



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

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL USO DEL PROTOCOLO NETFLOW ENFOCADO  
EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE PAQUETES EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**

**Mario Alejandro González Estrada**

Asesorado por el Ing. MSc Noé Josué Villegas De León

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL USO DEL PROTOCOLO NETFLOW ENFOCADO  
EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE PAQUETES EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARIO ALEJANDRO GONZÁLEZ ESTRADA**

ASESORADO POR EL MSC. ING. NOÉ JOSUÉ VILLEGAS DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR(A)	Ing. Christian Antonio Orellana López
EXAMINADOR(A)	Ing. Walter Jacobo Galicia García
EXAMINADOR(A)	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL USO DEL PROTOCOLO NETFLOW ENFOCADO EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE PAQUETES EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, con fecha de 19 de noviembre de 2022.

**Mario Alejandro González Estrada**



**EEPFI-PP-2179-2022**

Guatemala, 19 de noviembre de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL USO DEL PROTOCOLO NETFLOW ENFOCADO EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE PAQUETES EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Telecomunicaciones - Telecomunicaciones**, presentado por el estudiante **Mario Alejandro González Estrada** carné número **201504489**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

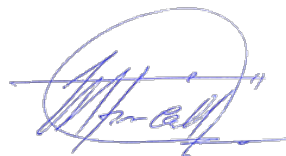
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

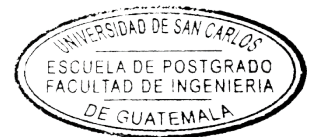
Atentamente,

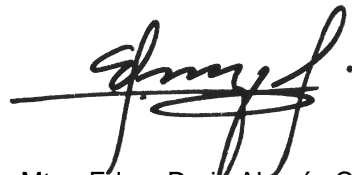
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Noé Josué Villegas De León  
Asesor(a)



  
Mtro. Mario Renato Escobedo Martinez  
Coordinador(a) de Maestría



  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-1789-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL USO DEL PROTOCOLO NETFLOW ENFOCADO EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE PAQUETES EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, presentado por el estudiante universitario **Mario Alejandro González Estrada**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL USO DEL PROTOCOLO NETFLOW ENFOCADO EN EL ANÁLISIS DE TRÁFICO DE PAQUETES EN UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL**, presentado por: **Mario Alejandro González Estrada**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser de importante influencia y brindarnos la oportunidad y la sabiduría de lograr este sueño.
<b>Mi padre</b>	Por la motivación constante y el empuje para concluir con la carrera.
<b>Mi madre</b>	Por el apoyo incondicional en los momentos más críticos del proceso.
<b>Mi hermana</b>	Por ser una fuente de sabiduría para decisiones de vida.
<b>Mis amigos</b>	Por mantener mi cordura durante todo el proceso de aprendizaje y ser una invaluable compañía



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser de importante influencia en nuestra carrera, entre otras cosas.

**Escuela de Estudios de  
Postgrado de la  
Facultad de Ingeniería**

Por la oportunidad de adquirir y expandir nuestros conocimientos, a la vez de enseñarnos a ser creativos, a pensar de una manera diferente creando emoción e interés en nuestras vidas, ya que cuando hay emoción e interés lo aprendido no se olvida y con eso podemos cambiar el mundo y asumir nuestra responsabilidad de dejar un legado.

**Nuestros compañeros**

Por ser de importante influencia a lo largo de la especialización.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción general .....	7
3.2. Definición del problema .....	7
3.3. Delimitación del problema .....	8
3.4. Planteamiento de preguntas .....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1. General .....	13
5.2. Específicos .....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN .....	15
6.1. Necesidades a cubrir .....	15
6.2. Esquema de solución .....	15

7.	MARCO TEÓRICO .....	19
7.1.	Protocolo de red .....	19
7.2.	Modelo TCP/IP .....	19
7.3.	Capa de aplicación.....	19
7.3.1.	Capa de transporte.....	20
7.3.2.	Capa de red.....	20
7.3.3.	Capa física .....	20
7.4.	<i>Router</i> .....	20
7.5.	<i>Switch</i> .....	21
7.6.	Protocolo Netflow .....	22
7.7.	Arquitectura Netflow .....	22
7.8.	Conceptos generales de redes móviles .....	23
7.8.1.	Redes de convergencia 2G, 3G y 4G simplificadas.....	24
7.8.2.	Calidad de servicio en una red 4G .....	25
7.8.3.	Tipo de recurso: GBR o No-GBR .....	26
7.9.	QCI (identificador de clase QoS).....	27
7.10.	RP (prioridad de asignación y retención) .....	29
7.10.1.	GBR (UL/DL) .....	29
7.10.2.	MBR (UL/DL).....	30
7.10.3.	APN-AMBR (UL/DL) .....	30
7.10.4.	UE-AMBR (UL/DL) .....	30
7.10.5.	PCEF.....	31
7.11.	Interfaz Gx.....	33
7.11.1.	AVP específicos de la interfaz GX.....	34
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	37

9.	METODOLOGÍA.....	39
9.1.	Diseño de la investigación .....	39
9.2.	Enfoque de la investigación.....	39
9.3.	Instrumentos de recolección de datos .....	39
9.4.	Operativización de las variables .....	43
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	45
10.1.	Técnicas de análisis de datos.....	45
11.	CRONOGRAMA.....	47
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	49
13.	REFERENCIAS.....	51



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Topología y solución actual .....	16
2.	Propuesta de los distintos puntos de toma de datos .....	17
3.	Estructura jerárquica de <i>switch</i> capa 3.....	21
4.	Monitoreo de tráfico de redes.....	23
5.	NEs e interfaces en la arquitectura EPC estándar .....	24
6.	Gx modelo de referencia .....	34
7.	Pruebas con tráfico en vivo .....	42

## TABLAS

I.	AVP de diámetro específico de Gx.....	35
II.	Variables e indicadores .....	44
III.	Cronograma de actividades.....	47
IV.	Costo del estudio.....	50



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>dB</b>	Decibel o decibelio
<b>dBm</b>	Decibelio-milivatio
<b>dB<sub>i</sub></b>	Decibelio isotrópico
<b>Erl</b>	Erlang
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Kbps</b>	Kilobits por segundo
<b>Mbps</b>	Megabits por segundo
<b>MHz</b>	Megahertz
<b>m</b>	Metro
<b>W</b>	Vatio





## GLOSARIO

<b>3G</b>	Tercera generación (third generation).
<b>3GPP</b>	Third Generation Partnership Project.
<b>4G</b>	Cuarta generación (fourth generation).
<b>DL</b>	Downlink (enlace descendente).
<b>DL</b>	Downlink Packet Access.
<b>eNB</b>	Nodo B evolucionado (evolved node B).
<b>EPC</b>	Evolved Packet Core (núcleo de paquetes evolucionado).
<b>EPS</b>	Evolved Packet System (sistema de paquetes evolucionado).
<b>IMS</b>	IP Multimedia Subsystem (subsistema multimedia IP).
<b>LTE</b>	Long Term Evolution.
<b>PCEF</b>	Policy and Charging Enforcement Function (entidad encargada de la aplicación de políticas y cobros).

<b>PCRF</b>	Policy and Charging Rules Function (función de políticas y reglas de tarificación).
<b>P-GW</b>	PDN GateWay (puerta de enlace de redes públicas de datos).
<b>QoS</b>	Quality of Service (calidad de servicio).
<b>RAN</b>	Radio Access Network (red de acceso radio).
<b>S-GW</b>	Serving GateWay (puerta de enlace de servicio).
<b>UE</b>	User Equipment (Equipo de Usuario).
<b>UL</b>	Uplink (enlace ascendente).
<b>VoIP</b>	Voice over IP (voz sobre IP).

## RESUMEN

En este documento se abarca el tema: *Desarrollo de software para el uso de protocolo Netflow enfocado en el análisis de tráfico de paquetes en una red de telefonía móvil*. Se introduce el trabajo y se presentan los antecedentes, para luego explicar lo relacionado con el planteamiento del problema y la justificación. Con base en lo anterior, se presentan los objetivos de la investigación a desarrollar, y se amplía tomando en cuenta las necesidades a cubrir.

Posteriormente, se desarrolla detenidamente el marco teórico, con los conceptos elementales sobre el tema en estudio. Luego de este apartado, se presenta el índice de contenidos, la metodología y las técnicas de análisis de la información manejada, tomando en cuenta, además, el cronograma y los aspectos que hacen factible el trabajo. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas consultadas.



# 1. INTRODUCCIÓN

La telefonía móvil en la actualidad ha evolucionado de un simple servicio de llamadas, de un punto A a un punto B, a un complejo sistema de servicios de valor agregado, los cuales han cambiado su enfoque a servicios de conmutación de paquetes sobre Internet.

Este cambio de enfoque ha creado de manera orgánica distintos estándares y equipos de capacidad masiva sean diseñados e implementados en redes celulares alrededor del mundo, dando como resultado una red masiva que crece exponencialmente.

Debido al crecimiento natural y a la demanda excesiva de servicios de telecomunicaciones, es obvio encontrar distintos retos, dificultades y fallas técnicas derivadas de los miles de factores que pueden intervenir en la confiabilidad y capacidad de la red actual.

