



**UNIVERSIDAD IBEROAMÉRICANA (UNIBE)**

Escuela de Ingeniería en Tecnologías de la Información y las  
Comunicaciones.

**TÍTULO:**

Optimización de enlaces WAN utilizando Software Defined Networks.

**AUTOR:**

Onil Jiménez Artiles 18-0594

**Para Obtención Del Título Ingeniero en Tecnologías de la  
Información y las Comunicaciones.**

**Asesor /A:**

Darwin Crisanto Muñoz Núñez.

**Santo Domingo, República Dominicana**

**04 de enero del 2021**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado a todas a aquellas personas que se sientan empoderadas, que trabajan con pasión, que tienen a Dios en su corazón, que cada vez que la vida les pone un nuevo reto, siempre sacan fuerza desde su interior para superar los obstáculos y las expectativas de todo el mundo a su alrededor.

A aquellos que son el modelo ideal e influyentes en todo el mundo que los rodea, aquellos que entienden y conocen su valor, el poder y alcance de las habilidades que se les ha sido otorgadas y por tanto no se dejan corromper por nadie, ni por ninguna circunstancia, ni por el que dirán ni por ningún código moral, nunca abandonan su esencia.

Por aquellos que visualizan y trabajan por su futuro y sin importar de donde vengan, saben que, aunque la vida sea dura, aunque las condiciones no están a su favor, aunque se levanten miles en su contra, nada los detiene, y tarde o temprano llegarán a donde se han vislumbrado.

Finalmente dedico esta investigación a los emprendedores que trabajan y van en busca de sus sueños y poniendo a Dios en el primer lugar de sus vidas.

## **Agradecimientos**

Le doy Gracias a Dios en primer lugar por ser, mi padre, amigo, mi doctor de cabecera, mi socio, mi guía, mi todo. Porque desde un principio me dijo que carrera debía tomar y por qué siempre me ha mantenido en pie, me ha proporcionado las oportunidades para crecer y porque sin él no estaría en el nivel que estoy.

Agradezco el incondicional apoyo de mis padres Matilde Yoselin Artiles Arias, y Daniel Jiménez Mendoza, por la educación en valores e ideales, por brindarme condiciones óptimas para mi desarrollo personal. A mis Hermanos Massiel Elizabeth Jiménez Artiles y Emil Jiménez Artiles quienes han sido siempre mi modelo a seguir.

Gracias a todas aquellas personas que la vida a puesto en mi camino y que de muchas formas han aportado valor a mi vida y crecimiento personal como son José Arístides Matos, Tahiri Duran, María Montero y Andry Guerrero, y a todos mis hermanos de Iglesias.

Gracias a todos aquellos Docentes que contribuyeron a mi crecimiento profesional dentro de los que puedo destacar a Rina Familia, Luis Eduardo Bayonet, Keneth Aponte, Ariel German, y en especial a mi asesor en esta investigación Darwin Crisanto Muñoz Núñez.

## **Resumen**

Mediante la implementación de la tecnología SD-WAN de Fortinet, se prueba en los enlaces corporativos que ha sido posible robustecer la infraestructura de TI, para garantizar un mejor uso y calidad de los servicios que dependen de la misma abasteciendo las necesidades de las compañías. Así mismo, optimizar el uso de los recursos reduciendo el uso de los enlaces dedicados de altos costos y la automatización de los enlaces.

**Palabras clave:** Optimización, SD-WAN, Internet, enlaces de datos, Fortinet, máximo rendimiento.

## **Abstract**

Through the implementation of Fortinet's SD-WAN technology, it is proven in the corporate links that it has been possible to strengthen the IT infrastructure, to guarantee a better use and quality of the services that depend on it, supplying the needs of the companies. Likewise, optimize the use of resources by reducing the use of high-cost dedicated links and the automation of links.

**Keywords:** Optimization, SD-WAN, Internet, data links, Fortinet, maximum performance.

## Tabla de contenidos

|  |    |
|--|----|
| Parte I: Introducción a la investigación .....                             | 1  |
| 1.1 Planteamiento del problema .....                                       | 2  |
| 1.2 Situación Actual .....   | 3  |
| 1.3 Justificación.....   | 6  |
| 1.4 Importancia e interés del tema .....                                   | 6  |
| 1.5 Alcances y limitaciones.....   | 7  |
| 1.5.1 Alcances.....  | 7  |
| 1.5.2 Limitaciones .....   | 7  |
| 1.6 Hipótesis preliminar .....   | 8  |
| 1.7.1 Objetivo General.....  | 8  |
| 1.7.2 Objetivos Específicos .....  | 9  |
| Parte II. Marco Teórico y Estado del Arte.....                             | 10 |
| Capítulo II: Bases teóricas de SD-WAN .....                                | 11 |
| 2.1 Antecedentes y referencias .....                                       | 11 |
| 2.1.1 Evolución de las Redes WAN .....                                     | 11 |
| 2.1.2 Aplicaciones Similares .....   | 14 |
| 2.2 Base teórica .....   | 16 |
| 2.2.1 Redes de área amplia (WAN).....                                      | 16 |
| 2.2.2 Redes definidas por software (SDN).....                              | 18 |
| 2.2.3 Redes WAN definidas por software .....                               | 19 |
| 2.3 Base legal .....   | 21 |
| 2.3.1 Ley 126-02 sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas Digitales | 21 |
| 2.3.2 Decreto 335-03 Reglamento de Aplicación de la Ley 126-02 .....       | 22 |
| 2.3.3 Resoluciones dictadas por el INDOTEL .....                           | 25 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.4 Ley de Ciberseguridad de la Republica Dominicana .....           | 27 |
| Capítulo III – Marco Metodológico .....                                | 29 |
| Capítulo 3: Marco Metodológico.....                                    | 30 |
| 3.1 Tipo de Investigación .....  | 30 |
| 3.2 Método .....   | 31 |
| 3.3 Investigación Preliminar .....                                     | 31 |
| 3.4 Delimitación del Problema.....                                     | 32 |
| 3.4.1 Área Geográfica.....   | 32 |
| 3.4.2 Tiempo.....  | 32 |
| 3.4.3 Población y Muestra .....  | 33 |
| 3.4.4 Técnicas e Instrumentos .....                                    | 33 |
| 3.3.5 Técnica de procesamiento de análisis de datos. ....              | 34 |
| 3.3.6 Fuentes de datos.....  | 35 |
| Capítulo IV – Análisis, presentación de resultados y Conclusiones..... | 36 |
| 4.1 Entrevista.....  | 37 |
| 4.2 Verificación y evaluación de Objetivos .....                       | 38 |
| 4.2.1 Verificación Objetivo General.....                               | 38 |
| 4.2.2 Verificación Objetivos Específicos .....                         | 38 |
| 4.3 Conclusiones .....   | 39 |
| 4.4 Líneas Futuras de Investigación.....                               | 39 |
| Capítulo V – Plan de mercadeo y Análisis del Entorno.....              | 41 |
| 5.1 Benchmarking .....   | 42 |
| 5.2 Mecanismo para poblar información al sistema.....                  | 43 |
| 5.3 Modelo de negocio (Método Canvas). ....                            | 44 |
| 5.4 Presupuesto.....   | 44 |
| 5.5 Retorno de la Inversión .....                                      | 45 |
| 5.6 Costo total de propiedad.....                                      | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Capítulo VI – Análisis y Diseño del Prototipo .....                             | 47 |
| 6.1 Narrativa General .....   | 48 |
| 6.1.1 Objetivos de la empresa.....  | 48 |
| 6.1.2 Breve descripción del sistema propuesto.....                              | 48 |
| 6.1.4 Innovaciones del sistema propuesto .....                                  | 49 |
| 6.1.5 Ventajas/Beneficios .....   | 49 |
| 6.2 Análisis FODA del sistema propuesto .....                                   | 50 |
| 6.3 Análisis funcional del sistema.....   | 52 |
| 6.4 Tecnologías a utilizar .....  | 52 |
| 6.5 Estructura de la implementación .....                                       | 53 |
| 6.6 Definición de interfaces y tecnología.....                                  | 54 |
| 6.7 Configuración de túneles VPN.....   | 55 |
| 6.8 Definición de enlaces WAN y Gateway .....                                   | 55 |
| 6.9 Definición de reglas .....  | 55 |
| 6.10 Diseño y creación de performance SLA. ....                                 | 55 |
| 6.11 Cronograma de actividades para el desarrollo del sistema (en Project)..... | 56 |
| Conclusiones .....  | 58 |
| Referencias.....  | 59 |
| Glosario de términos .....  | 62 |
| Apéndice .....  | 64 |
| Anexos .....  | 80 |
| Vita.....   | 82 |



## **Lista de tablas**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Análisis de las funcionalidades del Proyecto.....                      | 42 |
| Tabla 2 Servicios a la Venta para comercializar.....                           | 45 |
| Tabla 3 Modelo Canvas .....  | 67 |
| Tabla 4 Presupuesto para la Ejecución del Proyecto. ....                       | 68 |
| Tabla 5 Estimación de Costos Por Servicios .....                               | 69 |
| Tabla 6 Estimación de Ganancia por Cálculo de Costos y Margen de utilidad..... | 70 |
| Tabla 7 Direccionamiento Fortigate VM64-KVM .....                              | 79 |
| Tabla 8 Direccionamiento Fortigate 30E.....                                    | 79 |

## **Lista de Apéndice**

|   |    |
|---|----|
| Apéndice A Cuestionario para la entrevista..... | 64 |
| Apéndice B Tablas del Análisis Financiero.....  | 67 |
| Apéndice C - Capturas del Sistema .....         | 72 |

## **Lista de Anexos**

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1 Cuadrante mágico de Gartner para la Infraestructura de WAN de borde. .... | 80 |
| Anexo 2 Elemento Innovador 4 conexiones VPN.....                                  | 83 |

## Lista de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Topología de red anterior de CODE S.R.L. ....   | 72 |
| Figura 2: Interfaces de red en Fortigate 30E .....  | 73 |
| Figura 3: Configuración de la interfaz wan principal Fortigate 30E .....                                  | 73 |
| Figura 4: Configuración de la interfaz wan secundaria Fortigate 30E .....                                 | 74 |
| Figura 5: Definición de miembros y Gateways para SDWAN.....   | 74 |
| Figura 6: Gráfico de SDWAN de pérdida de paquetes en los enlaces VPN.....                                 | 74 |
| Figura 7: Gráfico de SDWAN de latencia en los enlaces VPN.....  | 75 |
| Figura 8: Gráfico de SDWAN de Jitter en los enlaces VPN .....   | 75 |
| Figura 9: Performance SLA's para enlaces VPN y proveedores de Internet.....                               | 76 |
| Figura 10: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por ancho de banda por interfaz en Fortigate 30E.....     | 76 |
| Figura 11: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por volumen por interfaz. ....                            | 77 |
| Figura 12: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por sesiones por interfaz.....                            | 77 |
| Figura 13: Reglas de enrutamiento SDWAN. ....   | 77 |
| Figura 14: Prueba de túneles VPN IPSec activos-activos desde Fortigate 30E. ....                          | 77 |
| Figura 15: Prueba de túneles VPN IPSec activos-activos desde Fortigate virtualizado (Azure). ....         | 78 |
| Figura 16: Uso de Interfaces WAN Fortigate Virtual (Azure). ....  | 78 |
| Figura 17: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por ancho de banda por interfaz en Fortigate virtual..... | 78 |
| Figura 18: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por volumen por interfaz en Fortigate virtual.....        | 78 |
| Figura 19: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por sesiones por interfaz en Fortigate virtual.....       | 78 |



# **Parte I: Introducción a la investigación**

## **Capítulo I: Introducción**

### **1.1 Planteamiento del problema**

En la República Dominicana el número de empresas que utiliza tecnologías de la información va en aumento, lo que implica elementos básicos como el acceso a Internet, servicio que, a lo largo del tiempo, se ha vuelto esencial en las empresas (pequeñas, medianas y grandes). Sin embargo, los servicios de Internet presentan fallas o degradación de manera constante, provocando deficiencias en las operaciones de las compañías. Con miras a mitigar este inconveniente, las organizaciones han optado por la contratación de múltiples servicios de Internet. No obstante, resulta complejo para el personal de tecnología realizar cambios manuales entre los diferentes enlaces.

En el mismo orden el crecimiento del tráfico es una tendencia que se ha venido manifestando de una forma más acelerada en años recientes debido a varios factores, entre los que se puede destacar: la complejidad de las aplicaciones que se usan en la actualidad, la cantidad de usuarios y la cantidad de información, por esta razón los centros de datos evolucionan rápidamente, lo cual constituye un riesgo para una empresa, ya que si el mismo no está respaldado se convierte en un punto de fallo que podría parar la normal operación de una institución en caso de que ocurra un desastre.

Por lo que la conectividad a Internet se dificulta cada día más y sea hace necesario buscar alternativas para lograr efectividad con los procesos y funciones que dentro de cualquier organización demandan Internet para mantener su adecuada operatividad. Y de esta forma contribuir con una adecuada experiencia de los clientes.

## 1.2 Situación Actual

Previo a la llegada de la pandemia producida por la COVID-19, las empresas ya se encontraban involucradas en una transformación digital resultante de los avances tecnológicos diarios, los que nos permitió utilizar nuevas herramientas y así promover la realización de nuevos objetivos. En estos la sociedad se encuentra en la etapa de transición hacia la transformación digital, y la tecnología es el principal protagonista de este movimiento. La revolución digital traerá consigo nuevos modelos de negocios, mejores métodos de inversión y desarrollo de ideas y requerirá que más personas sean partícipes en la reducción de la brecha digital que afecta el crecimiento de algunos países con gran potencial de innovación, como es el caso de la República Dominicana.

Ante esta panorámica, las necesidades actuales de conectividad representan una prioridad cada vez más importante para las empresas que desean innovar y, lo que es más importante, permanecer en el mercado. La capacidad de acceder a Internet a través de buenos servicios se ha convertido en una obligación para apoyar la inversión en transformación digital. Además, Internet ha evolucionado de tal forma que cada día surgen nuevas ideas que mejoran la calidad de vida de las personas. La tecnología se ha convertido en el pilar fundamental para áreas como la medicina, economía, derecho, educación, entre otras. El impacto de la tecnología ha sido crucial para desarrollar los servicios y productos que hoy son vitales para la sociedad.

SD-WAN es una rama de las redes definidas por software que ha sido de las más desarrolladas en los últimos años, a lo que se atribuye el crecimiento de los servicios públicos y privados en la nube. Por consiguiente, las empresas han sido expuestas a la transformación digital.

Al día de hoy en la República Dominicana existen conexiones a Internet personales y empresariales de alta velocidad que superan los 200 Megabytes por segundo. Sin embargo, este escenario representa la mínima parte de todas las conexiones en el país, reduciendo, pero no limitando la necesidad de redes de área amplia privadas o MPLS.

Si bien las redes MPLS en América Latina se encontraban entre las más costosas del mundo, los proveedores de servicio han disminuido considerablemente los costes ante la aparición de SD-WAN como un concepto que libera a las empresas de la necesidad de tener una red dedicada. A ello se suma la promesa de obtener mayores capacidades aun cuando los datos se transporten a través de un canal de Internet tradicional. Por otro lado, las empresas que ya poseían una red MPLS, se enfrentaban permanentemente al dilema de, o bien sacrificar desempeño por seguridad, o, por el contrario, garantizar disponibilidad sacrificando la seguridad. (Castro, 2020)

Otro aspecto muy relevante en la aceptación de SD-WAN en América Latina, es la posibilidad de combinar diferentes tipos de enlace para la construcción de las redes empresariales, servicios de banda ancha de Internet mezclados con las mismas redes MPLS e incluso enlaces 4G LTE, permitiendo a las empresas discriminar cuándo invertir más o menos en cada uno de ellos, dependiendo del tipo de tráfico o la importancia del mismo. (Castro, 2020)

Por otro lado, en el continente asiático empezamos a ver, cada vez más, ambientes híbridos e incluso complementarios entre estas tecnologías. En el entorno financiero, por ejemplo, se ha convertido en una práctica común mantener la MPLS y establecer sobre ella SD-WAN. De esta forma, se gana en control, visibilidad, disponibilidad y seguridad sin afectar la red anterior. Además, también aumenta la capacidad de llegar a muchos más lugares, y de forma más rápida y efectiva desde el punto de vista del costo, gracias a la

incorporación de enlaces 4G LTE que permiten a dichas entidades extender servicios a lugares remotos donde los proveedores de servicio difícilmente llegan con redes de fibra, pero donde la cobertura de las redes inalámbricas es suficiente para la prestación de los mismos.

Al mismo tiempo en Norte América y gran parte de Europa El crecimiento en SD-WAN será constante en los próximos años. Lejos de ser una moda pasajera, se está instituyendo como la forma actual de entender las redes corporativas. El mercado es consciente de que la visibilidad y el control sobre su tráfico interno son de vital importancia y que las inversiones necesarias para lograr estas capacidades ya no son tan elevadas como lo eran en los últimos años, en los que requerían infraestructura especializada.

