



Plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

Technological platform for the data network of Internet service providers companies

Ing. Leonardo Andrés Albornoz Bejarano

Freelance Latin America

leoalbornoz1995@gmail.com

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo proponer una plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet. El mismo estuvo sustentado en las teorías de Desmouceaux (2019), Tawfique y Vejseli (2018), Grijalva (2017), entre otros. La metodología fue de tipo descriptiva y de campo según los criterios de Hernández, Fernández y Baptista (2014), Arias (2012), entre otros; mismos postulados utilizados para la justificación de la población la cual se trata de la misma plataforma tecnológica de las redes de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet en general. Por otro lado, el instrumento de recolección de datos consistió en una entrevista estructurada orientada a expertos en el área de telecomunicaciones. Para el desarrollo procedimental de la investigación, esta se dividió en 5 fases a saber; Fase I: Caracterización de los servicios de las empresas proveedoras de Internet, Fase II: Determinación de los parámetros de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de Internet, Fase III: Diseño de los mecanismos de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de Internet, Fase IV: Selección de los equipos que conformaran la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet y Fase V: Comprobación del funcionamiento de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet. Finalmente, los resultados fueron analizados y posteriormente se hizo la propuesta de la plataforma tecnológica, concluyendo que la mejor propuesta es la conformada por equipos Mimosa y Mikrotik, debido a sus elevados rendimientos resistencia frente al resto.

Palabras claves: Plataforma Tecnológica, Proveedor de Servicios, Radioenlaces, Antenas de Microondas, Internet.

Abstract

The objective of this research work was to propose a technological platform for the data network of Internet service provider companies. It was supported by



the theories of Desmouceaux (2019), Tawfique and Vejseli (2018), Grijalva (2017), among others. The methodology was descriptive and field based according to the criteria of Hernández, Fernández and Baptista (2014), Arias (2012), among others; The same postulates used to justify the population, which is the same technological platform as the data networks of Internet service providers in general. On the other hand, the data collection instrument consisted of a structured interview oriented to experts in the telecommunications area. For the procedural development of the research, it was divided into 5 phases, namely; Phase I: Characterization of the services of Internet provider companies, Phase II: Determination of the parameters of the technological platform for the data network of Internet provider companies, Phase III: Design of the mechanisms of the technological platform for the network of data from Internet provider companies, Phase IV: Selection of the equipment that will make up the technological platform for the data network of Internet service provider companies and Phase V: Verification of the operation of the technological platform for the data network of companies Internet service providers. Finally, the results were analyzed and later the proposal of the technological platform was made, concluding that the best proposal is the one made up of Mimosa and Mikrotik equipment, due to their high-performance resistance compared to the rest.

Keywords: Technology Platform, Service Provider, Radio Links, Microwave Antennas, Internet.

Introducción

El servicio de Internet actualmente ha dejado de ser una necesidad para convertirse en un derecho para toda la población del planeta, siendo imprescindible para las personas en sus vidas cotidianas y para mantenerse conectadas entre sí, cambiando enormemente la forma de desenvolverse del ser humano con su entorno y cada día con una mayor relevancia en el desarrollo de las actividades que se llevan a cabo, incluso contribuyendo con la creación de nuevos puestos de trabajo de manera no presencial.

Desde los años 90, la popularidad del Internet se ha mantenido en auge por tratarse de un tipo de tecnología muy revolucionaria, siempre en constante desarrollo y evolución, logrando integrarse perfectamente en la sociedad y con otras tecnologías actuales, estando prácticamente disponible en todo el planeta. Las grandes empresas han sabido aprovechar este crecimiento del Internet, y la han asimilado dentro de sus infraestructuras, siendo necesaria incluso para la ejecución de muchas estrategias, procesos de comunicación y operaciones dentro de las mismas empresas.

Sin embargo, este rápido crecimiento que ha venido presentando el Internet muchas veces no puede ser mantenido a la par por muchas empresas



proveedores de servicios de Internet, ya que la necesidad de satisfacer requerimientos cada vez mayores y la aparición de más abonados para conectarse al Internet, han ocasionado que muchas de las empresas ya mencionadas no puedan cubrir con las demandas de sus usuarios, y terminen por colapsar sus servicios en un intento por superarlas.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario que las empresas proveedoras de servicios de Internet permanezcan igualmente en crecimiento para cumplir con los servicios que prestan. En la presente investigación, se analizó la situación actual de los proveedores de servicios de Internet en Venezuela para posteriormente proponer una plataforma tecnológica que permita corregir los problemas detectados en las empresas proveedoras de servicios de Internet en el país.

Metodología

La presente investigación se cataloga como descriptiva, ya que el enfoque de la misma es la “especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández et al, 2014), debido a que se busca la caracterización de los servicios y la descripción de los procesos y mecanismos que

se aplican en las plataformas tecnológicas de las empresas proveedoras de servicios de Internet. Por otro lado, la investigación también se clasifica como de campo porque consiste en “la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (Arias, F. 2012), ya que el objeto de estudio es la plataforma tecnológica y solo se limitó a estudiar su funcionamiento bajo su ambiente de operaciones para luego realizar un análisis de los resultados. De igual manera, se recopiló información directamente de las entrevistas para contribuir a la propuesta de la plataforma tecnológica.

Para lograr el objetivo de la investigación, esta fue desarrollada en 5 fases basadas en los criterios del investigador de acuerdo a lo enunciado en los objetivos específicos, los cuales se ajustan a los procedimientos de caracterización, determinación, diseño y selección, para posteriormente elaborar la comprobación de 3 modelos de plataformas tecnológicas, para finalmente realizar un análisis de sus rendimientos y presentar la propuesta definitiva de plataforma tecnológica.

Fase I: Caracterización de los servicios de las empresas proveedoras de Internet



Para llevar a cabo esta fase, se revisaron diversos trabajos de investigación, libros u otros documentos técnicos que pudieran aportar información relevante y de interés para la caracterización de los servicios que ofrecen las empresas proveedoras de internet. A su vez, y similar a Tawfique y Vejseli (2018), se entrevistaron expertos en el área de telecomunicaciones, así como trabajadores de algunas empresas para determinar qué servicios son considerados esenciales, tanto por las mismas empresas como por los abonados, y cuáles pueden ser adicionados al catálogo de una empresa proveedora de Internet.

Fase II: Determinación de los parámetros de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

En esta fase se identificaron los parámetros y requisitos necesarios que se deben tomar en cuenta para el correcto funcionamiento de la plataforma tecnológica utilizada en la red de datos de las empresas proveedoras de servicios de internet, tomando como base a Grijalva (2017). Estos parámetros se determinaron de acuerdo a las características específicas de la red de datos. Se revisaron de igual manera parámetros que complementen el funcionamiento de la plataforma tecnológica. Así mismo, por medio del instrumento de la investigación se realizó la recopilación de información referente a los parámetros para conexiones inalámbricas y cableadas.

Fase III: Diseño de los mecanismos de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

En el desarrollo de esta fase se clasificaron los mecanismos de transmisión de la información en una red de datos, de acuerdo a sus naturalezas físicas o lógicas. Una vez caracterizados, y tomando como referencia a Grijalva (2017), se diseñaron e implementaron los mecanismos más óptimos que garanticen el correcto funcionamiento de la plataforma tecnológica propuesta, y que permitan cumplir con su propósito de manera eficiente, que es la de proveer de servicios de internet.

