



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DE
BUSINESS INTELLIGENCE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PUNTOS DE
CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN UNA RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES**

Luis Gerardo Herrera Girón
Asesorado por el M.A. Ing. Miguel Ventura Pérez

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DE
BUSINESS INTELLIGENCE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PUNTOS DE
CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN UNA RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS GERARDO HERRERA GIRÓN

ASESORADO POR EL M.A. ING. MIGUEL VENTURA PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, MARZO DE 2022

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Wendy Nora Miranda López
EXAMINADORA	Inga. María Magdalena Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DE
BUSINESS INTELLIGENCE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PUNTOS DE
CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN UNA RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de enero de 2022.

Luis Gerardo Herrera Girón



EEPMI-

Guatemala, 12 de enero 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.

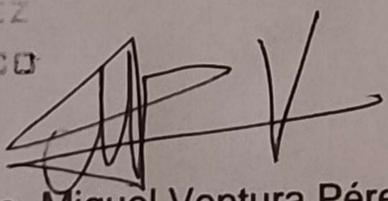
El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DE BUSINESS INTELIGENCIA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANALISIS DE PUNTOS DE CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN UNA RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Infraestructura de red - Infraestructura de red**, presentado por el estudiante **Luis Gerardo Herrera Girón** carné número **201020498**, 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.

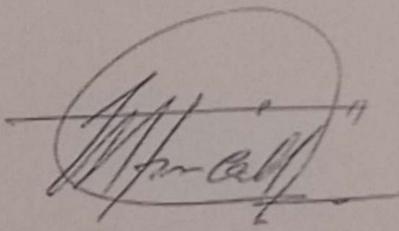
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

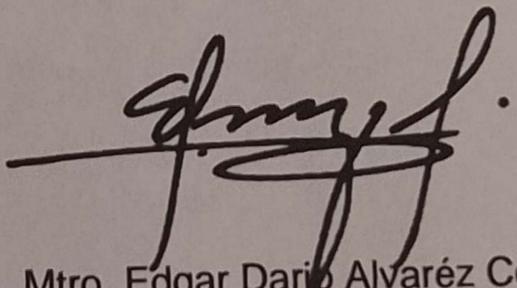
Atentamente,

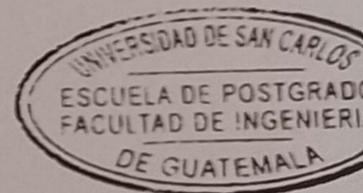
"Id y Enseñad a Todos"

MIGUEL VENTURA PÉREZ
INGENIERO ELECTRÓNICO
COLEGIADO 10524


Mtro. Miguel Ventura Pérez
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-0186-2022

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: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DE BUSINESS INTELIGENCE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANALISIS DE PUNTOS DE CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN UNA RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES**, presentado por el estudiante universitario **Luis Gerardo Herrera Girón**, 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

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

Guatemala, enero de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.169.2022

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: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA SOLUCIÓN DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PUNTOS DE CONGESTIÓN DE TRÁFICO EN UNA RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES**, presentado por: **Luis Gerardo Herrera Girón** , 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, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Mi padre

Por ser mi mejor ejemplo, modelo y maestro en esta vida, por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi existencia y por demostrarme que con honradez, humildad, respeto y sacrificio se puede alcanzar cualquier meta.

Mi madre

Por envolverme día a día con su inmenso amor, por enseñarme que el perdón puede siempre más que cualquier venganza y por enseñarme a sonreírle a la vida en cualquier momento.

Mi hermano

Porque siempre ha estado a mi lado para brindarme un abrazo y palabras de ánimo, por esas conversaciones nocturnas llenas de reflexiones y por revelarme que hay más de una forma de hacer bien las cosas.

Mi abuela

Enma Herrera (q. e. p. d.), quien con sus tiernos brazos me cobijó tantas veces cuando era pequeño y quien con sabias palabras tenía siempre un buen consejo para dar. Dedico este acto a su memoria.

Adriana Martinez

Por llenar mis días de alegría, por compartir tu vida conmigo y por apoyarme en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el <i>alma máter</i> que me permitió formarme profesionalmente y que me enseñó a ser un mejor ciudadano y una mejor persona.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme todas esas experiencias académicas y no académicas que contribuyeron a forjar la persona que soy hoy en día.
Mis amigos	Por estar allí para levantarme las veces que me sentí derrotado y por todos los momentos compartidos.
Mi familia	Quienes siempre me han dado su apoyo y amor para salir adelante y constantemente me recuerdan lo importante que es contar con ese respaldo incondicional familiar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	8
3.3.1. Pregunta central.....	9
3.3.2. Preguntas auxiliares	9
3.4. Delimitación del problema.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR.....	15
6.1. Esquema de la solución.....	15

7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	<i>Business Intelligence</i>	19
7.1.1.	Microsoft Power BI	21
7.1.1.1.	Componentes de Microsoft Power BI...	23
7.1.1.2.	Motivos para usar Microsoft Power BI	23
7.1.1.3.	Licencias, precios y modos de uso	26
7.2.	Congestión de tráfico	27
7.3.	Red de transporte de Telecomunicaciones	29
7.3.1.	Topologías de red.....	30
7.3.1.1.	Interconexión total y parcial	30
7.3.1.2.	Interconexión en estrella.....	31
7.3.1.3.	Interconexión en bus	31
7.3.1.4.	Interconexión en árbol.	32
7.3.1.5.	Interconexión en anillo	33
7.4.	DWDM	34
7.4.1.	Características de las redes DWDM	34
7.4.2.	Ancho de banda de la señal	36
7.5.	Interfaces Ethernet.....	37
7.5.1.	Tipos de interfaces Ethernet.....	37
7.5.2.	Velocidad de transmisión Ethernet	39
7.5.3.	Descartes de paquetes.....	41
7.5.3.1.	Descartes de entrada	42
7.5.3.2.	Descartes de salida	42
7.6.	Monitoreo de tráfico.....	43
7.6.1.	SNMP	43
7.6.2.	CA PERFORMANCE MANAGEMENT - 3.7	44
7.6.2.1.	Factores clave de <i>CA Performance Management</i>	45

	7.6.2.2.	Integración	46
	7.6.2.3.	API	46
7.7.		Geolocalización	48
	7.7.1.	Coordenadas Geográficas	49
	7.7.2.	Latitud	49
	7.7.3.	Longitud	50
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	51
9.		METODOLOGÍA	55
	9.1.	Diseño de la Investigación	55
	9.2.	Enfoque de la Investigación	56
	9.3.	Población de estudio	57
	9.4.	Tipo de muestreo y tamaño de la muestra.....	57
	9.5.	Operativización de variables.....	58
10.		TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	59
	10.1.	Técnicas de la investigación	59
	10.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	60
	10.3.	Técnicas de análisis de datos	60
11.		CRONOGRAMA.....	61
12.		FACTIBILIDAD DE ESTUDIO	63
13.		REFERENCIAS.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de la solución	17
2.	Pirámide del conocimiento	20
3.	Congestión de tráfico	29
4.	Topologías de red	33
5.	Sistema DWDM.....	35
6.	OpenAPI	47
7.	Latitud y longitud	50

TABLAS

I.	Comparativo general de interfaces Ethernet	38
II.	Cronograma de actividades	61
III.	Costos de la investigación.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
GE	Giga Ethernet
Gb	Gigabit
Gbps	Gigabits por segundo
GB	Gigabyte
°	Grados
Kb	Kilobit
Kbps	Kilobits por segundo
KB	Kilobyte
Km	Kilómetro
Mb	Megabit
Mbps	Megabits por segundo
MB	Megabyte
m	Metro
nm	Nanómetros
%	Porcentaje
Q	Quetzales
Tbps	Terabits por segundo

GLOSARIO

<i>Backbone</i>	Término se usa para describir grandes redes que se interconectan entre ellas.
<i>Business Intelligence</i>	Habilidad para transformar los datos en información, y la información en conocimiento.
Congestión	Fenómeno que se produce cuando se le ofrece a la red más tráfico del que puede soportar.
<i>Dashboards</i>	Se refiere a un documento o pantalla en el que se reflejan, mediante una representación gráfica, las principales métricas que intervienen en la consecución de los objetivos de una estrategia.
DWDM	<i>Dense Wavelength division multiplexing.</i> Es la tecnología utilizada para realizar el multiplexado por división de longitudes de onda en forma densa.
Interfaz	La conexión física y funcional que se establece entre dos aparatos, dispositivos o sistemas que funcionan independientemente uno del otro.
LAN	<i>Local area network.</i> Se le denomina así a una red que tiene alcance local.

NMS	<i>Network Management System.</i> Son Sistemas que permiten gestionar y administrar una red.
OADM	<i>Optical Add Drop Multiplexer.</i> Se refiere a un equipo de telecomunicaciones utilizado para agregar o desagregar canales ópticos a un sistema.
OTN	<i>Optical Transport Network.</i> Se debe entender como OTN todas las redes que utilicen un medio óptico como transporte.
Red de transporte	Es la red que permite transportar información de una o varias personas desde un punto a otro u otros puntos de forma bidireccional o unidireccional.
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol.</i> Es el protocolo de red más utilizado para el monitoreo de una red de telecomunicaciones.
Troncal	Es la parte de una infraestructura de red que interconecta diferentes redes.
WAN	<i>Wide Area Network.</i> Se le denomina así a una red que tiene un alcance amplio.
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing.</i> Es la técnica de multiplexación por división de longitudes de onda.

xWDM

X Wavelength Division Multiplexing. Es la familia de tecnologías que utilizan cualquier tipo de multiplexado por división de longitudes de onda.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realiza el diseño y desarrollo de una plataforma, basada en *business intelligence*, para la identificación de puntos de congestión en una red de transporte de telecomunicaciones. Haciendo uso de Microsoft Power BI y extrayendo la información de una base de datos sólida desde *CA performance management*, se puede construir una herramienta poderosa para tomar decisiones clave e impulsar el crecimiento de la red de un proveedor de servicios de telecomunicaciones.

Al inicio se presentan brevemente las problemáticas actuales que presentan las empresas de telecomunicaciones. Se hace referencia al problema latente de puntos de congestión en las redes que se busca monitorear constantemente.

Se explican las diversas topologías de red y la forma en que los puntos de congestión las puede afectar, ya que, sin importar el diseño, cualquier red de transporte de telecomunicaciones es susceptible a la problemática de los puntos de congestión de red.

Por último, se generan los *dashboards* que pueden ser personalizados en torno al giro del negocio del sector de telecomunicaciones deseado. Se podrán tomar diversas variables como localización, tipo de nodo, tipo de tráfico, entre otras, para dar prioridad a la presentación de la información. En los resultados se visualizará la información que permitirá realizar un crecimiento progresivo, ordenado y escalonado de la red para subsanar los puntos de congestión.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha percibido un considerable incremento del tráfico de servicios de datos e internet que necesitan los usuarios. Cada vez las aplicaciones necesitan anchos de bandas mayores para funcionar correctamente. Esto es algo que no se puede invertir y que seguirá incrementando con el pasar del tiempo.