SD-WAN ha llegado para quedarse, y los proveedores de servicios lo saben. Por eso definen estrategias claras para no perder participación de mercado o disminuir sus ganancias. Los clientes también son conscientes de ello, y por eso hay cada vez más interés en las prestaciones que procura cada tecnología del mercado, y cuál es la más adecuada para satisfacer sus necesidades específicas.



### **1.3 Justificación**

Dentro de los principales enfoques que buscan las empresas, se encuentran la reducción de costos y el aumento de beneficios, las redes WAN definidas por software representan ambos objetivos. Según (Alonso, 2017) “SD-WAN es la respuesta a la reducción de costes frente a las redes tradicionales de los operadores MPLS (MultiProtocol Label Switching) pudiéndose alcanzar el abaratamiento hasta un 48% en las interconexiones entre sedes o sucursales.”

La implementación de las redes definidas por software en enlaces WAN en la oficina de CODE S.R.L les permitirá aumentar la disponibilidad de los servicios dependientes de las conexiones vía WAN, lo que representa una mejora en el servicio de Internet, reduciendo así los tiempos fuera de servicio en operaciones muy críticas como las asistencias brindadas a través de la herramienta Anydesk y la automatización inteligente en la selección de enlaces basado en métricas de evaluación.

### **1.4 Importancia e interés del tema**

La tendencia está moviendo el mercado de las tecnologías de la información a la nube de forma parcial o total, con el objetivo de asegurar la calidad de los servicios ofrecidos por las empresas, esto da lugar a la solución de SD-WAN, tal como lo afirma (Jimeno, 2020) “Estamos viviendo una revolución basada en soluciones de networking, que mejoran la optimización de red, combinando arquitectura de red core, con cloud y multicloud.”.

Otro aspecto es la integración de otro tipo soluciones definidas por software, conocidas como SDx (Software Defined Anything), que han aumentado la necesidades de

adaptabilidad y agilidad de las redes y el gran impacto económico que se espera de las mismas, así lo confirma (Orange Business, 2019) “Esta es la tendencia tecnológica conocida como SDx, en inglés Software-Defined Anything, un mercado que se espera que supere los USD\$ 160 mil millones en cinco años, de acuerdo con algunas estimaciones.”

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

- Se enfocará en la oficina principal de CODE S.R.L en el Distrito Nacional, provincia Santo Domingo, República Dominicana.
- Analizar la información de la infraestructura tecnológica de las empresas basados específicamente en su conexión a la WAN.

### **1.5.2 Limitaciones**

- La validez y el acceso a los datos de infraestructura de las empresas estará sujeta a sus políticas de información.
- Debido a las condiciones por la pandemia, las informaciones de las entrevistas serán requeridas de forma virtual o a través de un formulario de preguntas enviado vía correo electrónico.
- La aplicación del prototipo estará limitada a la estabilidad de los proveedores de Internet durante la implementación.
- Se requiere una sucursal con 2 o más proveedores de servicio de Internet (ISP, por sus siglas en inglés).

- La investigación estará limitada a la oficina de CODE S.R.L, ubicada en el Distrito Nacional, provincia Santo Domingo, República Dominicana.
- Las empresas de las demás provincias del país no se abordarán por las condiciones de pandemia en las que se encuentra el país y el reducido tiempo que tenemos para la investigación.
- La información requerida a CODE S.R.L debe tener una validez de 1 año.

## **1.6 Hipótesis preliminar**

El uso de SD-WAN representará un aumento en la disponibilidad de los servicios tecnológicos esenciales requeridos por las sucursales de CODE S.R.L, gestionando y reportando de manera inteligente los enlaces de Internet y servicios dependientes, basados en los parámetros de evaluación definidos y la calidad de servicio ofrecidos por los mismos. Lo que mejorará la experiencia de uso de los servicios de la empresa por parte de los clientes.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Demostrar que con la aplicación de las redes definidas por software en los enlaces WAN es posible optimizar el uso de los sistemas y aplicaciones en las empresas de mediano tamaño en la República Dominicana que requieren conexión a Internet u otros medios.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Conocer las tecnologías WAN aplicadas en la infraestructura de CODE S.R.L.
- Determinar los requerimientos especiales de conectividad WAN para la empresa CODE S.R.L.
- Determinar la cantidad de enlaces y la frecuencia de sus fallas en el último año de operación.
- Desplegar de forma efectiva la solución de SD-WAN de Fortinet, para asegurar los servicios críticos de las operaciones cotidianas de la oficina.
- Comparar la disponibilidad del servicio previo y post implementación.

## **Parte II. Marco Teórico y Estado del Arte**

## Capítulo II: Bases teóricas de SD-WAN

### 2.1 Antecedentes y referencias

#### 2.1.1 Evolución de las Redes WAN

Las redes WAN fueron diseñadas originalmente basados en la topología malla, sin embargo, a través de los años esta tecnología se ha mantenido en avances, logrando la inclusión de los servicios de conmutación de paquetes como Frame Relay, ATM y el propio MPLS, transformando esta topología en una que permite que una conexión única tenga otras tantas conexiones a diferentes sitios atravesando las redes del proveedor de servicios.

Todas las empresas siempre buscan tener una alta disponibilidad, de ahí proviene la idea de siempre tener redundancia, a nivel de conectividad nace el concepto de tener el enlace principal y el enlace de respaldo pero, para la puesta en marcha de un enlace u otro siempre se ha necesitado la intervención del departamento técnico, es decir, manualmente se debe introducir las líneas de comando para definir un enlace u otro como principal, además de que, en este escenario mientras un enlace opera como activo, el respaldo no tiene ningún uso y simplemente representa una carga a nivel de costo.

Antes de la llegada de SD-WAN, la tecnología Multiprotocol Label Switching (MPLS), era la forma más convencional de asegurar conexiones entre diferentes localidades, ya que establece rutas predeterminadas y altamente eficientes una vez que un paquete llega a la red. Esta tecnología, permite un rejuego con el tráfico, como la VoIP, lo cual es muy difícil en el enrutamiento convencional y ofrece ciertas ventajas sobre otros tipos de conexiones, sin embargo, aunque esta red se considera segura, no ofrece cifrado, por lo que un error en la implementación representaría una vulnerabilidad grave, este es uno de los problemas a los que SD-WAN ofrece solución.

Para 1950 los principales medios de comunicación eran el telégrafo y el teléfono; las computadoras del momento eran máquinas de gran tamaño, cuya función se limitaba a el procesamiento de cálculos matemáticos, para el periodo de la guerra fría (1957) Estados Unidos buscaba la manera de proteger su información y mantener la comunicación en caso de un ataque por parte de la Unión Soviética, la necesidad de solucionar este inconveniente fue lo que permitió el desarrollo de lo que hoy conocemos como Internet.

Parafraseando el artículo de (Forero, 2019): Tras el lanzamiento de Sputnik 1 (1957) la Unión Soviética comenzaba a demostrar mayor tecnología que los Estados Unidos, los cuales, en respuesta a esto crearon la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA Defense Advanced Research Projects Agency), agencia que sería el principal propulsor del Internet, pues su principal misión era la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías.

Entre los años 1961-1962, investigadores como Leonard Kleinrock, Joseph Carl Robnett Licklider y Paul Baran, habían desarrollado teorías sobre la conmutación de paquetes y creando conceptos como el de Red intergaláctica de cómputo, donde afirmaban que dos equipos podrían comunicarse y enviar información por paquetes a través de una red, y que dicha información podrá ser accesible desde cualquier lugar del mundo siempre que se conociera el destino. Pero no fue hasta 1965 cuando Lawrence G. Robert y Thomas Merrill lograron establecer comunicación entre dos computadoras ubicadas en Massachusetts y California respectivamente, cubriendo una distancia aproximada de 4,982 kilómetros a través de una línea telefónica conmutada, este experimento exitoso marca un antes y un después en la historia de las telecomunicaciones y creó la primera red de área amplia (WAN).

En 1966, Robert ingresa a la agencia ARPA y junto a Robert Khan y Howard Frank desarrolla ARPANET, la primera red de conmutación de paquetes, en 1969 logró ser

reconocida como una red funcional, tras haber logrado conectar una computadora de la Universidad de California con otra del Instituto de Investigación de Stanford. Para 1970 ARPANET era una red con cientos de computadoras conectadas, por lo cual se necesitaba algún protocolo de control, de allí nace NCP (Network Control Protocol) protocolo que permitió el desarrollo de aplicaciones dentro de esta red, fue así como en 1972 Ray Romlison desarrolló una versión básica del correo electrónico y esta fue la aplicación más importante, pues transformó la forma de comunicación de las personas.

ARPANET creció tanto que para 1974 estaba lejos de su origen militar y estaba más enfocado en el ámbito de la investigación, habían surgido otras formas de conmutación de paquetes como vía satélite y radio, las cuales eran incompatibles con la red de ARPANET, para lograr esta comunicación fue necesario remodelar el protocolo NCP, de esta manera Robert Khan y Vinton Cerf desarrollan el modelo TCP/IP.

TCP\IP transformó la forma en la que se comunicaban los nodos, asegurando que ningún paquete se perdiera en el camino, por lo que ARPANET decidió cambiar su protocolo y utilizar TCP/IP, de esta manera para 1985 Internet se encontraba establecida como la principal red de comunicación de alcance mundial.

A través de “Un estudio realizado por Versa Networks a una empresa del sector financiero que eligió SD-WAN para transformar su arquitectura, evidenció que obtuvo una reducción del 50% en los costos de mantenimientos y soporte. Adicionalmente tuvo una experiencia de voz y video mejorada, lo que se tradujo en mayor eficiencia sobre el uso de aplicaciones internas.” (Sheymile, 2020)



### **2.1.2 Aplicaciones Similares**

#### **Estudio de la optimización WAN para la implementación de réplicas de centros de datos**

El crecimiento del tráfico es una tendencia que se ha venido manifestando de una forma más acelerada en años recientes debido a varios factores, entre los que se puede destacar: la complejidad de las aplicaciones que se usan en la actualidad, la cantidad de usuarios y la cantidad de información, por esta razón los centros de datos evolucionan rápidamente, lo cual constituye un riesgo para una empresa, ya que si el mismo no está respaldado se convierte en un punto de fallo que podría parar la normal operación de una institución en caso de que ocurra un desastre.

La implementación de réplicas de centros de datos es un proceso necesario, pero el mismo presenta dos inconvenientes: el tiempo necesario para llevar a cabo la réplica y la saturación de tráfico que se genera por la misma. En el presente trabajo se realizaron pruebas de replicación de datos en un prototipo, inicialmente se replicaron los datos sin ningún dispositivo intermedio, para la segunda prueba se utilizó un Optimizador WAN, el cual redujo el tiempo de transferencia en un 30% y para una segunda réplica o en una posible recuperación de información la reducción del tiempo fue del 96%.

## **Diseño y optimización de una red WAN utilizando el paquete de software Packet Tracer de CISCO**

Las empresas a nivel nacional en su gran mayoría tienen serios inconvenientes en las comunicaciones entre sus sucursales que tiene dentro del país. El problema principal que aqueja a la mayoría de empresas es que no tienen bien estructurada su red WAN lo que ocasiona que muchas de las veces las sucursales queden incomunicadas y en otros casos se queden sin poder realizar sus operaciones diarias por la falta de acceso a Internet lo que sin duda genera molestias tanto para el personal que labora dentro de las empresas como para los clientes ya que no pueden satisfacer sus requerimientos.

Con los antecedentes mencionados se procedió a realizar el diseño y optimización de una red WAN para su posterior implementación que permite a las redes LAN que tengan una empresa tener una mejor comunicación y poder así realizar sus operaciones diariamente sin el temor de no tener acceso a Internet ya que la mayoría de procesos que realizan en la actualidad son en línea.

Para la simulación de la red WAN se utilizó el software Packet Tracer que permite experimentar el comportamiento de una red y así resolver inconvenientes que presente la misma, dicho programa fue desarrollado por Cisco Systems una de las mejores empresas de telecomunicaciones a nivel mundial. Por lo tanto, con el diseño y optimización de una red WAN realizando pruebas de configuración esta será mejor diseñada y estructurada mejorando satisfactoriamente las comunicaciones entre las redes LAN que cuente la misma; y así se garantiza el correcto funcionamiento de la red permitiendo de esta manera que las redes LAN trabajen y realicen normalmente todos sus procesos para de esta manera brindar una mejor experiencia de uso a los usuarios de la red.

## **2.2 Base teórica**

### **2.2.1 Redes de área amplia (WAN)**

Red de Área Extensa, también llamada Red de Área Amplia o WAN (sigla inglesa Wide Area Network), son redes de comunicaciones que conectan equipos destinados a ejecutar programas de usuario (en el nivel de aplicación) en áreas geográficas de cientos o incluso miles de kilómetros cuadrados (regiones, países, continentes...).

Cada uno de los equipos terminales suele denominarse nodo o host, y se llama subred de comunicación (o, simplemente, subred) al conjunto de líneas de transmisión y encaminadores (o router) que permiten que los hosts se comuniquen entre sí. Distintas subredes pueden combinarse entre sí dando lugar a redes de área extensa más grandes, como en el caso de Internet.

Lo más habitual es que los hosts se conecten a las redes de área extensa a través de red de área local o LAN, pero también puede haber terminales que se conecten directamente a un router, sin necesidad de estar integrados en ningún otro tipo de red. Cuando un host envía una secuencia de paquetes de datos, cada router los almacena y espera a que la línea de transmisión que considera óptima esté libre para reenviarlos hasta el siguiente router, y así hasta llegar al destino. (Ecured, 2020)

Dentro de las clasificaciones podemos tener:

**Conmutadas por Circuitos:** Redes en las cuales, para establecer comunicación se debe efectuar una llamada y cuando se establece la conexión, los usuarios disponen de un enlace directo a través de los distintos segmentos de la red.

**Conmutadas por Mensaje:** En este tipo de redes el conmutador suele ser un computador que se encarga de aceptar tráfico de los computadores y terminales conectados a él. El computador examina la dirección que aparece en la cabecera del mensaje hacia el DTE que debe recibirlo. Esta tecnología permite grabar la información para atenderla después. El usuario puede borrar, almacenar, redirigir o contestar el mensaje de forma automática.

**Conmutadas por Paquetes:** En este tipo de red los datos de los usuarios se descomponen en trozos más pequeños. Estos fragmentos o paquetes, están insertados dentro de informaciones del protocolo y recorren la red como entidades independientes (Ecured, 2020).

**Redes Orientadas a Conexión:** En estas redes existe el concepto de multiplexación de canales y puertos conocido como circuito o canal virtual, debido a que el usuario aparenta disponer de un recurso dedicado, cuando en realidad lo comparte con otros pues lo que ocurre es que atienden a ráfagas de tráfico de distintos usuarios.

**Redes no orientadas a conexión:** Llamadas Datagramas, pasan directamente del estado libre al modo de transferencia de datos. Estas redes no ofrecen confirmaciones, control de flujo ni recuperación de errores aplicables a toda la red, aunque estas funciones si existen para cada enlace particular. Un ejemplo de este tipo de red es Internet. (Ecured, 2020)

**Red Pública de Conmutación Telefónica (PSTN):** Esta red fue diseñada originalmente para el uso de la voz y sistemas análogos. La conmutación consiste en el establecimiento de la conexión previo acuerdo de haber marcado un número que corresponde con la identificación numérica del punto de destino (Ecured, 2020).

### **2.2.2 Redes definidas por software (SDN)**

Las redes definidas por software (SDN - Software-defined networking) es una arquitectura de redes ágil diseñada para ayudar a las organizaciones a seguir el ritmo de la naturaleza dinámica de las aplicaciones de hoy en día. Separa la administración de red de la infraestructura de red subyacente, que permite a los administradores ajustar de forma dinámica el flujo de tráfico en toda la red para satisfacer las necesidades cambiantes (Citrix, 2019).

Las redes definidas por software buscan reducir la complejidad de redes definidas estadísticamente, automatice las funciones de red, acelere la implementación de aplicaciones y servicios y simplifique la implementación y administración de recursos de la red.

Las redes definidas por software (SDN) son un enfoque arquitectónico de la red que permite a la red ser controlada de manera inteligente y central, o "programada", utilizando aplicaciones de software. Esto ayuda a que los operadores gestionen toda la red de manera constante e integral, independientemente de la tecnología de red subyacente (r, 2017).

Una red definida por software se compone de tres capas (la capa de aplicaciones, la de control y la de infraestructura), conectados a través de unos API de comunicación ascendente y descendente (Citrix, 2019).

La capa de aplicaciones incluye aplicaciones y funciones de red, como firewalls y equilibrio de carga. Las redes tradicionales usan un aparato especializado para estas funciones, pero una red definida por software utiliza el controlador para administrar el comportamiento del plano de datos. La capa de control administra las políticas y el flujo de tráfico por la red. Y la capa de infraestructura contiene los conmutadores físicos de la red (Citrix, 2019).

