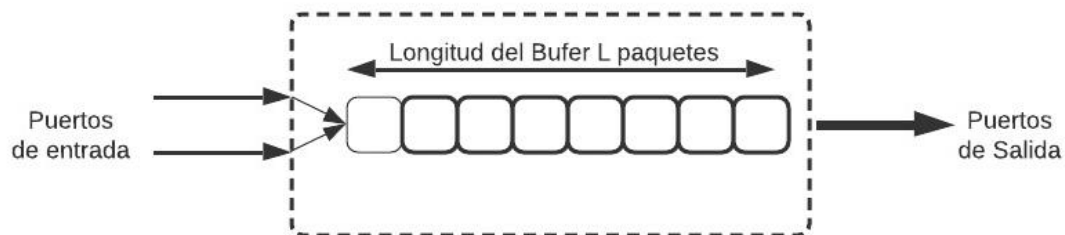
conlleva a una saturación de la red. Para evitar este escenario, es necesario contar con un mecanismo que permita controlar el tráfico y no afectar la experiencia del usuario.

El QoS se define como el rendimiento extremo a extremo de los servicios ofrecidos por la red. Para este TFM se analizó la red conformada por el nodo centro Bucaramanga, tomando como extremos los equipos de acceso y el equipo PE y analizando parámetros de ancho de banda, retardo (Delay), variación del retardo (jitter) y pérdida de paquetes. En este TFM no se analizaron los parámetros de Calidad de Servicio en la acometida del cliente

El nodo centro Bucaramanga funciona bajo dos mecanismos básicos de QoS. El primero es el servicio Best Effort (BE) donde se trata igual a todo el tráfico, sin tener en cuenta separación entre flujos y sin diferenciación entre paquetes tal como se muestra en la

Figura 15. El segundo es el servicio integrado (IntServ) donde las aplicaciones pueden reservar recursos utilizando protocolos en el receptor y emisor.

Figura 15. *Servicio Best Effort*



El servicio Best Effort es un modelo sencillo, ya que su funcionamiento consiste en que las aplicaciones envían información cuando lo requieren, sin límite de cantidad, sin solicitar permisos y sin generar avisos a la red. Básicamente este modelo no aplica calidad de servicio al tráfico, por lo tanto, no garantiza tasa de transferencia, retraso o fiabilidad. Cuando se genera

saturación en las redes que están utilizando este modelo, la solución factible es aumentar el ancho de banda, lo cual es inviable económicamente.

El servicio integrado funciona mediante la reserva de recursos por parte de las aplicaciones a lo largo de la red, utilizando protocolos de reserva de recursos. El protocolo más utilizado dentro de este modelo es el RSVP (Resource Reservation Protocol) que actúa sobre la capa de transporte y se utiliza para solicitar o entregar niveles de calidad de servicio para los flujos de datos que generan las aplicaciones. La idea principal de este servicio es la reserva de recursos por flujos, entendiendo como flujo, una cadena de paquetes que circula por la red desde el origen hasta el destino. Para cada flujo entrante se definen los parámetros de calidad de ancho de banda, retardo, variación del retardo y pérdida de paquetes que se requiere. La reserva de recursos se establece en cada uno de los routers que se encuentran entre el origen y el destino. Cada nodo de la ruta informa si asegura la reserva y mantiene una tabla con el estado de la reserva por flujo.

En cuanto a la capa dos del modelo OSI, Telefónica utiliza la marcación de paquetes para un tratamiento especial de los flujos en la red. Realiza clasificación de flujos por intermedio de las direcciones MAC de origen y destino. En el estándar 802.1p utiliza una cabecera 802.1Q (VLAN) para ejecutar un nivel de calidad de servicio utilizando el espacio *user_priority* de tres bits de la cabecera 802.1Q.

Uno de los problemas de este modelo es la cantidad de información que almacena cada enrutador, provocando que la solución no sea escalable.

Actualmente no se cuenta con una estructura, tabla o configuración, que defina los parámetros numéricos de calidad de servicio que deban cumplir los servicios fijos y móviles al interior del nodo centro de Bucaramanga.

4.3.1.2.4. Planos de control y gestores independientes fijo y móvil. Por planos de control se entiende al conjunto de funciones y procesos que toman decisiones sobre como priorizar y asegurar el tráfico. Intervienen en la transmisión de paquetes de un punto a otro decidiendo las mejores rutas para que la información llegue a su destino.

El nodo centro de Bucaramanga actualmente no cuenta con un gestor o plano de control que le permita monitorizar la red con una perspectiva global. La red fija conformada por el nodo BUC_CEN y el nodo BUC_TEC no cuenta con una aplicación que le permita validar la funcionalidad básica de gestión de su red y de los dispositivos que la conforman.

El monitoreo y seguimiento de la red fija se realiza por intermedio de alarmas (auditivas y visuales) y con la ayuda de comandos que le permiten validar el funcionamiento de los equipos y gestionar los cambios lógicos que se requieran.

La red móvil del nodo centro de Bucaramanga utiliza la aplicación 5620 SAM (Service Aware Manager) de Nokia para gestionar los equipos de la red proponiendo una solución de gestión integrada. Dentro de las características más relevantes encontramos las siguientes:

- Ofrece una suite de gestión de nivel de operador.
- Activación rápida del servicio para que el tráfico de sus clientes comience a fluir.
- La creación de servicios diferenciados con SLA gestionados
- Gestión de políticas basada en plantillas para identificar QoS y controles de flujo de tráfico

Para más información sobre el funcionamiento y características de la aplicación ver Anexo D.

4.3.1.3. Fase 2: Marco teórico del proyecto. Con base a lo evidenciado en la fase de levantamiento de información, se enunciarán algunos conceptos importantes que ayudarán a adquirir el conocimiento necesario para el desarrollo del proyecto.

Funcionamiento de la red de telefónica: encontramos que se trabaja sobre una arquitectura de: Acceso – Distribución – Transporte (también conocida como arquitectura jerárquica o por niveles / capas.). El funcionamiento de los elementos y/o partes que intervienen en esa estructura jerárquica es el siguiente:

Acceso: la capa de acceso es la encargada de proporcionar los medios para comunicar al cliente final. Dentro de esta capa encontramos la conexión del último kilómetro que es la encargada de conectar al cliente con la infraestructura de Telefónica y se pueda presentar en fibra óptica, Radioenlace o Satelital. En esta capa también encontramos los equipos 7705 SAR 8, DSLAM y los equipos enrutadores instalados en la premisa del cliente.