En la actualidad muchos de los temas referentes a cuestiones puramente técnicas que afectan el desempeño de la red han sido totalmente tomados en cuenta y, de una u otra manera, son monitoreados, analizados y verificados por procesos que mayoritariamente ya están automatizados. Pero otros temas que tienen un punto de vista un poco más subjetivo, como la experiencia de usuario y la calidad de servicio hasta el punto final, no pueden ser medidos directamente con variables propuestas por los estándares.

Con base en esta premisa se tiene que pensar un poco fuera de la topología normal y buscar otros puntos de toma de datos para obtener análisis

desde una perspectiva distinta, que busquen resolver la inquietud previamente propuesta.

La siguiente investigación busca indagar y verificar la factibilidad del uso de un protocolo ajeno a las telecomunicaciones celulares y aplicarlo para obtener visualización de variables que previamente no se tomaban en cuenta, o no eran el máximo enfoque o prioridad de la red, dando como resultado una herramienta basada en software que entregue un reporte y análisis unificado de la información de ambos estándares.

Al inicio del trabajo se busca profundizar de manera teórica el estándar actualmente utilizado y el protocolo propuesto como complemento, detallando toda la información de utilidad que puede utilizarse mediante variables para comparar.

En el primer capítulo se realiza una prueba a una escala mínima para verificar que la información obtenida a través de la teoría es aplicable a casos reales y tener el primer punto de partida de comparación.

En el segundo capítulo se realiza una comparación exhaustiva de la data obtenida en la prueba, con lo cual se obtendrán análisis estadísticos, teniendo como resultado la base en la cual se puede cimentar una prueba a mayor escala.

En el tercer capítulo se presenta la propuesta de una solución aplicable a mediana escala en una red productiva, con lo cual se detallarán los puntos de adquisición de información más adecuados y la factibilidad a mayor escala.

## 2. ANTECEDENTES

En una conferencia llevada a cabo en Lima, Perú, Basto y Salcedo expusieron la *Evaluación Legal de la utilización de la Inspección Profunda de Paquetes*. “Este artículo evalúa el proceso legal y el marco legal para los operadores y proveedores de servicios en Colombia para proteger datos e información antes de usar paquetes de inspección profunda o DPI” (Basto y Salcedo, 2014, p. 245)

Posteriormente, se hace un análisis de la estructura de Internet y las entidades encargadas de regular los servicios prestados en la red. Finalmente, haciendo referencia a los casos, leyes y modelos reales de otros países como Estados Unidos y Canadá, combinados con las recomendaciones de la ITU, se plantean una serie de recomendaciones y sugerencias para los actores que inciden directamente en la inspección profunda de paquetes. En este sentido, para ayudar mejor a los proveedores de servicios a implementar la tecnología DPI. (Basto y Salcedo, 2014, p. 246)

En el trabajo de graduación titulado *Propuesta de implementación del protocolo NETFLOW y la calidad de servicio para mejorar el rendimiento de la Red LAN en una sede de la SUNARP*:

Se revela que, en base a lo establecido y explorado en la encuesta, se puede identificar la precisión y efectividad del protocolo Netflow para redes de área local desde una perspectiva de simulación y aplicación. Se destaca la cobertura de prueba en una red local con tráfico moderado



para comprender la efectividad de los cambios simples propuestos por el análisis de tráfico y su impacto en la mejora del servicio. (Sotelo, 2019, p. XII)

Para analizar el protocolo Netflow y la herramienta de análisis de tráfico Netflow, el autor consultó datos sobre la cantidad de ancho de banda utilizado cada mes. También consideró qué dispositivos generan más tráfico al analizar datos de instituciones de educación superior en Ecuador llamadas Chimborazo.

Estos datos demostraron que la red estaba siendo controlada gracias a que los dispositivos conectados a las IP 172.30.12.50 y 172.30.102.78 se mantuvieron por encima del 37 % del tráfico total.

En el artículo *Que es NetFlow y como monitorear el tráfico de redes*, se indica que el popular protocolo NetFlow se desarrolló en 1990. Desde entonces, el protocolo ha seguido mejorando y cambiando. Una de las formas de cambiar este protocolo es a través de un tipo diferente de protocolo. “Actualmente, existen varios protocolos populares para analizar el tráfico de red” (Juan, 2022, párr. 1-6)

Se necesita una aplicación de programa para recopilar datos que fluyen a través de enrutadores, como puertos, direcciones IP y otra información. Este protocolo también requiere enrutadores específicos, llamados colectores de flujo de red, para funcionar correctamente.

En el trabajo de graduación de Medina y Gonzáles (2011), titulado *Análisis del desempeño de una red de nueva generación*, se señala que actualmente es crucial comprender las formas en que se puede garantizar la calidad y el tiempo de actividad cuando se trabaja con redes convergentes. Esto

se debe a que los operadores han seguido innovando para satisfacer las necesidades de la sociedad. Luego viene la idea de NGN, una red de nueva generación que tiene el potencial de lograr confiabilidad económica y calidad para los usuarios. Finalmente, hay un concepto llamado evolución. Este establece que los operadores continúan cambiando la forma en que brindan servicios para satisfacer las necesidades de la sociedad.

NGN es similar a las redes clásicas en que fusiona aplicaciones y servicios soportados por diferentes redes de acceso y núcleo. Sin embargo, NGN tiene un núcleo secundario y redes de acceso que admiten servicios y herramientas adicionales para facilitar la gestión inteligente. La principal diferencia entre NGN y las redes clásicas es el uso de tecnología de paquetes IP, video, datos y voz.

La lista detalla la importancia vital del proyecto para el negocio. Esto se debe a que cualquier empresa necesita una base sólida en la gestión de redes. Las herramientas para la gestión de redes deben ser fácilmente accesibles y personalizables. Deben desarrollarse de manera que se adapten a las necesidades futuras, además de ser escalables. Pequeños problemas en la red de una empresa pueden tener enormes implicaciones en la productividad.

Desde este punto de vista, Ramírez afirma que “la administración de redes consiste en realizar cuatro actividades básicas, a saber: monitorear, configurar, actualizar y solucionar problemas de los recursos de la red” (Ramírez, 2019, p. 18)

Un administrador necesita una herramienta para comprender su entorno de red y tomar medidas sobre cualquier información recopilada. También necesita un sistema de informes que sea fácil de usar, lo que ayuda a reducir

los costos de los equipos con el tiempo. Además, necesita una herramienta ágil que pueda manejar fallas y eventos rápidamente con autoridad total sobre todos los dispositivos en su red LAN (Dett y Vega, 2020).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Descripción general**

Teniendo en cuenta el uso y crecimiento masivo de dispositivos móviles para el acceso a Internet, es importante estimar el tipo de contenido consumido por los usuarios como medida proactiva para ofrecer el mejor servicio posible brindado por la infraestructura disponible, así como aumentar los ingresos y ganancias como subproducto de la mejora de experiencia de servicio.

Actualmente los equipos que se utilizan para dar servicios de paquetes tarifados tienen la capacidad de realizar una inspección de paquetes de forma anónima en capas 2, 3 y 7 de protocolo TCP/IP, esto dando opción de analizar tráfico por región, hora, temporada, acceso, entre otros. Al tener en cuenta esta cantidad de información es indispensable utilizar herramientas de análisis tipo *big data* para obtener resultados concretos, comprensibles y de utilidad para la toma de decisiones referentes a lo alcanzado.

#### **3.2. Definición del problema**

En la actualidad es importante tomar en cuenta que, en Guatemala, del 60 al 70 % del tráfico de paquetes que se tiene, busca un enfoque de entretenimiento y comunicación (usuario a usuario) y la convergencia de uso de Internet estipula que todo tipo de actividades deberían ser ocupadas de alguna forma por medio de Internet para tener un entorno homogéneo de comunicación, como es el caso de B2B (negocio a negocio) y M2M (máquina a máquina).

En el estado actual de la tecnología, un punto clave para la apropiada gestión de una red de telefonía fija ha sido el uso y manejo de la información estadística proveniente de los distintos elementos de red. En un inicio su aplicación se limitaba únicamente a determinar fallas en un nodo, ahora se puede utilizar para encontrar patrones y determinar modelos de tráfico dependiendo de lo detallada y precisa que sea la información a obtener de los nodos de interés.

Por lo detallado, es de suma importancia dar a conocer los distintos tipos de herramientas disponibles en el mercado, así como cuál es la información de interés a obtener en un determinado sistema. Bajo esta premisa es posible delimitar un caso muy importante en específico: la información obtenida del tráfico de paquetes de una red móvil. En este contexto se debe entender que la información que se obtenga puede ser muy variada en su naturaleza (acceso, transporte y *red core*), siendo la última entidad la que genera más información de interés en referencia a los usuarios de la misma.

### **3.3. Delimitación del problema**

Con este antecedente se puede encontrar en el universo de soluciones de la actualidad que este punto es una rama de aplicación propia, con sus propias técnicas y métodos, dependiendo del alcance a requerir. Lo que se busca investigar es qué clase de infraestructura y sistema será necesario para el análisis de información con base en calidad de servicio de tráfico en usuarios finales, almacenamiento, tipo de información a recolectar y cómo dar la mejor presentación para tomar decisiones y tener resultados concretos posterior a lo analizado.

El análisis de esta información crecerá junto a la cantidad de usuarios, y si se está tratando de dimensionar una red para un país con millones de usuarios y un rendimiento de aproximadamente 300 Gbit/s, da una cantidad de datos de un calibre que no puede ser revisado o manejado de forma manual.