Las empresas de telecomunicaciones poseen redes de transporte que son las encargadas de trasladar los datos de un punto a otro, y puede ser a nivel metropolitano, departamental, nacional, regional, continental o mundial. Para que los datos sean movilizados desde su punto origen al destino, deben hacer tránsito por muchas interfaces de equipos de comunicaciones que deben tener el ancho de banda suficiente disponible para que no se generen pérdidas por interfaces saturadas.

El problema se aborda desde un punto de vista práctico a través de la generación de una base de datos que será creada por un sistema de monitoreo robusto y funcional. Luego se importarán los datos y serán trasladados a una plataforma que, por medio de varios filtros, gráficas y esquemas, brindará la información de interés al administrador de la red para que pueda tomar decisiones y se puedan implementar planes de acción de mejoramiento de la red en cuestión.

En la actualidad no existen herramientas simples que muestren el tráfico que es desagregado para clientes de un equipo, nodo o región en una red. El contar con este dato, puede generar mucha información para la planificación y

mejoramiento de la red. Este es el enfoque innovador que se propone para la solución de la plataforma a desarrollar.

Se realiza un análisis de la red para dimensionar el tamaño de esta. Se toma un inventario de todos los equipos y sus interfaces que conforman la red de transporte. Se brinda un diagnóstico prematuro del estado de la red y de las interfaces que se encuentran con alto consumo de tráfico.

2. ANTECEDENTES

En la actualidad existen muchas herramientas de monitoreo que permiten, de forma fácil y rápida, obtener datos estadísticos del comportamiento de una red. Sin embargo, ninguna es capaz de responder la siguiente interrogante: ¿Cuánto tráfico hace tránsito y cuánto tráfico se desagrega en determinado equipo?

Dado que la respuesta a esta interrogante puede servir para muchas labores de planeación y mantenimiento de una red, es muy interesante desarrollar una plataforma que además de responder dicha interrogante, pueda proveer información sobre el estado de la red por sectores o regiones propiamente definidas según la conveniencia del administrador de red.

El presente trabajo está orientado a facilitar la supervisión, monitoreo y análisis de todas esas interfaces y equipos que conforman una red de telecomunicaciones con el propósito de conservar niveles adecuados de utilización a través del tratamiento, atención y prevención de los sitios de congestión en una red.

Muchos autores concuerdan en que la mejor forma para prevenir los puntos de congestión de tráfico en una red de telecomunicaciones es que desde la etapa de diseño la red sea concebida con un buen margen de escalabilidad. Como lo menciona Barreto (2008) en su trabajo titulado Congestión en las redes de datos, en que concluye que existen algunas técnicas, por ejemplo, las del bucle abierto, a las que se les denomina soluciones pasivas.

Barreto (2008) explica que una de las formas de evitar problemas de congestión en las redes de datos es tomando en cuenta las variables de diseño de mayor importancia al momento de diseñar la red, de esta forma se minimizarán grandemente los problemas de congestión. Sin embargo, lo anterior se aleja de la realidad cuando el presupuesto que se tiene para diseñar una red no es suficientemente amplio como para diseñar con gran margen de escalabilidad.

Por lo anterior, muchas redes van creciendo conforme los clientes del operador lo van demandando en el transcurso del tiempo. Debido a este crecimiento muy poco predecible es necesario realizar planes de ampliación de la red que se puedan adecuar a los presupuestos que se disponen.

Flores (2001) indica que es importante observar que una red de transporte es una red muy dinámica debido a la evolución tan acelerada de los productos de telecomunicaciones y la comercialización de estos sumado a la demanda de clientes exigentes ha dado lugar, a buscar el conjunto de soluciones, análisis e ideas que trajeran como consecuencia un incremento en la calidad de los servicios que se les brindan a los suscriptores.

Alonso (2006) sostiene que las redes de telecomunicaciones generan grandes cantidades de datos operacionales que incluyen datos de alarmas y fallas en varios niveles de detalle, así como detalles del tráfico y estadísticas de utilización. Estos datos pueden ser fácilmente recolectados por gestores de monitoreo para construir tendencias del comportamiento de una red y en base a ello realizar pronósticos de crecimiento.

Cuando existen puntos de congestión dentro de la red que son originados por el alto consumo de los clientes, es inminente que la red debe ampliar su capacidad para seguir funcionando.

Pallo (2004) sugiere que el uso de tecnologías de tipo xWDM permite a las redes expandirse incrementando la capacidad de ancho de banda y transmisión de información de la red existente. Permiten enviar diversos tipos de protocolos (convenciones y reglas que regulan el proceso de intercambio de información de un componente a otro en un sistema de comunicaciones) utilizando la red de fibra, ya sea extendiendo la red actual o implementando una nueva. Este es un escenario ampliamente utilizado para dar más tiempo de vida a una red de fibra óptica.

Corado, Calderón y Cano (2017) indican que la rapidez a la que se están desarrollando nuevas aplicaciones de redes convergentes se puede atribuir a la acelerada expansión de Internet. Esta expansión generó una audiencia más amplia y una base de consumidores más amplia, ya que se puede entregar cualquier mensaje, producto o servicio. No hace falta decir que las redes deben proporcionar servicios seguros, predecibles, medibles y garantizados. La congestión de una red se genera cuando la demanda de tráfico o recursos de la red excede la capacidad disponible para la que fue diseñada.

Para Lanchi (2020) otra opción para incrementar la vida de una red, en lugar de la multiplexación, es aumentar la capacidad de las interfaces, pasando de 1 Gbps a 10 Gbps o de 10 Gbps a 40 Gbps e inclusive de 40 Gbps a 100 Gbps. Durante los últimos años los proveedores de servicios de telecomunicaciones han crecido sustancialmente como producto de los nuevos servicios y tecnologías. El aumento en la demanda de servicios ha conllevado a que los enlaces de las redes metropolitanas del orden de 1 Gbps, sean migrados a enlaces de 10 Gbps ocupando un canal óptico por cada enlace; lo antes indicado obliga al crecimiento consecuente de la capacidad de transporte del Core de la red, es por eso que hace inminente la necesidad de desplegar redes de telecomunicaciones con mayores capacidades de ancho de banda, que permitan

implementar enlaces de 100 Gbps y 400 Gbps entre equipos de conmutación de capa 2 y 3, lo cual es posible con el despliegue de redes DWDM que utilizan canalización de 100 Gbps y 400 Gbps.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

En la actualidad, existen muchas empresas de telecomunicaciones que deben afrontar uno de los principales problemas del sector: los puntos de congestión de red. Sin embargo, no es fácil determinar cuáles son las troncales que presentan saturación o que están en riesgo de esto. La situación se complica aún más mientras más grande es la red de equipos que se desea analizar; ya que la cantidad de troncales a examinar aumentará proporcionalmente con el número de dispositivos en la red.

Las saturaciones de red son un inconveniente que, si no se solventa con anticipación, puede llegar a causar grandes problemas en la calidad de la red y esto derivará en insatisfacción hacia los clientes que hagan uso de la capacidad de transporte de dichas troncales.

Lo anterior nos lleva a plantear las siguientes preguntas para validar el estado de salud de una red de telecomunicaciones.

- ¿Cuál es el ancho de banda utilizado de las interfaces troncales que forman parte de la red de transporte de telecomunicaciones?
- ¿Cómo se clasifican los equipos electrónicos activos de telecomunicaciones que conforman la red de transporte y sus interfaces?

- ¿Qué herramientas se utilizan para prevenir los puntos de congestión de tráfico en una red de telecomunicaciones?

3.2. Descripción del problema

Las saturaciones de red suelen presentarse en varios escenarios entre los cuales se pueden mencionar.

- Cuando la red se encuentra subdimensionada con relación a la cantidad de tráfico para la cual fue diseñada contra el tráfico que en realidad está sobrellevando.
- En el momento en que la red presenta alguna falla o afectación y el tráfico debe ser enrutado por vías alternas, pero éstas no tienen la capacidad suficiente para soportarlo.
- Debido al aumento de los servicios, sumado a una mala planificación del crecimiento, se producen ampliaciones de tráfico de clientes de alto ancho de banda que pueden llegar a saturar la red de telecomunicaciones.

3.3. Formulación del problema

Debido a que las redes de telecomunicaciones necesitan un monitoreo constante para garantizar un funcionamiento adecuado, se hace necesario desarrollar herramientas que permitan identificar el tipo y cantidad de tráfico en una red de transporte de comunicaciones para prevenir puntos de congestión.

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo se identifican los puntos de congestión y se analiza el incremento de tráfico en una red de transporte de telecomunicaciones?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuál es el ancho de banda utilizado de las interfaces troncales que forman parte de la red de transporte de telecomunicaciones?
- ¿Cómo se clasifican los equipos electrónicos activos de telecomunicaciones que conforman la red de transporte y sus interfaces?
- ¿Qué herramientas se utilizan para prevenir los puntos de congestión de tráfico en una red telecomunicaciones?

3.4. Delimitación del problema

Se realizará el desarrollo de una plataforma que se conectará con una base de datos que cuenta con toda la información de los equipos e interfaces de una red de transporte de 100 equipos y más de 600 interfaces troncales aproximadamente. Se elaborará una clasificación del tipo de troncal según su ubicación geográfica y tipo de tráfico haciendo uso de las descripciones previamente recolectadas por la base de datos de un sistema de monitoreo. La red se encuentra actualmente operativa a lo largo y ancho de toda la república de Guatemala.

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de telecomunicaciones, específicamente en el área de gestión y monitoreo de redes. Debido a la alta importancia que tiene un adecuado proceso de supervisión en las redes de telecomunicaciones actuales, y que cada vez se necesita mayor volatilidad y flexibilidad en las redes de transporte; es imperativo el desarrollo de herramientas que faciliten el manejo de estas.

Considerando que los puntos de congestión de red, es uno de los problemas más comunes en las redes de transporte y que no en todos los escenarios se les brinda el mismo tipo de solución, es necesario contar con herramientas que nos ayuden a identificar y predecir estos inconvenientes.

En la actualidad son muy pocas las herramientas que permiten realizar un análisis segmentado y clasificado de las interfaces de una red según su geolocalización y tipo de tráfico. Por ello se pretende desarrollar una plataforma flexible y dinámica que permita realizar un análisis global de la situación de la red y que permita identificar fácilmente los puntos que necesitan atención del área de Ingeniería para crecimiento.

Debido a lo expuesto anteriormente, es necesario contar con una plataforma que permita, no sólo detectar los puntos de congestión de tráfico en una red, sino también que provea los elementos necesarios para poder analizar el flujo de tráfico y que permita facilitar la toma de decisiones al momento de elegir una solución para solventar el inconveniente.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una solución de *business intelligence* que permita identificar y analizar los puntos de congestión de tráfico en una red de transporte de telecomunicaciones.

5.2. Específicos

- Realizar un diagnóstico de la cantidad, utilización porcentual y ancho de banda de todas las troncales de la red de transporte.
- Tipificar los equipos de la red y sus interfaces en grupos según su ubicación geográfica, tipos de nodo y tipo de tráfico.
- Diseñar una plataforma que despliegue los resultados y comparaciones de los datos recolectados y analizados de las interfaces, organizados por nodos y regiones que sirva para la prevención de los puntos de congestión en la red.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Considerando que los puntos de congestión de red, es uno de los problemas más comunes en las redes de transporte y que no en todos los escenarios se les brinda el mismo tipo de solución, es necesario contar con herramientas que ayuden a identificar y predecir estos inconvenientes.