Distribución: tiene como objetivo principal proveer múltiples puntos de presencia para mejorar y optimizar el acceso de los diferentes clientes. En Telefónica la capa de distribución está constituida por redes de anillos en fibra óptica, equipos PE 7750 y equipos 7705 SAR 16.

Transporte: En esta capa encontramos los recursos que se encargan de transportar la información entre los diferentes puntos de acceso de la red. En Telefónica encontramos los equipos de agregación 7950 y todo el CORE.

Comunicación en Capa 2 y Capa 3: El modelo de interconexión OSI es utilizado para configurar redes de comunicaciones y contiene 7 capas diferentes que se relacionan con la infraestructura de red establecida. La comunicación a nivel de capa 2, se trabaja empleando las direcciones MAC de los equipos para conducir los paquetes de información desde el punto de origen al punto de destino. Esto lo logran mediante tablas que relacionan direcciones MAC con

los equipos. Una dirección MAC logra diferenciar un equipo de otro, debido a que cada equipo se le asigna una dirección MAC que es única.

En Telefónica los equipos PE 7750 se comunican a nivel de capa 3 y utilizan direccionamiento IP para enrutar las tramas. Por otra parte, los equipos 7705 se comunican a nivel de capa 2 utilizando las MAC. La diferencia en la comunicación entre las dos capas radica en el tipo de información que se encuentra al interior de las tramas y que se utiliza para encontrar el destinatario de la información.

Jerarquía por nodos: Es una red diseñada normalmente a tres capas. Las redes jerárquicas de tres capas suelen constar de:

Una capa central: Esta es CORE de la red. Ofrece transporte rápido entre conmutadores de distribución en la red. *Una capa de distribución.* Es una capa intermedia ofrece conectividad basada en políticas y regula el límite entre las otras dos capas. Es donde tiene lugar el enrutamiento y el filtrado de datos.

Una capa de acceso. Es donde los puntos finales y los servidores locales acceden a la red [22].

Inter-AS: Los diferentes modelos de interconexión están diseñados para conectar múltiples Sistemas Autónomos (AS), que normalmente pertenecer a diferentes proveedores. El modelo tiene la finalidad de extender servicios MPLS a través del backbone de los AS para convertirlos en servicios end to end. Este esquema de conexión le permite a los ISP (Internet Service Provider) pasar de una red uniservicios hacia una red multiservicios. Las especificaciones completas del modelo se encuentran en [23]

Parámetros de Calidad de Servicio (QoS): La Calidad de Servicio (QoS), es la medida del comportamiento de una red con respecto a ciertas características estandarizadas dentro de

cada servicio. Por ejemplo, la capacidad de una red para ofrecer un mejor servicio con un tipo de tráfico definido. Los parámetros relacionados con QoS son:

Ancho de Banda: Es la capacidad de transportar datos a través de una red análoga o digital. En la transmisión analógica la medición se hace en ciclos por segundo (hertz) y en la transmisión digital la medición es en bits por segundo. El concepto Bandwidth (BW) es el que normalmente se utiliza para definir la capacidad de los canales de datos entre los nodos en una red.

Retardo: Es el tiempo que tarda en transmitirse un bit del origen al destino y es utilizado para medir el máximo retardo en una red. El retardo normalmente se debe a la distancia, errores en la transmisión, a la falta de capacidades de procesamiento de los equipos involucrados en la transmisión. El retardo en una red se puede mitigar de forma eficiente pero no se puede eliminar por completo.

Latencia: Para medir la latencia se debe contabilizar el tiempo que tarda un dispositivo en procesar un paquete. Los dispositivos pueden ser desde un solo router hasta un sistema completo de comunicaciones que incluye varios dispositivos y enlaces.

Variación del retardo o jitter: Es la variación en el tiempo del retardo entre paquetes de datos a través de una red y se expresa en milisegundos (ms). Usualmente hace referencia a una interrupción en la secuencia normal durante el envío de paquetes. También puede significar que existe una fluctuación en el retardo conforme los paquetes se transmiten a través de la red.

Rendimiento o throughput: Es la medida utilizada para determinar la cantidad total de datos que se pueden transferir desde un punto a otro en determinado tiempo. El rendimiento además de medir la cantidad de paquetes también tiene en cuenta los que llegaron con éxito. Se calcula en bits / seg o datos / seg.

4.3.2. Profundización

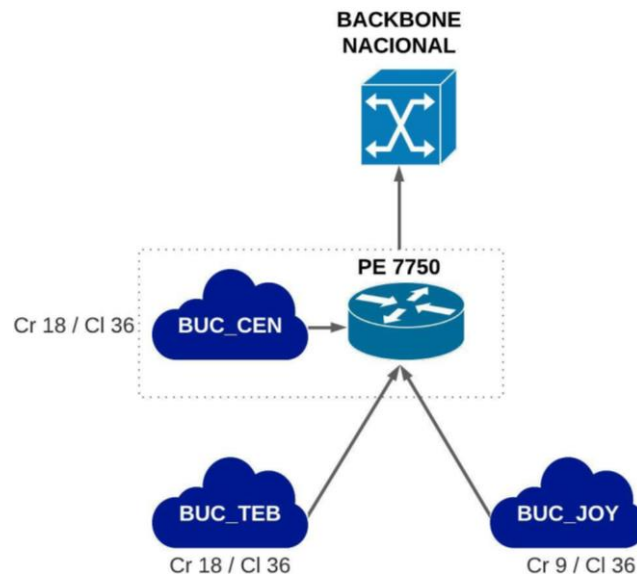
Fase 3: Análisis y profundización de escenarios: La generación de la línea base permitió estructurar el estado actual del nodo centro Bucaramanga, conocer como está conformado y determinar su funcionamiento interno. También se logró determinar su posición dentro de la red global de Telefónica.

En esta fase del proyecto se realizó el análisis y profundización de aspectos como, servicios, escenarios y configuraciones del nodo centro Bucaramanga y que durante las fases inmersas en la generación de la línea base, se observaron oportunidades de mejora. El mecanismo utilizado para este análisis consistió en hacer una validación desde dos perspectivas. La primera, una validación general del nodo donde se revisó su arquitectura, funcionamiento y servicios. La segunda, una validación individual de las redes fijas (BUC_CEN y BUC_TEB) y la red móvil, revisando equipos, configuraciones y capacidades.