El alcance del diseño de este sistema consta de delimitar cuáles son las herramientas requeridas mínimas en materia de software para lograr a cabo el procesamiento, análisis y resultados, así como los puntos fundamentales de estudio en una red móvil creciente y que busca ampliar sus horizontes de negocio.

#### **3.4. Planteamiento de preguntas**

- Pregunta principal

¿Qué parámetros e información del protocolo Netflow son necesarios para poder validar y asegurar la calidad de servicio al usuario final?

- Preguntas complementarias de la Investigación
  - ¿Los reportes de consumo utilizados en la actualidad son suficientes para asegurar la calidad de servicio?
  - ¿Qué clase de sistema o software es necesario para el adecuado procesamiento de información de una red móvil masiva?
  - ¿Qué limitantes técnicas existen en el uso del protocolo Netflow para el análisis de tráfico masivo?



## 4. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el avance y crecimiento exponencial de las redes móviles se ha vuelto fundamental tener una visión clara y concisa del comportamiento del tráfico masivo. En un punto inicial del desarrollo y creación de la red se tenía como prioridad tener la máxima cobertura de señal, dando valor a los sacrificios que esto conlleva a factores como la capacidad. Poco a poco la red ha ido evolucionando, así como cambiando su enfoque a una mejora continua en la calidad de servicios, capacidad y prestaciones en usuarios finales.

Es importante dar crédito a que esta mejora de experiencia va más allá de un simple aumento de capacidad en los dispositivos encargados de entregar el servicio, ya que esto no puede garantizar de ninguna manera que el usuario llegue a tener una mejora perceptible, ya que se debe tener presente el cómo y cuándo llega la información, no solo qué tipo de información y cuánta, tal como se enfoca actualmente.

Dado esto, y teniendo el precedente de que el tráfico que consume un móvil cada vez se acerca a las necesidades de un servicio de banda ancha, es el paso más sensato empezar a realizar análisis de tráfico desde un punto de vista más general enfocado a tráfico IP y no solo como un servicio agregado en el cual se puede dar conmutación de paquetes.

De este modo se puede identificar una necesidad de utilizar métodos nativos de equipos de transporte y verificar su aplicación y utilidad al ver tráfico de una red masiva móvil, ya que desde un punto de vista de transporte se podrá



identificar contadores, mismos que con anterioridad únicamente eran vistos desde la óptica del usuario final, dando así un enfoque para mejorar el servicio a prestar y finalmente poder atacar otros nichos de mercado con exigencias en calidad de otro nivel.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Definir una herramienta de software que utilice el protocolo Netflow y el estándar 3GPP para el análisis de tráfico de una red móvil, desde un punto de vista de calidad de servicio.

### **5.2. Específicos**

- Realizar un análisis comparativo de la información reportada por el protocolo Netflow y el estándar 3GPP.
- Determinar los elementos fundamentales requeridos por la herramienta de software para realizar el procesamiento de información producida por una red móvil masiva.
- Encontrar los aspectos positivos y negativos del uso de protocolo Netflow y su viabilidad técnica, para ser aplicado en una red productiva.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN**

### **6.1. Necesidades a cubrir**

Métodos alternativos para medición de tráfico.

- Nuevos modelos de tráfico masivo para redes celulares
- Uso de un estándar de aplicación general a un servicio dedicado, dando pauta al análisis de información en un punto de la red diferente al esperado, abriendo así nuevos puntos de análisis para el desempeño de la red.
- Debido a que la investigación busca indagar y profundizar de manera experimental en el uso de una tecnología ajena a las que comúnmente se utilizan, según los estándares internacionales, se espera obtener nuevas mediciones y parámetros para analizar el tráfico de la red, esperando así obtener una granularidad en la información obtenida del tráfico, ayudando a poder asegurar la estabilidad y calidad del servicio prestado.

### **6.2. Esquema de solución**

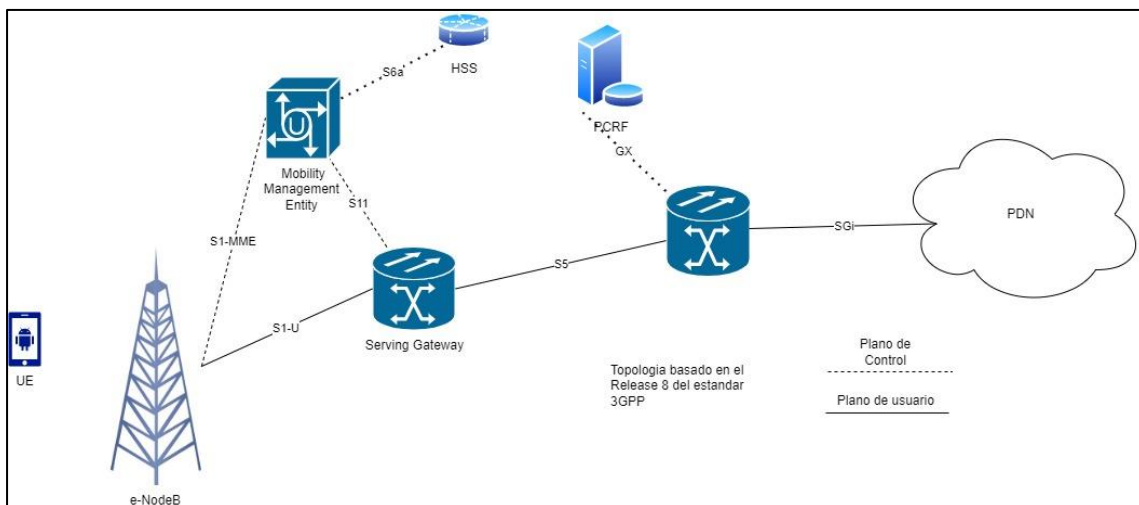
En el estándar actual se utiliza una entidad propia del PDN Gateway llamada entidad ejecutora del control de políticas (PCEF, por sus siglas en inglés), la cual es la encargada de realizar una revisión a detalle de los paquetes enviados y recibidos por un usuario hasta la capa 7 del protocolo TCP/IP y, con base en esta inspección, consultar una base de datos que mantiene un registro en tiempo real del consumo de paquetes del usuario,

realizando una comparación con las reglas y políticas permitidas por el proveedor de servicio de todos los tipos de paquetes, para permitir o denegar la navegación al usuario final.

El producto subalterno a esta inspección resulta en un reporte detallado del contenido de los paquetes del usuario final, tomando en cuenta la dirección y el tipo de tráfico que se desea procesar.

El esquema presenta la topología y solución actual de lo anteriormente descrito, denotando punto de toma de datos.

Figura 1. **Topología y solución actual**



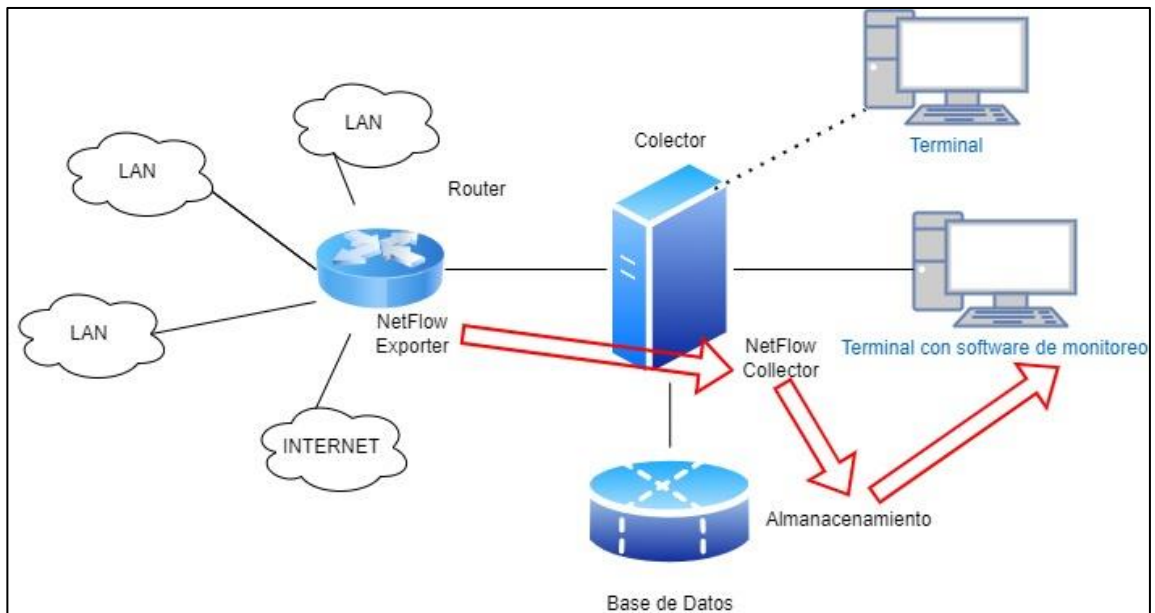
Fuente: elaboración propia.

Lo que se busca con la aplicación del estándar Netflow es tener distintos puntos de toma de datos, de los cuales, al tener un punto de vista distinto, puede obtenerse información de interés a otro nivel, ya que el enfoque del

estándar Netflow es para equipos de transporte IP, mientras el PCEF busca hacer una inspección del contenido del paquete, no de cómo se transporta.

