
UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO ÁREA CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS



PROYECTO DE GRADO

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED EN MALLA WIFI 6 PARA LA DIRECCIÓN DEPARTAMENTAL DE EDUCACIÓN PANDO”

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO
ACADÉMICO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

Postulante : Univ. Christian Melvin Cari Ojeda.
Tutor : Ing. Marco Antonio Poma
Asesor : Ing. María Aida Mireya Monje Ascarrunz

Cobija – Pando – Bolivia

2024

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas. A mis padres Vicente y Arminda por ser un pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Agradezco a todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios por darme la vida y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida y demostrarme su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi familia en general por haberme acompañado hasta este momento. Y todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la implementación de una red en malla wifi 6 para la Dirección Departamental de Educación Pando, con el propósito de mejorar el flujo de información que se tiene en dicha institución.

Se hizo una revisión bibliográfica acerca de las redes de computadoras, tecnologías de redes y redes inalámbricas, principalmente las redes en malla wifi 6 para cumplir con el objetivo planteado.

Entre las principales herramientas tecnológicas de diseño de redes que se utilizó para el desarrollo de este proyecto fue:

La Metodología Top-Down Network Design, esta es una metodología que propone cuatro fases para el diseño de redes. El propósito de esta metodología es ayudar a diseñar redes que satisfagan los objetivos empresariales y técnicos de cualquier organización.

Para realizar el diseño de la red, se tomó en cuenta la ubicación geográfica de la Dirección Departamental de Educación Pando y sus dependencias como también la manera en la que estaban ubicados todos los equipos de computación en cada una de las direcciones dependientes en dicha institución.

Palabras Claves: ARPANET, Red Mesh, Medios guiados, Medios no guiados, Gateway, LAN, WAN.

ABSTRACT

This project consists of the implementation of a Wi-Fi 6 mesh network for the Departmental Directorate of Education Pando, with the purpose of improving the flow of information that is held in said institution.

A bibliographic review was made about computer networks, network technologies and wireless networks, mainly Wi-Fi 6 mesh networks to meet the stated objective.

Among the main technological network design tools that were used for the development of this project were:

The Top-Down Network Design Methodology, this is a methodology that proposes four phases for network design. The purpose of this methodology is to help design networks that meet the business and technical objectives of any organization.

To carry out the design of the network, the geographical location of the Departmental Directorate of Education Pando and its dependencies was taken into account, as well as the way in which all the computer equipment was located in each of the dependent addresses in said institution.

ÍNDICE

CONTENIDO	Págs.
CAPITULO I. Marco Introdutorio.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Estado Del Arte.....	3
1.4. Planteamiento del Problema	3
1.4.1 Descripción del problema.....	3
1.4.2 Formulación Del Problema.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivos Generales.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6. Metodología Top-Down Network.....	4
1.6.1 Fase I: Análisis de requerimientos.....	5
1.6.2 Fase II: Diseño Lógico de la red.....	5
1.6.3 Fase III: Diseño de la red física.	5
1.6.4 Fase IV: Pruebas, y Validación	5
1.7. Justificación	7
1.7.1 Justificación económica y social	7
1.7.2 Justificación técnica.....	8
1.8. Alcances.....	8
2 CAPITULO II. Marco Referencial	9
2.1. Marco Institucional	9
2.1.1 Dirección Departamental de Educación Pando (DDEP)	9
2.1.2 Ubicación geográfica.....	9
2.1.3 Ubicación de la Dirección Departamental de Educación Pando	9

2.2. Marco Teórico.....	10
2.2.1 Red de computadoras.....	10
2.2.2 Tecnología de Redes.....	10
2.2.3 Tipos de conexión de redes de datos	11
2.2.4 Redes inalámbricas	12
2.2.5 Modos de operación de las redes inalámbricas	17
2.2.6 Redes Mesh.....	22
2.2.7 Generalidades de las redes Mesh.....	26
2.2.8 Tipos de arquitectura de redes Mesh	27
2.2.9 Protocolos de enrutamiento Mesh	29
2.2.10 Tipos de protocolos de enrutamiento Mesh.....	29
2.2.11 Protocolos más usados.....	30
2.2.12 Hardware para una red Mesh.....	34
2.2.13 Metodología de diseño de redes cisco (Top-Down Network Design).....	36
3 CAPITULO III. Desarrollo Del Proyecto.....	48
3.1. Desarrollo del proyecto.....	48
3.2. FASE I: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO	48
3.2.1 Análisis de requisitos de la situación actual de la institución para conocer los requerimientos que conlleva a la construcción de este proyecto.	48
3.2.2 Determinación de la ubicación y distancia de cada punto de acceso a la red para cada equipo.	49
3.2.3 Componentes necesarios para el diseño de la Red en malla Wifi 6.	49
3.2.4 Organización de la Dirección Departamental de Educación Pando.	53
3.2.5 Estado actual de la red	54
3.2.6 Diagrama lógico de la red actual	55
3.2.7 Trafico de la red actual	55