Perspectiva general nodo centro Bucaramanga: Telefónica dentro de la sinergia que genera el sector de las telecomunicaciones, se ha visto en la necesidad de seguir el camino de otras compañías del sector, absorbiendo otras empresas para poder competir en el mercado de los servicios fijos, servicios móviles y servicios Cloud. La adquisición de estas empresas ha generado grandes retos tecnológicos al interior de la compañía. Lograr el entendimiento entre las redes actuales y las adquiridas de las otras empresas es un trabajo de ingeniería prioritario para poder cumplir con las necesidades del cliente.

Como se evidenció durante el levantamiento de información, el escenario actual del nodo centro Bucaramanga consiste en el funcionamiento de tres infraestructuras independientes que comparten el mismo equipo para salir al Backbone nacional tal como lo muestra la

Figura 16.

Figura 16. *Interconexión del nodo centro con el backbone nacional*

La arquitectura de red que presenta Telefónica para el nodo centro Bucaramanga está conformada por redes independientes conectadas al backbone. En esta arquitectura cada una de las redes opera como un Sistema Autónomo (AS) diferente y esto hace que se requiera de un modelo Inter-AS. Este modelo permite migrar la conexión entre las redes independientes y la conexión a través del backbone.

El modelo INTER-AS que se utiliza en el nodo centro Bucaramanga es la Opción C - Multihop MP-eBGP entre Route-Reflectors (RRs). Este modelo permite la conexión entre múltiples AS de un mismo ISP y se encarga de compartir la información entre los diferentes AS integrados en la solución. Además, cuenta con políticas de control BGP, soporte de servicios en capa 2 y capa 3 y es flexible ya que mantiene la arquitectura cuando se agregan nuevos servicios.

Dentro del modelo de interconexión descrito anteriormente, las 3 redes del nodo centro Bucaramanga son consideradas AS, es decir redes independientes. Esto implica que cada red puede manejar equipos diferentes, protocolos y políticas diferentes en cada uno de los AS. Como se observó en la

Figura 16 las tres redes no se pueden conectar entre sí y solo se encuentran interconectadas por medio del equipo PE.

La falta de una interconexión directa entre las 3 redes obliga a Telefónica a implementar los modelos Inter-AS para interconectar sus redes. Este modelo le permite extender los servicios MPLS a través del backbone convirtiéndolos en servicios end to end y permitiendo a las tres redes pasar de una red exclusiva a una red multiservicios.

El nodo centro Bucaramanga utiliza un router multiservicio NOKIA7705 en la red móvil y equipos DSLAM y OLT en la red fija como equipos de acceso. Estos equipos cuentan con características de confiabilidad, enrutamiento, escalabilidad y son lo suficientemente robustos para funcionar en redes multiservicios. Adicionalmente, cuenta con un equipo de distribución PE 7750 con capacidades de 10G y 100G permitiendo las conexiones hacia las 3 redes que se conectan a este equipo levantando sesiones BGP (Border Gateway Protocol) dentro de cada VPRN (Virtual Private Routed Network).

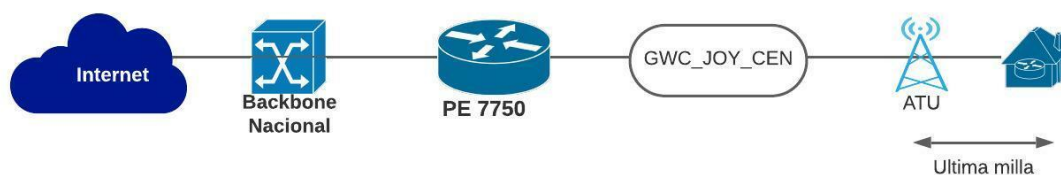
Sin la implementación de Inter-AS, la comunicación entre las 3 redes sería un tema bastante complejo, ya que se tendrían que realizar varias conexiones intermedias entre las redes y el backbone de Telefónica. Esto conllevaría a que el análisis para solventar posibles daños sea un proceso complejo y lento.

Red Móvil: La red móvil consta de una capa de acceso compuesta por 19 equipos 7705 SAR-8, una capa de concentración compuesta por 1 equipo 7705 SAR-18 y una capa de

distribución compuesta por dos equipos 7705 SAR-12. Los equipos 7705 SAR-8 están instalados en cada celda móvil y usan enlaces de fibra óptica (FO) formando anillos con capacidad de 1Gbps entre sí. La capa de acceso se conecta a la capa de concentración a través de enlaces a 1Gbps y esta a su vez se conecta con redundancia a la capa de distribución por intermedio de enlaces a 10 Gbps.

Todo el tráfico al interior de la red se genera en capa dos hasta la interconexión con el PE 7750. La capacidad de los enlaces es una limitante debido a que cuando una celda móvil excede su capacidad no puede recibir más servicios y estos deben ser redireccionados a otra celda móvil, incrementando la latencia en la transmisión de los datos.

Figura 17. *Conexión del cliente utilizando la celda móvil*

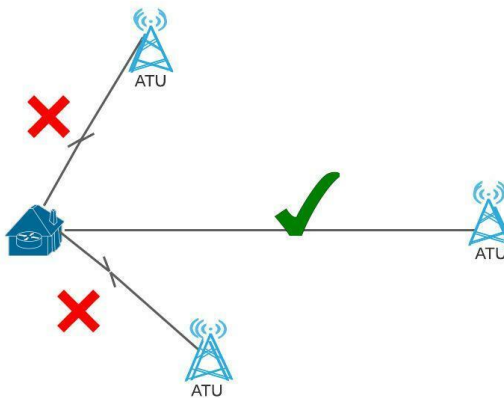


La red maneja servicios móviles (3G, 4G y LTE), pero sirve de acceso para las interconexiones de última milla en fibra óptica de servicios como Internet dedicado y MPLS. La

Figura 17 muestra como es utilizada la celda móvil para interconectar la premisa del cliente hasta llegar al suministro de internet. De las 19 estaciones que conforman la red móvil del nodo centro de Bucaramanga, existen 10 estaciones que están saturadas y no cuentan con viabilidades positivas para entregar servicios de última milla a los clientes. Esto se debe por dos

circunstancias principalmente: la primera, se debe a que los enlaces a 1 Gbps llegan a su capacidad máxima y la segunda, a que los equipos 7705 SAR-8 instalados en las estaciones no cuentan con puertos disponibles.

Figura 18. *Conexión del cliente a través de la red móvil*



Debido a los problemas mencionados anteriormente, surge la necesidad de realizar las viabilidades de las ultimas millas requeridas por los clientes en estaciones alejadas, tal como se muestra en la

Figura 18. Desde el punto de vista comercial, esto genera un problema a la hora de entregar ofertas a los clientes debido a que, si utilizamos estaciones alejadas se incurre en costos adicionales que son trasladados al cliente.