El siguiente esquema propone los distintos puntos de toma de datos que se pueden aplicar con Netflow:

Figura 2. **Propuesta de los distintos puntos de toma de datos**



Fuente: elaboración propia.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Protocolo de red**

Un protocolo de red es un término utilizado para nombrar las reglas y estándares que dictan cómo deben comunicarse los diversos componentes de un sistema interconectado. Esto significa que, a través de ella, los dispositivos conectados a la red pueden intercambiar datos. Por lo tanto, se puede entender que un protocolo es un sistema de reglas que permite la comunicación entre dos o más computadoras que manejan diferentes lenguajes. (Jithin / Interserver, 2016, párr. 3-6)

### **7.2. Modelo TCP/IP**

El protocolo de control de transmisión, o TCP, es el protocolo estándar para que las redes informáticas se comuniquen entre sí. Este protocolo se introdujo en 1983 y se convirtió en el método más popular para la comunicación en redes. También existen múltiples variaciones de este protocolo denominado protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet, o TCP/IP. Estas versiones utilizan un sistema jerárquico de cuatro capas al intercambiar datos. (Robledano, 2019, p. 12)

### **7.3. Capa de aplicación**

“Esta capa se refiere a las aplicaciones y servicios que los usuarios pueden utilizar. Estos servicios de Internet utilizan la capa de transporte para enviar y recibir datos”. (Oracle Corporation, 2010, párr. 2)



### **7.3.1. Capa de transporte**

“Esta capa se encarga de ver si los paquetes se envían correctamente en el orden correcto para no causar colisiones”. (Oracle Corporation, 2010, párr. 3)

- Aplicación HTTP - SSH
- Transporte UDP - TCP
- Red IP-ICMP
- Físico MEDIO FÍSICO

### **7.3.2. Capa de red**

Esta capa es responsable de entregar paquetes a la red. El protocolo IP es el protocolo más importante en esta capa, ya que es el encargado de declarar las direcciones IP para determinar la ruta que deben seguir los paquetes, los cuales serán fragmentados para su transmisión sin pérdida de información. (Oracle Corporation, 2010, párr. 4)

### **7.3.3. Capa física**

“La capa física se refiere a las características físicas del medio de comunicación”. (Oracle Corporation, 2010, párr. 5)

## **7.4. Router**

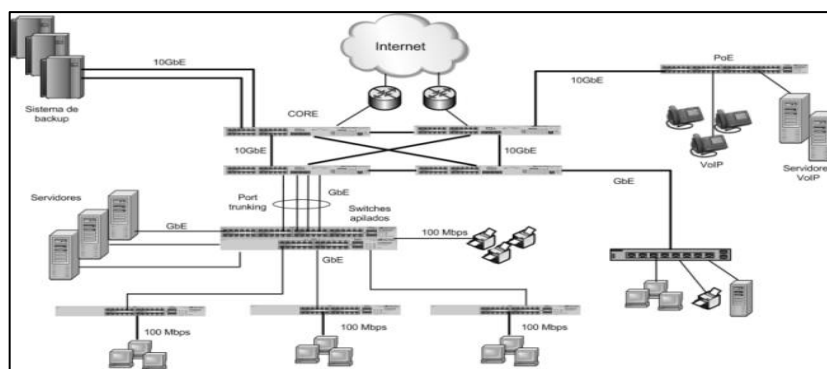
Los enrutadores ayudan a las computadoras a comunicarse entre sí en una red. Determinan la mejor ruta para que los paquetes de datos viajen a través de la red. Diferentes enrutadores tienen diferentes funciones y costos.

Por ejemplo, algunos enrutadores son lo suficientemente económicos como para usarse en el hogar, pero están diseñados para admitir solo protocolos básicos. Suelen ser utilizados por pequeñas empresas o particulares. Sin embargo, las grandes empresas pueden optar por utilizar enrutadores más complejos que admitan diferentes protocolos. Esto les ayuda a optimizar mejor la transmisión de datos a través de la red.

## 7.5. **Switch**

Un dispositivo conmutador es una pieza de hardware que permite conectar diferentes elementos en su red, como PC, impresoras y puntos de acceso. Hay algunos conmutadores de gama alta que se conocen mejor como conmutadores de capa 3. Estos conmutadores son fáciles de administrar y ofrecen VLAN, capacidades de enrutamiento IP, control de bucle, monitoreo de puertos y seguridad IEEE 802.1X. (González, 2013, párr. 1)

Figura 3. **Estructura jerárquica de switch capa 3**



Fuente: González. (2013). *El switch: cómo funciona y sus principales características*.

Consultado el 10 de octubre de 2022. Recuperado de <https://redestelematicas.com/el-switch-como-funciona-y-sus-principales-caracteristicas/>.

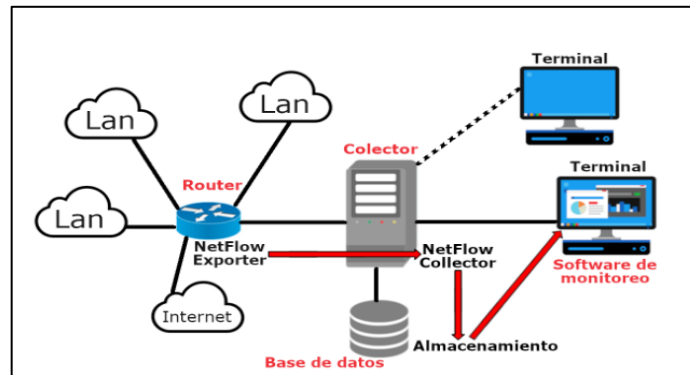
## **7.6. Protocolo Netflow**

Netflow es un protocolo desarrollado por CISCO SYSTEM en 1990, su función principal es recopilar información de tráfico IP que fluye a través de nuestra red para luego enviarla al colector NETFLOW a través de datagramas UDP o SCTP. Asimismo, el protocolo Netflow permite obtener información sobre el consumo de ancho de banda y los cuellos de botella, lo que lo convierte en uno de los mejores protocolos para monitorear el tráfico de red. (Sotelo, 2019, p. 24)

## **7.7. Arquitectura Netflow**

Para que el protocolo Netflow funcione correctamente se requiere de una arquitectura muy específica, la cual debe contar con los siguientes elementos: el primer elemento que conforma esta arquitectura es el enrutador, el cual será el encargado de reportar todo el tráfico que pasa por él. El segundo elemento que conforma esta estructura es el colector, cuya función principal es recoger la información que circula por el enrutador. El tercer elemento encontrado es el software, cuya función principal es la de organizar y elaborar informes de toda la información recolectada por el recolector Netflow para su posterior disponibilidad a todos los administradores o usuarios de la red. (Juan, 2022, párr. 8)

Figura 4. **Monitoreo de tráfico de redes**



Fuente: Juan. (2022). *Que es Netflow y cómo monitorear el tráfico de redes*. Consultado el 10 de octubre de 2022. Recuperado de <https://www.downloadsource.es/que-es-netflow-y-como-monitorear-el-trafico-de-redes/n/14885/#:~:text=NetFlow%20es%20un%20protocolo%20que,entrada%20y%20de%20salida%2C%20etc.>

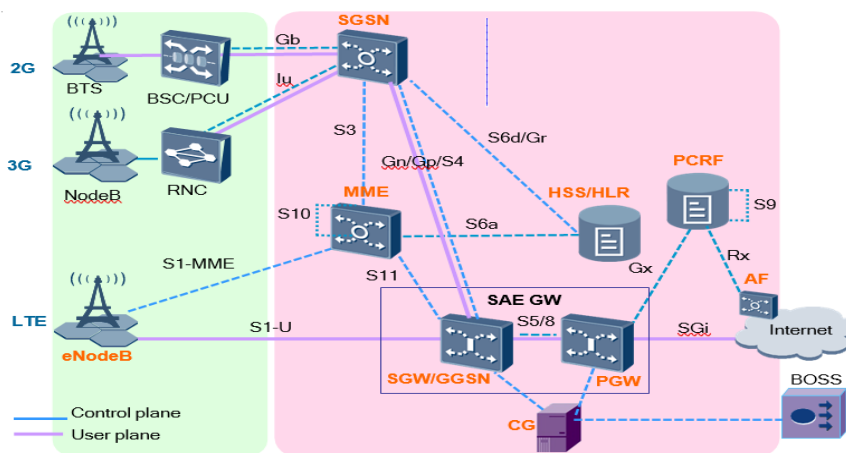
## 7.8. **Conceptos generales de redes móviles**

Los teléfonos móviles ofrecen muchas más funciones útiles que simplemente llamar a la gente. Gracias a la naturaleza en constante cambio de las redes móviles, se pueden integrar nuevos dispositivos en el sistema. Por eso es crucial entender qué son las redes móviles y cómo funcionan.

Las comunicaciones se entienden como un intercambio de información entre entidades. A pesar de la naturaleza abstracta de la redacción, esta definición sigue siendo útil cuando se consideran aspectos clave de la vida diaria. Un claro ejemplo es cuando alguien solicita un servicio en un comercio a través de un mensaje instantáneo o una llamada de voz. (Pardo y Obando, 2021)

Una red móvil es un sistema de comunicación creado para conectar diferentes dispositivos que interactúan a través de recursos visibles o invisibles. Ejemplos comunes de esto son antenas, receptores y transmisores. Una red móvil también hace hincapié en establecer conexiones entre dispositivos que se comunican mediante el uso de elementos físicos como antenas y receptores. Este es el propósito de una red móvil, así como el resultado final logrado por sus usuarios.