Fase IV. Selección de los equipos que conformaran la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

Esta fase consistió en la selección de los equipos que integraron la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de internet. Se dividió en dos tipos de selecciones, de acuerdo a la tecnología usada por cada uno, como son la selección de los equipos



pertencientes a la red de datos tales como enrutadores, conmutadores y servidores, y por otro lado la selección de los equipos para la transmisión y radiofrecuencia, como las antenas direccionales y sectoriales.

Fase V. Comprobación del funcionamiento de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet.

En la última fase se comprob   la factibilidad y la rentabilidad de la plataforma propuesta en general, y se evaluaron los beneficios que puede ofrecer con relación a otras estructuras. Se elaboraron una serie de pruebas, como las simulaciones realizadas por Desmouceaux (2019), para ser ejecutadas a tres modelos de plataforma tecnológicas usando diferentes equipos para posteriormente realizar el análisis correspondiente individual y general. Finalmente, y luego del análisis de los resultados se presentó la propuesta definitiva para la plataforma tecnológica.

Análisis de los Resultados

Para cumplir con el propósito de la investigación, que es proponer una plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet, se implementó primeramente las entrevistas orientadas a profesionales del sector de telecomunicaciones, con la finalidad de recopilar información a través de la experticia y conocimiento de los entrevistados para su aporte a cada fase de la investigación. Por seguridad, la identidad de los entrevistados no fue revelada, solo se nombraron simplemente como "Entrevistado", seguido de un número desde el uno hasta el seis. A continuación, se presentan los análisis aplicados a los resultados obtenidos a partir de las entrevistas:

Características de los Proveedores de Servicios de Internet

"Un proveedor de servicios de internet y telecomunicaciones puede utilizar la misma infraestructura con la que provee servicios de internet de banda ancha para ofrecer también servicios de telefonía IP...". (Entrevistado 1)

La mayoría de los participantes respondieron que los proveedores de servicios deben de ofrecer, además del propio Internet, un catálogo variado orientado a diferentes grupos de clientes. Incluso se mencion   la posibilidad de una convergencia de todos los servicios dentro de un mismo proveedor.



“El Internet ha pasado de ser un recurso a un derecho, el derecho a estar conectado, y nunca esta demás realizar una inversión para hacer llegar el Internet hasta donde no ha llegado antes...” (Entrevistado 3)

En cuanto a las razones para iniciarse como un proveedor de servicios de Internet, y los aportes que pueden ofrecer a los profesionales, muchos afirmaron que una de las razones es la necesidad o satisfacción de ofrecer acceso de Internet a localidades donde nunca antes ha existido, aportando las posibilidades de reinventarse y aplicar la lógica.

Parámetros Esenciales en los Proveedores de Servicios de Internet

“Mejorando la eficiencia tanto en su red como la del producto final, que es la experiencia de navegación de los usuarios y minimizando la congestión de la red en el plano de control para la empresa proveedora”. (Entrevistado 6)

Sobre los beneficios que puede ofrecer las implementaciones de diferentes mecanismos de calidad de servicio, como DiffServ, los participantes afirman que pueden ser muy ventajosos para una empresa que utiliza servicios que requieren aplicar categorización y priorización de sus tr ficos entrantes y salientes.

“Todas estas cosas como interferencia lo que llevan es a una pérdida de paquetes y cortes en conexiones cableadas e inalámbricas, trayendo una lentitud considerable en el servicio...” (Entrevistado 5)

Cuando se pregunt  a los entrevistados sobre las consecuencias de presentar alta latencia o interferencias electromagnéticas en la red de datos de un proveedor de servicios, todos estuvieron de acuerdo en que, de alguna u otra manera, todos esos factores se traducen en lentitud, o incluso la interrupción del servicio.

Métodos de Optimización de la Estructura de los Proveedores de Servicios

“Si yo tuviese que escoger una arquitectura, será la de árbol, debido a que no me parece que condicione muchas cosas con respecto a los otros tipos...” (Entrevistado 4)

En relación a las diferentes topologías de red utilizadas más comúnmente por los proveedores de servicios, la gran mayoría prefirió una



topología de estrella por sobre las demás. Sin embargo, la respuesta más destacada fue una donde se explica que la topología de árbol se trata de la más escalable de todas, debido a que no se encuentra tan condicionada en su estructura y funcionamiento a diferencia de las demás opciones.

Equipamiento en los Proveedores de Servicios de Internet.

“Trabajar solo en Capa 2 trae muchas consecuencias limitantes que en Capa 3 se gestionan de forma muy sencilla además que la implementación de ambas conlleva a lograr una empresa con una red altamente gestionable...”
(Entrevistado 2)

Para finalizar las entrevistas, se les cuestionó sobre la conveniencia de utilizar exclusivamente una red de Capa 2 en un proveedor de servicios de Internet, o la implementación de una red que combinase funciones de Capa 2 y 3 juntas, donde la mayoría concordó en que, lo ideal es realizar el diseño de una red de datos que involucre ambas Capas, por todos los beneficios que pueden ofrecer al combinarse las dos, como la disminución del tráfico de difusión usando redes de área local virtuales, o la determinación de las mejores rutas de comunicación hasta los destinos por medio de un enrutamiento dinámico.

Fase I. Caracterización de los servicios de las empresas proveedoras de Internet

En esta primera fase, se caracterizaron los servicios más comúnmente implementados en las empresas proveedoras de servicios, motivos por el cual, se debe primero realizar la descripción del entorno donde se desarrolla la investigación, por lo cual se tomó como modelo de referencia dos modelos de plataformas tecnológicas usadas para ofrecer servicios de internet en Venezuela. Se realizó a continuación, un análisis funcional de cada uno de los modelos.

En primera instancia se menciona, la que denominaremos de ahora en adelante, primera plataforma tecnológica, esta es una red de datos que estaba conformada solo por equipos que operan en la capa 2 del modelo OSI, entre los cuales están los switches, antenas sectoriales y direccionales, la cual posee nodos o radiobases de enlaces vía microondas como únicos medios para interconectar a los usuarios finales con la red de acceso y transporte. El núcleo de la red posee un servidor y no un enrutador, el mismo trabaja con un software de gestión de red, que se utiliza para controlar y distribuir la señal de internet hacia los usuarios.

Es importante destacar, que la plataforma solo contaba con la implementación de redes de área local virtuales (VLAN). Sin embargo, estas funciones no pueden suplir las necesidades que deben ser cubiertas por los protocolos de enrutamiento, debido a que las VLAN son métodos que operan en la capa 2 del modelo OSI y como tal no ofrecen ninguna opción que permita encaminar los paquetes de datos por una ruta determinada hasta un objetivo específico. En la figura 1 se puede observar cómo es en líneas generales la interconexión de la red utilizada por la primera empresa proveedora de servicios de Internet en su plataforma tecnológica.