Red Fija: El levantamiento de información de la infraestructura fija indico que dentro del nodo centro Bucaramanga coexisten dos redes fijas, la primera es la red de la antigua Telebucaramanga y la segunda es la que proviene de la antigua Telecom. La prestación de los servicios nunca se ha visto afectada gracias a la labor de configuración de los ingenieros permitiendo el entendimiento entre las dos infraestructuras.

Lo que se busca plantear en esta propuesta está orientado a que técnicamente las dos infraestructuras puedan interactuar directamente con el CORE de Telefónica y que TEB_BUC no dependa de BUC_CEN.

Anteriormente las redes utilizaban diferentes protocolos para la transmisión de datos. Después de la aparición de Internet, el Protocolo de Internet (IP) se ha convertido en el protocolo estándar para la transmisión de datos. Actualmente, casi todas las redes trabajan sobre la base de IP. La información se comparte a través de las redes mediante tramas de datos individuales que contienen información como la dirección de destino y la dirección de origen.

En la red fija del nodo centro de Bucaramanga, las direcciones de destino son evaluadas por el equipo PE 7750, y los paquetes de datos son enviados al destinatario al interior de la red o al Core de la empresa. Una de las propuestas de este trabajo de grado debe ir orientada a que el tráfico que circula por la red TEB_BUC no dependa de ese equipo.

Servicios ofrecidos: Tal como se indicó en el apartado 5.3.1.1.2, el nodo centro Bucaramanga sirve como medio de acceso para ofrecer varios servicios. Para este TFM se determinó que la mejora en el aumento de la capacidad de la línea de acceso a los servicios y el mejoramiento de los parámetros de calidad en la red, conllevan a un incremento de las prestaciones de los servicios ofrecidos en el nodo.

MPLS soporta una gran variedad de medios de acceso y supone compatibilidad con futuras tecnologías conforme se desarrollen y estén disponibles, lo que permite actualizar la tecnología sin necesidad de migraciones que ocasionen interrupciones del servicio para el cliente. La variedad de medios de acceso disponibles en la actualidad da lugar a una cantidad de variantes del servicio en términos de velocidad de acceso y disponibilidad. Es por esto por

lo que el análisis de mejora para este TFM se enfocó en validar el funcionamiento de MPLS y el mejoramiento de las líneas de acceso.

4.4.Fuentes de información

Las fuentes de información primaria para este trabajo de grado se obtuvieron de los siguientes grupos al interior de la Empresa Telefónica:

- Ingeniería de Trasmisión.
- Red IP.

Los jefes de estas áreas asignaron al ingeniero supervisor de Telefónica JOHN WILLIAM MONTOYA NAVAS para proporcionar información relevante del proyecto. Esta información por acuerdos de confidencialidad de la empresa no pudo ser referenciada textualmente dentro de la redacción del presente proyecto.

La fuente de información secundaria se basa en consultas a recursos interdisciplinarios como E-libro, SpringerLink, y herramientas de investigación como Scopus.

4.5. Técnicas y herramientas de recolección de información

Para el desarrollo de este trabajo se realizaron en primera instancia 5 reuniones virtuales con el ingeniero de Telefónica quien es responsable del funcionamiento del nodo centro de Bucaramanga. esto sirvió para conocer de forma general el funcionamiento interno del nodo. En estas reuniones se abarcaron temas concernientes al equipamiento utilizado por la red del nodo, donde mayoritariamente se utilizan equipos Nokia. Se aclaró la funcionalidad del nodo por intermedio de Inter AS y la convivencia al interior del nodo de 3 redes independientes.

Con la información obtenida en las reuniones, se realizó un *Análisis documental*, que permitió comprender aspectos técnicos y funcionales del nodo. Durante este análisis se evidenció las limitantes que presenta el modelo Inter AS cuando funciona al interior de un mismo operador. La profundización realizada en el marco teórico ayudó a entender el funcionamiento de este tipo de redes sobre una arquitectura de: Acceso – Distribución – Transporte y los aspectos más relevantes que se deben mejorar.

Por último, y con el resultado del proyecto, se realizó una reunión virtual con dos personas encargadas de la transmisión y la red IP en telefónica a nivel nacional, para validar por medio de juicio de expertos si lo propuesto en este TFM estuvo acorde con lo que se espera en el mejoramiento de la red.

4.6. Técnicas para la evaluación de resultados

Para la evaluación de los resultados, se definieron dos productos finales que permitieron evidenciar que los objetivos propuestos en este TFM se cumplieron. Estos productos son:

- Arquitectura que tendrá el nodo a partir de lo propuesto en este TFM.
- TFM con el esquema temático de la investigación propuesta.

4.7. Resultados

4.7.1. Diseño

Según las falencias encontradas en las fases anteriores y con base al análisis realizado, se planteó el diseño de una nueva arquitectura del nodo centro Bucaramanga y una propuesta de intervención orientada al mejoramiento de la prestación de servicios a los clientes.

4.7.2. Fase 4: Arquitectura

Para seleccionar el tipo de arquitectura más adecuada, se tuvieron en cuenta los problemas de la arquitectura actual del nodo. Partiendo de esta premisa, se identificaron los siguientes aspectos donde se puede mejorar la red:

- Los equipos de acceso de la red móvil 7705 SAR-8.
- La capacidad del anillo de fibra óptica que conforman las ATU de la red móvil.
- La comunicación en capa 2 hasta el equipo PE 7750.
- La capacidad del equipo PE 7750.
- La capacidad de los enlaces al interior de la red fija.
- La comunicación del nodo BUC_TEB para llegar al backbone de Telefónica.
- La comunicación entre las tres (3) redes.
- Los sistemas de gestión.