Figura 5. **NEs e interfaces en la arquitectura EPC estándar**



Fuente: HUAWEI. (2021). *NEs e interfaces en la arquitectura EPC estándar*. Consultado el 12 de octubre de 2022. Recuperado de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/nes-e-interfaces-en-la-arquitectura-epc-est%C3%A1ndar/thread/742191-100267>.

### 7.8.1. **Redes de convergencia 2G, 3G y 4G simplificadas**

En cuanto a las conexiones y su distribución, es importante mostrar que las conexiones están distribuidas geográficamente en celdas, esto permite la distribución de dispositivos asignados a cada dispositivo y controlados por la estación base o su propio transmisor, la integración de múltiples celdas permite

tener una mayor cobertura. Hay un cambio entre el alcance y varias antenas para encontrar la mejor opción para enviar un mensaje a su destino final. Los avances en esta tecnología y las demandas cada vez más exigentes de los usuarios de comunicaciones más rápidas incluyen no solo llamadas de voz, sino también mensajería, mensajes de texto, videollamadas, transmisión y acceso a Internet.

Esto significa que, con el tiempo, la red debe modificarse de acuerdo con las nuevas necesidades y expectativas de los usuarios. Para entender el concepto de red móvil es necesario entender conceptos como ancho de banda. El ancho de banda se refiere a la cantidad de espectro de radio que utiliza una determinada tecnología para operar, donde la velocidad corresponde a la tasa de bits proporcionada por una determinada tecnología, la velocidad y el ancho de banda tienen una relación directa, por lo que cuanto mayor sea el ancho de banda (Hz), mayor será la velocidad (bps) que obtendrá.

Estas conexiones se realizan a través de protocolos de Internet, que son un conjunto de reglas que permiten identificar cómo se pasan los datos. Se transmiten a través de diferentes redes y, dependiendo de su propósito, origen y destino, tienen comportamientos específicos regidos por estos protocolos. Estas conexiones deben obedecer estas reglas, ya que se puede identificar cada dispositivo conectado, y los protocolos IP, FTP, TCP, UDP y HTTP son los más comunes.

### **7.8.2. Calidad de servicio en una red 4G**

Hay dos tipos de operadores EPS: operadores predeterminados y operadores dedicados. En las redes LTE, la QoS del portador EPS se controla mediante los siguientes parámetros de QoS de LTE:

### 7.8.3. Tipo de recurso: GBR o No-GBR

Parámetros QoS:

- QCI
- ARP
- GBR
- MBR
- APN-AMBR
- UE-AMBR

Cada portador EPS definirá QI y ARP. QCI es especialmente importante ya que se utiliza como referencia para determinar el nivel de QoS de cada portador de EPS. En el caso del ancho de banda (tasa de bits), GBR y MBR solo se definen en portadores EPS de tipo GBR, mientras que AMBR (APN-AMBR y UE-AMBR) solo se definen en portadores EPS de tipo Non-GBR.

A continuación se explican los parámetros de QoS de LTE uno por uno.

Tipo de recurso = GBR (tasa de bits garantizada)

Para portadores EPS, tener un tipo de recurso GBR significa que el ancho de banda del portador está garantizado. Obviamente, los portadores de EPS de tipo GBR tienen asociada una tasa de bits garantizada (GBR se explicará más adelante) como uno de sus parámetros de QoS. Solo los soportes EPS dedicados pueden ser del tipo GBR y los soportes EPS predeterminados no pueden ser del tipo GBR. El rango de QCI para soportes EPS tipo GBR puede ser de 1 a 4.

Tipo de recurso = No GBR

Para los portadores de EPS, tener un tipo de recurso que no sea GBR significa que el portador está sometido a pruebas de estrés y no se puede garantizar su ancho de banda. Los portadores de EPS predeterminados siempre son portadores que no son GBR, mientras que los portadores de EPS dedicados pueden ser portadores GBR o no GBR. El QCI puede variar de 5 a 9 para vectores EPS de tipo no GBR.

### **7.9. QCI (identificador de clase QoS)**

QCI es un número entero del 1 al 9 que representa nueve características de rendimiento de QoS diferentes de cada paquete IP. Los valores de QCI están estandarizados para referirse a características específicas de QoS, cada QCI contiene características de rendimiento estandarizadas (valores) como tipo de recurso (GBR o no GBR), prioridad (1 ~ 9), retraso de paquete permitido en 50 El valor de ms se muestra a 300 ms), la tasa de pérdida de paquetes (la tasa de pérdida de paquetes permitida se expresa en el valor de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$ ). (Fernández, 2015, p. 88)

Para obtener más valores, se busca en Google: 3GPP TS 23.203, y se consulta 6.1.7 de la documentación de la tabla, como QCI 1 y 9, que se definen como sigue:

- QCI = 1: tipo de recurso = GBR, prioridad = 2, presupuesto de retardo de paquetes = 100ms, tasa de pérdida de errores de paquetes =  $10^{-2}$  , servicio de ejemplo = voz.
- QCI = 9: tipo de recurso = No GBR, prioridad = 9, presupuesto de retardo de paquetes = 300ms, tasa de pérdida de paquetes por



error =  $10^{-6}$ , servicio de ejemplo = Internet. (Fernández, 2015, p. 88)

La QoS que debe garantizarse para un portador EPS o SDF varía en función de los valores de QCI especificados.

QCI, aunque es un número entero, representa parámetros específicos del nodo que brindan detalles sobre cómo un nodo LTE maneja el reenvío de paquetes (por ejemplo, pesos de programación, umbrales de admisión, umbrales de cola, configuraciones de protocolo de red, entre otros) y la capa de enlace, entre otros. Los operadores de red reconfiguran sus nodos LTE para manejar el reenvío de paquetes en función del valor de QCI.

Al predefinir y estandarizar las características de rendimiento de cada valor de QCI, los operadores de red pueden garantizar que se brinden los mismos niveles mínimos de QoS requeridos por el estándar LTE a diferentes servicios/aplicaciones utilizadas en una red LTE que consta de múltiples nodos y múltiples proveedores de estos.

El eNB parece utilizar el valor de QCI principalmente para controlar la prioridad de los paquetes transmitidos a través del enlace de radio. Esto se debe a que, en la práctica, no es fácil (como sabe) que el S-GW o el P-GW procesen los paquetes en el enlace cableado y los reenvíen al mismo tiempo de acuerdo con la naturaleza QCI de cómo manejan los enrutadores Cisco o Juniper.

Los paquetes no importan la latencia o los errores de tasa de pérdida, simplemente decide mediante programación qué paquete enviar

primero en función de la prioridad del paquete (WFQ, DWRR, SPQ, etc.) (802.1p/DSCP/MPLS EXP). (Fernández, 2015, p. 89)

## **7.10. RP (prioridad de asignación y retención)**

Cuando la red LTE con recursos insuficientes necesita un nuevo portador EPS, la entidad LTE (como P-GW, S-GW o eNB) decide si mover el portador EPS existente y crear uno nuevo (por ejemplo, eliminar el portador EPS con ARP de baja prioridad, crear ARP de alta prioridad) o negarse a crear uno nuevo.

Por lo tanto, ARP solo se considera al decidir si crear un nuevo portador EPS. Una vez que se crea un nuevo portador y un paquete lo atraviesa, ARP no afecta la prioridad de entrega del paquete, por lo que los nodos/entidades de la red reenvían el paquete independientemente de su valor ARP.

Uno de los usos más comunes de ARP son las llamadas de emergencia VoIP. Por lo tanto, si necesita un nuevo portador EPS para llamadas VoIP de emergencia 119 (911 en los EE. UU., 112 en CE, etc.), puede eliminar el portador EPS existente. (Lema, 2017, pp. 18-22)

### **7.10.1. GBR (UL/DL)**

Este parámetro se utiliza para portadores de tipo GBR e indica el ancho de banda (tasa de bits) que debe garantizar la red LTE. No se aplica a portadores no GBR sin ancho de banda garantizado (UL para tráfico de enlace ascendente y DL para tráfico de enlace descendente).

### **7.10.2. MBR (UL/DL)**

MBR se utiliza para portadores de tipo GBR y representa la tasa de bits máxima permitida por la red LTE. Cualquier paquete que llegue al portador más allá del MBR especificado será descartado.

### **7.10.3. APN-AMBR (UL/DL)**

Después de leer el párrafo anterior, es posible que se pregunte por qué no existe un límite de ancho de banda para los tipos de portadores que no son GBR. Para los portadores que no son GBR, lo que está limitado es el ancho de banda agregado de todos los portadores EPS que no son GBR en la PDN, no el ancho de banda individual de cada portador. Y este límite está controlado por APN-AMBR (UL/DL). Hay dos portadores EPS que no son GBR cuyo ancho de banda máximo está especificado por APN-AMBR (UL/DL). Este parámetro se aplica a UE (solo para tráfico UL) y P-GW (para tráfico DL y UL). (Lema, 2017, p. 40)

### **7.10.4. UE-AMBR (UL/DL)**

El APN-AMBR y UE-AMBR parecen iguales. Pero:

Un UE puede conectarse a múltiples PDN (p. ej., PDN 1 para Internet, PDN 2 para VoIP usando IMS y así sucesivamente), y cada una de sus conexiones PDN tiene una dirección IP única. Aquí, UE-AMBR (UL/DL) representa el ancho de banda máximo permitido para todos los portadores EPS no GBR asociados con el UE, independientemente de cuántas conexiones PDN tenga el UE. El eNB aplica este parámetro solo

cuando otros PDN están conectados a través de otros P-GW. (Lema, 2017, p. 45)

#### **7.10.5. PCEF**

El PCEF (Policy and Charging Enforcement Function) es el elemento funcional que engloba las funcionalidades de aplicación de políticas y de tarificación basada en flujos. Estas dos funcionalidades son la herencia de las entidades lógicas PEP y TPF de la versión 6, respectivamente. Esta entidad funcional se encuentra en la pasarela (por ejemplo, GGSN en el caso de GPRS, P-GW en el caso de EPS y PDG en el caso de WLAN). Proporciona el control sobre la gestión del tráfico en el plano de usuario en la pasarela y su QoS, y proporciona la detección y el recuento del flujo de datos de servicio, así como las interacciones de tarificación en línea y fuera de línea.