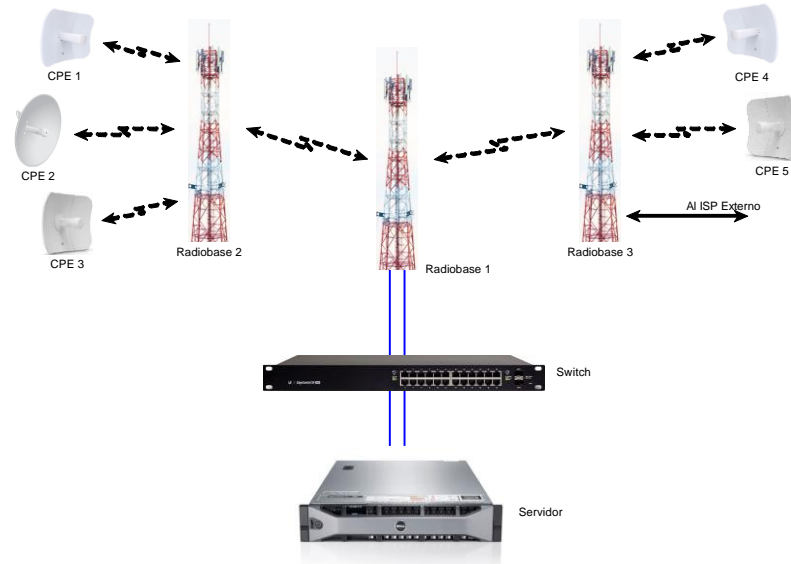


Figura 1. Diagrama de conexión de la primera plataforma
Fuente: Elaboración propia (2021)

Posteriormente, se describió la segunda plataforma tecnológica, la cual presentó una estructura híbrida, pues tiene una parte de su red de datos conformada por enlaces de microondas y por otro lado posee una red de acceso de conexiones por fibra hasta los hogares de los usuarios finales. A diferencia de la primera plataforma, esta sí cuenta con un dispositivo de capa 3, permitiéndole de esta manera administrar mucho mejor los recursos en la red. Sin embargo, solo posee un enrutador en su núcleo para una administración general, mientras que en los nodos de sus enlaces inalámbricos solo se tiene equipos de capa 2.

Esta red posee un único OLT funcionando en conjunto con su enrutador principal para transmitir la señal óptica a través de la red hasta sus usuarios conectados, los cuales reciben la señal directamente a un ONT. Al expandirse cada vez más y adquirir más clientes, la capacidad de la red de datos ha comenzado a tener dificultades para mantener el correcto funcionamiento del

servicio que ofrecen, lo cual se vio incrementado más aun con el ingreso de la fibra óptica como medio de transmisión.

Al tener una mayor demanda las capacidades de los usuarios con fibra óptica, esto ha ocasionado a los usuarios con enlaces de microondas vean afectado el buen rendimiento mantenido hasta ese momento. A continuación, se muestra en la figura 2 el diagrama de interconexión de la segunda plataforma tecnológica, se puede apreciar la sección con equipos inalámbricos en el lado derecho, mientras que en el lado izquierdo se encuentran los equipos de fibra óptica.

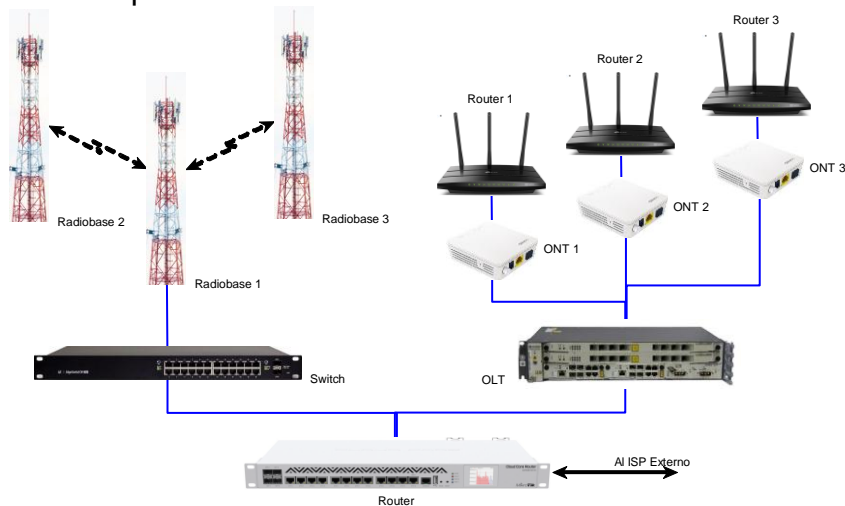


Figura 2. Diagrama de conexión de la primera plataforma
Fuente: Elaboración propia (2021)

Se pudo determinar que sus diseños resultaron ser ineficientes para cumplir con todos los objetivos para los cuales fueron diseñadas en un principio, ya que si bien, en primera instancia pueden parecer sencillas y con bajos costos de implementación, sobre todo para una empresa recién creada o pequeña, eventualmente comenzaron a suscitarse fallas y detectarse deficiencias en el servicio ofrecido como resultado de la expansión de sus actividades y aumento de abonados.

Fase II. Determinación de los parámetros de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

En primer lugar, la población hacia la cual estaría dirigida la plataforma tecnológica es muy variada, desde usuarios residenciales hasta las grandes empresas, y los servicios generalmente van desde acceso a Internet y VoIP hasta servicios más sofisticados como, IPTV y streaming. Debido a la diversidad de estas aplicaciones, la tendencia de los usuarios es la de

consumir una mayor cantidad de ancho de banda. Independiente de los requerimientos específicos para el diseño de la plataforma tecnológica, la red de datos de un proveedor de servicios de Internet debe cumplir con ciertas características para mantener su operatividad, tales características son funcionalidad, escalabilidad, adaptabilidad, gestionabilidad y seguridad

Un requerimiento para la red de datos propuesta en esta investigación es una cobertura que abarque casi en su totalidad a la ciudad de Maracaibo en el Estado Zulia, iniciando con una primera etapa donde se incluyen las parroquias urbanas como lo son Coquivacoa, Juana de Ávila, Olegario Villalobos, Chiquinquirá, Santa Lucía, Bolívar, Cacique Mara, Cristo de Aranza y Manuel Dagnino.

En la actualidad existen muchas tecnologías que ofrecen conexiones inalámbricas de altas velocidades, permitiendo dar acceso a Internet a la diversa variedad de usuarios por medio de enlaces de microondas punto a punto (PTP) o con enlaces de microondas PTMP, trabajando en una banda libre o licenciada. En el caso de la propuesta de esta investigación, se plantea utilizar la banda de frecuencia desde la 4.9 GHz hasta la 6.4 GHz.

La propuesta de la plataforma tecnológica esta dimensionada para que soporte en su inicio al menos 500 usuarios conectados a la red de datos. Por la gran cantidad de usuarios, es sumamente importante determinar la cantidad de ancho de banda que será asignado a los clientes dependiendo a que grupo pertenezcan. Para el caso de la presente propuesta, se estimaron unos valores estándares ofertados para los usuarios residenciales y empresariales que se ven reflejados en el cuadro 1 a continuación:

Cuadro 1. Planes para el servicio de Internet de banda ancha

Usuarios	Plan de Bajada/Subida (Mbit/s)
Residenciales	3 Mb y 0.75 Mb
	4 Mb y 1 Mb
	8 Mb y 2 Mb
	12 Mb y 3 Mb
	20 Mb y 8 Mb
Empresariales	4 Mb y 1 Mb
	6 Mb y 2 Mb
	10 Mb y 4 Mb
	20 Mb y 8 Mb
	30 Mb y 12 Mb

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Analizando el cuadro 1 se puede concluir que, no necesariamente todos los abonados contratarán el mismo plan, ni se conectarán a la misma hora o consumirán en el mismo ancho de banda en un momento dado, pero en un escenario donde los 500 abonados predichos se conecten al mismo tiempo usando el plan de 20 Mbit/s, eso generaría un tráfico en toda la red de 10 Gbit/s.