### **2.2.3 Redes WAN definidas por software**

SD-WAN significa Software-Defined Wide Area Network, o también conocido como red de área extensa definido por software, por tanto, nos permitirá gestionar y controlar de forma centralizada todos los componentes de hardware a través de software, y todo ello de una manera realmente sencilla. Una de las claves de SD-WAN es poder permitir a las empresas construir su WAN a medida, pagando por lo que necesitan realmente (Espinosa, 2019).

SD-WAN cambia el monitoreo y la administración del tráfico desde los dispositivos físicos a la propia aplicación, aprovechando la flexibilidad y agilidad de SDN. La inteligencia se abstrae en una superposición virtual, lo que permite una agrupación segura de conexiones tanto privadas, como públicas y permite la automatización, el control centralizado de la red y la gestión del tráfico ágil y en tiempo real a través de múltiples enlaces. Este modelo permite a un administrador de red programar remotamente dispositivos de borde a través de un controlador central, reduciendo tiempos de aprovisionamiento y minimizando o eliminando la necesidad de configurar manualmente enrutadores tradicionales en la ubicación de las sucursales. (TechTarget, 2019)

Los productos y servicios de SD-WAN varían según el proveedor, pero muchos permiten la WAN híbrida, enrutando dinámicamente el tráfico a través de enlaces privados y públicos, tales como enlaces MPLS arrendados y banda ancha, Long Term Evolution (LTE) y/o inalámbricos. Una arquitectura SD-WAN permite a los administradores reducir o eliminar la dependencia en costosos circuitos MPLS arrendados mediante el envío de datos menos prioritarios y menos sensibles a través de conexiones de Internet pública más baratas, reservando enlaces privados para tráfico de misión crítica o sensible a la latencia, como VoIP.

La naturaleza flexible de SD-WAN también reduce la necesidad de sobre provisionamiento, reduciendo los gastos generales de la WAN.

SD-WAN es un convincente caso de uso temprano de SDN, ya que tiene el potencial de ofrecer ahorros de costos claros, mientras mejora la conectividad general entre las sucursales, la oficina central y la nube. La tecnología de superposición es también relativamente fácil de implementar en las pruebas piloto, por lo que es atractivo para los tomadores de decisiones, que podrían evitar un enfoque de arrancar y reemplazar.

(TechTarget, 2019)

## **2.3 Base legal**

### **2.3.1 Ley 126-02 sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas Digitales**

El comercio electrónico, los documentos y firmas digitales en la República Dominicana están regulados por la Ley No. 126-02 de Comercio Electrónico, Documentos y Firmas Digitales, promulgada en fecha 4 de septiembre del 2002, por el Decreto 335-03 sobre su Reglamento de Aplicación y por las Normas Complementarias, dictadas por el Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones (INDOTEL) en el ejercicio de las atribuciones que le confiere la Ley.

La promulgación de la Ley No.126-02, constituye un hito significativo para la inserción de la República Dominicana en la sociedad de la información, como agente de competitividad del sector productivo, de modernización de las instituciones públicas y de socialización de la información a través del acceso universal a los servicios de telecomunicaciones que intervienen en estos intercambios, como la telefonía e Internet. La Ley 126-02 está basada en la Leyes Modelos de Comercio Electrónico y Firmas Digitales, aprobadas por la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional – CNUDMI, o más conocido por la sigla en inglés UNCITRAL.

Estas leyes inauguran las denominadas leyes “tecnológicamente neutras”, es decir, que no definen los conceptos jurídicos sobre la base de la tecnología aplicable, sino sobre los requisitos y condiciones que las soluciones tecnológicas deben cumplir para poder recibir reconocimiento jurídico.

La Ley introduce y regula, los conceptos equivalentes en el mundo digital de original, firma electrónica, original, conservación, mensaje de datos, fuerza probatoria y reconoce la validez jurídica de la firma digital y las transacciones comerciales electrónicas. El ámbito de



aplicación de la Ley, es todo tipo de información en forma de documento digital o mensaje de datos, salvo en los siguientes casos: a) En las obligaciones contraídas por el Estado Dominicano en virtud de convenios o tratados internacionales; b) En las advertencias escritas que, por disposiciones legales, deban ir necesariamente impresas en ciertos tipos de productos en razón al riesgo que implica su comercialización, uso o consumo. Según la Ley 126-02, se entiende por Comercio Electrónico “Toda relación de índole comercial, sea o no contractual, estructurada a partir de la utilización de uno o más documentos digitales o mensajes de datos o de cualquier otro medio similar”.

En relación con la aplicación de gobierno electrónico, señala que en toda interacción con entidad pública que requiera de documento firmado, este requisito se podrá satisfacer con uno o más documentos digitales o mensajes de datos que sean firmados digitalmente, conforme a los requerimientos contenidos en la ley y las normas complementarias.

### **2.3.2 Decreto 335-03 Reglamento de Aplicación de la Ley 126-02**

El desarrollo de la firma digital se enmarca en el ambicioso proyecto de República Digital, que “busca garantizar el acceso de los dominicanos a las tecnologías de la información y comunicación, con el objetivo de reducir la brecha digital y brindar mejores servicios a la ciudadanía.”

La norma dominicana que regula la firma digital es la Ley 126-02 sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas Digitales, del 14 de agosto de 2002, y su Reglamento de Aplicación (Decreto No. 335-03), donde se considera la ley como:

...un hito significativo para la inserción de la República Dominicana en la sociedad de la información, como agente de competitividad del sector productivo, de modernización de las instituciones públicas y de socialización de la información a través del acceso universal a los servicios de telecomunicaciones que intervienen en estos intercambios, como la telefonía e Internet. (Considerando 1)

De acuerdo con el artículo 2 literal i) de esta ley se define como Firma Digital:

El valor numérico que se adhiere a un mensaje de datos y que, utilizando un procedimiento matemático conocido, vinculado a la clave del iniciador y al texto del mensaje, permite determinar que este valor se ha obtenido exclusivamente con la clave del iniciador y el texto del mensaje, y que el mensaje inicial no ha sido modificado después de efectuada la transmisión. (ViaFirma, 2020)

A su vez, en el literal l, define el Certificado Digital:

Es el documento digital emitido y firmado digitalmente por una entidad de certificación, que identifica unívocamente a un suscriptor durante el período de vigencia del certificado, y que se constituye en prueba de que dicho suscriptor es fuente u originador del contenido de un documento digital o mensaje de datos que incorpore su certificado asociado;

El artículo 6 equipara el documento administrativo físico que requiere firma al documento digital:

“cuando cualquier norma exija la presencia de una firma o establezca ciertas consecuencias en ausencia de la misma, se entenderá satisfecho dicho requerimiento en relación con un Documento Digital o un Mensaje de Datos, si éste ha sido firmado

digitalmente y la firma digital cumple con los requisitos de validez establecidos en la presente ley.”

Al mismo tiempo, equipara la Firma Digital a la firma manuscrita siempre que cumpla con todos los requisitos establecidos por el artículo 31 de la ley, es decir:

- Sea única a la persona que la usa;
- Esté bajo el control exclusivo de la persona que la usa;
- Esté ligada a la información, documento digital o mensaje, de tal manera que, si estos son cambiados, la firma digital es invalidada, y
- Esté conforme a las reglamentaciones adoptadas por el Poder Ejecutivo.

Los **artículos 33 y 34** de la antes mencionada ley establecen que cuando una o más firmas digitales hayan sido fijadas en un mensaje de datos o un documento digital, se presume que las partes firmantes tenían la intención de acreditar ese mensaje de datos o un documento digital y de ser vinculadas con el contenido del mismo, con lo que da cabida a cualquier tipo de **contrato digital** siempre que se cumplan dichas condiciones. (ViaFirma, 2020)

El Decreto No. 335-03, reglamento de Aplicación de la Ley, diferencia la Firma Digital de la **Firma Electrónica** que define como:

“Conjunto de datos electrónicos integrados, ligados o asociados de manera lógica a otros datos electrónicos, que por acuerdo entre las partes se utilice como medio de identificación entre el emisor y el destinatario de un mensaje de datos o un documento digital y que carece de alguno de los requisitos legales para ser considerado firma digital” (Artículo 1.17)

En la República Dominicana, los **contratos** por medios electrónicos pueden usar la firma digital o electrónica, permitiendo a su vez identificar y vincular una persona con la creación de un mensaje de datos, un acto o un contrato y que cuenta con su aprobación. (ViaFirma, 2020).

### **2.3.3 Resoluciones dictadas por el INDOTEL**

Dentro de las principales resoluciones del INSTITUTO DOMINICANO DE LAS TELECOMUNICACIONES se encuentran las siguientes:

**Resolución No. 041-13** (6 de junio de 2013) Uso de Mensajes de Datos, Documentos y Firmas Digitales en los Medios de Pagos Electrónicos

**Resolución No. 025-11** (31 de marzo de 2011) Firmas Digitales, No. 126-02, a los procedimientos aduaneros.

**Resolución No. 135-09** (21 de diciembre de 2009) Norma complementaria a la ley sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas Digitales, No. 126-02, para la Integración de la Jurisdicción Inmobiliaria en la Infraestructura de Firma Digital Nacional.

**Resolución No. 033-07** (28 de febrero de 2007) Norma complementaria de la Ley no. 126-02 sobre el Uso de Mensajes de Datos, Documentos y Firmas Digitales en los Medios de Pagos Electrónicos

**Resolución No. 142-06** (3 de agosto de 2006) Norma complementaria de la ley 126-02 sobre Comercio Electrónico, Documentos y Firmas Digitales, relativa a La Protección de los Derechos de los Consumidores y Usuarios.

**Resolución No. 026-06** Norma Complementaria de la Ley No. 126-02 sobre Comercio Electrónico, Documentos Y Firmas Digitales, relativa a la determinación de la hora en medios electrónicos e Internet.

**Resolución No. 010-04** (30 de enero de 2004) Normas complementarias a la Ley No. 126-02 y su reglamento de aplicación.

**Resolución No. 042-03**(17 de marzo de 2003) Reglamento de aplicación de la Ley No. 126-02.

**Resolución No. 033-07** (28 de febrero de 2007) Norma de medios de pago electrónico.

**Decreto No. 539-20** Que declara de alto interés nacional el derecho esencial de acceso universal al Internet de banda ancha de última generación y el uso productivo de las tecnologías de la información y comunicación.

### **2.3.4 Ley de Ciberseguridad de la Republica Dominicana**

El 23 de abril de 2007 se promulgó en República Dominicana la ley 53-07 sobre crímenes y delitos de alta tecnología. El objetivo de dicha ley es la protección integral de los sistemas que utilicen tecnologías de información y comunicación y su contenido, así como la prevención y sanción de los delitos cometidos contra estos o cualquiera de sus componentes o los cometidos mediante el uso de dichas tecnologías en perjuicio de personas física o morales, en los términos previstos en dicha ley. La integridad de los sistemas de información y sus componentes, la información o los datos, que se almacenan o transmiten a través de estos, las transacciones y acuerdos comerciales o de cualquiera otra índole que se llevan a cabo por su medio y la confidencialidad de estos, son todos bienes jurídicos protegidos. (Dominicana.Gob.do, 2020)

El Departamento de Investigaciones de Crímenes y Delitos Alta Tecnología (DICAT), forma parte de la Policía Científica y es su objetivo combatir el crimen de alta tecnología dentro de la República Dominicana. (Dominicana.Gob.do, 2020)

En noviembre del 2014 se promulgó la Ley 310-14 que regula el envío de comunicaciones comerciales, publicitarias o promocionales no solicitadas, realizadas por vía correos electrónicos, sin perjuicio de las disposiciones vigentes en materia comercial sobre publicidad y protección al consumidor (SPAM).

La seguridad informática o seguridad TIC es el área de las TIC que se enfoca en la protección de la infraestructura computacional y todo lo relacionado con esta y,

especialmente, la información contenida o circulante. La seguridad de la información es el conjunto de medidas preventivas y reactivas de las organizaciones y de los sistemas tecnológicos que permiten resguardar y proteger la información buscando mantener la confidencialidad, la disponibilidad e integridad de la misma. La privacidad puede ser definida como el ámbito de la vida personal de un individuo que se desarrolla en un espacio reservado y debe mantenerse confidencial. (Dominicana.Gob.do, 2020)

Para ello existen una serie de estándares, protocolos, métodos, reglas, herramientas y leyes concebidas para minimizar los posibles riesgos a la infraestructura o a la información. La seguridad informática comprende software (bases de datos, metadatos, archivos), hardware y todo lo que la organización valore (activo) y signifique un riesgo si esta información confidencial llega a manos de otras personas, convirtiéndose, por ejemplo, en información privilegiada. (Dominicana.Gob.do, 2020)

## **Capítulo III – Marco Metodológico**



### **Capítulo 3: Marco Metodológico**

Según Balestrini, el marco metodológico corresponde a una serie de secuencias lógicas que tiene como objetivo poner de manifiesto y sistematizar los procedimientos implícitos en el proceso de investigación (2006). De igual forma, a través de la investigación, permite descubrir y analizar patrones en los datos y reconstruirlos de una forma en la que se pueda mostrar de forma convencional.

Tamayo & Tamayo también definen el marco metodológico como un proceso que se basa en el método científico para poder descubrir informaciones relevantes que permitan verificar y aplicar diferentes conocimientos (2012). Se puede decir que estos conocimientos son adquiridos para poder relacionarlos con las hipótesis planteadas.

En otras palabras, el marco metodológico define los métodos, técnicas, estrategias y procedimientos que estaremos realizando a lo largo de la investigación de proyecto de grado que estamos desarrollando.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

En el proyecto se emplea un diseño de campo de tipo experimental, según el cual se observan los hechos tal como se manifiestan en su ambiente natural y bajo el esquema propuesto, recopilando los datos primarios (variables previamente expuestas), capturados en diferentes periodos de tiempo el resultado de los indicadores de red, para su procesamiento, comparación y posterior presentación.

### **3.2 Método**

El proyecto emplea una metodología de investigación cuantitativa-cualitativa o método mixto. La meta de la investigación mixta no es remplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales.

A diferencia de la investigación cualitativa, que basa sus resultados en datos numéricos, la investigación cualitativa se realiza a través de diferentes tipos de datos, tales como entrevistas, observación, documentos, imágenes, audios, entre otros.

En las últimas décadas, numerosos investigadores han apuntado a un método “mixto”, que integra ambos enfoques, argumentando que al probar una teoría a través de dos métodos pueden obtenerse resultados más confiables. Este enfoque aún es polémico, pero su desarrollo ha sido importante en los últimos años (Hernández, Méndez y Mendoza, 2014)

### **3.3 Investigación Preliminar**

En esta investigación Mixta (Cualitativa y Cuantitativa), de acuerdo con la revisión de la literatura y los objetivos planteados, el alcance que se va a adoptar es explorativo. Esta investigación tiene como objetivo abordar las causas de los acontecimientos, y se centra en explicar por qué ocurre el fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué dos o más variables están relacionadas e inferir sobre ellas para cambiar o modificar su comportamiento (Sampieri et al. 2014).

### **3.4 Delimitación del Problema**

Se definirán a través de los resultados obtenidos en la investigación, los efectos positivos que tiene la aplicación de SD-WAN en los enlaces de datos sobre la operatividad del servicio que ofrece la empresa en cuestión.

#### **3.4.1 Área Geográfica**

La población a estudiar son las empresas de tamaño mediano a grande de forma particular la empresa CODE S.R.L, en la que hacen uso del Internet como parte de sus elementos básicos de trabajo. De forma particular en el sector del desarrollo de software.

#### **3.4.2 Tiempo**

La implementación y desarrollo total del proyecto está planificada para ser ejecutada en un periodo no mayor a 6 meses.

Se utilizará el primer mes para la recopilación inicial de la información, los próximos dos meses para la implementación técnica, el cuarto mes para el análisis de los resultados iniciales, quinto mes para los ajustes técnicos de ser necesario y sexto y último mes para una recaptura y análisis de variables para validar y presentar las conclusiones.

### **3.4.3 Población y Muestra**

La población estará compuesta de pequeños y medianas empresas en áreas donde la conexión a Internet es una de las principales herramientas de trabajo y comunicación. Estos comercios dependen en su mayoría de una buena conexión a Internet debido a que estos ofrecen de alguna forma servicios en plataformas digitales, como lo son la venta, consultoría y asesoramiento, creación de contenido digital o medios físicos y uso de otras soluciones administrativas, financieras y técnicas que crean oportunidades para crear fuentes de ingreso y crecimiento en el día a día.

### **3.4.4 Técnicas e Instrumentos**

El instrumento de medición y recolección de datos que vamos a utilizar es el cuestionario a través de encuestas. Según Chateaneuf, el cuestionario consta de un conjunto de preguntas relacionadas con una o más variables a medir (2009). Debe seguir la misma línea que el planteamiento del problema y la hipótesis (Brace, 2013). Según Sampieri et al. (2014), los cuestionarios pueden tener preguntas cerradas las cuales contienen categorías que han sido previamente delimitadas. Es decir, las opciones de respuestas ya están establecidas y los participantes deben acotarse a las mismas que pueden ser dicótomas (dos posibilidades) o incluir varias opciones. De igual forma existen preguntas abiertas, las cuales no delimitan con anterioridad las respuestas, lo que significa que el número de categorías es muy elevado y va a variar respecto a la población que sea consultada.