Para un flujo de datos de servicio que esté bajo control de políticas, el PCEF permitirá que el flujo de datos de servicio pase a través de la pasarela si y sólo si la puerta correspondiente está abierta. Para un flujo de datos de servicio que esté bajo control de tarificación, el PCEF permitirá que el flujo de datos de servicio pase a través de la pasarela si y sólo si hay una regla PCC activa correspondiente y, para la tarificación en línea, el OCS ha autorizado el crédito aplicable con esa clave de tarificación.

El PCEF puede dejar que un flujo de datos de servicio pase por la pasarela durante el curso del procedimiento de reautorización de créditos. Si el PCRF lo solicita, el PCEF informará al PCRF cuando

cambie el estado del flujo de datos de servicio relacionado. (ETSI, 2015, pp. 24-25)

Este procedimiento puede utilizarse para supervisar un portador IP-CAN dedicado al tráfico de señalización AF.

En caso de que el SDF esté tunelizado en el BBERF, el PCEF informará al PCRF sobre el encabezado de tunelización del protocolo de movilidad del protocolo de movilidad de los flujos de datos de servicio en el establecimiento de la sesión IP-CAN o en la modificación de la sesión IP-CAN cuando se cambie la información de la cabecera de tunelización. (ETSI, 2015, p. 25)

Si lo solicita el PCRF, un PCEF que admita la función de detección y control de aplicaciones deberá:

- Realizar la detección y el control del tráfico de la aplicación.
- Informar al PCRF de los eventos de inicio/parada del tráfico de la aplicación detectada, junto con el identificador de instancia de la aplicación TDF y las descripciones del flujo de datos del servicio.

Identificador de instancia de aplicación TDF y descripciones de flujo de datos de servicio cuando las descripciones de flujo de datos de servicio sean deducibles.

Un PCEF deberá garantizar que un paquete IP, que se descarta en el PCEF como resultado de la aplicación de la regla PCC, no se comuniquen para

el cobro fuera de línea ni provoque el consumo de crédito para el cobro en línea.

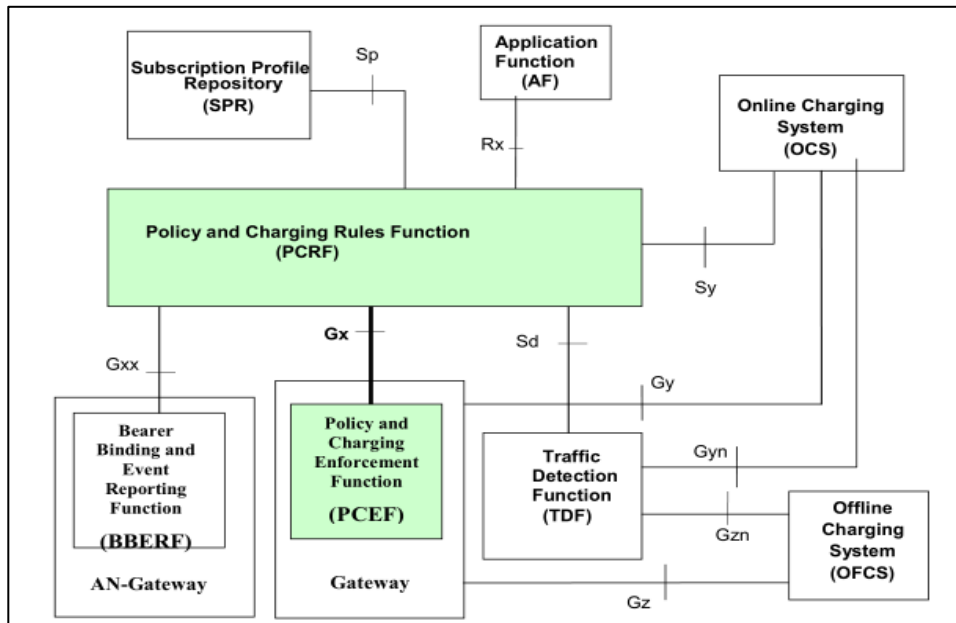
### **7.11. Interfaz Gx**

El protocolo Gx de la presente versión se basa en el protocolo Gx definido para la versión 6, tal como se especifica en 3GPP TS 29.210 [2]. Sin embargo, debido a un nuevo paradigma (sesión DCC para una sesión IP-CAN) entre la versión 6 y la presente versión, la aplicación Gx en la presente versión tiene una aplicación Diameter específica del proveedor.

El punto de referencia Gx se encuentra entre la función de reglas de política y tarificación (PCRF) y la función de aplicación de políticas y tarificación (PCEF). El punto de referencia Gx se utiliza para el aprovisionamiento y la eliminación de reglas PCC desde la PCRF al PCEF y la transmisión de eventos del plano de tráfico desde el PCEF al PCRF. El punto de referencia Gx puede utilizarse para el control de la tarificación, el control de las políticas o ambos, aplicando los AVP pertinentes a la aplicación. El punto de referencia Gx también puede utilizarse para la detección y el control del tráfico de la aplicación. (ETSI, 2015, pp. 17-18)

El punto de referencia Gx se define entre el PCRF y el PCEF. Las relaciones entre las diferentes entidades funcionales implicadas se representan en la siguiente figura:

Figura 6. Gx modelo de referencia



Fuente: ETSI. (2015). *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Policy and Charging Control (PCC); Reference points (3GPP TS 29.212 version 12.10.0 Release 12)*.

Consultado el 19 de octubre de 2022. Recuperado de [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/129200\\_129299/129212/12.10.00\\_60/ts\\_129212v121000p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129200_129299/129212/12.10.00_60/ts_129212v121000p.pdf).

### 7.11.1. AVP específicos de la interfaz GX

Estos valores o campos son utilizados para definir el servicio y reporte del abonado, con base en normas y políticas definidas específicamente en el PCRF. Los campos son los siguientes:

Tabla I. AVP de diámetro específico de Gx

Attribute Name	AVP Code	Value Type
Access-Network-Charging-Identifier-Gx	1022	Grouped
Allocation-Retention-Priority	1034	Grouped
AN-GW-Address	1050	Address
AN-GW-Status	2811	Enumerated
APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL	1040	Unsigned32
APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL	1041	Unsigned32
Application-DetectionInformation	1098	Grouped
Bearer-Control-Mode	1023	Enumerated
Bearer-Identifier	1020	OctetString
Bearer-Operation	1021	Enumerated
Bearer-Usage	1000	Enumerated
Charging-Correlation-Indicator	1073	Enumerated
Charging-Rule-Base-Name	1004	UTF8String
Charging-Rule-Definition	1003	Grouped
Charging-Rule-Install	1001	Grouped
Charging-Rule-Name	1005	OctetString
Charging-Rule-Remove	1002	Grouped
Charging-Rule-Report	1018	Grouped
CoA-Information	1039	Grouped
CoA-IP-Address	1035	Address
Conditional-APN-AggregateMax-Bitrate	2818	Grouped
Credit-Management-Status	1082	Unsigned32
CSG-Information-Reporting	1071	Enumerated
Default-EPS-Bearer-QoS	1049	Grouped
Default-QoS-Information	2816	Grouped
Default-QoS-Name	2817	UTF8String
Event-Report-Indication	1033	Grouped
Event-Trigger	1006	Enumerated
Flow-Direction	1080	Enumerated
Flow-Information	1058	Grouped
Flow-Label	1057	OctetString
Fixed-User-Location-Info	2825	Grouped
Guaranteed-Bitrate-DL	1025	Unsigned32
Guaranteed-Bitrate-UL	1026	Unsigned32
HeNB-Local-IP-Address	2804	Address
IP-CAN-Session-ChargingScope	2827	Enumerated
IP-CAN-Type	1027	Enumerated
Metering-Method	1007	Enumerated
Monitoring-Key	1066	OctetString
Mute-Notification	2809	Enumerated
Monitoring-Time	2810	Time
NetLoc-Access-Support	2824	Unsigned32
Network-Request-Support	1024	Enumerated
Offline	1008	Enumerated
Online	1009	Enumerated
Packet-Filter-Content	1059	IPFilterRule
Packet-Filter-Identifier	1060	OctetString
Packet-Filter-Information	1061	Grouped
Packet-Filter-Operation	1062	Enumerated
Packet-Filter-Usage	1072	Enumerated
PCC-Rule-Status	1019	Enumerated



Continuación de la tabla I.