En la actualidad son muy pocas las herramientas que permiten realizar un análisis segmentado y clasificado de las interfaces de una red según su geolocalización y tipo de tráfico. Por ello se pretende desarrollar una plataforma flexible y dinámica que permita realizar un análisis global de la situación de la red y que permita identificar fácilmente los puntos que necesitan atención del área de Ingeniería para crecimiento.

Debido a lo expuesto anteriormente, es necesario desarrollar una plataforma que permita, no sólo detectar los puntos de congestión de tráfico en una red, sino también que provea los elementos necesarios para poder analizar el flujo de tráfico y que permita facilitar la toma de decisiones al momento de elegir una solución para solventar el inconveniente.

6.1. Esquema de la solución

Para la identificación y análisis de puntos de saturación en la red es necesario conocer la topología y el funcionamiento de la red de transporte. Debido a que las herramientas de gestión y monitoreo en el mercado son incapaces por sí solas de determinar la estructura o arquitectura de una red, dicha información debe ser generada a través de descripciones y nombres

homologados en los equipos e interfaces de la red. Esta se considerará como la primera fase en la cual se revisarán y editarán los *hostnames* y descripciones de las interfaces en la red.

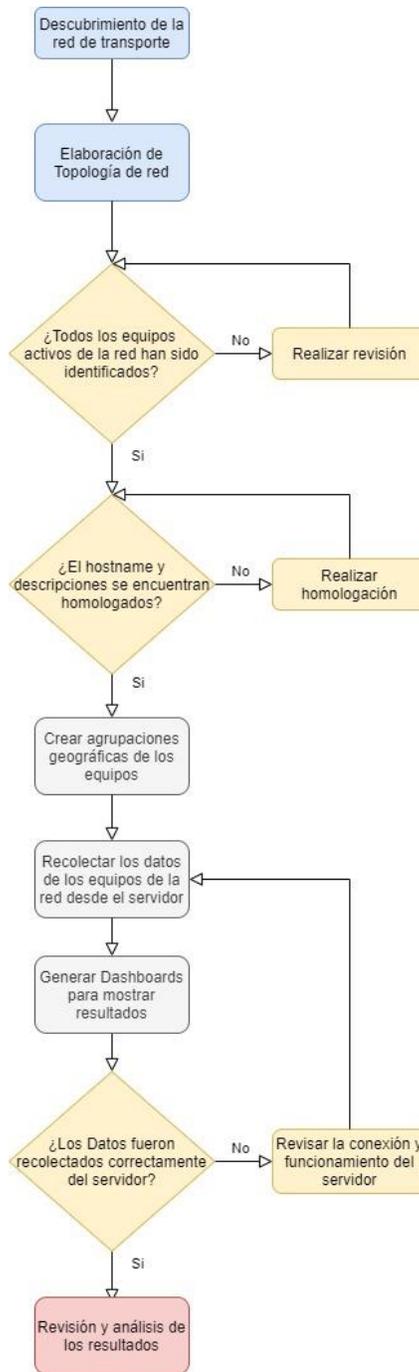
Como segunda fase se elaborarán agrupaciones de áreas de la red según la arquitectura de esta. Por ejemplo, se podrán definir áreas como: metropolitana, occidente, oriente, norte, entre otros. Esto dependerá de la estructura de la red de transporte.

La tercera fase será relacionar cada agrupación con las coordenadas de geolocalización (latitud, longitud) en la que se encuentra instalado cada equipo o grupo de equipos. Esto permitirá que más adelante se puedan graficar haciendo uso de mapas interactivos.

La cuarta fase será recolectar la información de los equipos e interfaces de la red realizando una consulta a la base de datos de *CA Performance* por medio de la *OpenAPI* integrada en el sistema.

La quinta fase será el desarrollo de la plataforma que contará con diversos *dashboards* para mostrar con gráficos, tablas y mapas el estado de la red y los posibles puntos de congestión de tráfico que se detecten en la red.

Figura 1. **Esquema de la solución**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

7. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se profundiza en los conceptos teóricos que servirán de base para la comprensión de la solución propuesta de *business intelligence* que permitirá lidiar y analizar los puntos de congestión de tráfico que puedan existir en una red de telecomunicaciones.

7.1. *Business intelligence*

Inteligencia empresarial o *business intelligence*, se puede definir como la acción de utilizar todos los datos que genera una empresa en aras de favorecer las tomas de decisiones dentro de esta. Es un grupo de herramientas y estrategias que permiten convertir los datos en información y luego la información en conocimiento.

Si se parte de un conocimiento objetivo, al utilizar datos reales recolectados de las actividades diarias para la toma de decisiones, se puede tener mayor certeza de que los cambios y ajustes tendrán cimientos mucho más sólidos. De esta forma se previenen riesgos innecesarios.

En todas las entidades se pueden recopilar datos e información, ya sean de ventas, compras, inversiones, tiempos, empleados, entre otros. Millones de variables y datos son altamente relevantes para ser utilizados y estudiados con el objetivo de innovar las estrategias, conocer las oportunidades y fortalezas, así como las amenazas y debilidades. Todo lo que sea de utilidad para conocer a la empresa y sus procesos en profundidad con el objetivo de seguir mejorando. Este

comportamiento de la medición constante y análisis de los resultados es clave para alcanzar todos los objetivos en el tiempo establecido.

Desde una perspectiva más aplicada, y asociándolo directamente con las telecomunicaciones, puede definirse *business intelligence* como el conjunto de tecnologías, aplicaciones y metodologías que permiten unificar, depurar y transformar datos de las interfaces y equipos de una red desestructurada (dentro y fuera de la compañía) en información estructurada y ordenada, para su aprovechamiento directo (reportes, análisis y monitoreo) o para su análisis e interpretación, de tal manera que facilite la toma de decisiones sobre el negocio.

Figura 2. Pirámide del conocimiento



Fuente: Armenta (2017). *Datos, quiero más datos*. Consultado el 06 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://hablandoendata.wordpress.com/2017/12/15/datos-quiero-mas-datos/>.

El *business intelligence* es una extensa herramienta para las empresas u organizaciones de la actualidad, ya que genera una potencial ventaja y gran ventaja competitiva a partir de los datos recolectados para responder a los problemas de negocio: eliminación de islas de información, entrada a nuevos mercados, control financiero, promociones u ofertas de productos, rentabilidad de un producto concreto, análisis de perfiles de clientes, planificación de la producción, optimización de costes, entre otros.

Larrea (2017) indica que, en resumen, el *business intelligence* intentará extraer la mayor cantidad de datos existentes en una empresa de diversas fuentes haciendo uso de las herramientas o técnicas ETL (Extraer, Transformar y Cargar), para posteriormente cargarlos en un servidor. Con todo este análisis, se busca incrementar el conocimiento de los movimientos financieros y administrativos para optimizar las labores de la empresa con decisiones más fundamentadas.

7.1.1. Microsoft Power BI

En la actualidad, en cualquier entorno corporativo resulta altamente útil lograr unificar toda la información que se genera día a día, ya sea que se encuentre localmente o en la nube, en torno a una misma plataforma. Power BI de Microsoft Office 365 es una herramienta que brinda la capacidad de aplicar las técnicas de *business intelligence* (BI) en la explotación de datos en tiempo real en base a diversas fuentes y en la creación de paneles e informes, para posteriormente ofrecer de una manera simple, intuitiva y visual los resultados de todos los elementos que son de interés para analizar y compartir entre varios profesionales de una misma empresa: desde directores generales y ejecutivos hasta expertos en marketing, directores de comunicación, financieros, técnicos, administrativos o comerciales.

Microsoft Power BI tiene la particularidad de ser una herramienta de análisis empresarial basada en la nube, por lo cual su adaptación se realiza en corto tiempo. Microsoft Power BI permite unificar diversas fuentes de datos, procesarlos y luego presentar un análisis a través de paneles interactivos e informes. Microsoft Power BI brinda la posibilidad de acceder fácilmente a los datos dentro y fuera de la organización casi en cualquier dispositivo. Los reportes y análisis generados pueden ser compartidos por diferentes usuarios de la misma organización; e incluso distintos departamentos de la empresa pueden disponer de la información del negocio en tiempo real.

Según Bello (2021) la plataforma de usuario que brinda Microsoft Power BI es altamente intuitiva para las personas que se encuentran familiarizados con el uso de Microsoft Excel. La integración que proporciona con otros productos de Microsoft hace de Power BI una herramienta muy útil que no requiere de mucha capacitación inicial de los colaboradores.

Una característica importante que posee Microsoft Power BI es la sencillez de su proceso. El flujo de trabajo sigue el siguiente orden. Primero, se aporta toda la información que se encuentre disponible, tanto internamente a través de herramientas (Google Analytics, Dynamics CRM, Excel, SQL Server, Facebook, Twitter, MailChimp, entre otras), como externamente, con la importación de datos procedentes de otras instituciones o empresas. Segundo, se elige la información relevante de la empresa que es de interés para analizar de una manera muy rápida y resumida, que permitirá identificar amenazas y oportunidades o debilidades y fortalezas en un determinado elemento.

Tercero, se generan los paneles de información y reportes que son presentados de una forma muy visual y fácil de interpretar. Estos elementos pueden representarse con una gran biblioteca de elementos como gráficas,

tablas, mapas, filtros y todos ellos de una forma altamente dinámica. Por último, pero no menos importante, se comparten los informes a través de redes sociales, correo o links para que todos los involucrados puedan visualizar la información.

7.1.1.1. Componentes de Microsoft Power BI

Los 3 componentes principales de Microsoft Power BI son:

- Power BI Desktop: es una aplicación de escritorio gratuita que brinda la posibilidad de transformar, manipular, visualizar datos y crear informes de estos.
- Power BI Service: es el servicio online con funcionalidades similares a la aplicación desktop (pero con algunas limitaciones) y permite publicar informes y configurar la actualización de datos automáticamente para que el personal de la organización tenga los datos actualizados a determinada frecuencia.
- Power BI Mobile: es una aplicación móvil disponible para sistemas iOS, Windows y Android que permite visualizar los informes. La aplicación tiene la funcionalidad de actualizar los cambios de los datos automáticamente.

7.1.1.2. Motivos para usar Microsoft Power BI

Según Bello (2021) constantemente, con cada actualización, Microsoft añade funcionalidades a la herramienta, sin embargo, a continuación, se enumeran las características actuales más importantes.

- Fácil uso

No es necesario tener alto conocimiento en analítica web para hacer uso de Microsoft Power BI. De hecho, está enfocado a todo tipo de usuarios que deseen adentrarse al mundo del análisis de datos. La plataforma es muy amigable y se puede importar la información de forma rápida, sencilla y sin necesidad de procesos complejos, desde las herramientas incluidas para servicios como Google Analytics, Salesforce, Microsoft Dynamics, entre otras.

- Inteligencia artificial

Microsoft Power BI tiene la posibilidad de acceder al análisis de imágenes y texto para crear modelos básicos de *machine learning* junto al reconocimiento de imágenes. Además, permite unificar las técnicas analíticas, ya que es posible gestionar los orígenes de datos de forma paralela para procesar la información de distintas fuentes.