En esta investigación se van a usar ambos tipos de preguntas. Hacemos uso de las preguntas cerradas debido a que son más fáciles de elaborar, al igual que toman menor esfuerzo y menor tiempo a los encuestados. Las preguntas cerradas reducen la ambigüedad de las respuestas ya que han sido preparadas previamente. Debido a que este tipo de preguntas

tiene ciertas limitantes de acuerdo con las respuestas que puede dar el entrevistado y que es necesario anticipar cada una de las alternativas que puede pensar la persona al leer las preguntas, hemos decidido adicionalmente hacer uso de las preguntas abiertas. Estas preguntas nos sirven para poder profundizar acerca del pensamiento de la persona con respecto al tema, teniendo en cuenta de que su elaboración y codificación son más difíciles de plantear.

Utilizaremos el método de observación Directa es un método de recolección de datos que consiste básicamente en observar el objeto de estudio dentro de una situación particular. Todo esto se hace sin necesidad de intervenir o alterar el ambiente en el que se desenvuelve el objeto.

Por último, es imprescindible usar la entrevista como fuente de obtención de información. La entrevista se define como “una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar”. Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos. (Laura Díaz-Bravo, 2013).

### **3.3.5 Técnica de procesamiento de análisis de datos.**

En este apartado se presentará el medio que se utilizará para registrar la información obtenida. Debido al tiempo planteado para realizar el proyecto y la población para la recolección de información, se empleará el método mixto (cualitativo y cuantitativo) el cual se basa en la observación de la estructura de la empresa y el alcance de los procesos relacionados con Internet.

Para procesar la información cuantitativa se utilizará la ayuda del instrumento FortiGate 30E con el sistema operativo FortiOS 6.4, con la finalidad recibir y medir los enlaces de Internet, manejo del enrutamiento, gestión de las VPN y protección de la red.

### **3.3.6 Fuentes de datos.**

Como fuente primaria para esta investigación tomaremos en cuenta las respuestas suministradas por los usuarios de los servicios externos, así como los empleados de la empresa de estudio, ya que las informaciones provistas por los usuarios externos permiten comprender el impacto y alcance de las herramientas tecnológicas a su vez la experiencia de uso de los empleados permite identificar las áreas a mejorar.

## **Capítulo IV – Análisis, presentación de resultados y Conclusiones**

## 4.1 Entrevista

Según Martínez (2010), la entrevista adopta la forma de un diálogo coloquial o entrevista semiestructurada, complementada con otras técnicas y de acuerdo con la naturaleza específica de la investigación que se va a realizar, de las cuales, podrán derivarse categorías de análisis no preestablecidas, las mismas pueden emerger en la medida en que se analizan los resultados. Asimismo, indica que la entrevista es un instrumento técnico que tiene gran sintonía epistemológica con el enfoque cualitativo y también su teoría metodológica (p.99). La entrevista está basada en recopilar información de una manera detallada oral y personalizada, la cual está enfocada en obtener datos precisos y relevantes.

Se requiere una planificación competente para una implementación exitosa. Esto requiere un estudio preliminar basado en el programa de trabajo y se necesitan algunas informaciones y documentos para formular su transformación. Durante la realización de esta investigación, se entrevistó al Sr. Miguel Corporán quien es el director y administrador de la empresa CODE S.R.L. el cual facilitó información crucial sobre el funcionamiento de las operaciones y se dispuso a aceptar los cambios que se harán y aprovechar los recursos y herramientas no puestos en práctica por desconocimiento y dar un salto a lo nuevo.

Una de las cosas más evidente fue la carencia de velocidad al momento de realizar operaciones donde se necesitará conexión a la red, así como también problemas con la conexión de Internet cuando las condiciones climáticas no son favorables. Un hecho generador de insatisfacción para los clientes. Al mismo tiempo afecta sobre a demanda de los servicios y las operaciones de la empresa.

Otra particularidad apreciada en la entrevista fue la innecesaria complejidad de la infraestructura conectiva, lo que hacía que el mantenimiento fuera más costoso, y extenuante realizar labores de mantenimiento.



A su vez se evaluó las opiniones de los clientes a través de la encuesta donde quedó evidenciado la necesidad de mejorar la conectividad dentro de las instalaciones.

## **4.2 Verificación y evaluación de Objetivos**

### **4.2.1 Verificación Objetivo General**

**Demostrar la efectividad de aplicación de las redes definidas por software en los enlaces WAN para optimizar el uso de los sistemas y aplicaciones en las empresas de mediano tamaño en la República Dominicana que requieren conexión a Internet u otros medios.** Para el cumplimiento de este objetivo realizamos la implementación de SDWAN de Fortinet en la oficina principal de CODE S.R.L con 2 proveedores de servicios de Internet y 4 túneles VPN's Site-to-Site Activos-Activos conectados a un FortiGate virtual en la nube publica Azure. Ver Apéndice A.

### **4.2.2 Verificación Objetivos Específicos**

- **Conocer las tecnologías WAN aplicadas en la infraestructura de CODE S.R.L.** Este objetivo puede ser verificado en el capítulo 6.
- **Determinar los requerimientos especiales de conectividad WAN para la empresa CODE S.R.L.** Este objetivo puede ser validado en la Apéndice A Cuestionario para la entrevista.
- **Determinar la cantidad de enlaces y la frecuencia de sus fallas en los últimos 6 meses.** Este objetivo puede ser validado en la Apéndice B Cuestionario para la entrevista.

- **Desplegar de forma efectiva la solución de SD-WAN de Fortinet, para asegurar los servicios críticos de las operaciones cotidianas de las sucursales.**

Este objetivo puede ser verificado en el capítulo 6.

- **Comparar la disponibilidad del servicio previo y post implementación.** Este objetivo puede ser verificado en el capítulo 6.

### **4.3 Conclusiones**

Al realizar las encuestas y las entrevistas quedó en evidencia las principales fallas de conectividad de parte de las empresas de estudio y objeto análisis por parte de esta investigación

Los sistemas SD-WAN contribuyen a optimizar la infraestructura conectiva. Y de esta forma mejorar los servicios que brindan las empresas. Lo que se traduce en mejor experiencia de uso por parte de los empleados en las empresas que interactúan con sistemas que necesitan conexiones a Internet por su parte los consumidores reciben servicios con mayor calidad.

### **4.4 Líneas Futuras de Investigación**

Luego de realizar las entrevistas al Sr. Miguel Corporán en representación de CODE S.R.L, y conocer más acerca del estado en la que se encontraba la parte orientada a la conectividad WAN de la infraestructura tecnológica del negocio, se reconocieron otros temas y funcionalidades que podrían ser de gran impacto luego de ser estudiados y desarrollados a profundidad.

1. Implementación de inteligencia artificial en los protocolos de SDWAN para la toma de decisiones en base a un patrón histórico que permita identificar comportamientos

anómalos ya experimentados y gestionar un reporte al proveedor afectado de forma automática, con el objetivo de reducir el tiempo de repuesta y posible pérdida de servicio.

2. Desarrollo de protocolos de enrutamiento a través de SD-WAN como un enlace punto a punto, por ejemplo: protocolos de enrutamiento utilizando VPN's multipunto dinámica o sitio a sitio.

3. Integración de sistemas expertos con SD-WAN para el reinicio automático de routers y circuitos de comunicación afectados tras la identificación de una falla crítica del servicio utilizando el o los enlaces funcionales para estos fines.

# **Capítulo V – Plan de mercadeo y Análisis del Entorno**

## 5.1 Benchmarking

El benchmarking es un proceso continuo por el cual se toma como referencia los productos, servicios o procesos de trabajo de las empresas líderes, para compararlos con los de tu propia empresa y posteriormente realizar mejoras e implementarlas.

No se trata de copiar lo que está haciendo tu competencia, sino de aprender que están haciendo los líderes para implementarlo en tu empresa añadiendo mejoras. Si tomamos como referencia a aquellos que destacan en el área que queremos mejorar y estudiamos sus estrategias, métodos y técnicas para posteriormente mejorarlas y adaptarlas a nuestra empresa, conseguiremos alcanzar un nivel alto de competitividad (Espinosa, 2017).

En el mercado existen diferentes marcas que ofrecen soluciones de SDWAN, es por esto que comparamos a través de la siguiente tabla las principales soluciones ofrecidas en el mercado nacional e internacional. (Ver Tabla 1)

Tabla 1  
*Análisis de las funcionalidades del Proyecto*

| <b>Funcionalidades</b>  | <b>VeloCloud</b> | <b>SD-WAN Fortinet</b> | <b>Cisco</b> |
|---|------------------|------------------------|--------------|
| Rápida implementación   | Si               | Si                     | No           |
| Seguridad   | Parcial          | Si                     | Si           |
| Costo   | Medio            | Bajo                   | Alto         |
| Velocidad para alternar la conexión entre los proveedores de Internet | Alta             | Media                  | Alta         |
| Consola centralizada  | Si               | Si                     | Si           |
| Diagnóstico   | Fácil            | Fácil                  | Fácil        |
| Procesos de Gestión   | Medio            | Fácil                  | Complejo     |

Fuente: Elaborada por el sustentante.

A su vez se destaca el hecho particular de que el elemento innovador es la ventaja de utilizar 4 conexiones VPN aprovechando el uso de dos proveedores en el sitio local y dos

proveedores de internet en el sitio remoto y de esta forma mejorando la experiencia de uso de las diferentes aplicaciones ver (Anexo 2).

## **5.2 Mecanismo para poblar información al sistema**

Para dar a conocer esta herramienta y demostrar el alcance del impacto de los servicios y eficientizarían de las conexiones a Internet vamos a emplear varias estrategias mercadológicas.

Etapa de identificación de clientes potenciales. no todas las empresas que operan en el mercado tienen la necesidad de eficientizar la conexión a Internet para aumentar su operatividad, por lo que este tipo de empresas no son un objetivo dentro del plan de marketing. por el contrario, todas las empresas que utilicen plataformas de Internet. paginas concurridas o con mucho tráfico web, empresas servicios y procesos relacionados con Internet son clientes potenciales.

Etapa de vinculación comercial, luego de materializarse el proceso de identificación el siguiente paso es ofrecer el paquete de opciones para mejorar y satisfacer las necesidades de los clientes potenciales, para esto dispondremos de presencia en las redes sociales, así como un servicio de marketing y seguimiento de clientes. para ofertar todas las opciones comerciales.

Etapa de Optimización de las relaciones comerciales, al desarrollar relaciones comerciales con los clientes se hace necesario un sistema de trabajo que permita ofrecer y dar cumplimiento a los servicios y a las relaciones comerciales es por esta razón que es imprescindible mantener excelentes relaciones, y ofrecer un servicio de primera.

### **5.3 Modelo de negocio (Método Canvas).**

(More, 2020) afirma que el Modelo Canvas es una herramienta para definir y crear modelos de negocio innovadores que simplifica 4 grandes áreas: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica en un recuadro con 9 divisiones. Ver modelo Canvas en Tabla 2 Apéndice C.

### **5.4 Presupuesto**

(Galán, n.d.) nos expresa que “El presupuesto es la delimitación en términos dinerarios de las condiciones que rodean al proyecto elegido y los resultados que se espera conseguir tras su realización dentro de un tiempo determinado.” Ver presupuesto en Tabla 3 Apéndice B

## 5.5 Retorno de la Inversión

Carlos Cuevas nos dice que el retorno de la inversión es una razón que relaciona el ingreso generado por un centro de inversión a los recursos (o base de activos) usados para generar ese ingreso (2001). Habiendo dicho esto el retorno de nuestra inversión lo obtendremos como por la comercialización de los siguientes servicios.

Tabla 2

*Servicios a la Venta para comercializar.*

| <b>Código</b> | <b>No. Servicio</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Dispositivo a usar</b> |
|---------------|---------------------|---|---------------------------|
| 1564          | 1                   | Instalación y configuración básica Fortigate 30E.           | Fortigate 30E             |
| 1235          | 2                   | Instalación y configuración básica Fortigate 30E (sin UTM). | Fortigate 30E             |
| 1456          | 3                   | Configuración Fortigate C1.                                 | Fortigate XX              |
| 4532          | 4                   | Configuración Fortigate C2.                                 | Fortigate XX              |
| 4321          | 5                   | Configuración Fortigate C3.                                 | Fortigate XX              |
| 1213          | 6                   | Configuración Fortigate C4.                                 | Fortigate XX              |
| 2123          | 7                   | Resolución de problemas.                                    | Productos Fortinet.       |

Fuente. Elaborado por el Sustentante

Los servicios expuestos en la tabla a continuación representan el costo y las ganancias de la aplicación y venta de los siguientes servicios, los mismos son calculados en Dólares como divisas de cambio por adquirirse los equipos para instalación de servicios en esta divisa y por el costo promedio de horas de consulta.



En concordancia con la tabla 5 del Apéndice B se expresa los costos por la aplicación del sistema, en donde se puede apreciar los costos directos por adquisición de los distintos equipos, así como el costo por aplicación y horas de trabajo todo esto para determinar el costo total para el cliente donde se encuentran detallados los precios finales con el costo total y el margen de ganancias en pesos.

En la tabla 6 del Apéndice B se evalúan las ganancias por la aplicación del sistema de costos y el margen bruto de utilidad al comercializar el servicio de esta forma identificando los costos. Podemos prever el margen neto de ganancias por la aplicación de cada servicio.

## **5.6 Costo total de propiedad**

El coste total de propiedad o costo total de propiedad (proveniente del término anglosajón *total cost of ownership* o *TCO*), es un método de cálculo diseñado para ayudar a los usuarios y a los gestores empresariales a determinar los costes directos e indirectos, así como los beneficios, relacionados con un producto o sistema. Se usa específicamente para la compra de equipos o programas informáticos, y de modo creciente para el cálculo económico de soluciones energéticas sostenibles. (Claras, 2020)

En la tabla 7 del Apéndice B se detallan los costos totales de propiedad asumidos por parte del cliente en la adquisición y mantenimiento de los productos durante los primeros años operativos con la finalidad de determinar la carga financiera asumida por el cliente final.

## **Capítulo VI – Análisis y Diseño del Prototipo**

## **6.1 Narrativa General**

### **6.1.1 Objetivos de la empresa**

A continuación, se detallan los objetivos de la empresa CODE S.R.L:

Satisfacer al cliente supliéndoles sus necesidades en cuanto a requerimientos y adecuaciones que soliciten para el buen uso y funcionamiento de las aplicaciones que CODE S.R.L les provee.

Mantenerse en uno de los primeros lugares del mercado de soluciones comerciales tecnológicas a nivel nacional e internacional.

Ofrecer un espacio a los jóvenes desarrolladores de la República Dominicana que les permite adquirir experiencia en las tecnologías de vanguardia.

### **6.1.2 Breve descripción del sistema propuesto**

La implementación de SD-WAN seguro de Fortinet busca optimizar el uso de los enlaces de conexiones WAN, lo que se refleja en reducción de costos en conectividad, reducción del down-time (tiempo de inactividad) y ofrece la garantía de que la organización siempre podrá acceder de manera fácil y rápida a las aplicaciones y servicios que se encuentran en internet y son críticas para el negocio.

### **6.1.3 Objetivos del sistema**

El objetivo general del sistema es demostrar que con la aplicación de las redes definidas por software en los enlaces WAN es posible optimizar el uso de los sistemas y aplicaciones en las empresas de mediano tamaño en la República Dominicana que requieren conexión a Internet u otros medios; con el fin de cumplir la primera parte de este objetivo se

implementó en la compañía la solución de SD-WAN de Fortinet para la optimización en el uso de los enlaces de Internet.

#### **6.1.4 Innovaciones del sistema propuesto**

A diferencia de los sistemas redundantes tradicionales que nos permiten el uso de múltiples conexiones VPN, pero con la limitante de que no pueden ser utilizadas de forma simultánea, sino que se utiliza un enlace activo y cualquier otro permanece en stand-by o backup, la implementación mostrada en este proyecto le permitirá al cliente hacer uso de 4 enlaces VPN hacia su destino de forma simultánea utilizando la capacidad de todos sus proveedores de servicios de Internet, asegurando así una alta disponibilidad y reduciendo un posible tiempo fuera de servicio a causa de fallas provocadas por problemas de enrutamiento entre los ISP nacionales e internacionales.

#### **6.1.5 Ventajas/Beneficios**

- Ofrece protección de NGFW combinada y capacidades de red SD-WAN en un dispositivo.
- Único servicio de filtrado web en la industria que está certificado por VBWeb2.
- Base de datos dinámica de aplicaciones en la nube que enruta aplicaciones en los mismos puertos y ancho de banda para acomodar aplicaciones SaaS donde las direcciones IP cambian con frecuencia.
- Alto rendimiento de VPN IPsec y protección de amenazas para comunicaciones seguras con procesador de seguridad.
- La inteligencia en conocimiento de ruta del FortiOS, admite el enrutamiento dinámico que se basa en las mediciones de calidad del enlace para

mantener una alta disponibilidad de aplicaciones críticas para la empresa, y una visibilidad completa en las aplicaciones.