PDN-Connection-ID	1065	OctetString
Precedence	1010	Unsigned32
Pre-emption-Capability	1047	Enumerated
Pre-emption-Vulnerability	1048	Enumerated
Presence-Reporting-AreaElements-List	2820	OctetString
Presence-Reporting-Area-Identifier	2821	OctetString
Presence-Reporting-AreaInformation	2822	Grouped
Presence-Reporting-AreaStatus	2823	Unsigned32
Priority-Level	1046	Unsigned32
PS-to-CS-Session-Continuity	1099	Enumerated
QoS-Class-Identifier	1028	Enumerated
QoS-Information	1016	Grouped
QoS-Negotiation	1029	Enumerated
QoS-Upgrade	1030	Enumerated
RAN-NAS-Release-Cause	2819	OctetString
RAT-Type	1032	Enumerated
Redirect-Information	1085	Grouped
Redirect-Support	1086	Enumerated
Reporting-Level	1011	Enumerated
Resource-AllocationNotification	1063	Enumerated
Revalidation-Time	1042	Time
Routing-Filter	1078	Grouped
Routing-IP-Address	1079	Address
Routing-Rule-Definition	1076	Grouped
Routing-Rule-Identifier	1077	OctetString
Routing-Rule-Install	1081	Grouped
Routing-Rule-Remove	1075	Grouped
Rule-Activation-Time	1043	Time
Rule-Deactivation-Time	1044	Time
Rule-Failure-Code	1031	Enumerated
Security-Parameter-Index	1056	OctetString
Session-Release-Cause	1045	Enumerated
TDF-Information	1087	Grouped
TDF-Application-Identifier	1088	OctetString
TDF-Application-Instance-Identifier	2802	OctetString
TDF-Destination-Host	1089	DiameterId
TDF-Destination-Realm	1090	DiameterId
TDF-IP-Address	1091	Address
TFT-Filter	1012	IPFilterRule
TFT-Packet-Filter-Information	1013	Grouped
ToS-Traffic-Class	1014	OctetString
Tunnel-Header-Filter	1036	IPFilterRule
Tunnel-Header-Length	1037	Unsigned32
Tunnel-Information	1038	Grouped
UDP-Source-Port	2806	Unsigned32
UE-Local-IP-Address	2805	Address
Usage-Monitoring-Information	1067	Grouped
Usage-Monitoring-Level	1068	Enumerated
Usage-Monitoring-Report	1069	Enumerated
Usage-Monitoring-Support	1070	Enumerated
User-Location-Info-Time	2812	Time
PCSCF-Restoration-Indication	2826	Unsigned32

Fuente: ETSI. (2015). *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Policy and Charging Control (PCC); Reference points (3GPP TS 29.212 version 12.10.0 Release 12)*.

Consultado el 19 de octubre de 2022. Recuperado de

[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/129200\\_129299/129212/12.10.00\\_60/ts\\_129212v121000p.p](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129200_129299/129212/12.10.00_60/ts_129212v121000p.pdf)

df.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1. MARCO TEORICO

1.1. Protocolo de red

1.2. Modelo TCP/IP

1.3. Capa de aplicación

1.3.1. Capa de transporte

1.3.2. Capa de red

1.3.3. Capa física

1.4. *Router*

1.5. *Switch*

1.6. Protocolo Netflow

1.7. Arquitectura Netflow

1.8. Conceptos generales de redes móviles

1.8.1. Redes de convergencias 2G, 3G y 4G  
simplificadas

1.8.2. Calidad de servicio en una red 4G

1.8.3. Tipo de recurso: GBR o No-GBR

1.9. QCI (identificador de clase QoS)

1.10. RP (prioridad de asignación y retención)

- 1.10.1. GBR (UL/DL)
- 1.10.2. MBR (UL/DL)
- 1.10.3. APN-AMBR (UL/DL)
- 1.10.4. UE-AMBR (UL/DL)

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1 Capítulo 1: Revisión a detalle de estándar y protocolo
- 2.2 Capítulo 2: Prueba a escala mínima y simulación
- 2.3 Capítulo 3: Propuesta de prueba en red productiva

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Diseño de la investigación**

Investigación exploratoria, debido a que realiza la propuesta de utilizar una tecnología de un ámbito (dominio IP) y aplicarla a un entorno relativamente distinto (telefonía móvil).

Se propone este diseño, ya que los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes, es decir que hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio.

### **9.2. Enfoque de la investigación**

Mixto, con un mayor enfoque cuantitativo, y análisis comparativo basado en una prueba piloto simulada, como guía para una posible aplicación en una red en vivo con una muestra del 0.1 % del tráfico.

### **9.3. Instrumentos de recolección de datos**

- Fase 1: verificar documentación de ambos estándares: 3GPP y Netflow

En este punto se busca verificar de manera preliminar los datos y campos esperados de cada una de las tecnologías, para tener un fundamento mínimo de las cualidades o campos con que estas cuenten en común y las

diferencias positivas y negativas que tenga el estándar propuesto Netflow sobre cómo se maneja por 3GPP.

- Fase 2: buscar un simulador de tráfico para verificar la efectividad de la toma de datos en los dispositivos de transporte

Herramientas de simulación como Packet Tracer permiten la simulación de redes complejas con condiciones de tráfico moderado, teniendo la particularidad de que permiten incluso la simulación de un reporte por medio del protocolo Netflow, el cual en un inicio era utilizado únicamente por Cisco.

Se tiene en cuenta que se puede simplificar una topología de una red celular con tráfico común de Internet, y un equipo de transporte como un *router*, el cual sí es un caso aplicable para el 100 % de topologías de transporte para proveedores de servicio. Este es el punto de partida para obtener los primeros reportes en vivo.

La muestra en este punto tratará de un usuario simulado en distintas circunstancias de tráfico: saturación, pérdida de paquetes, poca señal, red saturada y tiempos de respuesta relativamente altos.

- Fase 3: comparación inicial con software a partir de la simulación a microescala

Ya que el objetivo final del proyecto es realizar un análisis comparativo para obtener ventajas a partir del protocolo Netflow, esta fase busca comparar campo por campo lo obtenido por el PCEF y por Netflow, al punto de verificar qué tanta información de utilidad antes no vista desde la red *core* LTE se puede extrapolar del reporte de Netflow, y cómo este podría superar los reportes

normales dando detalles de cómo se maneja el transporte en determinado momento, dando como resultado la herramienta de análisis.

- Fase 4: presentación de resultados y conclusiones preliminares.

Con la información obtenida en la fase 3 se debe presentar un formato de esquema comparativo y gráficas de efectividad. Después se realiza un análisis de factibilidad para determinar si es necesaria una prueba con tráfico productivo y realizar propuestas a proveedores de servicio locales, con el incentivo de implementar una nueva tecnología.

El alcance inicial de la investigación termina en esta fase, en caso de poder encontrar operadores de red con intenciones de investigación y desarrollo se puede proceder con la fase 5 y posteriores, pero el enfoque fundamental de la investigación es realizar una herramienta de análisis para ambos estándares.

- Fase 5: pruebas con tráfico en vivo

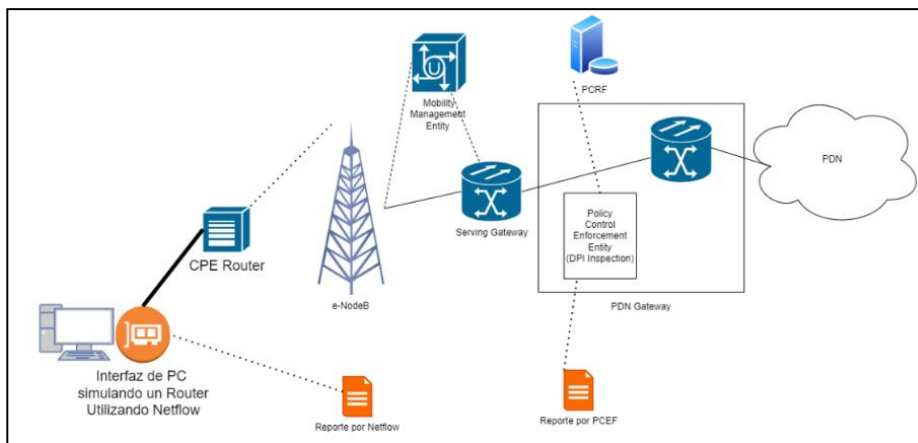
En caso de que la fase 4 arroje resultados satisfactorios y positivos, se debe realizar un set de pruebas en conjunto con un operador local, con el propósito de considerar los reportes de tráfico productivo obtenidos a partir de 1 usuario de prueba.

Debido a que los equipos de transporte tienden a manejar demasiado tráfico y estar sujetos a licencias muy estrictas, realizar cambios en los mismos por motivos de investigación queda fuera de la cuestión, por lo cual se busca una idea alternativa, teniendo un punto de intercepción distinto, aprovechando la tecnología CPE.

Con esta premisa se busca colocar un dispositivo de transporte en una de las interfaces físicas del CPE y realizar la obtención de reportes de Netflow en este equipo que simularía un *router* de transporte.

El siguiente diagrama detalla la topología esperada de las pruebas de fase 5:

Figura 7. Pruebas con tráfico en vivo



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

Con el apoyo del operador de red cooperando para compartir la sensible información procesada por el PCEF se puede realizar una comparación de información de una red en vivo y así obtener las conclusiones finales.

- Fase 6: análisis de prueba en vivo y conclusiones finales.

Con ambos reportes procesados, se procede al análisis y presentación de resultados finales. Esquemas comparativos y gráficas de efectividad serán presentados.

- Resultados esperados:

Obtener información en forma de campos o datos medibles que determinen la calidad de servicio de los usuarios en el reporte obtenido por Netflow, los cuales puedan ser, además, un complemento de la información que actualmente se procesa por el PCEF.