- Información en tiempo real

La herramienta es capaz de mantener actualizada la información de los paneles con los datos en tiempo real a medida que estos son recolectados. Esto brinda al usuario la capacidad de identificar y resolver problemas, así como descubrir nuevas oportunidades rápidamente. Todos los informes o paneles pueden actualizar y mostrar imágenes y datos en tiempo real. Las fuentes de extracción de los datos que serán analizados pueden ser extraídos de redes sociales, sensores, bases de datos, archivos de texto, archivos de Microsoft Excel, entre otras.

- Personalización

Brinda la posibilidad de segmentar datos de modelos muy complejos según tipos diversas temáticas en diagramas separados. Permite también establecer propiedades comunes y seleccionar objetos, ver y editar características en el panel de propiedades y diseñar múltiples hojas de visualización que permitirán un despliegue más simple y ordenado de datos de modelos complejos.

- Seguridad

Microsoft Power BI es una plataforma con altos niveles de confidencialidad y seguridad. Fue creada para brindar a los usuarios una experiencia hermética y fiable que la posiciona como líder en la industria del tratamiento de datos. La plataforma ha sido acreedora de las clasificaciones más altas de seguridad disponibles en el sector. En la actualidad, gran cantidad de corporaciones, instituciones financieras, agencias de seguridad nacional y cadenas de atención médica hacen uso de esta herramienta y colocan su información altamente confidencial en esta plataforma debido a sus altos niveles de confiabilidad.

- Compartir

Su facilidad para compartir al estar alojado en la nube es altamente sencilla y práctica. Basta con tener conexión a internet para poder compartir los resultados y el acceso de la información estará disponible para colaboradores, clientes y socios.

7.1.1.3. Licencias, precios y modos de uso

Microsoft Power BI posee un amplio catálogo de versiones para cada escenario. Esta plataforma de *business intelligence* líder del mercado cuenta con soluciones que se pueden adaptar a cualquier tamaño de corporación, es por eso que hay una opción de precio para cada usuario.

Se puede iniciar probando los beneficios de la plataforma utilizando únicamente Microsoft Power BI Desktop y Power BI Mobile, ambos son gratuitos y no es necesario asociar alguna una cuenta de Office 365. Ambos son funcionales y ofrecen las funciones de importar información desde cientos de orígenes de datos, creando visualizaciones interactivas, modernas y personalizadas.

Power BI Pro y Power BI Premium tienen costo de licencia por uso. El costo dependerá del número de usuarios que deseen acceder a la plataforma. Cada usuario podrá crear, compartir datos, informes y *dashboards* de forma segura con el grupo de trabajo o de manera individual, permitiendo también programar actualizaciones regulares de los orígenes de datos para que todos cuenten con la versión más reciente de la información, lo cual permitirá tomar decisiones oportunas.

El precio hoy en día de la licencia por usuario es de US\$ 9.00 mensuales. Por lo que se puede iniciar con reportes entre gerencias, para luego ir adquiriendo un mayor lote de licencias según se vean las necesidades y/o beneficios.

7.2. Congestión de tráfico

En las redes de datos se presenta congestión cuando un nodo o enlace de red transporta más datos de los que puede manejar. La congestión debe atenderse inmediatamente debido a que retrasa la comunicación entre usuarios y aumenta los tiempos de transmisión de los paquetes. La congestión de la red se puede definir como una cantidad excesiva de paquetes acumulados en las memorias intermedias de los equipos o nodos a la espera de ser transmitidos.

Para comprender de mejor forma la congestión de tráfico en una red de telecomunicaciones es necesario analizar el comportamiento como un conjunto encadenado de subredes de colas. Se situará en cada nodo, una canal de salida y entrada para los cuales respectivamente existirán colas de salida y entrada. En el escenario en que la cantidad de entrada de los paquetes a determinado nodo es mayor a la capacidad en que dicho nodo puede transmitirlos, la cola del canal de salida se incrementará grandemente y los paquetes experimentará un retraso incremental, el cual, si las colas lo permitiesen, podría llegar a infinito. El retardo aumenta de manera preocupante en el momento en que la ocupación del canal, para la cual los paquetes se encuentran en cola, excede el 80 % de utilización.

En el momento en que se alcanza una situación de saturación, que es cuando el nodo es incapaz de procesar más paquetes, el nodo puede elegir alguna de las siguientes dos opciones: descartar los datos que están intentando ingresar o aplicar un flujo de control de los paquetes que enviará a sus vecinos, frenando o dilatando la transmisión de paquetes nuevos.

Las dos estrategias mencionadas anteriormente conducirán a que la saturación de un nodo se propague fácilmente a los nodos colindantes, debido a que no podrá liberarse de los paquetes que tiene pendientes para transmitir. De

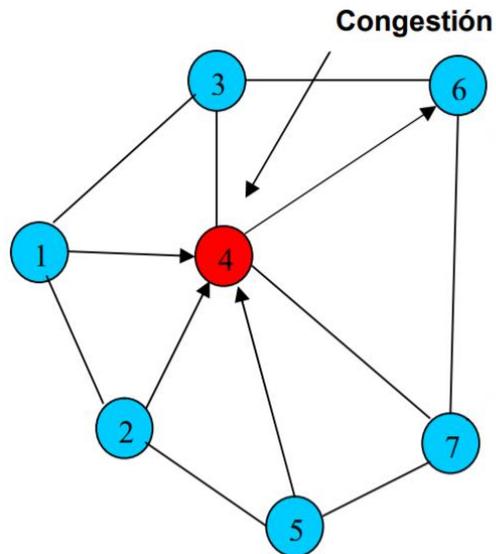
esta forma, es muy fácil que en un punto de la subred la congestión se propaga velozmente hacia los nodos vecinos.

Por esto, es muy útil contar con un tipo de control que pueda prevenir estas situaciones. Al establecer una forma de control del tráfico se disminuirán las funcionalidades del segmento afectado respecto al funcionamiento óptimo en forma directamente proporcional a la tasa de sobrecarga de tráfico generada; sin embargo, se prevendrá que los paquetes sean descartados.

El problema de congestión ocurre cuando hay demasiados paquetes que intentan acceder al mismo búfer en un conmutador. La figura 3 muestra el escenario de congestión afectando una red de telecomunicaciones, en la cual los nodos 1, 2 y 5 generan tráfico simultáneamente hacia el nodo 4, y donde la tasa de recepción de los paquetes es más grande que la tasa a la que los paquetes pueden ser transmitidos fuera del nodo.

En este ejemplo, la capacidad del nodo 4 comenzará a llenarse. Cuando esta situación se presenta por suficiente tiempo, el nodo 4 comenzará a descartar paquetes. Si un nodo más atrás en la red es capaz de percibir la pérdida de paquetes, podría solicitar una retransmisión del remitente, lo que, cuando se lleva a cabo, puede empeorar aún más el escenario de congestión.

Figura 3. **Congestión de tráfico**



Fuente: Barreto (2008). *Congestión en las redes de datos*. Consultado el 06 de septiembre de 2021. Recuperado de <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3670/0045020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Para solventar la congestión de red es necesario aumentar la capacidad de red útil en el segmento afectado o se puede buscar que el ancho de banda utilizable pueda ser aprovechado de mejor forma. Ya que el caudal depende de la tecnología utilizada en la red y posee un valor teórico, nominal y máximo, que no puede ser superado.

7.3. **Red de transporte de telecomunicaciones**

Se les denomina redes de transporte al tipo de redes que transmiten señales de telecomunicaciones de un extremo a otro, ya sea dentro de la misma ciudad, estado, región o país. Representan grandes autopistas que permiten

llevar el tráfico generado por las redes de acceso fijo y móvil hasta su destino. Como cada año aumenta considerablemente el consumo de datos por usuario (GB / Mes), es necesario evaluar constantemente el estado de las redes de transporte y mantener un nivel de desempeño adecuado ante la expansión y demanda de la cobertura de los servicios de telecomunicaciones.

7.3.1. Topologías de red

Se le denomina topología a la forma de catalogar las diferentes estructuras de comunicación en las que se pueden realizar interconexiones entre dispositivos para las redes de tecnología. Cuando los equipos de telecomunicaciones intercambian información, deben estar interconectados físicamente con una estructura específica.

Cada topología de red tiene una topología física y una topología lógica asociada. La topología física es aquella que indica la disposición de diferentes elementos de una red. Refleja la disposición física de dispositivos y cables para formar una red conectada. La topología lógica es la que define la arquitectura de transmisión de datos hacia todos los nodos de una red. El uso de determinada topología se relaciona directamente con el control de la red, el flujo de información, y la manera en que esta se puede ampliar y actualizar.

7.3.1.1. Interconexión total y parcial

En la interconexión de red cada elemento cuenta con múltiples enlaces físicos hacia los demás elementos, de forma que existen múltiples rutas de interconexión y varios canales de comunicación compartidos entre dos nodos. La interconexión se convierte en total en el escenario en que la totalidad de los

nodos se encuentran interconectados entre sí, teniendo siempre un enlace directo de nodo a nodo para su comunicación.

Cuando solamente algunos de los nodos pueden conectarse entre sí utilizando un enlace punto a punto con otro nodo de la red la interconexión es parcial. Algunos de los nodos no quedan comunicados entre sí directamente, en su lugar hacen tránsito por algún nodo para llegar a otro nodo con el que no poseen conexión directa.

7.3.1.2. Interconexión en estrella

La estrella es una topología de red en la cual todos los elementos en la red tienen conectividad al nodo central o concentrador. El nodo central es el encargado de controlar toda la comunicación. El nodo central adquiere una importancia decisiva, ya que cualquier afectación en él conducirá al fallo de toda la red. Su implementación puede ser una decisión factible en el caso de que los nodos de la red no estén muy lejos del nodo central debido al costo de cableado desde cada nodo al nodo central.

7.3.1.3. Interconexión en bus

Es un diseño más simple, una topología de bus requiere que los nodos estén en un orden lineal. Cada dispositivo en una configuración de topología de bus se conecta a un solo cable. Debe tener en cuenta que una topología lineal y de bus no transmite datos de forma bidireccional. En otras palabras, los datos solo pueden ir de un extremo al otro. Al igual que con todas las demás topologías, existen ventajas y desventajas en una topología de bus.

Las ventajas más notables son el costo y la facilidad de configuración. Debido a que una topología de bus se conecta a través de un cable principal (conocido como cable troncal), los costos de los cables serán más bajos que en otras topologías, pero el rendimiento será más rápido. Un beneficio adicional del cable troncal es que su instalación es mucho más fácil. Debe tener en cuenta un par de desventajas de las topologías de bus.

En particular, una topología lineal limita la cantidad de nodos que puede tener. Dicho esto, una topología de bus es especialmente común para las pequeñas y medianas empresas. El otro problema es que, si su cable principal se cae, toda su red también lo hará. Alternativamente, si el cable falla, es una solución más fácil porque solo hay un cable, por lo que existen ventajas y desventajas en el uso de configuraciones lineales.