- La distribución agnóstica de canales permite una amplia gama de opciones de conectividad rentables para mezclar y combinar múltiples conexiones de banda ancha (Internet, MPLS, LTE, etc.) para el uso directo de las conexiones públicas a Internet.
- Mediante una consola de panel único, SD-WAN seguro de Fortinet proporciona visibilidad transparente a través de la red y la administración unificada de políticas y control centralizado de la VPN a través de todas las sucursales o ubicaciones remotas.
- FortiOS desarrolla dinámicamente toda la topología de red física y lógica una vez que se activa FortiGate.
- La conectividad con menor costo, la implementación simplificada y la administración centralizada a través de una solución de paquete único para las redes y las operaciones de seguridad, ofrecen hasta un CTP un 50% mejor en comparación con arquitecturas que tienen dispositivos separados de seguridad y redes.

## **6.2 Análisis FODA del sistema propuesto**

### **1. Fortalezas**

- a. Según el cuadrante mágico de Gartner, Fortinet como empresa proveedora de soluciones de ciberseguridad se encuentra en la posición más alta del primer cuadrante.
- b. Bajo costo, a diferencia de otras marcas, en Fortinet no se paga una licencia adicional por el uso de SDWAN, lo que facilita el acceso para su consumidor.

- c. Fortinet provee de acceso público a documentación técnica con casos de uso para cada una de sus soluciones, esto incluye SD-WAN, la misma es llamada “The Fortinet Cookbook”.
- d. Soporte de ingenieros de Fortinet.
- e. Alta experiencia en la implementación de la marca.

## **2. Oportunidades**

- a. Previo a la llegada de la pandemia por el COVID-19 ya existía un amplio mercado de empresas que utilizaban varios enlaces de datos, sin embargo, la misma ha contribuido a que este número aumente al obligar a las empresas que quieran operar a integrarse a la transformación digital.
- b. Continúo uso de las actualizaciones brindadas por el fabricante.

## **3. Debilidades**

- a. Poca cantidad de personal capacitado para la implementación y resolución de problemas de la solución de SDWAN de Fortinet.

## **4. Amenazas**

- a. La competitividad de nuevos competidores que ofrecen una solución similar es alta, por ejemplo, las ofrecidas por CheckPoint y Citrix empresas que se encuentran muy cerca.
- b. Deficiencia en los enlaces de comunicación.

### 6.3 Análisis funcional del sistema

La implementación de SDWAN de Fortinet cuenta con las siguientes funciones:

- Integración de enlaces WAN de diferentes tipos (Fibra óptica, MPLS, 4G/5G, ADSL, VPN).
- Aplicación de políticas de enrutamiento basadas en filtros de usuario/IP e ISDB.
- Generar reportes e indicadores sobre la salud de los enlaces WAN.
- Envío de notificación de cumplimiento de los performances SLA vía correo.

### 6.4 Tecnologías a utilizar

Para la implementación del prototipo se utilizó la tecnología siguiente:

- Fortigate 30E OS: FortiOS 6.2.7

Los NGFW de FortiGate son firewalls de red que funcionan con unidades de procesamiento de seguridad (SPU) especialmente diseñadas, incluido el NP7 (procesador de red 7) más reciente. Permiten la creación de redes impulsadas por la seguridad y son firewalls de red ideales para centros de datos híbridos e hiperescala. (Fortinet, n.d.).

- Internet por fibra óptica.

Por la fibra óptica se transmiten datos mediante pulsos de luz. De esta forma, la fibra hace que Internet sea mucho más veloz, mientras que la velocidad de navegación que se puede conseguir de ADSL es de hasta 30Mb/s, con la fibra óptica se pueden alcanzar velocidades de hasta 1 Gbps, es decir, que con la fibra óptica se disfruta del Internet real que se contrata y no de una velocidad máxima que se puede alcanzar. (Redacción Kelisto, 2018).

- Fortigate virtual OS: FortiOS 6.4.4

FortiGate-VM es un FortiGate con todas las funciones empaquetado como un dispositivo virtual. El dispositivo virtual FortiGate-VM es ideal para monitorear y hacer cumplir el tráfico virtual en plataformas líderes de virtualización, nube y SDN, incluidas VMware vSphere, Hyper-V, Xen, KVM y AWS. FortiGate-VM se puede orquestar en entornos definidos por software para proporcionar servicios de seguridad de red ágiles y elásticos para cargas de trabajo virtuales. (Fortinet, n.d.).

- Internet 4G.

La 4G es la cuarta generación de las tecnologías de telefonía móvil. Este servicio, que sucede directamente a la 3G y a la 3G+, se conoce también como LTE o Long Term Evolution (evolución a largo plazo). Actualmente, la 4G permite alcanzar velocidades teóricas de hasta 150 Mbps de bajada y 75 Mbps de subida. La 4G es ideal para ser utilizada por módems inalámbricos, teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles. (Maugard, 2017).

- Windows 10.

(Microsoft, 2014) afirma que “Windows 10 es el actual sistema operativo desarrollado por Microsoft como parte de la familia de sistemas operativos Windows NT”.

## **6.5 Estructura de la implementación**

Utilizando la tecnología SDWAN en los modelos FortiGate 30E (Físico), Fortigate VM64-KVM (Virtualizado en Azure) y los enlaces de Internet ofrecido por 4 proveedores de servicio fue posible la creación de 4 túneles VPN IPsec formando una topología malla extendida, de esta manera el Fortigate 30E se conecta al Fortigate virtualizado utilizando sus



dos enlaces para cada una de las IP's disponibles en el equipo de destino. Ver Figuras 14 y 15 Apendice C.

En la oficina de CODE S.R.L fue instalado el Fortigate 30E junto a los servicios de Internet de Claro a través de fibra óptica con una velocidad de 50mb de bajada y 20mb de subida y Altice a través de un Flybox LTE CPE B315 con una velocidad de 15mb de bajada y 5mb de subida.

El Fortigate VM64-KVM se encuentra virtualizado en Microsoft Azure donde se adquirió bajo una suscripción con el plan Pay As You Go (PAYG) donde solo se factura mientras el equipo se encuentre encendido y en base a la cantidad de procesadores y memoria RAM asignados, para este caso el equipo cuenta con el dimensionamiento Standard B1ms que incluye 1 vCPU y 2 GiB de memoria RAM. Además de esto el equipo cuenta con dos direcciones IP públicas dinámicas que son renovadas cada vez que el equipo es reiniciado.

## **6.6 Definición de interfaces y tecnología**

En el Fortigate 30E fueron asignadas las interfaces Wan y Lan4 y en el Fortigate VM64-KVM Lan1 y Lan2 respectivamente para la conectividad hacia Internet, las mismas adquieren el direccionamiento de red (IP, Máscara de red y Gateway) a través del protocolo de configuración dinámica de host (DHCP). Ver Figuras 3 y 4 Apéndice C.

Adicional fueron configuradas interfaces Loopback en cada uno de los FortiGates con el objetivo de cumplir el requisito de diseño de los performances SLA para la evaluación de los diferentes túneles VPN. Ver Figura 2 Apéndice C.

## **6.7 Configuración de túneles VPN**

En el Fortigate VM64-KVM fueron configurados 2 túneles por interfaz WAN (Lan1 y Lan2) del tipo Dialup User para recibir las conexiones VPN IPSec desde el Fortigate 30E vía sus dos proveedores de servicios.

## **6.8 Definición de enlaces WAN y Gateway**

El primer paso para la configuración de SDWAN consiste en definir los enlaces WAN y sus gateways, en este caso se procedió a agregar las interfaces WAN de cada Fortigate y solo en el Fortigate 30E los túneles VPN's previamente configurados.

Los gateways en las interfaces fueron definidos de forma automática gracias a que obtuvieron su direccionamiento por DHCP, para el caso de los túneles VPN, no es necesario definir un Gateway.

## **6.9 Definición de reglas**

Se diseñaron reglas en base a las IP's de origen y destino para enrutar el tráfico según sea necesario por VPN o Internet. Asignando los enlaces de mejor calidad a la alta gerencia para asegurar la mejor experiencia de servicio.

## **6.10 Diseño y creación de performance SLA.**

Para la evaluación del desempeño de los enlaces de Internet y VPN fueron configurados Performance SLA's que generan un ping a diferentes destinos, esto con el objetivo de no considerar un enlace fuera de servicio solo por el malfuncionamiento de uno de estos servicios. En el caso de las VPN's se requirió modificar el parámetro de source-IP para que las pruebas de ping puedan encriptarse a través de los diferentes túneles VPN.

## 6.11 Cronograma de actividades para el desarrollo del sistema (en Project)

|    | Nombre de tarea   | Duración | Inicio       | Fin          | P. dec | Responsable  | % Comp | may. '20              | 01 jun. '20               | 08 jun. '20               |
|----|---|----------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
|    |   |          |              |              |        |              |        | m   m   j   v   s   d | l   m   m   j   v   s   d | l   m   m   j   v   s   d |
| 1  | Optimización de enlaces WAN utilizando Software Defined Networks. | 240 días | mi. 29/04/20 | ma. 30/03/21 |        | Onil Jiménez | 91%    |                       |                           |                           |
| 2  | FASE I  | 60 días  | mi. 13/05/20 | lu. 17/08/20 |        | Onil Jiménez | 83%    |                       |                           |                           |
| 3  | Elaborar propuesta según los requerimientos                       | 25 días  | mi. 13/05/20 | ma. 16/06/20 |        | Onil Jiménez | 96%    |                       |                           |                           |
| 4  | Levantamiento de requerimientos                                   | 10 días  | mi. 13/05/20 | ma. 26/05/20 |        | Onil Jiménez | 90%    |                       |                           |                           |
| 5  | Implementación y ajuste de instrumento de                         | 15 días  | mi. 27/05/20 | ma. 16/06/20 | 4      | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 6  | Entrevistas   | 15 días  | mi. 17/06/20 | ma. 07/07/20 | 5      | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 7  | Entrevista a CEO  | 8 días   | mi. 17/06/20 | vi. 26/06/20 |        | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 8  | Entrevista a ISP  | 7 días   | lu. 29/06/20 | ma. 07/07/20 | 7      | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 9  | Propuestas  | 20 días  | ju. 09/07/20 | lu. 17/08/20 | 8      | Onil Jiménez | 50%    |                       |                           |                           |
| 10 | Propuesta de diseño   | 8 días   | ju. 09/07/20 | lu. 20/07/20 |        | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 11 | Presentar propuesta de ante-proyecto                              | 10 días  | ma. 04/08/20 | lu. 17/08/20 | 10     | Onil Jiménez | 10%    |                       |                           |                           |
| 12 | FASE II   | 60 días  | mi. 29/04/20 | vi. 17/07/20 |        | Onil Jiménez | 93%    |                       |                           |                           |
| 13 | Contratación  | 30 días  | mi. 29/04/20 | ma. 09/06/20 |        | Onil Jiménez | 97%    |                       |                           |                           |
| 14 | Implementación de servicios en la nube                            | 15 días  | mi. 29/04/20 | ma. 19/05/20 |        | Onil Jiménez | 93%    |                       |                           |                           |
| 15 | Contratación de proveedores adicionales                           | 15 días  | mi. 20/05/20 | ma. 09/06/20 | 14     | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 16 | Establecer definiciones del proyecto                              | 20 días  | mi. 10/06/20 | ma. 07/07/20 | 15     | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 17 | Definición de interfaces  | 5 días   | mi. 10/06/20 | ma. 16/06/20 |        | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 18 | Definición de enlaces WAN y Gateways                              | 5 días   | mi. 17/06/20 | ma. 23/06/20 | 17     | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 19 | Definición de reglas de SD-WAN                                    | 5 días   | mi. 24/06/20 | ma. 30/06/20 | 18     | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 20 | Definición de reglas de Firewall                                  | 5 días   | mi. 01/07/20 | ma. 07/07/20 | 19     | Onil Jiménez | 100%   |                       |                           |                           |
| 21 | Diseño y configuración  | 10 días  | mi. 08/07/20 | vi. 17/07/20 | 20     | Onil Jiménez | 67%    |                       |                           |                           |
| 22 | Configuración de tuneles VPN                                      | 6 días   | mi. 08/07/20 | mi. 15/07/20 |        | Onil Jiménez | 67%    |                       |                           |                           |

| ID | Nombre de tarea                                 | Duración | Inicio       | Fin          | P. dec | Responsable  | % Comp | ago. '20 |   |   |   |   |   |   | 10 ago. '20 |   |   |   |   |   |   | 17 ago. '20 |   |   |   |  |  |  |  |  |
|----|---|----------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|----------|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|--|--|--|--|--|
|    |   |          |              |              |        |              |        | m        | m | j | v | s | d | l | m           | m | j | v | s | d | l | m           | m | j | v |  |  |  |  |  |
| 22 | Configuración de tuneles VPN                    | 6 días   | mi. 08/07/20 | mi. 15/07/20 |        | Onil Jiménez | 67%    |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 23 | Diseño y creación de performance SLA            | 4 días   | ma. 14/07/20 | vi. 17/07/20 | 22     | Onil Jiménez | 67%    |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 24 | ▾ FASE III                                      | 80 días  | mi. 29/04/20 | ma. 18/08/20 |        | Onil Jiménez | 91%    |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 25 | ▾ Implementación                                | 40 días  | mi. 29/04/20 | vi. 12/06/20 |        | Onil Jiménez | 83%    |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 26 | Plan de Instalación                             | 20 días  | mi. 29/04/20 | ma. 26/05/20 |        | Onil Jiménez | 65%    |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 27 | ✓ Plan de instalación del producto en la        | 20 días  | lu. 18/05/20 | vi. 12/06/20 | 26     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 28 | ✓ ▾ Distribución                                | 8 días   | lu. 15/06/20 | lu. 29/06/20 | 27     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 29 | ✓ Distribuir el producto                        | 4 días   | lu. 15/06/20 | ju. 18/06/20 |        | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 30 | ✓ Instalación del producto                      | 4 días   | mi. 24/06/20 | lu. 29/06/20 | 29     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 31 | ✓ ▾ Operación y Mantenimiento                   | 32 días  | vi. 03/07/20 | ma. 18/08/20 | 30     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 32 | ✓ Operar el sistema                             | 24 días  | vi. 03/07/20 | mi. 05/08/20 |        | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 33 | ✓ Capacitación para el personal                 | 3 días   | vi. 07/08/20 | ma. 11/08/20 | 32     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 34 | ✓ Proporcionar asistencia técnica y consultoría | 2 días   | mi. 12/08/20 | ju. 13/08/20 | 33     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 35 | ✓ Mantenimiento                                 | 3 días   | vi. 14/08/20 | ma. 18/08/20 | 34     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 36 | ✓ ▾ FASE IV                                     | 40 días  | mi. 19/08/20 | ma. 24/11/20 | 35     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 37 | ✓ Monitoreo                                     | 15 días  | mi. 19/08/20 | ma. 08/09/20 |        | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 38 | ✓ Ajustes post instalación                      | 15 días  | ma. 13/10/20 | lu. 02/11/20 | 37     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 39 | ✓ Planificación de contingencias                | 5 días   | mi. 11/11/20 | ma. 17/11/20 | 38     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |
| 40 | ✓ Cierre de proyecto                            | 5 días   | mi. 18/11/20 | ma. 24/11/20 | 39     | Onil Jiménez | 100%   |          |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |   |   |   |             |   |   |   |  |  |  |  |  |

## Conclusiones

Si bien es cierto, el objetivo de la investigación se basó en demostrar las ventajas costo-beneficio que ofrece SDWAN para las empresas, en este caso CODE S.R.L donde luego de haber realizado un levantamiento de los enlaces de conectividad utilizados para el desarrollo de sus operaciones, se pudo identificar que la misma tenía un punto de falla, al no contar con un medio alternativo para mantener la comunicación hacia Internet, principal motor para las operaciones que realizan, debido a que todas las herramientas con las que pueden brindar asistencia a sus clientes requieren de una conexión a Internet. Adicional a esto, el cliente nos expresó la necesidad de conectarse a la nube pública Azure (donde actualmente tiene alojado uno de sus servicios más crítico) de forma segura utilizando VPN's IPSec y lo importante que era asegurar la disponibilidad de esta conexión, es por esto que se diseñó una propuesta donde el cliente contara con los beneficios de seguridad y alta disponibilidad para lograr su objetivo.

Se demostró que podemos configurar múltiples VPN bajo el esquema activo-activo y asegurar que el tráfico destinado al servicio principal que se encuentra en Azure viaje por el enlace de mejor ancho de banda, menor latencia y mayor rendimiento y que cualquier otro tráfico pueda utilizar cualquiera de los demás enlaces que permanecen también activos. También se comprobó que utilizando los servicios base de datos de Internet que provee Fortinet, podemos filtrar aplicaciones como AnyDesk para enrutarlas a través del proveedor preferido y asegurar el buen funcionamiento de la misma.