Esta propuesta además de solucionar los problemas descritos anteriormente estuvo pensada en que sea capaz de abordar los desafíos que se puedan presentar en los próximos 5 años, tales como:

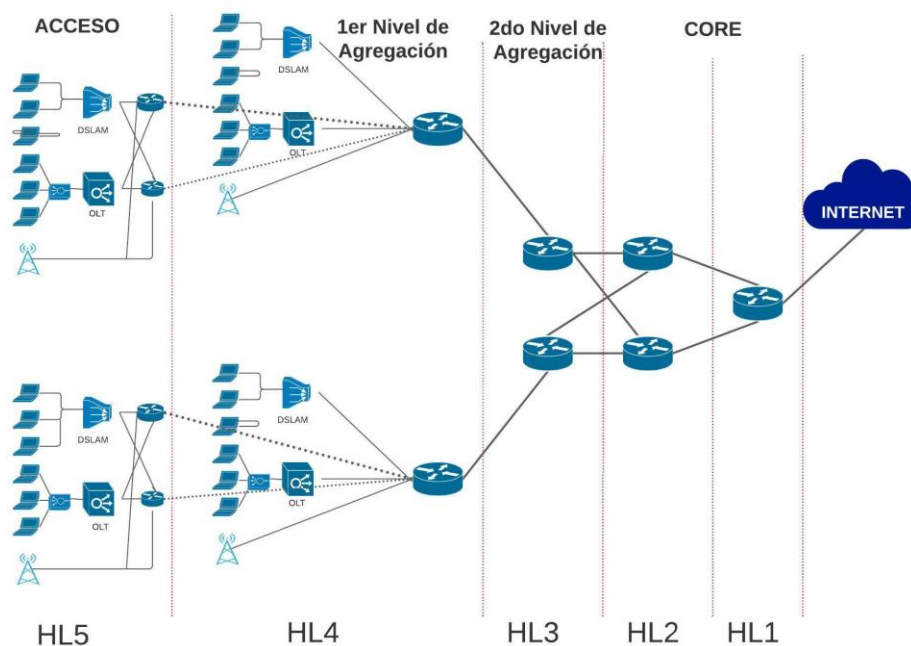
- Capacidad de ampliación de la red conforme se vaya requiriendo, sin incurrir en cambios estructurales.
- Ser una infraestructura escalable, que tenga la virtud de poner la capacidad donde y cuando sea necesario sin incurrir en suspensiones del servicio y en tiempos de aprovisionamiento mínimos.
- Flexibilidad para adquirir cualquier servicio 5G.

- Confiabilidad implementando esquemas de protección en todas las capas y garantizando un alto grado de disponibilidad de conectividad.

A partir de lo planteado anteriormente, se propuso una jerarquía por nodos compuesta por una topología Estrella – Anillo. Su comportamiento como anillo se da al interior de cada una de las capas y es estrella cuando se empiezan a agregar más capas a la topología.

De forma general esta topología está compuesta por n niveles, donde un nodo del nivel n está conectado a uno o más nodos del nivel n-1. En la capa 3 existe una topología lógica compuesta por anillos ópticos y la jerarquía de agregación / distribución es más evidente tal como se observa en la Figura 19.

Figura 19. Jerarquía de agregación / distribución



En la Figura 19 representa de izquierda a derecha las siguientes subredes:

- Acceso
- Primer nivel de agregación
- Segundo nivel de agregación
- Core

Los niveles de jerarquía (HL) definidos en la Figura 19 son los siguientes:

HL1: corresponde a los nodos (enrutadores) que componen el nivel superior del Red IP a nivel nacional, es decir, la red troncal. HL1 es también la interfaz entre la red IP y el proveedor internacional de Internet.

HL2: esta capa jerárquica no agrega tráfico. Se encarga solamente de renviar el tráfico a un nodo de igual jerarquía o a un nodo HL1.

HL3: esta capa lleva a cabo la función de agregación / distribución de tráfico. Recoge el tráfico de las diferentes áreas geográficas de la red.

HL4: está compuesta por los enrutadores ubicados en la capa inferior de la red IP y realiza funciones como clasificación de tráfico, autenticación de las credenciales del suscriptor, validación de las políticas de acceso de los usuarios, enrutamiento de datos al destino respectivo, entre otros. Esta capa, además recibe el tráfico proveniente la capa HL5.

HL5: la capa de acceso comprende enrutadores que reciben el tráfico proveniente de los DSLAM, OLT y estaciones móviles. Por lo tanto, al igual que los nodos HL4, los HL5 pueden recibir y generar tráfico.

A efectos prácticos y de entendimiento, se hizo un planteamiento inicial teniendo en cuenta todas las capas de la red. Esto se hace con el objetivo que se comprenda como debe interactuar el nodo centro de Bucaramanga con el resto de la red de Telefónica. El alcance de

este TFM solo tiene en cuenta el nodo centro Bucaramanga y por tal razón, se va a enfocar en los cambios o planteamientos que involucren la capa HL5 y HL4.

Premisas para la implementación: Para abordar las propuestas de cambio al interior del nodo se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- Buscar eficiencia de la inversión de la red, priorizando la reutilización y actualización de los equipos que conforman la misma. También se tendrá prioridad con la marca de equipos que están actualmente.
- Unificar la red para servicios fijos y móviles y operarla bajo un mismo aplicativo gestor.
- Plantear una integración que facilite la configuración, operación y recuperación de la red en caso de fallas, además de facilitar y agilizar la provisión de servicios.
- Al interior de la capa HL4 se requiere una capacidad por equipo de 1,2 Tbps y la red debe estar diseñada para recibir principalmente los servicios Banda Anchas de hogares y corporativos.
- Al interior de la capa HL5 se requiere una capacidad por equipo de 800 Gbps y la red debe estar diseñada para recibir principalmente los servicios Banda Ancha de hogares.

Eliminación de los modelos Inter AS: Tal como se evidencio en la fase de levantamiento de información, el nodo centro utiliza los modelos INTER AS para la comunicación entre sus redes. Como ya se explicó anteriormente, el modelo INTER AS está diseñado para la comunicación entre redes de diferentes operadores, pero Telefónica lo utiliza para la comunicación entre las redes que ha ido adquiriendo de otras empresas.

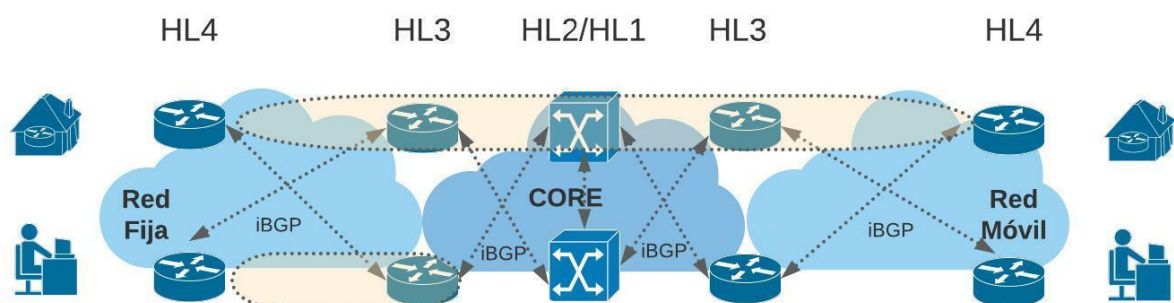
En el nodo centro Bucaramanga se requiere aprovisionamiento en varios puntos intermedios de la red desde un extremo al otro, lo que hace que la solución de problemas y la recuperación de fallas sean una actividad compleja. Por ejemplo, la implementación de un

servicio punto a punto de Capa 2 de una región a otra puede requerir el aprovisionamiento de múltiples segmentos en toda la red. Por otro lado, la información de señalización que está en cada una de las redes debe ser compartida entre ellas, aumentando el tamaño de las tablas de enrutamiento. Así mismo, el estado de la red MPLS dentro de los enrutadores individuales se debe actualizar constantemente. Esta propuesta se orientó para buscar implementar un único servicio end-to-end con una coordinación mínima entre las regiones.