Fase III. Diseño de los mecanismos de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

Finalizada la definición de los requerimientos de la red de datos para empresas proveedoras de servicios, se desarrolló el procedimiento para definir la topología de red adecuada. Por lo cual, se elaboró una comparación de tres de las topologías de red más utilizadas por este tipo de proveedores antes de presentar el diseño de los mecanismos con los cuales funcionará la plataforma. A continuación, se muestra en el cuadro 2 la comparación entre topología:

Cuadro 2. Comparación de topologías de red

Topología	Ventajas	Desventajas
Malla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resistente a fallas. 2. Mejor gestión de tráfico. 3. Fácil escalabilidad. 4. Alta redundancia. 5. Mayor seguridad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Configuración inicial complicada. 2. Mayor carga de trabajo. 3. Mayor consumo de energía. 4. Muy costosa.
Estrella Extendida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limita impacto de fallas. 2. Gestión centralizada. 3. Fácil administración y mantenimiento. 4. Alto rendimiento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dependencia del dispositivo central. 2. Cuellos de botella.
Árbol	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altamente flexible. 2. Monitoreo centralizado. 3. Fácil detección de errores. 4. Mejor acceso a la red. 5. Reduce el tráfico 6. Los equipos de una rama no se ven 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Punto de falla único. 2. Difícil de configurar.



	afectados si falla una rama vecina.	
--	-------------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se pudo observar en la tabla comparativa, la topología que ofrece una mayor de beneficios para la red se trata de la topología árbol por lo cual se seleccionó este tipo de red para ser aplicado en el diseño de la propuesta. Este tipo de diseño se eligió por encima de las demás por ofrecer una mayor facilidad al momento de detectar una falla dentro de la red. El diseño que se propone para los proveedores de servicios de Internet consiste de una red hibrida que involucran tecnologías cableados e inalámbricas. Esta solución se propone, no solo para facilitar el acceso a la red de parte de los clientes, sino también como una arquitectura de costos relativamente bajos y con la posibilidad de aumentar el alcance de la red a futuro sin realizar mayores modificaciones. Teniendo esto en cuenta, la infraestructura propuesta de la red de datos de un proveedor de servicios se divide en:

- Red troncal o backbone del proveedor de Internet, para garantizar la conexión del área de Maracaibo con el resto del mundo
- Red núcleo del ISP, donde est n ubicados los equipos de borde y de gestión principal.
- Red de transporte del ISP, encargada de transmitir la señal de Internet hasta la red de concentración por medio de enlaces punto a punto.
- Red de concentración, donde se interconectan los enlaces punto a multipunto y gestionar al acceso al Internet.
- Red de acceso o última milla, para entregar la señal de Internet a los usuarios finales.

Para finalizar esta fase, es necesaria la presentación del direccionamiento lógico que se configuró en cada sección y elemento de la red de datos para la plataforma tecnológica. En el cuadro 3 presentada a continuación, se puede observar la asignación de las direcciones IP a las diferentes redes y subredes de la plataforma tecnológica:

Cuadro 3. Direccionamiento IP

Nombre	Red	Subredes	Descripción
Red Principal	10.10.0.0/30	10.10.0.1 - 10.10.0.2/30	Conexión Borde - Gestión
Red de Gestión	10.90.0.0/26	10.90.0.1/26	Conexión Gestión - Servidores
		10.90.0.2 - 10.90.0.11/26	Reservada para Servidores
		10.90.0.12 - 10.90.0.63/26	Estaciones de trabajo



Red de Torre 77	10.10.1.0/30	10.10.1.1 - 10.10.1.2/30	Enlace a Torre 77
Red de Las Aves	10.10.2.0/30	10.10.2.1 - 10.10.2.2/30	Enlace a Las Aves
Red de Alejandra Sofia	10.10.3.0/30	10.10.3.1 - 10.10.3.2/30	Enlace a Alejandra Sofia
Red de Madre Rafols	10.10.4.0/30	10.10.4.1 - 10.10.4.2/30	Enlace a Madre Rafols
Red de General del Sur	10.10.5.0/30	10.10.5.1 - 10.10.5.2/30	Enlace a General del Sur
Red de Acceso de Torre 77	172.16.0.0/24	172.16.0.1/24	Router Torre 77
		172.16.0.2 - 172.16.0.254/24	Abonados de Torre 77
Red de Acceso de Las Aves	172.16.6.0/24	172.16.6.1/24	Router Las Aves
		172.16.6.2 - 172.16.6.254/24	Abonados de Las Aves
Red de Acceso de Alejandra Sofia	172.16.12.0/24	172.16.12.1/24	Router Alejandra Sofia
		172.16.12.2 - 172.16.12.254/24	Abonados de Alejandra Sofia
Red de Acceso de Madre Rafols	172.16.18.0/24	172.16.18.1/24	Router Madre Rafols
		172.16.18.2 - 172.16.18.254/24	Abonados de Madre Rafols
Red de Acceso de General del Sur	172.16.24.0/24	172.16.24.1/24	Router General del Sur
		172.16.24.2 - 172.16.24.254/24	Abonados de General del Sur
Red del Proveedor Internacional	209.165.200.0/30	209.165.200.1 - 209.165.200.2/30	Conexión ISP - Internet
Red hacia Internet	209.165.201.0/30	209.165.201.1 - 209.165.201.2/30	Conexión a DNS (Simulado)
Pool de IP Publicas	201.218.190.0/23	201.218.190.1 - 201.218.191.254/23	Direcciones IP para asignación

Fuente: Elaboración propia (2021)

Fase IV. Selección de los equipos que conformaran la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet

Para la selección de hardware, y de acuerdo a diversos criterios fundamentales se tomaron en cuenta tres alternativas pertenecientes a diferentes marcas y que son altamente recomendados para una implementación en una empresa proveedora de servicios de Internet. En el cuadro 4 se puede observar la comparación entre las tres marcas propuestas, Mikrotik, Cisco y Juniper, en los cuales se les asignó un valor de acuerdo al

cumplimiento de los criterios seleccionados para la elección del enrutador a emplear en la propuesta:

Cuadro 4. Selección de los enrutadores

Parametros de Seleccion		Alternativas		
Caracteristicas	Criterio	Mikrotik	Cisco	Juniper
Funcionalidad	Configuracion de protocolos de enrutamiento, NAT, VLAN y DHCP	100	100	100
Compatibilidad	Soporte con otras tecnologias y mecanismos	100	100	100
Flexibilidad	Facil instalacion	90	100	80
Disponibilidad	Accesibilidad en el mercado	100	70	50
Escalabilidad	Capacidad de crecimiento	100	100	90
Costo	Segun su precio de adquisicion	90	60	50
Promedio Total:		96,67	88,33	78,33

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la selección de routers, la marca Mikrotik fue la seleccionada, principalmente por ser más accesible y económica que los otros, pero igual o quizás más eficiente. Es importante destacar, que al igual que para los enrutadores, la selección de los conmutadores se realizó teniendo en cuenta varios aspectos, como la adquisición y los costos, y se tomaron equipos pertenecientes a las marcas Cisco, Mikrotik y Juniper como las posibles y diferentes opciones a tomar cuenta para la presente propuesta de plataforma tecnológica. En el cuadro 5 se puede observar la comparación de los equipos:

Cuadro 5. Selección de los conmutadores

Parametros de Seleccion		Alternativas		
Caracteristicas	Criterio	Mikrotik	Cisco	Juniper
Funcionalidad	Configuracion de VLAN y capacidades de Capa 3	100	100	100
Compatibilidad	Soporte con otras tecnologias y mecanismos	100	100	100
Flexibilidad	Facil instalacion	100	100	100
Disponibilidad	Accesibilidad en el mercado	100	80	50
Escalabilidad	Capacidad de crecimiento	100	100	100
Costo	Segun su precio de adquisicion	90	40	10
Promedio Total:		98,33	86,17	76,67

Fuente: Elaboración propia (2021)

Nuevamente, la marca Mikrotik sobresale en la selección de los switches, esta vez la decisión fue definitiva debido al costo, ya que se trataba del único modelo por debajo de 200 \$, en comparación a los otros dos con más de 1000 \$ en el costo. Al momento de elegir el servidor, se debieron tomar varias características, como lo son rendimiento, escalabilidad y flexibilidad, pues se tratan de equipos que deben permanecer activos la mayor parte del tiempo. Las alternativas que se tomaron en cuenta para esta elección fueron las marcas Dell y HP. En el cuadro 6 se muestra la comparación de estas dos marcas:

Cuadro 6. Selección de servidor

Parametros de Seleccion		Alternativas	
Caracteristicas	Criterio	Dell	HP
Rendimiento	Memoria, discos duros y procesador	100	100
Compatibilidad	Soporte con otras tecnologías y mecanismos	100	100
Flexibilidad	Facil instalacion	100	100
Disponibilidad	Accesibilidad en el mercado	100	80
Escalabilidad	Capacidad de crecimiento	100	100
Costo	Segun su precio de adquisicion	80	70
Promedio Total:		96,67	95

Fuente: Elaboración propia (2021)

Los puntos decisivos en este caso, fueron la disponibilidad en el mercado y el costo de adquisición, puesto que el primer modelo costaba 1540.85 \$ mientras que el segundo modelo costaba 1649.99 \$, y al no requerirse una cantidad excesiva de almacenamiento, la opción que predominó fue la marca Dell. Para esta investigación se tomaron en cuenta tres marcas destacadas en el área de telecomunicaciones como lo son Ubiquiti, Mimosa y Cambium, las cuales son compatibles con el estándar 802.11n y además son de las marcas más accesibles. En el cuadro 7 se puede detallar la comparación realizada a las tres marcas de acuerdo a los criterios seleccionados.

Cuadro 7. Selección de antenas de microondas

Parametros de Seleccion		Alternativas		
Caracteristicas	Criterio	Ubiquiti	Mimosa	Cambium
Funcionalidad	Capacidad para transportar grandes cantidades de datos	90	100	90
Compatibilidad	Soporte con otras tecnologias y mecanismos	100	100	100
Tolerancia	Resistencia ante fallas	70	100	100
Flexibilidad	Facil instalacion	100	100	80
Vida util	Tiempo funcional antes de hacer mantenimiento o sustitucion	70	100	100
Disponibilidad	Accesibilidad en el mercado	100	90	50
Escalabilidad	Capacidad de crecimiento	100	100	100
Costo	Segun su precio de adquisicion	90	80	10
Promedio Total:		90	96,25	78,75

Fuente: Elaboración propia (2021)

En el cuadro 7 se pudo detallar unas características para cada marca de antena que les ofrece cierta ventaja sobre las otras, pero debido al requerimiento de transportar una gran cantidad de datos a través de la red, la marca Mimosa fue la seleccionada para ser utilizada en la propuesta de la plataforma tecnológica. Para mantener protegida la plataforma tecnológica contra fallas ocasionadas por fluctuaciones o cortes eléctricos, se propone la implementación de un sistema de respaldo conformado por baterías, paneles solares e inversores de corriente. En el cuadro 8 se muestra una comparación entre tres tipos de baterías y que normalmente se suelen usar en estos sistemas de respaldo:

Cuadro 8. Selección de baterías

Parametros de Seleccion		Alternativas		
Caracteristicas	Criterio	Plomo Acido	Gel	Ion Litio
Funcionalidad	Autonomia y tiempo de carga	80	90	100
Compatibilidad	Soporte con otras tecnologias y mecanismos	100	100	100
Tolerancia	Resistencia ante fallas	80	100	100
Flexibilidad	Facil instalacion	100	100	100
Vida util	Tiempo funcional antes de hacer mantenimiento o sustitucion	70	100	100
Disponibilidad	Accesibilidad en el mercado	100	90	85
Escalabilidad	Capacidad de crecimiento	100	100	100
Costo	Segun su precio de adquisicion	70	65	90
Promedio Total:		87,5	93,13	96,88

Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se pudo apreciar en la tabla 6, la batería de Ion Litio fue la más destacada de los tres tipos debido principalmente a su mejor tiempo de carga y la autonomía que le puede ofrecer al sistema. Sin embargo, este tipo de batería no es tan disponible como las demás, pero se compensa al presentar un precio más accesible. Este sistema de respaldo se planteó para ser implementado en la sede principal, así como en las demás radiobases debido a la grave situación eléctrica que se ha presentado en Maracaibo desde hace varios años.

Fase V. Comprobación del funcionamiento de la plataforma tecnológica para la red de datos de empresas proveedoras de servicios de Internet.

Para el desarrollo de esta fase se decidió dividirla en dos partes. La primera parte consistió de tres propuestas que involucraron la prueba de simulación de los enlaces punto a punto y punto a multipunto, utilizando radios de microondas, antenas direccionales y sectoriales de las 3 marcas presentadas en la fase previa. La segunda parte de la presente fase consiste de una simulación con los enrutadores y conmutadores que se utilizaron en la propuesta. Es importante señalar, que la justificación para realizar la simulación del diseño de manera separada, se debe a la falta de un programa de simulación que integre todos los elementos necesarios que se evaluaron en esta investigación, específicamente en función de los equipos y marcas que se seleccionaron en la fase anterior en esta investigación. En la figura 6, se muestra detalladamente la conformación del primer escenario de prueba de radioenlaces, realizada con la herramienta airLink de Ubiquiti.

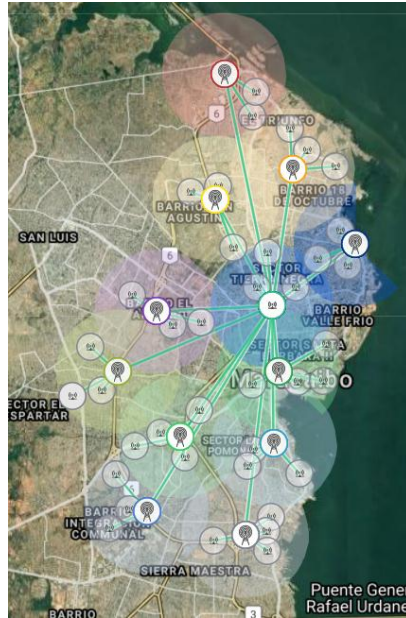


Figura 6. Primera propuesta (Ubiquiti)
Fuente: Elaboración propia (2021)

Para la primera propuesta se escogieron equipos de la marca Ubiquiti. Los enlaces PTP están conformados por radios airFiber 5XHD, mientras que para los enlaces PTMP se utilizaron radios Rocket Prism AC Gen2 y LiteAP AC. Para las antenas de los usuarios finales, se escogió el modelo LiteBeam 5AC Gen2 para distancias menores a 1 km y antenas PowerBeam 5AC Gen2 para distancias mayores a 1 km. Es importante destacar, que esta propuesta contempló el uso de 12 radiobases para cubrir casi en su totalidad el área urbana de Maracaibo. La simulación de uno de los enlaces se puede observar en la figura 7.