7.3.1.4. Interconexión en árbol

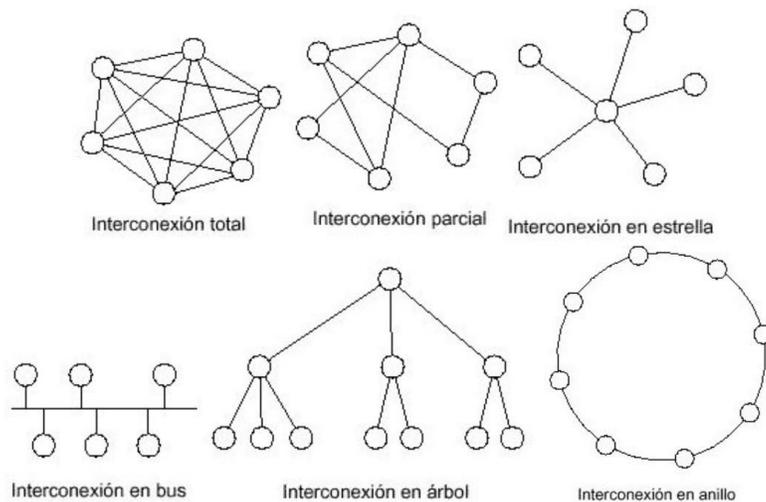
A muchas organizaciones les gusta usar una topología de árbol (a veces denominada topología jerárquica) porque es ideal para redes de área amplia. Una topología de árbol requiere lo que se denomina un nodo raíz, que luego se conecta a los nodos subraíz y continúa expandiéndose a otros nodos como un efecto de arriba hacia abajo. Puede ver por qué también se denomina topología jerárquica. El beneficio principal de las topologías de árbol es que está combinando la confiabilidad de las topologías de bus y estrella. Además, la resolución de problemas es muy sencilla. Aunque con concentradores primarios si uno falla, todos lo hacen.

7.3.1.5. Interconexión en anillo

La interconexión en anillo es la topología en el que todos los nodos de la red se encuentran conectados con dos vecinos, un nodo a cada lado. El último nodo está conectado al primero, formando así un anillo. Esta topología se logra identificar fácilmente, ya que cada nodo tiene 2 nodos vecinos.

En este diseño de red, los datos necesitan enrutar su camino por varios elementos del anillo red antes de alcanzar el nodo destino. Se suelen usar regeneradores en las topologías de anillo con el objetivo de evitar el detrimento de datos en la transmisión. Los repetidores se utilizan especialmente en una topología que posee un gran número de nodos y se desea que la información llegue hasta el nodo más lejano del anillo.

Figura 4. Topologías de red



Fuente: Muñoz, Rosado, Guerola y Blay (2004). *Laboratorio de Sistemas Industriales Distribuidos*.

7.4. DWDM

Del inglés *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) se traduce a español como multiplexación densa por división en longitudes de onda a la tecnología utilizada para transmitir múltiples longitudes de onda sobre una única fibra sin interferencias mutuas; dentro de la fibra cada canal óptico es representado por una λ o longitud de onda. Los sistemas WDM tienen técnicas ópticas que logran combinar estos canales en el núcleo de la fibra y desagregarlos en los puntos apropiados en la red.

Al utilizar simultáneamente varios canales, se crea la posibilidad de ampliar la capacidad de transmisión de datos del medio, lo que equivale a multiplicar la capacidad de cada λ por la cantidad de canales. El sistema más básico puede ser representado por un multiplexor ubicado en el extremo A del sistema para unificar las señales y un demultiplexor que realiza la separación de los canales en el extremo B. Los sistemas suelen ser bidireccionales para que exista la comunicación en ambas direcciones.

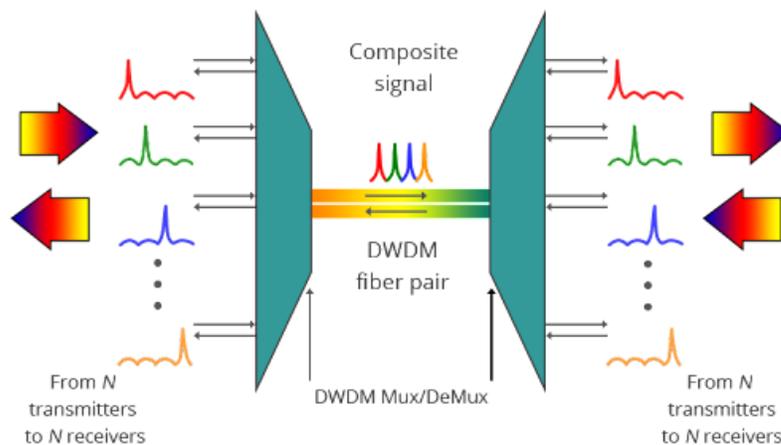
7.4.1. Características de las redes DWDM

Un sistema DWDM tiene algunas características de nivel físico especiales. En la figura 5 se muestra un sistema DWDM y las funciones principales se describen a continuación:

- El transponder, o transpondedor de longitud de onda, recibe señales de entrada en forma de láser estándar monomodo o multimodo. El origen de la señal puede provenir de diversos tipos de tráfico y de diferentes medios físicos. Cada señal es agregada asignándole una longitud de onda del sistema DWDM.

- Luego se realiza una composición de señales; para ello se utilizan multiplexores. Todas las señales sintonizadas en un canal DWDM provenientes de los transpondedor se ingresan a un multiplexor en el cual se unifican una sola señal óptica para ser enviada a la fibra.

Figura 5. **Sistema DWDM**



Fuente: FibresPlitter (2020). *Componentes importantes en el sistema DWDM*. Consultado el 07 de septiembre de 2021. Recuperado de <http://www.fibresplitter.com/news/important-components-in-dwdm-system-33719270.html>.

- Existe una pérdida que es inevitable asociada al proceso de multiplexación y demultiplexación. Dicha pérdida dependerá de la cantidad de canales utilizados para el sistema, pero se puede compensar utilizando amplificadores ópticos que incrementan la potencia de todas las longitudes de onda al mismo tiempo sin realizar un proceso de conversión eléctrica.
- Lo siguiente es transmitir la señal unificada atravesando la fibra. Sin embargo, en la transmisión a través de la fibra deben considerarse los efectos de la degradación y la diafonía, ya que generarán una caída de la

señal óptica. Al controlar adecuadamente algunas variables como el espacio entre cada canal, los niveles de potencia del láser y la tolerancia de longitud de onda utilizada, los efectos de degradación se pueden minimizar. Los amplificadores ópticos se utilizan en un enlace óptico para proporcionar la ganancia de la señal.

- La siguiente fase se produce en el otro extremo y es el desacoplamiento de las señales recibidas. Del lado del receptor, la señal proveniente en la cual se encuentran todos los canales multiplexados debe separarse en lambdas individuales (longitudes de onda). Esta tarea es simplemente lo opuesto al acoplamiento de las señales y suele realizarse con filtros ópticos pasivos
- Por último, se encuentra la fase de aceptación de señales. La señal, luego de ser demultiplexada y separada, es recibida por un transpondedor y cada lambda es mapeada de acuerdo con la salida requerida. Si el cliente cuenta con servicio de fibra óptica, su equipo debe ser compatible con las interfaces de red adecuadas para aceptar la señal.

7.4.2. Ancho de banda de la señal

Un sistema DWDM tiene la característica de que puede transportar señales ópticas de gran ancho de banda. Típicamente la mayoría de los sistemas DWDM utilizan láseres que tienen una tasa de transferencia de 10 Gbps (STM-64 / OC-192) y multiplexan 200 canales. Esto proporciona una capacidad de 2,0 Tbps sobre una única fibra óptica. Los más recientes sistemas DWDM logran velocidades de 40 Gbps (STM-256 / OC768) o 100 Gbps para cada canal, y logran multiplexar hasta 300 señales. Como resultado de lo anterior, se pueden transmitir 30 Tbps de datos en 2 hilos de fibra óptica.

7.5. Interfaces Ethernet

Ethernet es un protocolo que controla, supervisa y gestiona los procesos de transmisión de datos entre equipos a través de redes locales. Indica también la forma en que los dispositivos de red deben dar formato y transmitir los paquetes de datos para que los otros dispositivos de red en el mismo segmento de red puedan recibirlos, procesarlos y reconocerlos.

Ethernet surgió como una tecnología que conectaba redes locales (LAN) cableadas y permite que los dispositivos intercambien información entre sí a través de un protocolo que ambos equipos puedan comprender. Las redes LAN son redes de equipos y otros dispositivos electrónicos que cubre un área pequeña en lugares como la oficina, casa, habitación o edificio. Actualmente, ya no se usa únicamente redes LAN, si no que lo podemos encontrar en redes de todo tipo incluyendo las WAN. Una red de área extendida (WAN), a diferencia de la LAN, cubre áreas geográficas mucho más extensas.

Cualquier dispositivo que se encuentre conectado a internet mediante el uso de un cable, en lugar de una conexión inalámbrica, probablemente utilice una interfaz Ethernet; ya sea en casa, en la oficina o en la escuela. Sin embargo, estos cables físicos tienen una distancia limitada a la cual pueden transmitir las señales de una manera confiable.

7.5.1. Tipos de interfaces Ethernet

En la actualidad, Ethernet es el tipo de red más utilizado en el mundo. En menos de 30 años, la velocidad de Ethernet ha pasado de 2,94 Mbps a 10 Gbps.

Se suelen distinguir 4 agrupaciones cuando se habla de las interfaces ethernet, y se clasifican tomando en cuenta la velocidad de transmisión de datos, la distancia a la que puede funcionar y el tipo de tecnología utilizada.

Tabla I. **Comparativo general de interfaces Ethernet**

Nombre	Sigla	Tipo de cable	Velocidad	Distancia
Ethernet Estándar	10Base2 10Base5 10BaseT	Coaxial, par trenzado	10 Mbps	100 – 500 m
Fast Ethernet	100BaseTX 100BaseFX	Par trenzado, fibra óptica	100 Mbps	100 m – 10 km
Gigabit Ethernet	1000BaseT 1000BaseLX 1000BaseSX	Doble trenzado, óptica	par fibra 1000 Mbps	100 m – 160 km
10 Gigabit Ethernet	10GBaseLR 10GBaseZR	Doble trenzado, óptica	par fibra 10 Gbps	500 m – 120 km
100 Gigabit Ethernet	100GBaseLR 100GBaseZR	Fibra óptica	100 Gbps	500 m – 80 km
200 Gigabit Ethernet	200GBaseLR 200GBaseER	Fibra óptica	200 Gbps	500 m – 40 km
400 Gigabit Ethernet	400GBaseLR 400GBaseZR	Fibra óptica	400 Gbps	100 m – 80 km

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de Mottais (2010). *Evolución de Ethernet*.

Adicional a las indicadas en la tabla anterior, se encuentran en desarrollo los estándares para la definición de interfaces ethernet que alcanzan velocidades de 800 y 1600 Gbps. Cada una de estas también se podrán encontrar en diversos modelos para operar a varias distancias, desde los 100 m hasta 40 km.

Castaño y Amaya (2012) mencionan que las principales fuerzas que han impulsado el desarrollo de nuevos estándares Ethernet a tasas mayores de 10 Gbps son principalmente el creciente número de solicitudes y tecnologías de

virtualización en los centros de datos, servicios convergentes de red, video bajo demanda por los usuarios, el tráfico intensivo por parte de los proveedores de servicio de red y las redes sociales.