Para finalizar, el propósito de este proyecto de grado busca presentar la solución de SDWAN de Fortinet como una opción viable para que las medianas y grandes empresas de Santo Domingo puedan hacer uso eficiente de las tecnologías de comunicación combinando las diferentes soluciones para mejorar la gestión de sus enlaces WAN.

## Referencias

- Citrix. (10 de marzo de 2019). *Citrix*. Obtenido de Citrix: <https://www.citrix.com/es-mx/glossary/what-is-software-defined-networking.htm>
- Ecured. (18 de septiembre de 2020). *Ecured*. Obtenido de Ecured: [https://www.ecured.cu/Red\\_de\\_%C3%A1rea\\_extensa\\_\(WAN\)](https://www.ecured.cu/Red_de_%C3%A1rea_extensa_(WAN))
- Laura Díaz-Bravo, U. T.-G.-H. (2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. México: Universidad Autónoma de México.
- TechTarget. (15 de abril de 2019). *TechTarget*. Obtenido de TechTarget: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/WAN-definida-por-software-SD-WAN#:~:text=La%20WAN%20definida%20por%20software,el%20tr%C3%A1fico%20a%20ubicaciones%20remotas.>
- ViaFirma. (03 de octubre de 2020). *ViaFirma*. Obtenido de ViaFirma: <https://www.viafirma.do/firma-electronica-en-republica-dominicana-legal/>
- Espinosa, O. (23 de noviembre de 2019). *Qué es el servicio SD-WAN en las operadoras*. Obtenido de Redezone: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/que-es-sd-wan/>
- Estela Raffino, M. (3 de Julio de 2020). *Red Wan*. Obtenido de Concepto.de: <https://concepto.de/red-wan/>
- Indotel. (2020 de junio de 12). *Indotel emite nuevo reglamento general de acceso a internet*. Obtenido de Indotel: <https://indotel.gob.do/noticias/indotel-emite-nuevo-reglamento-general-de-acceso-a-internet/>

r, j. H. (9 de septiembre de 2017). *¿Qué es SDN?* Obtenido de Ciena:

[https://www.ciena.com.mx/insights/what-is/What-is-SDN\\_es\\_LA.html](https://www.ciena.com.mx/insights/what-is/What-is-SDN_es_LA.html)

Sheymile. (21 de febrero de 2020). *C&W Business lanza la solución que optimiza la*

*conectividad de las empresas*. Obtenido de DiarioDigitalRD:

<https://diariodigital.com.do/2020/02/21/cw-business-lanza-la-solucion-que-optimiza-la-conectividad-de-las-empresas.html>

Dominicana.Gob.do. (2020, Noviembre 15). *Dominicana.Gob.do*. From Dominicana.Gob.do:

<http://dominicana.gob.do/index.php/seguridad-y-delito-electronico>

Espinosa, R. (2017, mayo 13). *BENCHMARKING: qué es, tipos, etapas y ejemplos*. From

Roberto Espinosa: <https://robertoepinosa.es/2017/05/13/benchmarking-que-es-tipos-ejemplos>

Fortinet. (n.d.). *FortiGate-VM Product Demo*. From Fortinet:

<https://www.fortinet.com/demo-center/fortigate-vm-demo>

Fortinet. (n.d.). *Next-Generation Firewall (NGFW)*. From Fortinet:

<https://www.fortinet.com/products/next-generation-firewall>

Galán, J. S. (n.d.). *Presupuesto*. From Economipedia:

<https://economipedia.com/definiciones/presupuesto.html>

Maugard, J. (2017, marzo 9). *Tecnología 4G: guía completa*. From Kill my bill:

<https://www.killmybill.es/tecnologia-4g/>

Microsoft. (2014, septiembre 30). *Microsoft presenta el futuro de Windows*. From Microsoft:

<https://www.microsoft.com/es-xl/news/Microsoft-presenta-el-futuro-de-Windows.aspx>

More, M. (2020, septiembre 2020). *Qué es el Modelo Canvas y cómo aplicarlo a tu negocio.*

From IEBS: <https://www.iebschool.com/blog/que-es-el-modelo-canvas-y-como-aplicarlo-a-tu-negocio-agile-scrum/>

Redacción Kelisto. (2018, septiembre 25). *Cómo elegir la velocidad de fibra óptica que necesitas.* From Kelisto: <https://www.kelisto.es/internet/consejos-y-analisis/como-elegir-la-velocidad-de-fibra-optica-que-necesitas-6158>



## **Glosario de términos**

**MPLS:** Es un estándar IP de conmutación de paquetes del IETF, que trata de proporcionar algunas de las características de las redes orientadas a conexión a las redes no orientadas a conexión.

**Frame Relay:** Es protocolo de red orientado a la tecnología de conmutación de paquetes ofrecido por las compañías telefónicas.

**IPv4:** Es el nombre del protocolo de Internet utilizado actualmente para las direcciones IP de los dominios.

**IPv6:** Es la sexta versión del protocolo que hace posible conectar dispositivos en Internet, identificándolos con una dirección unívoca.

**Backup:** Se refiere a la copia y archivo de datos de la computadora de modo que se puede utilizar para restaurar la información original después de una eventual pérdida de datos.

**Anydesk:** es un programa de software de escritorio remoto desarrollado por Philandro Software GmbH en Stuttgart, Alemania. Provee acceso remoto bidireccional entre computadoras personales y está disponible para todos los sistemas operativos comunes.

**VPN:** Es una tecnología de red de ordenadores que permite una extensión segura de la red de área local sobre una red pública o no controlada como Internet.

**IPSec:** Es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.

**Loopback:** Es una interfaz de red virtual.

**Pay as you Go (PAYG):** Es una modalidad de facturación donde solo se paga lo que se utiliza, en el caso de Azure el tiempo que el dispositivo dura encendido.

**Flybox LTE CPE B315:** Es un Router Huawei B315 que soporta acceso redes 4G-LTE para acceso a Internet de alta velocidad y conexión para línea telefónica de voz sobre 2G, y que además nos permite dar acceso a Internet hasta 32 usuarios.

**FortiOS:** Es el sistema operativo de los equipos Fortinet.

# Apéndice

## Apéndice A Cuestionario para la entrevista

Las siguientes preguntas sean elaboradas con la finalidad de obtener de información de los técnicos que ofrecen soporte y asistencia Informática en los procesos tecnológicos de las distintas empresas, así como de los usuarios externos.

**1. ¿En su empresa, se utiliza usted Internet como herramienta base para el desarrollo de sus operaciones?**

Si.

Con esta interrogante buscamos determinar la existencia de operaciones que utilicen Internet, para poder apreciar la posibilidad de mejorar las conexiones con los procedimientos que detallamos en esta investigación.

**2. Porcentualmente, indique el nivel de dependencia de sus operaciones haciendo uso de Internet: (0%, 25%, 50%, 75%, 100%).**

30%.

Con esta pregunta se desea determinar la proporción de todas las operaciones de comerciales de la empresa utilizan Internet. Esta pregunta es cerrada por el hecho de manejar valores estándares.

**3. ¿Cuenta usted con 2 o más proveedores de servicio de Internet (ISP)?**

No.

Esta cuestionante, se elabora con la finalidad de identificar las características del servicio que le brinda el proveedor de servicio de Internet.

- 4. ¿En caso de solo contar con 1 proveedor de servicios de Internet (ISP), ha considerado la adición de otro?**

No.

Esta pregunta se elabora con la finalidad de identificar la posibilidad de añadir un segundo proveedor de servicios ISP.

- 5. ¿Utiliza SD-WAN en su infraestructura actual?**

No.

Esta Interrogante se redactó para obtener información sobre la existencia de conexiones e infraestructura SD-WAN en las instalaciones de la empresa.

- 6. ¿Posee usted un Firewall de próxima generación u otro equipo que le permita hacer uso de SD-WAN?**

No.

Una vez respondido de forma positiva a la pregunta anterior el propósito es detectar la existencia de Firewall de próxima generación.

- 7. ¿Qué porcentaje aproximado de su presupuesto dedica a la infraestructura tecnológica?**

80%.

El objetivo de esta cuestionante es obtener la proporción del presupuesto que se utiliza para la obtención y mantenimiento de infraestructura Informática.

- 8. Ha experimentado algún inconveniente con el/los servicios de Internet?**

Si.

La finalidad de esta pregunta es obtener información sobre la posibilidad o recurrencia de problemas de conexión.

**9. ¿Con que frecuencia, ha experimentado falla en este tipo de servicio?**

Aleatorio.

El objetivo de esta pregunta es apreciar la frecuencia de fallos en los servicios relacionados a conexiones de Internet.

**10. De haber presentado fallas en el/los servicio/s de Internet, cuanto tiempo ha pasado antes de haberse corregido?**

Pocos minutos, quizá 3 o 4.

El objetivo de esta cuestionante es obtener información sobre la rapidez en la cual se corrigen los fallos una vez han sido identificados o sean presentados.

**11. Porcentualmente indique el impacto que representaría una falla total del servicio de Internet: (25%, 50%, 75%, 100%)**

25%

Con esta pregunta se desea determinar la proporción o impacto de una falla general en los servicios de Internet y de esta forma evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura. Esta pregunta es cerrada por el hecho de manejar valores estándares.

**12. ¿Posee usted un sistema de monitoree sobre la salud de sus enlaces de Internet?**

No.

El objetivo de esta pregunta es analizar la posibilidad de sistemas preventivos. Para mantener en óptimas condiciones la calidad de los enlaces de Internet.

## Apéndice B Tablas del Análisis Financiero

Tabla 3 Modelo Canvas

|  |   |   |   |  |
|--|---|---|---|--|
| <p><b>Socios claves</b></p> <p>La empresa que provee los servicios de Fortinet.</p> <p>Las telefónicas. empresas proveedoras de los servicios de Internet.</p> | <p><b>Actividades claves</b></p> <p>Estructura de costos.<br/>Plan de Marketing.<br/>Consolidación de los Procedimientos.</p> | <p><b>Propuesta de valor</b></p> <p>A Través del uso de la herramienta Fortinet optimizar las conexiones de Internet.</p> | <p><b>Relación con el cliente</b></p> <p>La relación con el cliente es directa.</p> | <p><b>Segmento de clientes</b></p> <p>Empresas que utilicen Internet para sustentar sus operaciones.</p> <p>Empresas con plataformas online.</p> <p>Empresas con tráfico online.</p> |
| <p><b>Estructura de coste</b></p> <p>Pago de Licencia para operación de Fortinet.<br/>Pago de los servicios de las empresas proveedoras de Internet.</p>       | <p><b>Fuentes de Ingreso</b></p> <p>Cobro de planes de afiliación y operación.</p>  |   |   |  |
| <p><b>Recursos claves</b></p> <p>Entrenamiento online NSE4.</p>  | <p><b>Canales</b></p> <p>Medios Digitales<br/>Herramientas de Telecomunicaciones.</p>   |   |   |  |

Fuente Elaborada por el sustentante

Tabla 4

*Presupuesto para la ejecución del proyecto.*

**Presupuesto**

| Tareas   | Horas Trabajadas | Costo Trabajo (RD\$) | Costo Material (RD\$) | Otros (RD\$)  | Total Tarea (RD\$)  |
|--|------------------|----------------------|-----------------------|---------------|---------------------|
| <b>Fase de Investigación</b>                               |                  |                      |                       |               |                     |
| Consulta con maestros y profesionales relaciones           | 3                | \$13,122.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$13,122.00         |
| Consulta con Empresarios                                   | 4                | \$17,496.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$17,496.00         |
| Consulta con empresas proveedoras de Servicios de Internet | 2.5              | \$10,935.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$10,935.00         |
| <b>Subtotal</b>  | <b>9.5</b>       | <b>\$41,553.00</b>   | <b>\$0.00</b>         | <b>\$0.00</b> | <b>\$41,553.00</b>  |
| <b>Fase de Entrenamiento</b>                               |                  |                      |                       |               |                     |
| Recolección de recursos                                    | 0                | \$0.00               | \$0.00                | \$0.00        | \$0.00              |
| Análisis de requerimientos                                 | 5                | \$21,870.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$21,870.00         |
| <b>Subtotal</b>  | <b>5</b>         | <b>\$21,870.00</b>   | <b>\$0.00</b>         | <b>\$0.00</b> | <b>\$21,870.00</b>  |
| <b>Fase de Desarrollo</b>                                  |                  |                      |                       |               |                     |
| Desarrollo del sistema                                     | 20               | \$87,480.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$87,480.00         |
| Pruebas de producción                                      | 10               | \$43,740.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$43,740.00         |
| Pruebas de rendimiento                                     | 10               | \$43,740.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$43,740.00         |
| <b>Subtotal</b>  | <b>40</b>        | <b>\$174,960.00</b>  | <b>\$0.00</b>         | <b>\$0.00</b> | <b>\$174,960.00</b> |
| <b>Otros costos</b>  |                  |                      |                       |               |                     |
| Impresión de entregables                                   | 1                | \$4,374.00           | \$0.00                | \$0.00        | \$4,374.00          |
| Diseño y diagramación del entregable                       | 4                | \$17,496.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$17,496.00         |
| Publicidad   | 5                | \$21,870.00          | \$0.00                | \$0.00        | \$21,870.00         |
| <b>Subtotal</b>  | <b>10</b>        | <b>\$43,740.00</b>   | <b>\$0.00</b>         | <b>\$0.00</b> | <b>\$43,740.00</b>  |
| <b>Subtotales</b>  | <b>64.5</b>      | <b>\$282,123.00</b>  | <b>\$0.00</b>         | <b>\$0.00</b> | <b>\$282,123.00</b> |
| <b>Riesgos (contingencia)</b>                              | <b>10</b>        | <b>\$43,740.00</b>   |                       |               | <b>\$43,740.00</b>  |
| <b>Total (presupuestado)</b>                               | <b>74.5</b>      | <b>\$325,863.00</b>  | <b>\$0.00</b>         | <b>\$0.00</b> | <b>\$325,863.00</b> |

Fuente Elaborada por el sustentante.

Tabla 5  
Estimación de costos por servicios (Valores RD\$ ).

| No. Servicio | Descripción | Dispositivos a utilizar                                     | Costo de Adquisición | Cantidad de horas | Costo X Hora | Costo total de Instalación/Configuración | Costos Extras | Detalles | Comentarios       | Costo total |            |
|--------------|-------------|---|----------------------|-------------------|--------------|--|---------------|----------|-------------------|-------------|------------|
| 1564         | 1           | Instalación y configuración básica Fortigate 30E.           | Fortigate 30E        | 34,992.00         | 50           | 4374                                     | 218,700       | 2041.2   | Incluye cableado. | N/A         | 255,733.20 |
| 1235         | 2           | Instalación y configuración básica Fortigate 30E (sin UTM). | Fortigate 30E        | 34,992.00         | 5            | 4374                                     | 21,870        | 2041.2   | Incluye cableado. | N/A         | 58,903.20  |
| 1456         | 3           | Configuración FortiGate C1.                                 | Fortigate XX         | 0                 | 5            | 4374                                     | 21,870.00     | 0        | N/A               | N/A         | 21,870.00  |
| 4532         | 4           | Configuración FortiGate C2.                                 | Fortigate XX         | 0                 | 10           | 4374                                     | 43,740.00     | 0        | N/A               | N/A         | 43,740.00  |
| 4321         | 5           | Configuración FortiGate C3.                                 | Fortigate XX         | 0                 | 15           | 4374                                     | 65,610.00     | 0        | N/A               | N/A         | 65,610.00  |
| 1213         | 6           | Configuración FortiGate C4.                                 | Fortigate XX         | 0                 | 20           | 4374                                     | 87,480.00     | 0        | N/A               | N/A         | 87,480.00  |
| 2123         | 7           | Resolución de problemas.                                    | Productos Fortinet.  | 0                 | 0            | 4374                                     | 4,374.00      | 0        | N/A               | N/A         | 43,74.00   |

Fuente. Elaborado por el Sustentante

\*Para la conversión de los valores a (RD\$) se utilizó la tasa de 58.32 proporcionada por el Banco central 05/01/2021



Tabla 6

*Estimación de ganancia por cálculo de costos y margen de utilidad. (Valores en RD)*

| Código | No. Servicio | Descripción  | Costo total de adquisición | Margen % Costos | Costo Estimado | Margen % | Margen de Ganancia |
|--------|--------------|--|----------------------------|-----------------|----------------|----------|--------------------|
|        |              | Instalación y configuración                                  |                            |                 |                |          |                    |
| 1564   | 1            | básica. Fortigate 30E.                                       | 255,733.20                 | 0.32            | 81,834.62      | 0.68     | 173,898.58         |
| 1235   | 2            | Instalación y configuración básica. Fortigate 30E (sin UTM). | 58,903.20                  | 0.32            | 18,849.02      | 0.68     | 40,054.18          |
| 1456   | 3            | Configuración FortiGate C1.                                  | 21,870.00                  | 0.32            | 6,998.40       | 0.68     | 14,871.60          |
| 4532   | 4            | Configuración FortiGate C2.                                  | 43,740.00                  | 0.32            | 13,996.80      | 0.68     | 29,743.20          |
| 4321   | 5            | Configuración FortiGate C3.                                  | 65,610.00                  | 0.32            | 20,995.20      | 0.68     | 44,614.80          |
| 1213   | 6            | Configuración FortiGate C4.                                  | 87,480.00                  | 0.32            | 27,993.60      | 0.68     | 59,486.40          |
| 2123   | 7            | Resolución de problemas.                                     | 4,374.00                   | 0.32            | 1,399.68       | 0.68     | 2,974.32           |

Fuente: Elaborado por el sustentante.