Obtener un algoritmo para identificar los elementos de información clave y crear un sistema capaz de organizarlos y presentarlos de una forma útil al operador de red.

#### **9.4. Operativización de las variables**

En la tabla II, se muestran las variables e indicadores para la investigación.



Tabla II. **Variables e indicadores**

Variables	Tipo	Indicadores
Retraso de los paquetes en el usuario final	Cuantitativa	Paquetes con un retraso mayor a 500 milisegundos
		Resultados con paquetes mal formados
		Saturación de tráfico debido a un reintento de obtener el paquete
Fluctuación de los paquetes en el usuario final	Cuantitativa	Tiempo de traslape o desfase de paquetes medido en milisegundos
		Información alterada o destruida por la fluctuación de paquetes
Tráfico total manejado por el PDN Gateway	Cuantitativa	Medida de tráfico concurrente de salida y entrada medido en Gb/s
		Número de usuarios registrados a la red de manera concurrente
		Número de reportes de uso de tráfico procesados por el PCEF
Experiencia de usuario	Cualitativa	Calidad de servicio entregado al usuario basado en experiencia personal
		Cantidad de veces que el usuario reporta una anomalía en el servicio
		Tipo de servicio que el usuario busca utilizar
Información reportada por los estándares	Mixta	Número de campos reportados por la entidad PCEF
		Número de campos reportados por el protocolo NetFlow
		Número de campos de utilidad por la entidad PCEF
		Número de campos de utilidad por el protocolo NetFlow

Fuente: elaboración propia.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

### **10.1. Técnicas de análisis de datos**

Se analizarán los datos por medio de esquemas comparativos y procesos estadísticos con base en múltiples pruebas repetidas en los distintos escenarios propuestos con anterioridad.

Se utilizará software enfocado en presentación de reportes en forma de tablas con información obtenida a partir de las pruebas o encuestas, las cuales han sido utilizadas de forma exitosa en otros escenarios de distinto alcance.

Se tiene como objetivo principal la comparación directa de campos en bases de datos, las cuales tienen información de tipo numérico o descriptivo del estado actual del sujeto de pruebas. De todo esto se obtendrán reportes que expondrán si el uso propuesto tiene resultados favorables, equivalentes o negativos.



# 11. CRONOGRAMA

Tabla III. Cronograma de actividades

ACCION	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	
Identificar los puntos clave del protocolo Netflow																									
Definir la plataforma para la simulación de la red																									
Obtener información de la red productiva																									
Establecer la topología que se desea replicar																									
Revisar la documentación utilizada para el análisis de tráfico actual																									
Investigar el uso del protocolo netflow en redes productivas																									
Realizar prueba piloto en simulación																									
Comparar resultados obtenidos respecto a los utilizados en la actualidad (QoS vs Netflow)																									
Buscar una maqueta para realizar pruebas en una red productivas																									
Verificar el mejor punto de intersección para la implementación de Netflow																									
Realizar prueba en maqueta productiva																									
Realizar comparaciones finales del uso de protocolo Netflow																									

Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación será desarrollada en su totalidad por el interesado en la fase preliminar de pruebas y simulación, debido a su alcance explorativo-comparativo se definirá cuáles son los aspectos positivos, negativos y limitantes de aplicar una tecnología que tiene una base fundamental en una aplicación totalmente distinta hacia la red objetivo, que en la actualidad sufre de limitaciones referentes a la clase de servicio que se encuentra en los usuarios finales.

Su veracidad con respecto a los resultados dependerá de la escala a la cual se puedan realizar pruebas, dando logros más fidedignos en un ambiente productivo y que presta servicios masivos.

Los materiales necesarios en su fase piloto constarán de un investigador y desarrollador, quien realizará pruebas en un ambiente simulado, imitando todos los escenarios conocidos con problemas de un usuario en una red móvil. Se tiene en cuenta que, aunque los escenarios serán de imitación, se busca tener un índice que logre dar acercamiento para descubrir hallazgos que sean lo más cercanos a la realidad existente y con las herramientas adecuadas, por supuesto se tiene presente posibles dificultades que se toman como reto para solucionar.

Desde un punto de vista técnico, se entiende que el protocolo propuesto a comparar contra los métodos tradicionales difiere mucho en naturaleza. Netflow nació como un concepto aplicado a transporte capa 2 y capa 3, mientras una red móvil busca dar servicios más especializados y dependientes

de tarificación, autenticación y señalización en general. Esto podría dar un resultado con información poco pertinente para lo que se necesita en realidad, por eso es necesario adentrarse de manera profunda en los posibles casos de uso que la investigación busca encontrar.

**Tabla IV. Costo del estudio**

<b>Recurso</b>		<b>Costo</b>
Humano	Ingeniero de pruebas	Q3,000.00
Físico	Computadora para simulaciones de bajo nivel	Q15,000.00
Físico	Terminal de prueba	Q2,000.00
Virtual	Licencia para software	Q1,500.00
Físico	Tarjeta de red para pruebas	Q300.00
Humano	Analista de información	Q2,000.00
Material	Gastos imprevistos	Q1,500.00
Físico	Servicios Telefonía Móvil e internet	Q2,000.00
TOTAL		Q27,300.00
Financieros	Financiada por Empresa de Telecomunicaciones	Q19,000.00
Financieros	Financiamiento propio	Q8,300.00
TOTAL		Q27,300.00

Fuente: elaboración propia.

### 13. REFERENCIAS

1. Basto, E. y Salcedo, O. (octubre, 2014). Evaluación legal de la utilización de la Inspección Profunda de Paquetes o DPI en las redes de telecomunicaciones en Colombia. *VI Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones COMTEL*. Congreso llevado a cabo en Bogotá, Colombia.
2. Dett, B. y Vega, E. (2020). *Aplicación de protocolos SNMP y NETFLOW para operar una LAN de 4 sedes de la empresa DETCOM Lima 2020* (tesis de licenciatura). Universidad Ricardo Palma, Perú. Recuperado de [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3448/T030\\_06669840\\_T%20%20%20%20EDWIN%20CESAR%20VEGA%20SANTIAGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3448/T030_06669840_T%20%20%20%20EDWIN%20CESAR%20VEGA%20SANTIAGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
3. ETSI. (2015). *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Policy and Charging Control (PCC); Reference points (3GPP TS 29.212 version 12.10.0 Release 12)*. Francia: Autor. Recuperado de [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/129200\\_129299/129212/12.10.00\\_60/ts\\_129212v121000p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129200_129299/129212/12.10.00_60/ts_129212v121000p.pdf).
4. Fernández, J. (2015). *Algoritmos de planificación del control de potencia y estimación de capacidad en redes LTE* (tesis de doctorado). Universidad de Málaga, España. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/62906046.pdf>.



5. Gonzáles. (8 de noviembre de 2013). El switch: cómo funciona y sus principales características [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://redestelematicas.com/el-switch-como-funciona-y-sus-principales-caracteristicas/>.
6. HUAWEI. (25 de mayo de 2021). NEs e interfaces en la arquitectura EPC estándar [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/nes-e-interfaces-en-la-arquitectura-epc-est%C3%A1ndar/thread/742191-100267>.
7. Jithin / Interserver. (2016). Protocolos de red comunes [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.interserver.net/tips/kb/common-network-protocols-ports/>.
8. Juan, M. (10 de febrero de 2022). Qué es NetFlow y cómo monitorear el tráfico de redes [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.downloadssource.es/que-es-netflow-y-como-monitorear-el-trafico-de-redes/n/14885/#:~:text=NetFlow%20es%20un%20protocolo%20que,entrada%20y%20de%20salida%2C%20etc>.
9. Lema, F. (2017). *Estudio para la recomendación de parámetros técnicos a utilizarse en el control de redes LTE 4GEN Ecuador* (tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Recuperado de <https://1library.co/document/zwv4vx1q-estudio-recomendacion-parametros-tecnicos-utilizarse-control-redes-ecuador.html>.

10. Medina, M. y González, J. (2011). *Análisis del desempeño de una red de nueva generación* (tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia. Recuperado de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062644.pdf>.
11. Oracle Corporation. (2 de marzo de 2010). Modelo de arquitectura del protocolo TCP/IP [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-10/#:~:text=La%20capa%20de%20Internet%2C%20tambi%C3%A9n,control%20de%20Internet%20\(ICMP\)](https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-10/#:~:text=La%20capa%20de%20Internet%2C%20tambi%C3%A9n,control%20de%20Internet%20(ICMP)).
12. Pardo, H. y Obando, J. (2021). *Análisis del proceso de Implementación de redes 4G en Colombia dentro del plan de transición a nuevas tecnologías* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42461/hmpardof.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
13. RFC. (2004). *RFC 3954: Cisco Systems NetFlow Services Export Version 9*. Nueva York: RFC Editor. Recuperado de <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3954>
14. Robledano, A. (18 de junio de 2019). Qué es TCP/IP [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://openwebinars.net/blog/que-es-tcpip/>.

15. Sotelo, A. (2019). *Propuesta de implementación del protocolo NETFLOW y la calidad de servicio para mejorar el rendimiento de la red LAN en una sede de la SUNARP* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Perú. Recuperado de [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/350/1/Sotelo\\_Aldo\\_Trabajo\\_de\\_Suficiencia\\_2019.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/350/1/Sotelo_Aldo_Trabajo_de_Suficiencia_2019.pdf).