Por tal motivo, se propuso la implementación de Seamless MPLS. Es una arquitectura que permite extender las redes MPLS y la integración de los equipos de acceso con el CORE en un solo dominio MPLS. Además, proporciona un marco de trabajo sólido que le permitirá a Telefónica implementar servicios escalables y flexibles de un extremo a otro.

El modelo Seamless MPLS busca solucionar los problemas expuestos anteriormente por medio de la implementación de una jerarquía de capas de transporte y servicio. La capa de transporte en Seamless MPLS cuenta con túneles inter-regional y túneles intra-regional tal como se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Capa de transporte en Seamless MPLS



Estos túneles proporcionan accesibilidad entre los equipos HL4. Los datos viajan a través de la red y en cada una de las capas se va agregando información de señalización. En el túnel superior los equipos HL3 que se encuentran en el área de la red móvil, reciben el loopback (interfaz lógica interna del router) proveniente de los equipos HL4 y le agregan una etiqueta. Luego, los envían a los equipos HL3 que se encuentran en el área de la red fija. Posteriormente estos equipos anuncian el loopback con el siguiente salto automático al equipo HL4 que se encuentra en el área de la red fija.

Los equipos HL3, HL2 y HL1, son el CORE de la red y actúan como Reflectores de Ruta (RR) entre las redes fija y móvil. Además, la figura representa un escenario entre capas donde se utiliza el protocolo iBGP para comunicar los equipos entre cada una de ellas.

Tras la configuración inicial, los túneles iBGP se establecen automáticamente entre los equipos HL3 utilizando el mecanismo mencionado anteriormente. Esto incluye túneles entre los equipos HL3 al interior de cada área, así como entre los equipos HL3 de las otras áreas. En ciertas situaciones, la conectividad del túnel iBGP puede no ser necesaria entre algunos equipos HL3. Esto depende si previamente se identifica que no es necesaria la interacción entre dos áreas determinadas.

Un beneficio clave de este enfoque es la capacidad de usar políticas de iBGP para limitar (permitir / denegar) la propagación de los loopback a diferentes partes de la red según sea necesario.

El objetivo de proponer la implementación del modelo Seamless MPLS es formar una capa de transporte jerárquica donde los servicios se puedan aprovisionar de un extremo a otro en capa 3 y evitar los problemas asociados al transporte en capa 2.

Cambio y/o actualización de equipos

Por intermedio del profesional Red IP de Telefónica se hicieron validaciones con un partner de Nokia en Colombia para revisar la opción de remplazar o actualizar los equipos instalados actualmente en el nodo centro de Bucaramanga. En estas reuniones con el equipo de Nokia se tuvieron en cuenta las premisas descritas en este documento y la necesidad de conformar una estructura jerárquica por nodos. Por parte de Nokia hubo aportes sobre casos de éxito en otros países como Perú y Chile donde se implementaron planes de convergencia con este tipo de estructuras.

Para la capa HL5 se plantea la intervención de los equipos 7705 SAR-8 instalados en las ATU. El experto de Nokia informó que estos equipos están catalogados como tecnología obsoleta y en los próximos años saldrán del mercado. Se sugirió que el equipo 7250 IXR-R6 es el remplazo natural de este equipo 7705 SAR-8. Con este cambio cada ATU pasa de 4 a 6 slot y se logra el objetivo de aumentar la capacidad a más de 800 Gbps. En el Anexo E se mencionan otras características de este equipo.

En la capa HL4 se planteó la intervención de tres equipos. El primero es el GWC_JOY_BUC 7705 SAR-18 encargado de concentrar todo el tráfico de las ATU. El segundo es el equipo PE 7750 SAR 12 ubicado en BUC_CEN que se encarga de recibir todo el tráfico de las tres redes. El tercero es el equipo Ericcson 6672 ubicado en BUC_TEB encargado de enrutar todo el tráfico generado hacia el PE 7750 SAR-12.

Para esta capa se usarán equipos 7750 SR-12. Esta capa proveerá acceso principalmente a servicios masivos fijos y clientes corporativos, aunque también puede proveer acceso a servicios móviles. En caso de ser necesario, también puede hacer agregación IP/MPLS de equipos HL5.

La capa HL4 también usará equipos satélites para proveer acceso en puertos de 1 Gbps. Los equipos satélites son extensiones que cubren la necesidad de puertos de baja capacidad sin sacrificar slots en el equipo 7750. Se cuenta con dos tipos de equipos satélite:

- SAS-S: Se emplea para proveer densidad de puertos 1 Gbps. Viene en variantes de 24 y 48 puertos. Se conecta al equipo HL3 a través de puertos 10 Gbps.
- SAR- 8: Se emplea para proveer puertos STM-4 para conexión hacia la red SDH (Synchronous Digital Hierarchy). En este caso el chasis no se integra al HL3 como un slot extra, sino que se mantiene como un chasis independiente. La conexión al HL3 se hace a nivel de 1 Gbps.

La utilización de estos equipos implica mantener el equipo instalado en BUC_CEN y cambiar los que están en BUC_TEB y GWC_JOY_BUC. La decisión de utilizar este equipo en la capa HL4 se debe a su capacidad integrada para el procesamiento de paquetes, a la flexibilidad de permitir que nuevos servicios puedan agregarse fácilmente sin comprometer el rendimiento del equipo. Adicionalmente tiene incorporado la plataforma de aplicaciones de gestión SAM que se encarga de simplificar el proceso de aprovisionamiento, monitoreo y resolución de fallas en los servicios que ofrece el equipo.