7.5.2. Velocidad de transmisión Ethernet

En una red Ethernet Gigabit de fibra óptica (1000BaseSX, 1000BaseLX), la velocidad de línea sin procesar es de 1.25 Gbps. Esta velocidad de datos sin procesar se elige para incluir la codificación de línea 8b10b. La codificación de línea se utiliza para garantizar el equilibrio de DC del flujo de datos, eliminar las series largas de ceros y unos consecutivos, lo que hace que los transceptores físicos sean más fáciles de diseñar, implementar y maximizar el rendimiento de la capacidad de alcance del transceptor de fibra óptica. Cuando el chipset Gigabit Ethernet elimina la codificación de línea 8b10b del flujo de datos sin procesar, esto permite una carga útil no codificada de exactamente 1.0 Gbps.

En una red basada en Gigabit Ethernet de cobre (1000BaseT), la transmisión utiliza cuatro líneas de comunicación en los cuatro pares de cables para la transmisión simultánea en ambas direcciones mediante el uso de cancelación de eco con ecualización adaptativa y modulación de amplitud de pulso de cinco niveles (PAM-5).

El ancho de banda máximo teórico en una red Gigabit Ethernet está definido por un nodo que puede enviar 1000000000 bits por segundo (bits por segundo, bps, bp/s), es decir, mil millones de 1 's o 0 's por segundo. Un Byte de datos consta de 8 Bits, por lo tanto, la capacidad neta de este enlace Gigabit es la capacidad de transferir 125000000 bytes por segundo (mil millones dividido ocho), también denominados Bps, Bytes/seg o Bytes/s.

El rendimiento de la transmisión de datos útiles en esa capacidad de transferencia de 125000000 bytes por segundo (125 MBps) va a estar directamente relacionado con el tamaño de trama que se esté utilizando para transmitir los datos. Por ejemplo, al usar una trama de 1518 bytes predeterminada de ethernet, se le deben añadir 12 bytes de espacio entre tramas y 8 bytes de preámbulo, por lo que cada trama queda realmente de 1538 bytes. Al realizar la división (ciento veinticinco millones dividido mil quinientos treinta y ocho) da como resultado 81274 cuadros/segundo para enviar. Si cada trama contiene un máximo de 1460 bytes de datos de usuario, debido a los encabezados, esto significa que se pueden transferir 118660598 bytes de datos por segundo (ochenta y un mil doscientas setenta y cuatro tramas por mil cuatrocientos sesenta bytes de datos), es decir, alrededor de 118 MB/s.

Lo anterior significa que cuando se usa el tamaño de trama de Ethernet predeterminado de 1518 bytes (MTU = 1500) tenemos una eficiencia de alrededor del 94 % (ciento dieciocho millones seiscientos sesenta mil quinientos noventa y ocho dividido ciento veinticinco millones), lo que significa que el otro 6 % se usa para los protocolos en varias capas, que podríamos llamar gastos generales.

Si se vuelve a realizar el cálculo, pero utilizando un tamaño de trama comúnmente utilizado para Jumbo Frames de 9018 bytes, se obtiene que luego de agregar 12 bytes de espacio entre tramas y 8 bytes de preámbulo queda una trama de 9038 bytes. De la cantidad total de 125000000 bytes disponibles para enviar cada segundo tendremos un total de 13830 tramas jumbo (ciento veinticinco millones dividido nueve mil treinta y ocho). Aunque son menos tramas que las 81274 tramas de tamaño normal, podremos transportar más datos útiles en cada trama y así reducir la sobrecarga en la red. Al dejar solamente los datos de usuario, removiendo los encabezados, quedan 8960 bytes de datos dentro de

cada segmento. Esto significa que el tamaño máximo de segmento es de 8960 bytes y es mucho mayor que los 1460 bytes predeterminados. Al multiplicar 8960 por 13830 (número de tramas) da 123916800 bytes para datos de usuario.

El cálculo muestra que al utilizar *jumbo frames* en mismo canal de 1 Gbps da una eficiencia realmente grande, del 99 % (ciento veintitrés millones novecientos dieciséis mil ochocientos dividido ciento veinticinco millones). Entonces, al aumentar el tamaño de la trama, tendríamos casi un cinco por ciento más de ancho de banda disponible para los datos, en comparación con aproximadamente el 94 % para el tamaño de la trama predeterminado.

De forma similar se pueden realizar los cálculos equivalentes para otros tamaños de tramas y otras velocidades de interfaces como por ejemplo 10 Gbps, 40 Gbps o 100 Gbps.

7.5.3. Descartes de paquetes

Los descartes son provocados por una interfaz congestionada. Por ejemplo, la tasa de tráfico en la salida de la interfaz no puede transmitir todos los paquetes que deben enviarse. La solución definitiva para resolver el problema es aumentar la velocidad de la línea. Sin embargo, hay formas de prevenir, disminuir o controlar los descartes cuando no sea posible aumentar la velocidad de la línea. Se pueden evitar los descartes sólo si los mismos son consecuencia de ráfagas breves de datos. Si los descartes son causados por un flujo constante de alta velocidad, no pueden ser evitados. Sin embargo, podrán ser controlados.

7.5.3.1. Descartes de entrada

Cuando se presentan descartes en la cola de entrada de una interfaz, estos indican que en algún momento se entregó más tráfico del que podía procesar. Esto no indica necesariamente un problema. Estos descartes se podrían considerar normales durante los picos de tráfico. Sin embargo, podría ser una indicación de que la CPU no puede procesar los paquetes a tiempo, por lo que, si se observa que este número se incrementa constantemente, vale la pena correlacionar los momentos en qué aumentan estos contadores y cómo se relaciona esto con el uso de CPU.

7.5.3.2. Descartes de salida

Los descartes que se presentan en la cola de salida revelan que se descartaron paquetes ocasionados por la congestión en la interfaz. Estos tipos de descartes son los que se conocen como cuellos de botella y que conducen a la congestión de la red ya que ha identificado un punto de la red donde la cantidad de agregación de tráfico es mayor a la capacidad del tráfico de salida.

Durante los horarios de más alto consumo de los servicios, si el tráfico se entrega a la interfaz más rápidamente de lo que se puede enviar, se presentarán descartes de paquetes. Aunque se pueda considerar un comportamiento normal, al presentarse descartes de paquetes y retrasos en las colas, es posible que las aplicaciones altamente sensibles a estas situaciones, como VoIP o IpTV tengan problemas de rendimiento. La detección periódica de descartes de salida advierte que es necesario implementar un mecanismo de tratamiento de colas avanzado para proporcionar una buena calidad de servicio para cada aplicación.

7.6. Monitoreo de tráfico

Fernández (2019) cita a Saydam y Magedanz (1996) y hace mención que El monitoreo y gestión de una red incluye la coordinación, despliegue e integración del software, hardware y recursos humanos para probar, evaluar, configurar, sondear, analizar y controlar los recursos de la red en aras de obtener el desempeño operacional deseado, calidad de servicio y desempeño en tiempo real a un precio moderado.

Sanchez (2015) citado por Fernández (2019) indica que la gestión y monitoreo es la fase de red que se ocupa de controlar el funcionamiento, mantenimiento y operación de una red de telecomunicaciones. Para esto se utilizan un conjunto de técnicas y protocolos que conjuntamente garantizan el funcionamiento del sistema y la adaptación del mismo a las necesidades diarias de los usuarios.

7.6.1. SNMP

Sus siglas hacen referencia en inglés a *Simple Network Management Protocol*. Según Mauro (2008) citado por Fernández (2019) el protocolo SNMP es un protocolo simple de administración de red (SNMP) hace referencia a un protocolo de red usado para la administración de equipos en de redes IP y con referencia al modelo OSI, se ubica en la capa denominada aplicación. En la actualidad gran cantidad de dispositivos soportan SNMP, como por ejemplo están los switches, ruteadores, estaciones de trabajo, impresoras, servidores, así como UPS.

Otra opinión es la de Ford y Lew (1998) citado por Fernández (2019) quién considera al protocolo SNMP para monitorear y controlar servicios de redes y

dispositivos, utiliza como base paquetes UDP. UDP es un protocolo que no usa conexión y validación por lo que no garantiza la entrega del paquete, por ello, SMNP es un protocolo no orientado a la conexión que por defecto utiliza los puertos 161 y 162. En el modelo OSI, SNMP se puede identificar como parte de los protocolos de la capa 7 o de aplicación. Debido al uso de UDP entre los agentes y el NMS no se tiene retardo en el establecimiento de sesiones, por lo cual las transmisiones son más eficientes y evitan la sobrecarga de la red, pero aunado a esto también se presenta el inconveniente de que el emisor de los mensajes debe tener la capacidad de validar que el mensaje ha sido entregado, para el sondeo del NMS se espera un lapso predeterminado por una respuesta y, de no ser recibida, el paquete puede ser reenviado.

Se puede utilizar SNMP para monitorear el tráfico que esté pasando por todas las interfaces ethernet de cualquier red. Usando algún gestor de monitoreo se pueden crear bases de datos que contengan la información histórica y generar distintos tipos de gráficas para visualizar de mejor forma la información.

7.6.2. CA Performance Management - 3.7

CA Performance Management monitorea, almacena, analiza y muestra una gran cantidad de información para asegurar la calidad del servicio en una infraestructura de red grande, compleja, de múltiples tecnologías y de múltiples proveedores. La solución ayuda a las redes más grandes a monetizar con éxito las ofertas de servicios al tiempo que reduce el costo y la complejidad del servicio.

Los proveedores de servicios de comunicaciones pueden utilizar *CA Performance Management* para mejorar la supervisión de la red y la prestación de servicios que generan ingresos, como 4G LTE, Voz sobre LTE, *Backhaul móvil*, Metro Ethernet y más. Las empresas pueden utilizar CA Performance

Management para garantizar los servicios de red subyacentes para las aplicaciones que impulsan sus procesos comerciales internos y las interacciones con los clientes que generan ingresos.

7.6.2.1. Factores clave de CA Performance Management

Este gestor de monitoreo presenta algunas características muy atractivas que lo vuelven una opción atractiva y muy útil. Podemos mencionar las siguientes:

- Arquitectura de monitoreo de muy alta escala en una plataforma que crece de manera eficiente.
- Monitoreo unificado de dispositivos de múltiples tecnologías y proveedores.
- Certificaciones para dispositivos de red clásicos y operadores especializados de Ethernet, descarga de WiFi y equipos inalámbricos móviles.
- Análisis inteligente, visualización a gran escala y procesamiento rápido para informes instantáneos. Paneles e informes flexibles y fácilmente personalizables.
- Arquitectura extensible para una fácil integración y automatización.
- Análisis predictivo para ofrecer una vista completa y sin obstáculos de la red y los indicadores clave de rendimiento del negocio.

- Soporte para monitoreo de red moderno.

7.6.2.2. Integración

CA Performance Management se integra con otro software de monitoreo de CA Technologies. Cada integración enriquece los datos disponibles y proporciona más información sobre su infraestructura.

Muchas integraciones, como *CA Application Delivery Analysis* y *CA Network Flow Analysis*, utilizan el modelo de fuente de datos. El producto integrado recopila datos y los envía a *CA Performance Center* para su visualización. *CA Performance Center* controla las funciones administrativas. Para obtener más información, consulte Administrar fuentes de datos.

Otras integraciones, como *CA Virtual Network Assurance* y *CA Mediation Manager*, se conectan a un recopilador de datos e inyectan los datos en la fuente de datos del agregador de datos. Con estas integraciones, los datos parecen ser nativos del entorno de *CA Performance Management*.