\*Para la conversión de los valores a (RD\$) se utilizó la tasa de 58.32 proporcionada por el Banco central 05/01/2021

Tabla 7

Costo Total de Propiedad (Valores RD\$)

| Costos directos                       | Año 1 (Piloto)    | Año 2             | Año 3             | CICLO DE VIDA TCO   | % de COSTO TOTAL |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Hardware                              |                   |                   |                   |                     |                  |
| Fortigate 30E                         | \$ 14,580         |                   | \$ -              | \$ 14,580           | 2%               |
| Componentes de red                    | \$ 2,916          | \$ -              | \$ -              | \$ 2,916            |                  |
| <b>Costo total de hardware</b>        | <b>\$ 17,496</b>  | <b>\$ -</b>       | <b>\$ -</b>       | <b>\$ 17,496</b>    |                  |
| Software                              |                   |                   |                   |                     |                  |
| Licenciamiento (3 años) Fortigate 30E | \$ 16,038         |                   |                   | \$ 16,038           | 56%              |
| Fortigate en Azure                    | \$ 209,952        | \$ 209,952        | \$ 209,952        | \$ 629,856          |                  |
| <b>Costo total de software</b>        | <b>\$ 225,990</b> | <b>\$ 209,952</b> | <b>\$ 209,952</b> | <b>\$ 645,894</b>   |                  |
| Soporte                               |                   |                   |                   |                     |                  |
| Personal de soporte                   | \$ 30,326         | \$ 30,326         | \$ 30,326         | \$ 90,979           | 10%              |
| Entrenamiento al personal             | \$ 23,328         |                   |                   | \$ 23,328           |                  |
| <b>Costo total de soporte</b>         | <b>\$ 53,654</b>  | <b>\$ 30,326</b>  | <b>\$ 30,326</b>  | <b>\$ 114,307</b>   |                  |
| Mantenimiento                         |                   |                   |                   |                     |                  |
| Internet Claro                        | \$ 109,875        | \$ 109,875        | \$ 109,875        | \$ 329,625          | 32%              |
| Internet Flybox Altice                | \$ 11,963         | \$ 11,963         | \$ 11,963         | \$ 35,888           |                  |
| Electricidad Fortigate 30E            | \$ 1,750          | \$ 1,750          | \$ 1,750          | \$ 5,249            |                  |
| <b>Costo total de mantenimiento</b>   | <b>\$ 123,587</b> | <b>\$ 123,587</b> | <b>\$ 123,587</b> | <b>\$ 370,761</b>   |                  |
| <b>Costo Total</b>                    | <b>\$ 420,727</b> | <b>\$ 363,865</b> | <b>\$ 363,865</b> | <b>\$ 1,148,458</b> | <b>100%</b>      |

Fuente: Elaborado por el sustentante.

\*Para la conversión de los valores a (RD\$) se utilizó la tasa de 58.32 proporcionada por el Banco central 05/01/2021

## Apéndice C- Capturas del Sistema

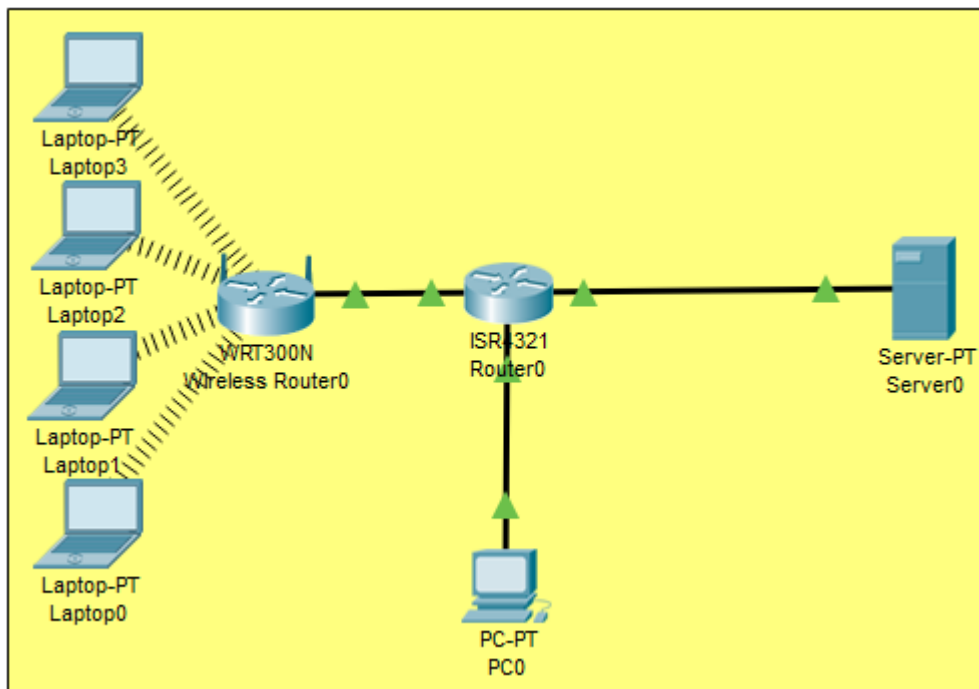






Figura 1: Topología de red anterior de CODE S.R.L.

| Loopback Interface 4 |                    |  |                         |
|----------------------|--------------------|--|-------------------------|
| LB1                  | Loopback Interface |  | 1.1.1.1/255.255.255.255 |
| LB2                  | Loopback Interface |  | 2.2.2.1/255.255.255.255 |
| LB3                  | Loopback Interface |  | 3.3.3.1/255.255.255.0   |
| LB4                  | Loopback Interface |  | 4.4.4.1/255.255.255.255 |

Figura 2: Interfaces de red en Fortigate 30E

|   |   |
|---|---|
| Name  |  ISP Principal (wan) |
| Alias   | <input type="text" value="ISP Principal"/>  |
| Type  |  Physical Interface  |
| Role                 | <input type="text" value="WAN"/>  |
| Estimated bandwidth  | <input type="text" value="0"/> kbps Upstream  |
|   | <input type="text" value="0"/> kbps Downstream  |

---





|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Address                              |  |
| Addressing mode                      | <input type="radio"/> Manual <input checked="" type="radio"/> DHCP <input type="radio"/> PPPoE |
| Status                               |  Connected    |
| Obtained IP/Netmask                  | 10.0.0.192 255.255.255.0 <input type="button" value="Renew"/>                                  |
| Expiry Date                          | 2020/12/26 12:23:42  |
| Acquired DNS                         | 10.0.0.1   |
| Default gateway                      | 10.0.0.1   |
| Retrieve default gateway from server | <input checked="" type="radio"/>   |
| Distance                             | <input type="text" value="5"/>   |
| Override internal DNS                | <input checked="" type="radio"/>   |

Figura 3: Configuración de la interfaz wan principal Fortigate 30E

|  |   |
|--|---|
| Name   |  ISP Secundario (lan4) |
| Alias  | <input type="text" value="ISP Secundario"/>   |
| Type   |  Physical Interface    |
| Role  | <input type="text" value="Undefined"/>  |

---


|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Address                              |  |
| Addressing mode                      | <input type="radio"/> Manual <input checked="" type="radio"/> DHCP <input type="radio"/> PPPoE |
| Status                               |  Connected  |
| Obtained IP/Netmask                  | 192.168.8.101 255.255.255.0 <input type="button" value="Renew"/>                               |
| Expiry Date                          | 2020/12/25 00:23:40  |
| Acquired DNS                         | 192.168.8.1  |
| Default gateway                      | 192.168.8.1  |
| Retrieve default gateway from server | <input checked="" type="radio"/>   |
| Distance                             | <input type="text" value="5"/>   |
| Override internal DNS                | <input checked="" type="radio"/>   |

Figura 4: Configuración de la interfaz wan secundaria Fortigate 30E

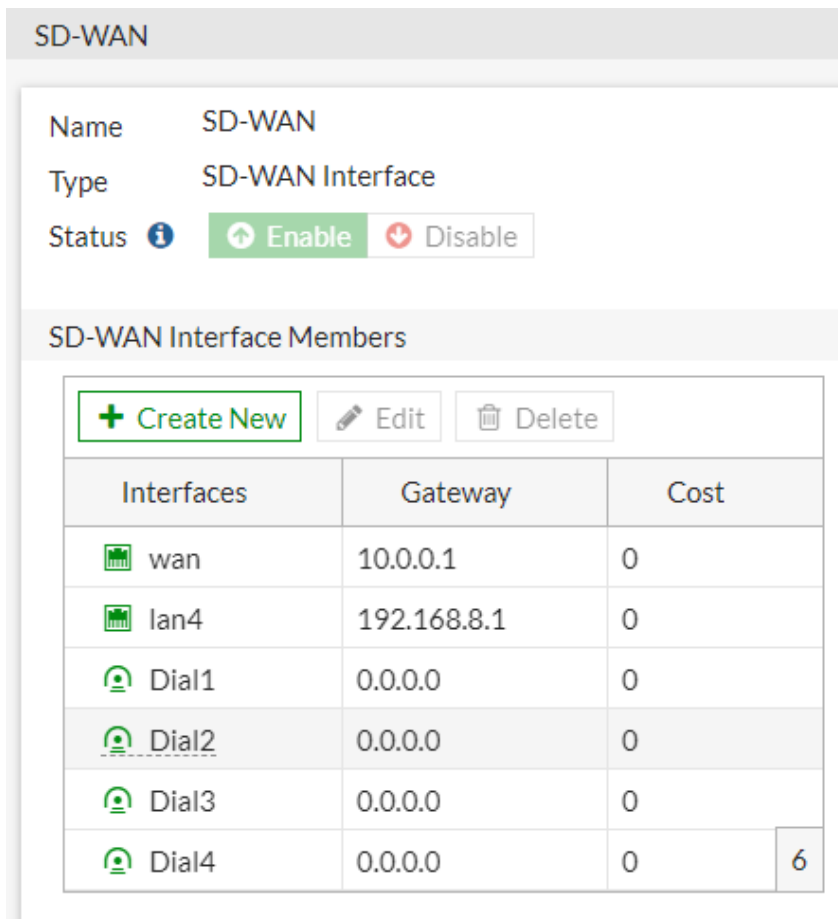


Figura 5: Definición de miembros y Gateways para SDWAN.

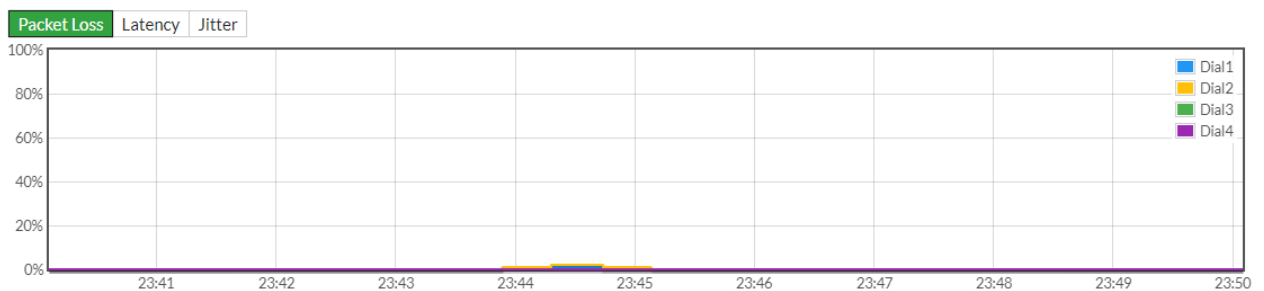


Figura 6: Gráfico de SDWAN de pérdida de paquetes en los enlaces VPN.

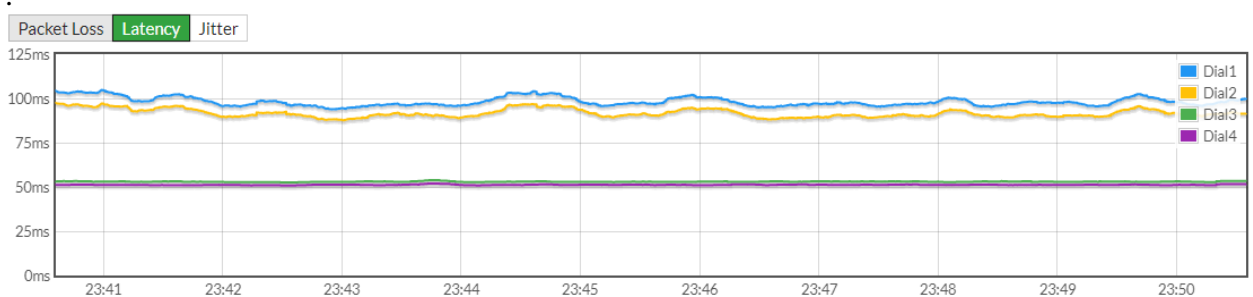


Figura 7: Gráfico de SDWAN de latencia en los enlaces VPN

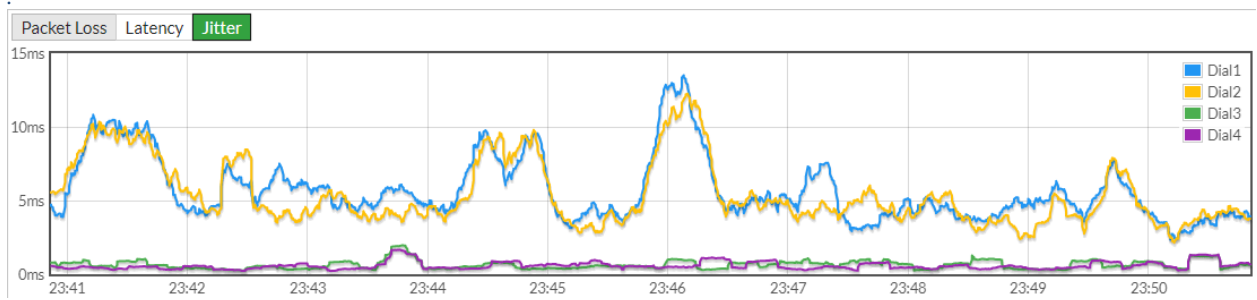


Figura 8: Gráfico de SDWAN de Jitter en los enlaces VPN

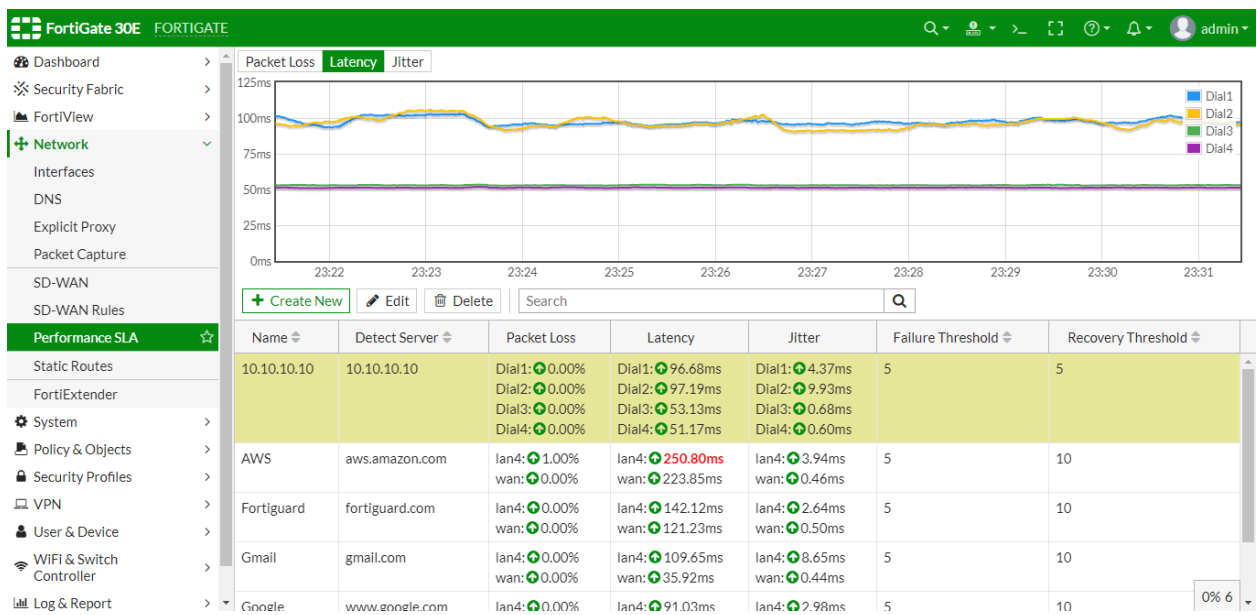


Figura 9: Performance SLA's para enlaces VPN y proveedores de Internet.