Capacidad de los enlaces: En este apartado se contemplan dos cambios. El primer cambio es en los enlaces distribuidos entre los tres (3) anillos que conforman las 19 ATU de la red móvil y que están limitados a 1 Gbps. Esto representa una limitante a la hora de prestar servicios con anchos de banda significativos, lo que lleva a plantear un incremento de la capacidad de estos enlaces a 10 Gbps. El segundo cambio es en los enlaces entre los equipos HL4 y HL5 los cuales están en 10 Gbps y se incrementarán a 100 Gbps. Esta variación se realizará utilizando la función Link Aggregation que nos permite combinar varios enlaces

físicos tanto en interfaces Fast Ethernet, Gigabit Ethernet y Ten Gibabit (10 Gigabit). Así se logra ampliar el ancho de banda entre los diferentes equipos, permitiendo a las 10 estaciones que están saturadas incorporar servicio por medio de ultimas millas.

Modelo de gestión: Actualmente Telefónica cuenta con un aplicativo legado que tiene limitantes para gestionar íntegramente su infraestructura y que cuenta con gestores de control independiente. Por recomendación de Nokia se propone la implementación de la aplicación Nokia Network Services Platform (NSP) NFM-P.

NSP permite la automatización de redes IP/MPLS, Ethernet, ópticas y microondas. Proporciona agilidad, eficiencia, confiabilidad, seguridad y simplicidad en la gestión de la red.

Una de las razones principales para elegir esta aplicación es su funcionamiento en todas las capas de la red, infraestructura física/virtual y con equipos de varios proveedores. Esto nos permite el control sobre la Jerarquía por Capas (HL) planteada y la interacción con otras marcas de dispositivos que se pueden instalar más adelante.

La aplicación NSP presenta las siguientes características principales:

- Automatización, optimización y garantía para redes IP/MPLS, Ethernet, óptico y microondas.
- Aprovisionamiento de los servicios de forma segura, confiable y orientado al cumplimiento de los Acuerdos de Niveles de Servicio (ANS).
- Creación de instancias óptimas para la interconexión de rutas provenientes de redes externas.
- Optimización de la red en tiempo real conforme a políticas y control de flujo planteadas por indicadores clave de rendimiento (KPI).

Con la implementación de NSP se busca que los ingenieros y operadores de la red puedan dimensionar una red bajo demanda de forma segura, confiable y que los servicios puedan ser dirigidos con la máxima eficiencia operativa y aprovisionarlos en poco tiempo. También podrán contar con aplicaciones de aseguramiento y supervisión para servicios con grandes flujos de trabajo que requieran validación y monitoreo.

NSP permite la ampliación automática de las capacidades de la red a través de interfaces de programación de aplicaciones abiertas (API). Realiza una programación basada en modelos que ofrecen mejor ajuste y enfoque, orientado a permitir la interacción con varios tipos de arquitectura.

En general, NSP está compuesto por múltiples módulos. Estos operarán de forma redundante, entre dos locaciones, pendientes por definir. El objetivo es proveer redundancia geográfica, a través de dos sistemas, activo/standby, configurados en ciudades diferentes.

Se utilizará la red IP/MPLS para proveer conectividad entre los sitios donde se localizará el NSP. También debe garantizarse, que todos los elementos de red tengan conectividad principal y respaldo. NSP reúne funcionalidades de gestión, monitoreo, provisión, administración de rutas, entre otras. Se puede encontrar a mayor detalle información sobre este aplicativo en el Anexo F

El impacto esperado de esta propuesta es tener como resultado la conformación de una única red del nodo centro Bucaramanga y eliminar la gestión tecnológica bajo el concepto de 3 redes independientes.

requieren. Es importante resaltar que el nodo centro de Bucaramanga con este planteamiento, puede empezar a ofrecer mayores velocidades, mayores capacidades, mayor escalabilidad, mejorar la eficiencia y versatilidad cumpliendo de esta forma con las exigencias que una red multiservicios.

La siguiente tabla resume los incrementos de capacidades entre la red actual y la propuesta que se presenta.

Tabla 1. *Comparativa entre las capacidades de la red actual y la propuesta*

Infraestructura actual	Infraestructura propuesta
Los enlaces entre los ATU están a 1 Gbps	Los enlaces entre los ATU están a 10 Gbps
Los equipos ATU son 7705 SAR-8 con capacidad de 80 Gbps y 4 slot	Los equipos ATU son 7250 IXR-R6 con capacidad de 1.6 Tbps y 6 slot
Utiliza el modelo INTER-AS	Utiliza el modelo SEAMLESS MPLS
Los enlaces entre los equipos de acceso y de agregación tienen una capacidad de 10 Gbps	Los enlaces entre los equipos de HL5 y HL4 tienen una capacidad de 100 Gbps
Existen 3 redes independientes dentro del nodo centro de Bucaramanga dependientes de un solo equipo para acceder al CORE de Telefónica.	Existe una sola red en el nodo centro de Bucaramanga con 3 equipos de distribución con acceso al CORE de Telefónica.

La propuesta de intervención presenta una nueva arquitectura, donde empezamos hablar de una misma red para el nodo centro de Bucaramanga. El cambio de los equipos en las capas HL4 y HL5 están enfocados en el cumplimiento de las capacidades que requiere el tráfico de información de los diferentes servicios que se prestan en esa red.

Hace parte de esta propuesta la implementación de una aplicación gestora que permitirá controlar la red y los servicios que allí se presentan. Con esto se busca mejorar los parámetros de calidad de servicio y los tiempos de respuesta a las posibles fallas que se puedan presentar.

5. Conclusiones

Se diseñó una arquitectura basada en el modelo de jerarquía por capas (HL) que le permitirá a Telefónica integrar las 3 redes del nodo centro Bucaramanga en una sola. Esto permite la convergencia de los servicios ofrecidos en una topología robusta y flexible.

Se logró generar una extensa línea base de las 3 redes que conforman el nodo centro de Bucaramanga con información de equipos, configuración y capacidades. La generación de esta línea fue fundamental para determinar los aspectos importantes dentro de la red para dimensionar la propuesta de mejora.

Se definió que los escenarios y topologías de las 3 redes que conforman el nodo centro de Bucaramanga requerían de un análisis en profundidad para poder determinar cuáles eran los cambios que se debían realizar. Con la ayuda del marco teórico del proyecto se pudo obtener información relevante sobre las características de las redes analizadas.

Se estableció que todos los cambios presentados estaban orientados al mejoramiento de la calidad de los servicios que ofrece el nodo y a la escalabilidad de la demanda por los próximos 5 años.