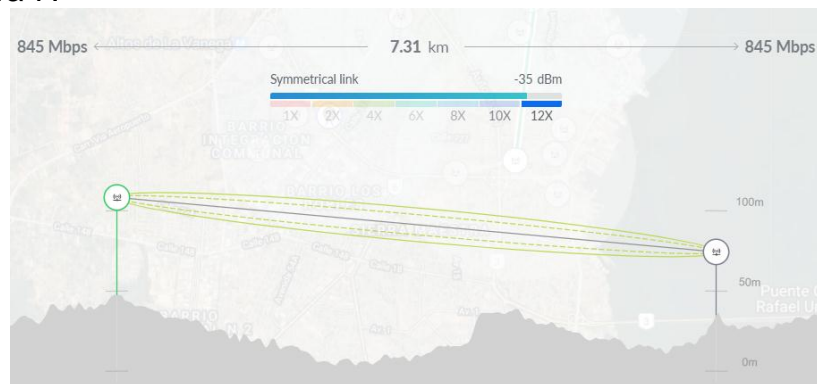


Figura 7. Simulación de enlace punto a punto (Ubiquiti)
Fuente: Elaboración propia (2021)

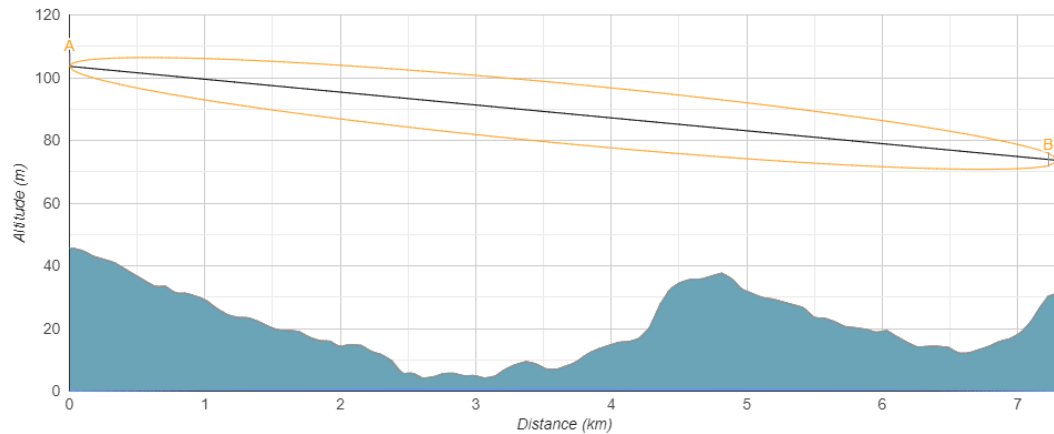


Figura 10. Simulación de enlace punto a punto (Mimosa)
Fuente: Elaboración propia (2021)

Para los enlaces PTMP, se utilizaron los radios C5x por su compatibilidad con diferentes modelos de antenas de Mimosa. Para esta propuesta se contempló usar antenas de 16 dBi para cortas distancias y de 25 dBi a partir de medias distancias. Una desventaja es que no muestra cuanto es la capacidad, limitándose solo a indicar de cuanto debería ser la antena del abonado para poder tener una conexión óptima. Sin embargo, según las características técnicas del dispositivo, en teoría puede transportar hasta 500 Mbps por abonado y si se asume un 30% menos de lo especificado eso daría una capacidad de 340 Mbps para cada abonado. En la figura 14 se puede observar uno de los enlaces punto a multipunto.

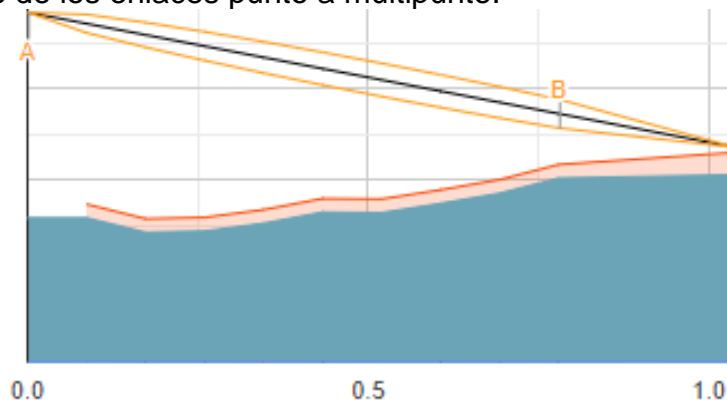


Figura 11. Simulación de enlace punto a multipunto (Mimosa)
Fuente: Elaboración propia (2021)

La tercera y última propuesta utilizó el simulador LINKPlanner, y compartió algunas características de la propuesta anterior, como lo son la ubicación de las radiobases, y al igual que esta última también se usaron seis

antenas sectoriales. En la figura 12 se puede detallar la ubicación de las radiobases y sus áreas de cobertura.

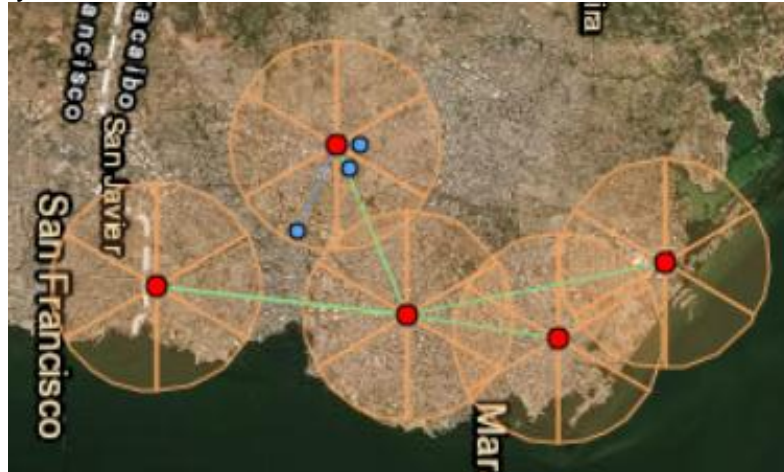


Figura 12. Tercera propuesta (Cambium)
Fuente: Elaboración propia (2021)

Para la elaboración de los enlaces PTP se tuvo a la disponibilidad una amplia variedad de productos para poder realizar la simulación de los enlaces, pero al final se determinó que el modelo PTP1820S (Wide) con antena de 34.8 dBi sería el equipo a utilizar debido a que era el que más capacidad ofrecía con un canal de 80 MHz, con 674.93 Mbps para cada enlace PTP. En la figura 13 se puede apreciar la simulación de uno de los enlaces punto a punto.