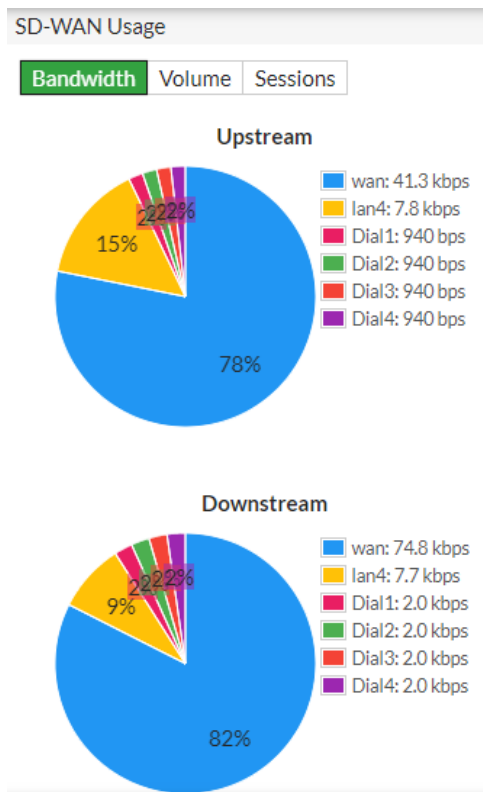


Figura 10: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por ancho de banda por interfaz en Fortigate 30E.

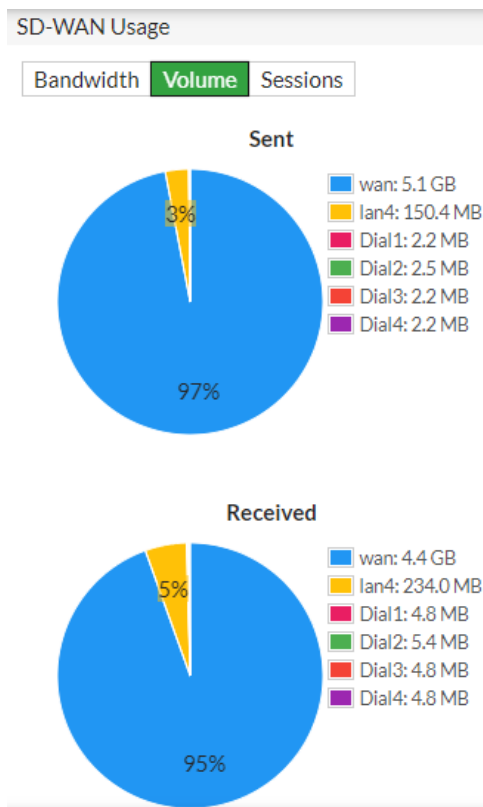


Figura 11: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por volumen por interfaz.

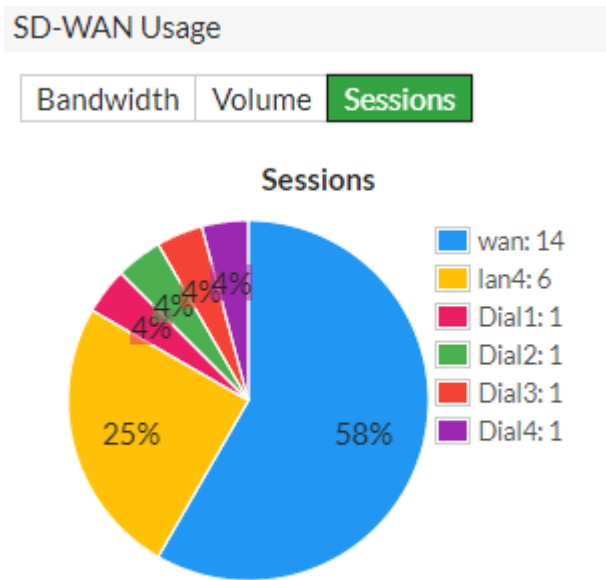


Figura 12: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por sesiones por interfaz

| ID         | Name     | Source | Destination | Criteria | Members                          |
|------------|----------|--------|-------------|----------|----------------------------------|
| IPv4 2     |          |        |             |          |                                  |
| 3          | VPN      | all    | 10.10.10.10 |          | Dial1<br>Dial2<br>Dial3<br>Dial4 |
| 2          | Internet | all    | all         |          | wan<br>lan4                      |
| Implicit 1 |          |        |             |          |                                  |
|            | sd-wan   | all    | all         | Volume   | any                              |

Figura 13: Reglas de enrutamiento SDWAN.

| Name     | Remote Gateway | Peer ID | Incoming Data | Outgoing Data | Phase 1 | Phase 2 Selectors |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------|
| Custom 4 |                |         |               |               |         |                   |
| Dial1    | 40.79.20.96    |         | 4.78 MB       | 2.17 MB       | Dial1   | Dial1             |
| Dial2    | 40.84.51.221   |         | 5.43 MB       | 2.49 MB       | Dial2   | Dial2             |
| Dial3    | 40.79.20.96    |         | 4.86 MB       | 2.21 MB       | Dial3   | Dial3             |
| Dial4    | 40.84.51.221   |         | 4.79 MB       | 2.18 MB       | Dial4   | Dial4             |

Figura 14: Prueba de túneles VPN IPsec activos-activos desde Fortigate 30E.

| Name     | Remote Gateway | Peer ID | Incoming Data | Outgoing Data | Phase 1 | Phase 2 Selectors |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------|
| Custom 4 |                |         |               |               |         |                   |
| Dial1_0  | 181.37.41.239  |         | 4.80 MB       | 2.18 MB       | Dial1_0 | Dial1             |
| Dial1_1  | 190.167.2.16   |         | 4.88 MB       | 2.22 MB       | Dial1_1 | Dial1             |
| Dial2_0  | 190.167.2.16   |         | 4.81 MB       | 2.18 MB       | Dial2_0 | Dial2             |
| Dial2_1  | 181.37.41.239  |         | 5.49 MB       | 2.48 MB       | Dial2_1 | Dial2             |



Figura 15: Prueba de túneles VPN IPsec activos-activos desde Fortigate virtualizado (Azure).

|  | Interfaces       | Gateway  | Cost | Download   | Upload     |
|--|------------------|----------|------|------------|------------|
|  | virtual-wan-link |          |      |            |            |
|  | port1            | 10.0.1.1 | 0    | 34.94 kbps | 39.20 kbps |
|  | port2            | 10.0.1.1 | 0    | 11.96 kbps | 9.80 kbps  |

Figura 16: Uso de Interfaces WAN Fortigate Virtual (Azure).

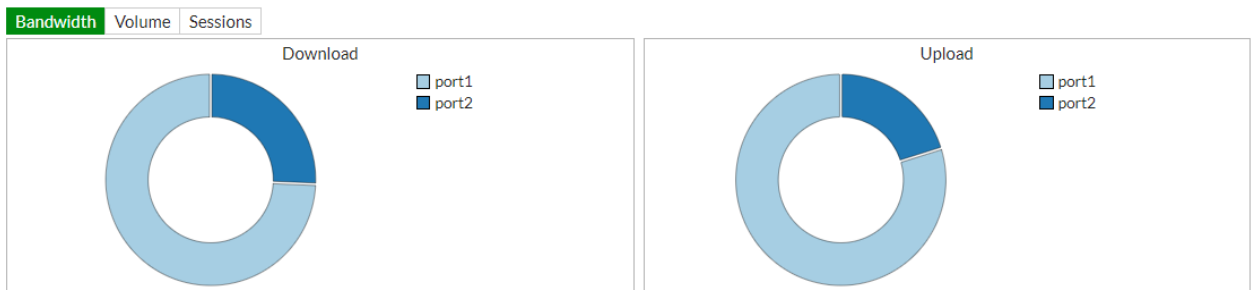


Figura 17: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por ancho de banda por interfaz en Fortigate virtual.

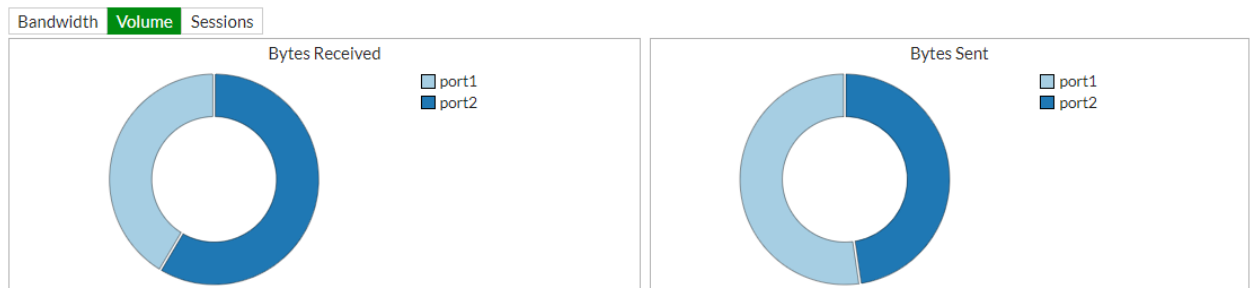


Figura 18: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por volumen por interfaz en Fortigate virtual.

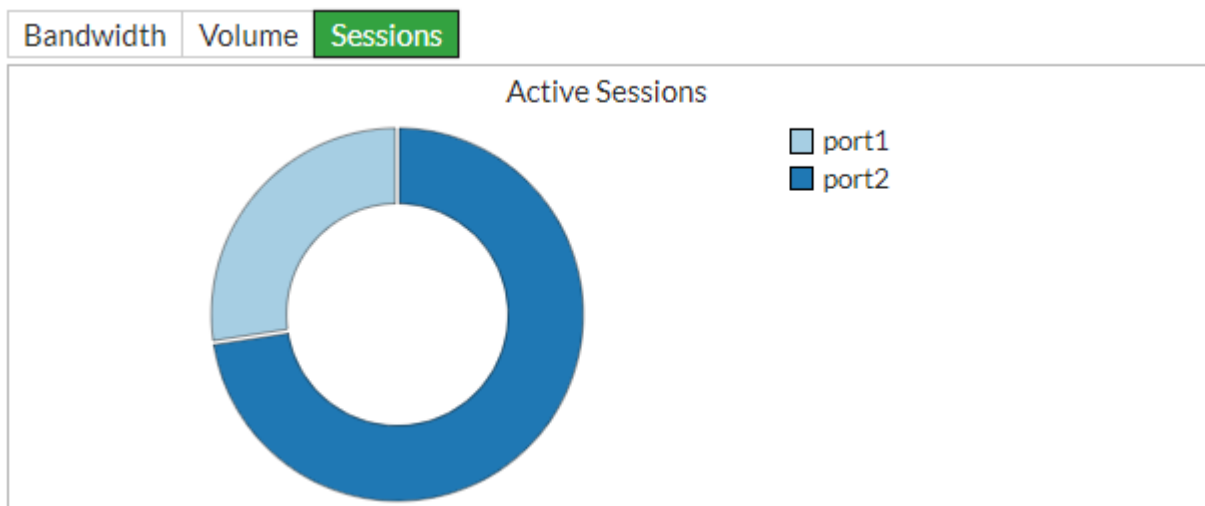


Figura 19: Gráfico tipo pastel del uso de SDWAN por sesiones por interfaz en Fortigate virtual.

Tabla 8  
*Direccionamiento Fortigate VM64-KVM*

|       | Interfaz | IP       | Mascara       | Gateway  |
|-------|----------|----------|---------------|----------|
| ISP 1 | Lan1     | 10.0.1.4 | 255.255.255.0 | 10.0.1.1 |
| ISP 2 | Lan2     | 10.0.1.5 | 255.255.255.0 | 10.0.1.1 |

Tabla 9  
*Direccionamiento Fortigate 30E*

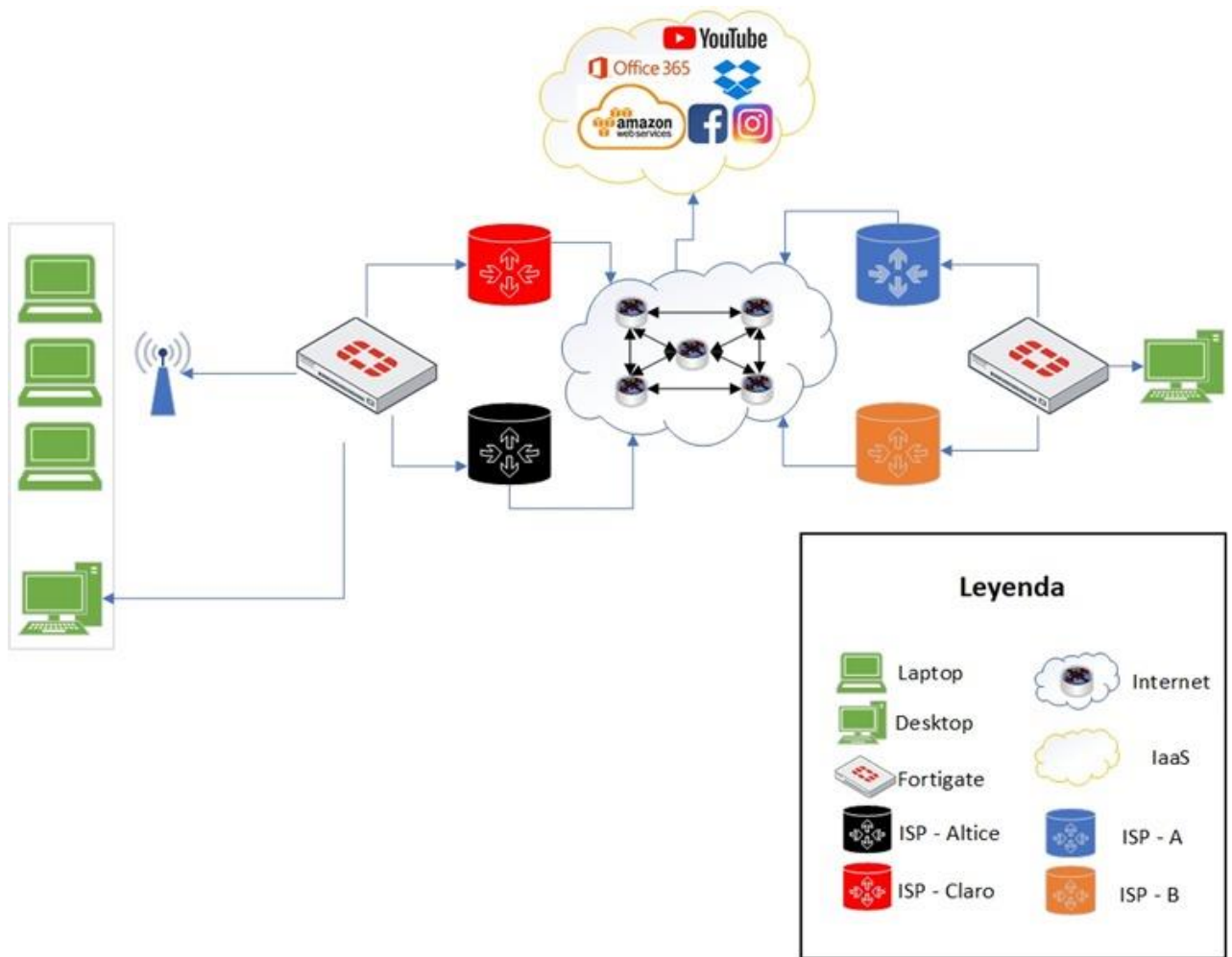
|       | Interfaz | IP            | Mascara       | Gateway     |
|-------|----------|---------------|---------------|-------------|
| ISP 1 | Wan      | 10.0.0.192    | 255.255.255.0 | 10.0.0.1    |
| ISP 2 | Lan4     | 192.168.8.101 | 255.255.255.0 | 192.168.8.1 |

# Anexos

Anexo 1 Cuadrante mágico de Gartner para la Infraestructura de WAN de borde.



Anexo 2 Elemento Innovador 4 conexiones VPN



## **Vita**



### **Onil Jiménez Artiles.**

Nacido en la ciudad de Santo Domingo, R.D., el 31 de diciembre del año 1996. Cursó sus estudios primarios en el colegio Dominicano Español y sus estudios secundarios en el Instituto Técnico Salesiano (ITESA). Egresado del tecnólogo de Redes de la información del Instituto Tecnológico de las Américas (ITLA). Estudiante de término de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la información y comunicación (TIC's). En Materia laboral ha trabajado para las siguientes instituciones: Cooperativa Reservas, Banco BHD León, Newtech, Netsol, Banco de Reservas y actualmente en Banco Popular, cuenta con acreditada experiencia de más de 4 años en Gestión de TI. Laborando y asesorando empresas del sector industrial y de servicios.