7.6.2.3. API

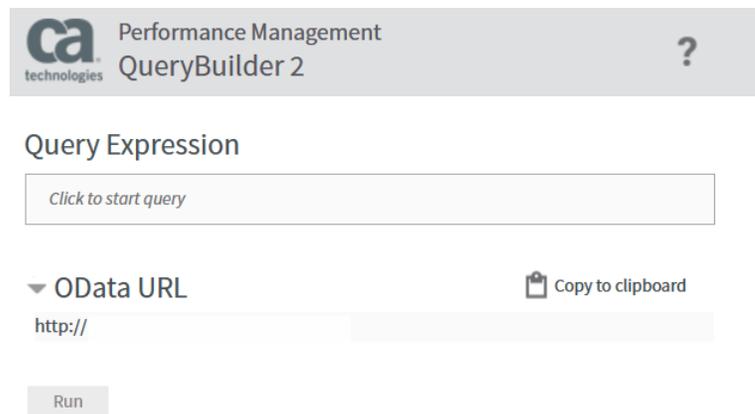
CA Performance Management ofrece una API que permite automatizar las tareas de configuración y aprovisionamiento o extraer información de la base de datos de *CA Performance Management*. Los servicios web exponen las tareas que se repiten con más frecuencia o que requieren más tiempo.

Algunas API consisten en servicios web *RESTful*. El modelo *REST* le permite acceder a un conjunto de recursos mediante un conjunto fijo de operaciones. Este modelo aprovecha las características del protocolo de

transferencia de hipertexto ampliamente implementadas que son compatibles con hardware común, como los dispositivos de puerta de enlace.

El administrador global puede utilizar los servicios web *RESTful* para realizar muchas tareas administrativas.

Figura 6. **OpenAPI**



Fuente: elaboración propia, empleando Performance Management QueryBuilder 2.

Están disponibles las siguientes categorías de API:

- Servicios web *REST* de *CA Performance Center*

Utilice estos servicios web para automatizar las tareas que se realizan manualmente en *CA Performance Center*.

- Servicios web *REST* del agregador de datos

Utilice estos servicios web para gestionar operaciones administrativas, como recuperar datos o gestionar relaciones entre perfiles e inquilinos o grupos.

- OpenAPI

La API abierta es una herramienta flexible que permite a los usuarios extraer fácilmente datos de la base de datos *de CA Performance Management*. OpenAPI permite la integración entre los datos de CA Performance Management y las aplicaciones externas.

7.7. Geolocalización

La geolocalización es la herramienta que se utiliza para adquirir la ubicación geográfica de determinado objeto, como un teléfono celular, un radar, o un ordenador conectado a Internet. Geolocalización puede definirse también como la acción de realizar la consulta de la ubicación, o bien para consultar el dato real de la ubicación.

La palabra geolocalización está estrechamente vinculada con la utilización de sistemas de posicionamiento global, pero la diferencia entre estos es que la geolocalización brinda una mayor precisión en la determinación de una zona y no solo un conjunto de coordenadas geográficas.

Este proceso es generalmente utilizado por los sistemas de información geográfica. Estos sistemas son conjuntos organizados de hardware y software, más datos geográficos, que se encuentran diseñados específicamente para analizar, almacenar, capturar, y manipular en todas las formas posibles la información geográfica referenciada. En procesos sencillos, la palabra geolocalización también suele utilizarse para referenciar a las coordenadas de

latitud y longitud de un lugar determinado en el planeta Tierra. Esta última definición se encuentra estandarizada por la norma ISO/IEC 19.762-5: 2008.

7.7.1. Coordenadas Geográficas

Son el método de referencia global que hace posible que cualquier punto del planeta Tierra sea identificado por un grupo de letras, números y/o símbolos. La latitud y longitud conforman el sistema de coordenadas para posicionamiento horizontal. Esta pareja de datos denominados latitud y longitud, permiten referenciar cualquier posición en la superficie del planeta tierra tomando en cuenta como marco de referencia el Ecuador y el meridiano de Greenwich.

7.7.2. Latitud

Es la medida en un mapa o globo terráqueo en dirección al norte o el sur del planeta a partir del Ecuador. Se expresa en grados, minutos y segundos. La latitud geocéntrica se define como el ángulo que se forma tomando como origen el centro de la tierra, desde un punto del Ecuador hacia un punto en dirección del norte o del sur siguiendo la superficie del planeta. Por ejemplo, un punto a 55 °10'30"N medirá un ángulo de 55 ° 10'30" desde el centro de la tierra. Los paralelos de latitud son círculos equidistantes que se trazan dibujando líneas paralelas entre sí y al Ecuador.

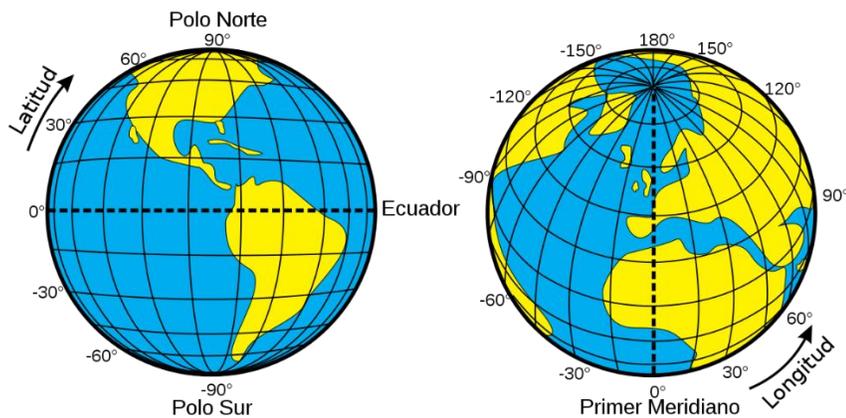
Se utilizan para facilitar la identificación de las posiciones latitudinales en globos terráqueos o mapas. El paralelo 0 ° es el ecuador y divide al planeta en el hemisferio norte y hemisferio sur; de esta forma el polo norte se encuentra a 90 ° y el polo sur se encuentra a -90 °.

7.7.3. Longitud

Es el ángulo medido entre cualquier meridiano que pasa por cualquier punto de la superficie terrestre y el meridiano 0 °. Existe una línea imaginaria que pasa por el Real Observatorio de Greenwich, ubicado en el sureste de Londres, Inglaterra, a esta línea se le denomina meridiano de referencia o meridiano de Greenwich.

También se mide en grados, minutos y segundos, se le denomina longitud al arco que se crea desde la intersección del primer meridiano y el ecuador hasta cualquier otro punto del ecuador tomando como punto de referencia el centro del planeta. La longitud es medida 180 ° al este o al oeste partiendo desde el meridiano de Greenwich. Los meridianos se dibujan trazando una línea de polo a polo y sirven para localizar fácilmente distintas posiciones longitudinales en un mapa o globo. La distancia que representa cada grado longitudinal del planeta tierra sobre el Ecuador equivale a 111.32 km.

Figura 7. **Latitud y longitud**



Fuente: Torres, Manuel e Higuera (2012). *Compendio de Geografía General*.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. *Business intelligence*

1.1.1. Microsoft Power BI

1.1.1.1. Componentes de Microsoft Power BI

1.1.1.2. Razones para usar Microsoft Power BI

1.1.1.3. Licencias, precios y modos de uso

1.2. Congestión de tráfico

1.3. Red de transporte de Telecomunicaciones

1.3.1. Topologías de red

1.3.1.1. Interconexión total y parcial

1.3.1.2. Interconexión en estrella

1.3.1.3. Interconexión en bus

1.3.1.4. Interconexión en árbol.

1.3.1.5. Interconexión en anillo

1.4. DWDM

- 1.4.1. Características de las redes DWDM
 - 1.4.2. Ancho de banda de la señal
 - 1.5. Interfaces Ethernet
 - 1.5.1. Tipos de interfaces Ethernet
 - 1.5.2. Ancho de banda
 - 1.5.3. Descartes de paquetes
 - 1.5.3.1. Descartes de entrada
 - 1.5.3.2. Descartes de salida
 - 1.6. Monitoreo de tráfico
 - 1.6.1. SNMP
 - 1.6.2. *CA Performance Management - 3.7*
 - 1.6.2.1. Factores clave de *CA Performance Management*
 - 1.6.2.2. Integración
 - 1.6.2.3. API
 - 1.7. Geolocalización
 - 1.7.1. Coordenadas Geográficas
 - 1.7.2. Latitud
 - 1.7.3. Longitud
- 2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA TOPOLOGÍA DE RED DE TRANSPORTE
- 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- 5. METODOLOGÍA

6. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los aspectos metodológicos y el proceso de investigación empírica del presente estudio. Se describe el enfoque desde el cual se abordó la investigación y se muestran las estrategias y técnicas utilizadas para la recopilación de la información y las herramientas usadas para analizarla.

9.1. Diseño de la investigación

Para esta investigación se utilizará un diseño no experimental ya que se estará recolectando información histórica de los equipos en funcionamiento en un momento dado. Se estará clasificando la información en diversos grupos de forma que permita la creación de paneles de visualización que servirán para analizar el comportamiento de la red.

Hernández (2014) indica que una investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos.

Hernández, R. (2014) indican que los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Esto se aplicará directamente en esta investigación, ya que la toma de datos se realiza en un momento único.

Se pretende indagar acerca de la incidencia que tienen las variables en el comportamiento de una red. De forma que al analizar un grupo de equipos e interfaces se pueda determinar el comportamiento actual y describir si se presenta algún tipo de congestión y la manera en que puede ser subsanada.

Debido a que el propósito de la investigación será describir el comportamiento y los orígenes de los datos recolectados, se optará por un diseño de tipo transeccional descriptivo, pues es la que se acopla directamente con los objetivos de este trabajo.

Se emplea un paradigma positivista para realizar la obtención de todos los datos de los equipos que se encuentran en funcionamiento y que son entidades que funcionan sin manipulación ni influencia, es decir totalmente autónomos, a las acciones realizadas durante la investigación.

9.2. Enfoque de la Investigación

La investigación utiliza el enfoque de investigación cuantitativo dado que se recolectarán datos de los equipos de una red de transporte de telecomunicaciones en producción. El pilar de una investigación cuantitativa se basa en realizar una adecuada medición de la información. Los datos serán cuantificados y procesados con el objetivo de identificar los puntos de alto tráfico para describir y analizar las causas y posibles soluciones a los problemas detectados.

Según Monje (2011) el propósito del método cuantitativo es buscar explicación a los fenómenos estableciendo regularidades en los mismos, esto es, hallar leyes generales que explican el comportamiento social. Con esta finalidad la ciencia debe valerse exclusivamente de la observación directa, de la

comprobación y la experiencia. El conocimiento debe fundarse en el análisis de los hechos reales, de los cuales debe realizar una descripción lo más neutra, lo más objetiva y lo más completa posible.

Monje (2011) cita a Bonilla y Rodríguez (1997) quienes indican que la investigación cuantitativa se inspira en el positivismo. Este enfoque investigativo plantea la unidad de la ciencia, es decir, la utilización de una metodología única que es la misma de las ciencias exactas y naturales.