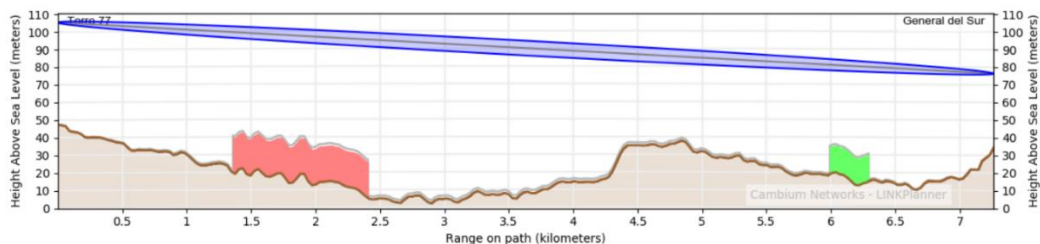


Figura 13. Simulación de enlace punto a punto (Cambium)
Fuente: Elaboración propia (2021)

Para la simulación de los enlaces punto a multipunto se utilizaron seis radios ePMP 3000 por radiobase en conjunto con antenas sectoriales ePMP 4x4 MU-MIMO Dual Horn Antenna de 60° para un total de 30 enlaces punto a multipunto en la red de datos, mientras que para los equipos terminales se emplearon radios ePMP Force 190 con sus antenas de 21.6 dBi. Aquellos usuarios finales encontrados dentro de un rango de distancia corta (a partir de 300 metros) hasta una distancia intermedia obtuvieron una capacidad de 276.33 Mbps, mientras que aquellos equipos terminales que se encontraban

más allá de 1.5 km obtuvieron una capacidad de 229.23 Mbps. En las figuras 14 y 15 se puede apreciar la simulación de dos de estos enlaces punto a multipunto donde se aprecian estas capacidades mencionadas.

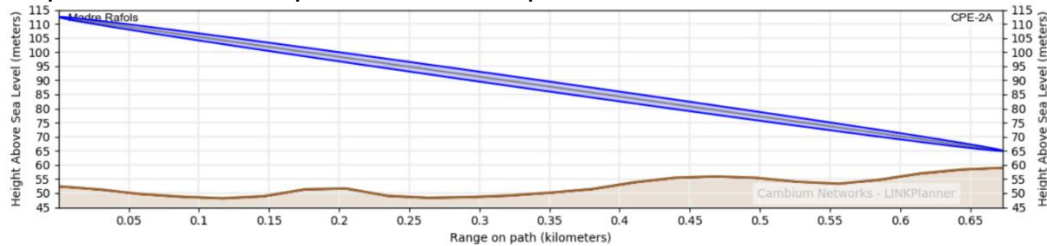


Figura 14. Simulación de enlace punto a multipunto con 276.33 Mbps (Cambium)

Fuente: Elaboración propia (2021)

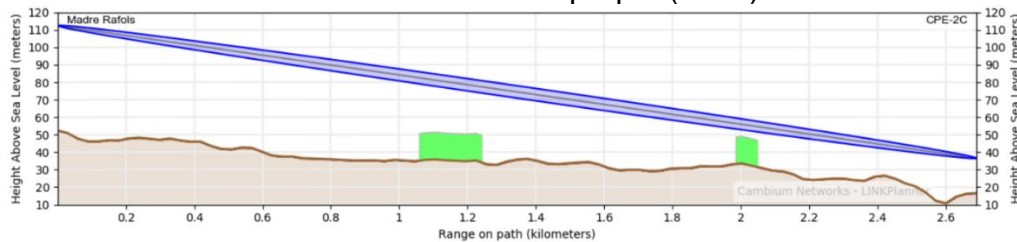


Figura 15. Simulación de enlace punto a multipunto con 229.23 Mbps (Cambium)

Fuente: Elaboración propia (2021)

En el análisis de las diferentes propuestas se pudo determinar que la más accesible es la propuesta de Ubiquiti, debido al bajo costo unitario de los equipos utilizados, así como la alta disponibilidad de sus productos en el mercado. No obstante, esta propuesta requiere de una gran cantidad de equipos en general. Por otro lado, la propuesta de Mimosa es la que representa de manera más acertada el funcionamiento de los radioenlaces en la realidad. El rendimiento de los equipos de Mimosa fue el más alto de las tres propuestas, además de presentar un buen nivel de detalle en la configuración de los equipos. A pesar de poseer los costos un poco más elevados comparado con Ubiquiti, esto se compensa con el hecho de necesitar emplear una menor cantidad de equipos. Finalmente, la propuesta de Cambium ofrece las mayores posibilidades de ajuste en los parámetros de cada uno de los equipos de tal manera que se puedan adaptar a cualquier escenario, sin mencionar la gran variedad de equipos a disposición y la alta durabilidad de estos. Sin embargo, el rendimiento tanto de los enlaces punto a punto como los punto a multipunto no fue el esperado al inicio, debido a unas capacidades muchas menores comparadas con las obtenidas en la propuesta de Ubiquiti.

En concordancia a lo anteriormente descrito, se muestra la validación de la segunda parte sugerida en esta fase, referida a la simulación de los dispositivos enrutadores, conmutadores y servidores, la misma se llevó a cabo usando el simulador Packet Tracer de Cisco. La elección de este programa se basó en el hecho de que no muchos simuladores tienen la posibilidad de usar dispositivos fuera del fabricante del programa. En esta última simulación, se implementaron las diferentes configuraciones y mecanismos para comprobar el funcionamiento cuando se aplican los equipos montados en la simulación mostrada en la figura 16.

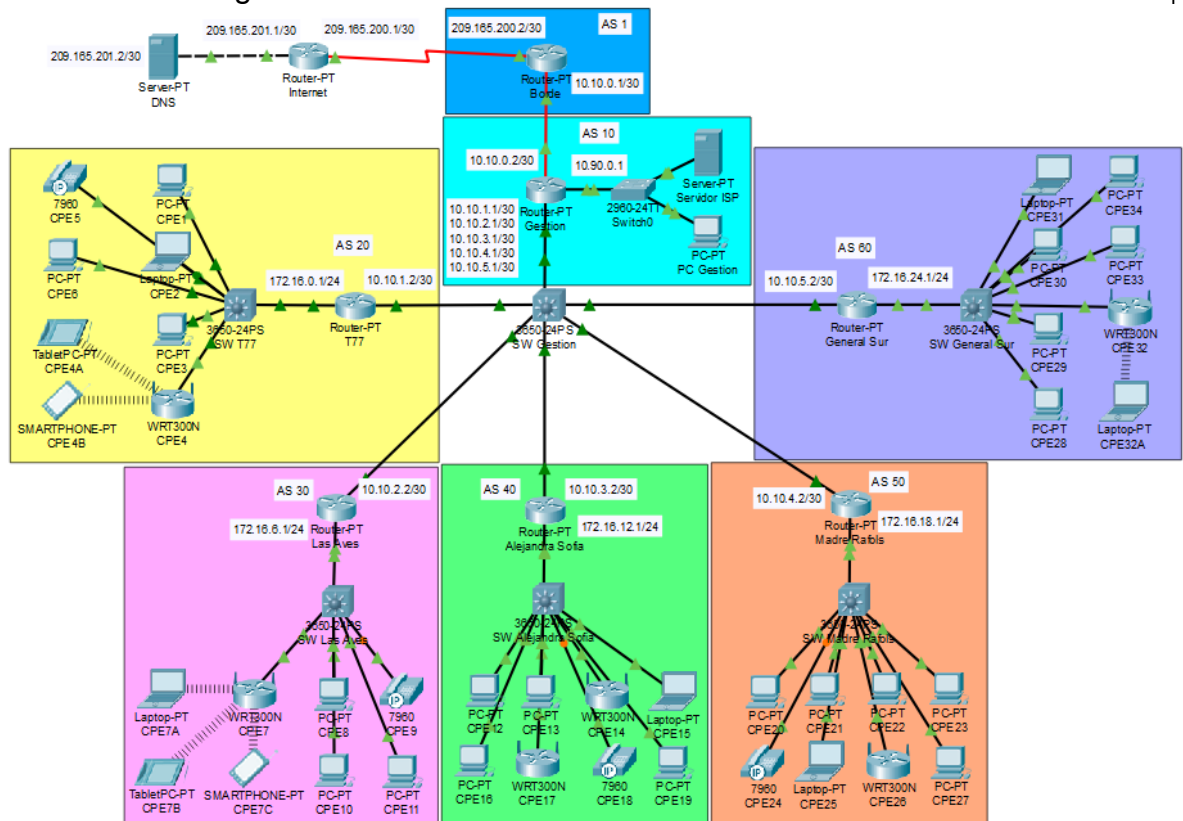


Figura 16. Simulación de enrutadores y conmutadores
Fuente: Elaboración propia (2021)