6. Trabajo futuro

El presente TFM si bien cumple con el diseño que resuelve los problemas actuales y prepara la infraestructura para el aumento en la demanda proyectada para los próximos 5 años

en el nodo centro de Bucaramanga, consideramos principalmente que los resultados del análisis pueden ser replicados en otros nodos de Telefónica que hagan parte de las capas HL4 y HL5. El problema cubierto para el nodo Bucaramanga, es recurrente en ciudades como Barrancabermeja, Cúcuta, Ibagué, Arauca, Neiva, entre otras.

Además, con esta propuesta de actualización tecnológica, se considera importante también examinar de forma similar las capas de conectividad HL3 y HL2. El no hacerlo podría producir cuellos de botella.

Otros temas que consideramos que pueden ser cubiertos a futuro, se exponen a continuación:

- Validación de aplicativos gestores para redes que implementen Jerarquías por Capas (HL). Consideramos que la comparación y validación de esta clase de aplicativos que permiten una mejor gestión de las redes permitirá a Telefónica una mejor gestión de su infraestructura de red y la respuesta a los fallos será más rápida y acertada.
- Estudio económico y técnico del proceso de adquisición de empresas en el sector de las telecomunicaciones. Esta línea de trabajo permitirá la creación de un marco de trabajo en el cual se incorporen las lecciones aprendidas en la fusión entre Telebucaramanga y Telefónica.
- Análisis de protocolos de enrutamiento en las redes que implementan Jerarquía por Capas (HL). Esta línea de trabajo futuro permitirá establecer cual o cuales protocolos de enrutamiento tienen un mejor rendimiento en una red que implementa la jerarquía por capas, como la de Telefónica en el nodo centro de Bucaramanga.

Referencias

- [1] We Are Social Inc., «We Are Social, » [En línea]. Available: <https://wearesocial.com/blog/2020/01/digital-2020-3-8-billion-people-use-social-media>. [Último acceso: 30 Enero 2020].
- [2] MINTIC, «Mintic-Estadísticas,» [En línea]. Available: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-36342.html>. [Último acceso: 30 enero 2020].
- [3] C. d. Comercio, Código de Comercio, 1972.
- [4] H. Intven y M. C. Tétrault, «UIT,» [En línea]. [Último acceso: 6 2021].
- [5] E. F. D. L. E. M. Konstantynowicz y D. Steinberg, «IETF, Internet Engineering Task Force, » 14 6 2014. [En línea]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-mpls-seamless-mpls-07>. [Último acceso: 9 2021].
- [6] E. Rosen, A. Viswanathan y R. Callon, «Multiprotocol Label Switching Architecture, » 1998.
- [7] R. J. M. Tejedor, «Consultoría estratégica en tecnologías de la información y comunicaciones,» 2002. [En línea]. Available: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/mpls.php>. [Último acceso: 1 6 2021].
- [8] K. Greene, «Technology Review, » 2009. [En línea]. Available: www2.technologyreview.com/article/. [Último acceso: 07 2021].
- [9] D. Kreutz, F. M. V. Ramos, P. E. Verissimo, C. E. Rothenberg, S. Azodolmolky y S. Uhlig, «Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey, » Proceedings of the IEEE, vol. 103, n° 1, pp. 14-76, 2015.

- [10] D. Meyer y K. Patel, «Internet Engineering Task Force, » 2006. [En línea]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4274>. [Último acceso: 9 2021].
- [11] Telecomunicaciones, Unión Internacional de, «UIT,» [En línea]. Available: <https://www.itu.int/itu-news/issue/1999/04/imt2000-es.html>. [Último acceso: 8 2021].
- [12] J. Laiho, A. Wacker y T. Novosad, Radio Network Planning and Optimisation for UMTS, Wiley, 2007.
- [13] E. C. D. COLOMBIA, «Secretaría del Senado,» 30 7 2009. [En línea]. Available: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1341_2009.html. [Último acceso: 9 2021].
- [14] E. C. d. Colombia, «Presidencia de la República,» 25 7 2019. [En línea]. Available: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201978%20DEL%205%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>. [Último acceso: 9 2021].
- [15] Movistar, «Informe de Gestión Responsable Movistar Colombia,» 2020.
- [16] E. Jacob, J. Astorga, J. J. Unzilla, M. Harte, G. David y L. N. De la calle, «Hacia una infraestructura de fabricación flexible, conectada e integrable en redes 5G,» DYNA - Ingeniería e Industria, vol. 93, pp. 656-662, 2018.
- [17] Telefónica, «Movistar Colombia,» [En línea]. Available: <https://www.movistar.co/bucaramanga/preguntas-cambio-telebucaramanga>. [Último acceso: 20 abril 2021].
- [18] J. R. Dromi y E. Díaz Jausoro, Telecomunicaciones: interconexión y convergencia tecnológica, Ciudad Argentina, 2008.

- [19] TIGO-UNE, «TIGO-UNE,» [En línea]. Available: <http://saladeprensa.une.com.co/index.php/videos/1347-une-millicom-sellan-fusion-para-crear-nueva-alternativa-digital-en-colombia>. [Último acceso: 20 abril 2021].
- [20] C. S. G. L. A. C. E. y. H. A. R. Natalia Combariza, «<https://www.urosario.edu.co>,» 2012. [En línea]. Available: https://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/Documentos-de-Investigacion/BI-132-admon_web.pdf. [Último acceso: 2021].
- [21] M. A. M. LARA, «<http://bibliotecadigital.usb.edu.co>,» UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA DE CALI, 2013. [En línea]. Available: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2044/1/Estudio_%20Servicio_%20Cliente_Movistar_Claro_Murillo_2013.pdf. [Último acceso: 2021].
- [22] P. Parolari, P. Boffi, M. Svaluto Moreolo, J. Fernández-Palacios, y D. Larrabeiti, «Photonics technologies for Programmable transmission and switching modular systems based on Scalable Spectrum/space aggregation for future agile high capacity metro Networks, » 2018.
- [23] N. Bitar, R. Zhang y K. Kumaki, «IETF Internet Engineering Task Force,» 11 2008. [En línea]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5376>. [Último acceso: 25 8].
- [24] Nokia, «Nokia,» [En línea]. Available: https://onestore.nokia.com/asset/162833?_ga=2.19265521.875131696.1629251489-542100044.1629251489. [Último acceso: 19 2021].

- [25] Nokia, «Nokia 7750 SR,» [En línea]. Available: <https://www.nokia.com/networks/products/7750-service-router/>. [Último acceso: 19 2021].
- [26] Nokia, «Nokia 7750 SAR-12,» [En línea]. Available: https://onestore.nokia.com/asset/164728?_ga=2.181254823.1010389281.1631450383-394917534.1631222769.