9.3. Población de estudio

Se realizará el desarrollo de una plataforma que se conectará con la base de datos de *CA Performance* que cuenta con toda la información de los equipos e interfaces de una red de transporte de 100 equipos y más de 600 interfaces troncales aproximadamente. Se elaborará una clasificación del tipo de troncal según su ubicación geográfica y tipo de tráfico haciendo uso de las descripciones previamente recolectadas por la base de datos del sistema de monitoreo. La red se encuentra actualmente operativa a lo largo y ancho de toda la república de Guatemala.

9.4. Tipo de muestreo y tamaño de la muestra

Durante el desarrollo de la investigación se recolectarán datos de todos los equipos activos en la red de transporte de telecomunicaciones. Debido a que se contará con información de todos los equipos e interfaces activas, se puede concluir que no existirá muestreo, ya que la muestra es igual al número total de equipos en operación.

9.5. Operativización de variables

Las variables por estudiar durante el proceso de esta investigación serán las que se indican a continuación.

- Cantidad de nodos de la red
- Cantidad y tipos de equipos de la red
- Cantidad y tipo de interfaces
- Porcentaje de utilización

Todas las variables indicadas anteriormente son de carácter cuantitativo e independientes. Al analizarlas y correlacionarlas permitirán realizar el análisis de los resultados con métodos matemáticos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Debido a la naturaleza cuantitativa de la investigación, las técnicas utilizadas deben estar basadas en la objetividad. Los datos recolectados deben ser numéricos y/o estadísticos para poder analizarlos y clasificarlos matemáticamente.

10.1. Técnicas de la investigación

Se utilizará una técnica de estudio causal-comparativa para relacionar los efectos que las interfaces saturadas tienen en una red de telecomunicaciones. Así mismo se considerará de tipo retrospectiva, ya que se recolectará información histórica (que ya ha sucedido) acerca de los equipos e interfaces.

También se utilizará la técnica de observación desde el punto de vista cuantitativo. Mediante la observación se pueden obtener la mayor cantidad de datos de los equipos para generar resultados.

Para Hernández (2014) la observación es un método de recolección de datos que consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías. Útil, por ejemplo, para analizar eventos masivos (como la violencia en los estadios de fútbol), la aceptación-rechazo de un producto en un supermercado, el comportamiento de personas con capacidades mentales distintas, la adaptación de operarios a una nueva maquinaria, entre otros.

10.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se hará un escaneo de toda la red de transporte de una empresa de telecomunicaciones para recolectar información de los equipos que la conforman y todas sus interfaces.

Se recolectarán los datos usando el protocolo SNMP por medio de las IP Loopback y la comunidad previamente configurada en los equipos. La información recabada es almacenada en la base de datos del servidor de *CA Performance Center*. Para acceder a la información se realizará una consulta a la base de datos utilizando la API que viene incorporada en el servidor denominada *OpenAPI*.

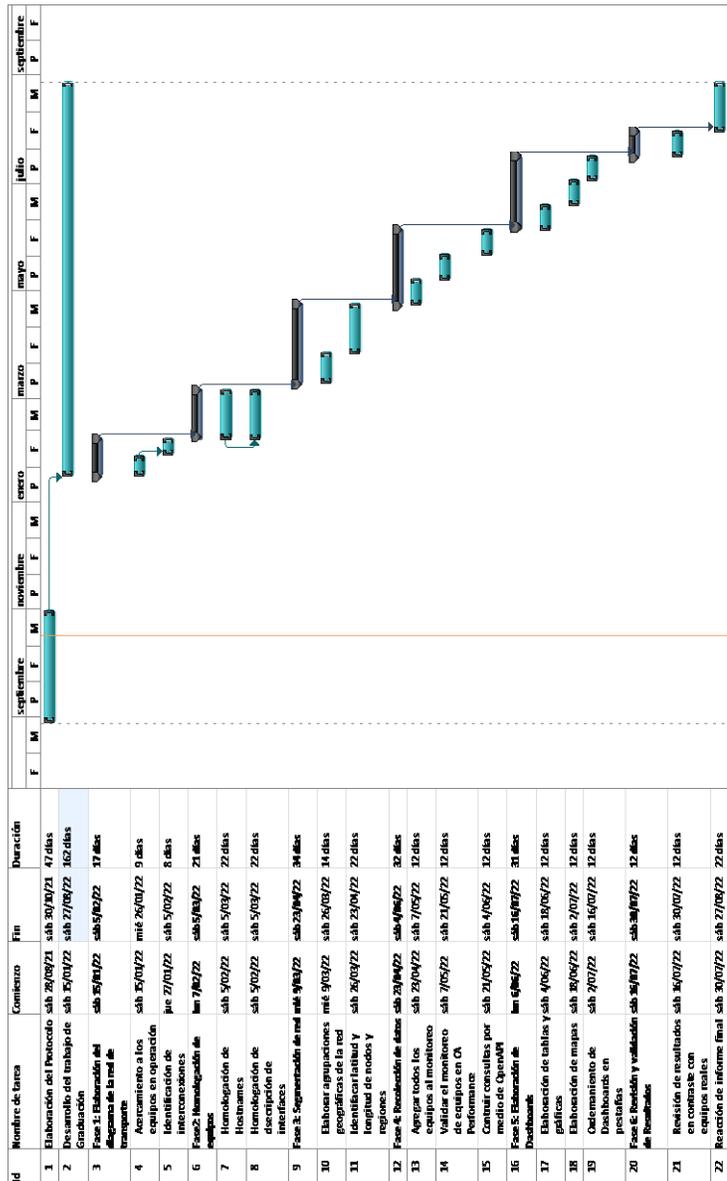
10.3. Técnicas de análisis de datos

Para realizar el análisis, acondicionamiento y tratamiento de datos, así como la generación de tablas y gráficas se utilizará una plataforma de *business intelligence*.

De acuerdo con Evelson (2008) el *business intelligence* permite a las empresas combinar y analizar datos procedentes de fuentes diversas y obtener una visión integrada, completa y actualizada, con el fin de pronosticar lo que sucederá en su contexto y en la misma organización. Silva (2017) indica que la inteligencia de negocios permite reunir, depurar y transformar datos de los sistemas transaccionales, convirtiendo la información desestructurada de fuentes internas y externas en información estructurada para su utilización, en forma de almacenamiento, análisis e informes sobre el desempeño y evolución de la organización.

11. CRONOGRAMA

Tabla II. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

La investigación es altamente viable debido a que ya se tienen identificados los recursos. El investigador deberá solicitar acceso a los elementos físicos y lógicos necesarios para realizar la investigación. Toda la inversión de tiempo, recurso humano y recurso físico serán proporcionados y/o obtenidos por el investigador.

Los materiales para desarrollar la investigación se listan a continuación:

Tabla III. **Costos de la investigación**

Recurso	Descripción	Costo
Red de transporte a analizar	Red de Telecomunicaciones que ya se encuentra en operaciones	Q 0.00
Servidor para recolectar datos	Servidor físico con la aplicación CA Performance	Q 15,000.00
Software de monitoreo	Licencia de uso completo de aplicación CA Performance	Q 6,400.00
Licencia de PowerBI	Licencia para creación de plataforma de despliegue de resultados	Q 1,200.00
Computadora portátil	Utilizada para la elaboración de los reportes	Q 6,000.00
Impresiones	Para presentación del reporte final	Q 300.00
Alimentación	Del investigador durante la investigación	Q 5,000.00
Transporte	Para realizar visitas a los sitios que lo requieran	Q 5,000.00
Internet	Para tener conectividad a los sistemas	Q 2,600.00
Gastos varios	Destinados a gastos imprevistos	Q 5,000.00
TOTAL		Q 46,500.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Alonso, M. (2006). *Predicción de tráfico en redes de telecomunicaciones basado en técnicas de inteligencia analítica* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperado de <https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2006/tesisGildardoMillan.pdf>.
2. Alzate, M. (enero, 2003). Modelos de Tráfico en análisis y control de redes de comunicaciones. *Ingeniería*, 9(1), 63–87.
3. Barreto, J. y Patrón, J. (2008). *Congestión en las redes de datos* (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3670/0045020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
4. Bello, E. (4 de febrero, 2022). ¿Qué es Microsoft Power BI? Todo lo que tienes que saber. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.iebschool.com/blog/microsoft-power-bi-analitica-usabilidad/>.
5. Buevas, D., Téllez, I. y Amado, E. (diciembre, 2009). Redes ópticas DWDM: Diseño e implementación. *Revista Visión electrónica*, 4(1), 70-80. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4169349.pdf>.

6. Castaño, D. y Amaya, F. (julio, 2012). Tecnología de comunicaciones ópticas a 40 y 100 Gbps. *Revista en Telecomunicaciones e Informática*, 2(4), 43-68. Recuperado de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6564/Tecnolog%C3%ADa%20de%20comunicaciones%20%C3%B3pticas%20a%2040%20y%20100%20Gbps.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
7. Corado, M., Calderón, J. y Cano, N. (2017). *Diseño de una red convergente para brindar servicios de telecomunicaciones a la facultad de ingeniería de la USAC* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6709/1/Mario%20Corado%2C%20Jos%C3%A9%20Calder%C3%B3n%2C%20N%C3%A9stor%20Cano.pdf>.
8. Fernández, O. (2019). *Implementación de un servidor como gestión y monitoreo de servicios para la red de datos en la Ugel Huamanga, 2018* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3612>.
9. Flores, H. (2001). *Optimización de una red de transporte de Telecomunicaciones* (Tesis de maestría). Universidad Dr. Rafael Beloso Chacín, Venezuela. Recuperado de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0033009/>.

10. Hernandez, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
11. Lanchi, L. (2020). *Diseño de una red de transporte DWDM con longitudes de onda de 400Gbps para la ciudad de Guayaquil* (Tesis de maestría). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15058/1/T-UCSG-POS-MTEL-173.pdf>.
12. Larrea, N. (30 de noviembre, 2017). Crece tu negocio con Business Intelligence. [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://www.codice.com/blog/blog-int/crece_tu_negocio_con_business_intelligence.
13. Millán, R. y Esfandiari, S. (febrero, 2010). Qué es... 40 y 100 Gigabit Ethernet. *BIT*, (179), 46-48. Recuperado de <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/100gigabitethernet.php>.
14. Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.
15. Mottais, D. (2010). *Evolución de Ethernet*. Madrid: España: Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de <https://docplayer.es/10057333-Evolucion-de-ethernet.html>.

16. Muñoz, J., Rosado, A., Guerola, J. y Blay, W. (2004). *Laboratorio de sistemas industriales distribuidos: Un recorrido práctico por las tecnologías de comunicación industrial*. Valencia, España: Universidad de Valencia. Recuperado de https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2_rev0.pdf.
17. Pallo, J. (2004). *Estudio de las Redes Ópticas de acceso DWDM y factibilidad de ser implementadas en la zona central del Ecuador* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/317/3/Tesis_t138ec.pdf.
18. Reynolds, S. (agosto, 2016). Evolución de las Redes Ópticas. *Prisma Tecnológico*, 2(1), 11-14. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/527>.
19. Silva, L. (marzo, 2017). Business Intelligence: un balance para su implementación. *INNOVAG* (3). 27-36. Recuperado de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/innovag/article/view/19742/19808>.
20. Torres, C., Manuel, J. e Higuera A. (2012). *Compendio de Geografía General*. Madrid. España: Ediciones RIALP.