La topología usada en esta simulación fue la de árbol y cada recuadro de color representa una sección de la propuesta de red. En la parte superior y central se encuentran los equipos más importantes como lo son el router de borde, el router de gestión local y el servidor, mientras que en los extremos de la topología se encuentran los equipos pertenecientes a cada radiobase. Los equipos fuera de la red y conectados al router de borde representan la conexión hacia Internet.



Siguiendo este orden de ideas, debe señalarse que el primer mecanismo que se configuró en el simulador fue un servicio de asignación de IP dinámica (DHCP) en los router de cada radiobase, logrando de esta forma una configuración y conexión más rápida de los abonados al realizar asignación de una IP de manera automática. El segundo paso realizado en el simulador fue la creación de redes de área local virtuales (VLAN). Esto se hizo con la finalidad de reducir el tráfico de difusión que circula por la red al realizar la segmentación de la misma en otras subredes más pequeñas, limitando dicho tráfico a una sola VLAN.

La tercera configuración elaborada fue el protocolo de enrutamiento BGP con la finalidad de que cada router en la red pueda comunicarse con los demás, logrando intercambiar información y detectar cualquier cambio que ocurra en la red, incluso con aquellos equipos indirectamente conectados. Por último, la cuarta prueba consistió en la configuración de un mecanismo de traducción de direcciones de red dinámicamente y con sobrecarga (PAT), lo cual trata de convertir direcciones IP privadas en IP públicas al momento de salir a Internet.

Se puede mencionar en primera instancia, que, a través de esta validación, se pudo determinar que los parámetros esenciales para manejar la red de datos en una empresa proveedora de servicios de Internet; específicamente en aquellos con equipos de enlaces de microondas, están referidos a la potencia de transmisión, ganancia, modulación, frecuencia y ruido. Igualmente, es necesario para poder realizar la gestión de los equipos, contar con conocimientos en el área de redes y de parámetros operativos tales como ancho de banda, latencia, pérdidas de paquetes, protocolos de enrutamiento y calidad de servicio.

Por otro lado, se pudo constatar que la estructura de diseño ideal para plataformas de este tipo es la topología de árbol, seleccionado para la propuesta de esta investigación, en concordancia con las opiniones de algunos entrevistados. Este tipo de arquitectura se escogió por encima de las demás por considerarla como la más escalable entre todas. Ahora bien, a fin de asegurar el correcto funcionamiento y continuidad de los servicios ofrecidos por las empresas proveedoras de servicios durante una falla o fluctuación eléctrica, se propone la implementación de un sistema de respaldo conformado por un inversor/cargador, una batería de ion litio de 200 Ah y dos paneles solares de 120 W para garantizar una autonomía lo suficientemente buena como para soportar cortes eléctricos prolongados.

Es importante destacar, que los resultados obtenidos en la investigación basada en el desarrollo de caracterización de servicios, parámetros funcionales, diseño de la estructura y selección de equipos, permitieron mostrar a través de simulaciones de los enlaces de microondas rendimiento de los equipos utilizados en los enlaces, su capacidad para



transportar grandes cantidades de datos, su robustez, tolerancia y escalamiento.

Conclusiones

Para finalizar este estudio se analizaron cada uno de los resultados obtenidos en cada fase con el fin para determinar cómo se pueden solventar los problemas en las redes de empresas proveedoras de servicios de Internet y proponer un modelo de plataforma tecnológica que corrija dichos problemas.

Al caracterizar los servicios más comúnmente ofrecidos por las empresas proveedoras de servicios de Internet, se determinó que dos de ellos se tratan de IPTV, y la telefonía IP, debido a que se puede utilizar la misma red para ofrecer los servicios a los usuarios finales sin la necesidad de realizar modificaciones en la red de datos.

Se determinaron que los parámetros necesarios para un proveedor de servicios de Internet conformada principalmente por radioenlaces de microondas se tratan de la potencia de salida, ganancia, ancho de banda, modulación, altura de los equipos y el espectro electromagnético. Para la sección conformada por routers y switches, los parámetros más importantes son direcciones IP, velocidades de carga y descarga, latencia, QoS y de igual forma el ancho de banda.

El diseño de la red se realizó empleando una topología de árbol al tratarse de la opción más escalable para la elaboración de la plataforma tecnológica, permitiendo todo tipo de equipos sin hacer muchas modificaciones. Para garantizar la correcta comunicación, se implementó el protocolo BGP y VLAN.

Para la selección de los equipos de la propuesta de la plataforma tecnológica para la red de datos de las empresas proveedoras de servicios de Internet se eligieron modelos pertenecientes a la marca Mikrotik por su fácil accesibilidad y compatibilidad con muchas tecnologías. En relación a los enlaces de microondas se escogieron equipos de la línea Mimosa por tratarse de una marca caracterizada por su durabilidad, buena tolerancia y un alto rendimiento bajo diferentes condiciones.

Las simulaciones de la red inalámbrica conformada por los radioenlaces y de la red cableada conformada por los enrutadores y conmutadores, arrojaron unas capacidades máximas de 867 Mbps y 340 Mbps para los enlaces PTP y PTMP respectivamente en los equipos Mimosa, siendo los valores más altos de dichas simulaciones.

Finalmente, luego de haber obtenido los resultados y haberlos comparado con otras simulaciones utilizando equipos de las marcas Ubiquiti, Cambium. Se concluye que, la propuesta de plataforma tecnológica compuesta por equipos Mimosa y Mikrotik, junto con la aplicación del protocolo



de enrutamiento BGP, asignación de direcciones IP por DHCP, segmentación con VLAN y PAT para la traducción de direcciones, garantizan el correcto funcionamiento de la red de datos de un proveedor de servicios de Internet y puede ser aplicado por cualquier empresa en la realidad.

Referencias Bibliográficas

- Arias, Fidias (2012) “El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica”. 6ta Edición, Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Desmouceaux, Yoann (2019) “Network-Layer Protocols for Data Centers Scalability”. Tesis de Doctorado. Universidad Paris-Saclay, Francia.
- Grijalva, William (2017) “Estudio de factibilidad para la migración a Cloud de la plataforma tecnológica de la empresa Asistecooper S.A.”. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Ecuador.
- Hernández, Roberto; Fernández, Carlos y Baptista, Pilar (2014) “Metodología de la Investigación”. 6ta Edición, Editorial McGraw-Hill. México.
- Tawfique, Khaled y Vejseli, Arlind (2018) “Decision to migrate to the Cloud. A focus on security from the consumer perspective”. Tesis de Maestría. Universidad Linneo, Suecia.