3.2.8	Gestión de riesgos.....	58
3.3.	FASE II. DISEÑO LÓGICO DE LA RED.....	61
3.3.1	Diseño Lógico de la Red en malla Wifi 6 de la Dirección Departamental de Educación Pando.	61
3.3.2	Diseño Lógico de la Red en malla Wifi 6 de la Unidad de Asuntos Administrativos.....	64
3.3.3	Diseño Lógico de la Red en malla de la Unidad de Auditoría Interna.....	64
3.3.4	Diseño Lógico de la Red en malla de la Subdirección de Educación Regular.....	65
3.4.	FASE III: DISEÑO FÍSICO DE LA RED.....	65
3.4.1	Equipos propuestos para la Red en malla de la Dirección Departamental de Educación Pando	65
3.4.2	Presupuesto necesario para el diseño de Red	66
3.4.3	Diseño De La Red Física De La Dirección Departamental de Educación Pando.....	67
3.4.4	Ubicación De Los Equipos De La Red en malla Wifi 6.....	68
3.4.5	Factibilidad Operacional.....	70
3.4.6	Factibilidad Técnica	70
3.4.7	Implementación del prototipo de la red en malla Wifi 6 para la Dirección departamental de Educación Pando.....	70
3.5.	FASE IV: PRUEBAS Y VALIDACIÓN	74
3.5.1	Prueba realizada con la Red Actual.....	74
4	CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
4.1.	Conclusiones.....	80
4.2.	Recomendaciones	81
	BIBLIOGRAFÍA	80
	ANEXO	824

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
Figura 1: Redes inalámbricas	13
Figura 2: Tecnologías inalámbricas.....	16
Figura 3: Topología Ad-hoc	18
Figura 4: Configuración típica de una red Ad-hoc	19
Figura 5: Topología infraestructura.....	20
Figura 6: Topología estrella inalámbrica.....	20
Figura 7: Configuración típica de una topología estrella	21
Figura 8: Enlace punto a punto modo Ad-hoc o infraestructura	21
Figura 9: Configuración típica de un enlace punto a punto.....	22
Figura 10: Diagrama de una red mesh total y simple.....	23
Figura 11: Arquitectura mixta en mesh	28
Figura 12: Enrutador meraki.....	34
Figura 13: Nodo Mesh.....	35
Figura 14: Linksys WRT54G	36
Figura 15: Topología Jerárquica.....	43
Figura 16: Estado actual de la red	54
Figura 17: Diagrama Lógico de la Red Actual.....	55
Figura 18: Trafico de la red actual.....	56
Figura 19: Diseño lógico de la Dirección Dptal. de Educación Pando	62
Figura 20 Diseño lógico de la Dirección Dptal. de Educación Pando Planta Baja	62
Figura 21 Diseño lógico de la Dirección Dptal. de Educación Pando Planta Alta.....	63
Figura 22: Diseño de la red física de la Dirección Dptal. de Ed. Pando Planta Baja	67
Figura 23: Diseño de la red física de la Dirección Dptal. de Ed. Pando Planta Alta	68
Figura 24: Diseño de la Red Física Ubicación de los equipos de red	69
Figura 25: Dirección Departamental de Educación Pando.....	72
Figura 26: Implementación del prototipo	73
Figura 27: Configuración del router, logueo con ID	74
Figura 28: Configuración del TP-Link Extender mediante TP-Link tether	77
Figura 29: Dispositivos en la red mediante TP-Link tether.....	77

Figura 30: Medicion de intensidad a la red actual y canales de banda 2,4Ghz y 5Ghz	78
Figura 31: Ubicación de los Router para red en malla Wifi 6.....	77
Figura 32: Test De Velocidad Con El Prototipo De Red En Malla Wifi 6	79

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	Pág.
Tabla 1: Matriz De Marco Metodológico.....	6
Tabla 2: Distancia y ubicación de cada Unidad y Subdirección	49
Tabla 3: Componentes sugeridos para el diseño de la red en malla	50
Tabla 4: Requerimientos de conexión de equipos	53
Tabla 5: Gestión De Riesgos	59
Tabla 6: Acciones de Mitigación.....	60
Tabla 7: Equipos propuestos para la red.....	66
Tabla 8: Presupuesto necesario para el diseño de la red.....	67
Tabla 9: Presupuesto necesario para el diseño de la red.....	71

CAPÍTULO I

MARCO INTRODUCTORIO

CAPITULO I. Marco Introductorio

1.1. Introducción

Según Calle (2014): Las tecnologías de interconexión inalámbrica van desde redes de voz y datos globales, que permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas a través de largas distancias, hasta las tecnologías de luz infrarroja y radiofrecuencia que están optimizadas para conexiones. En la actualidad el uso del internet se ha vuelto una de las herramientas tecnológicas más usadas a nivel mundial generando un gran impacto en el ámbito laboral, del entretenimiento, de la salud, de las finanzas, de la educación, etc., debido a la facilidad que tienen los usuarios para tener la información en tiempo real. Por ello las empresas buscan tener una estructura de red confiable, segura y de fácil administración que permita la detección de los problemas de forma inmediata.

Se encuentran los equipos portátiles, equipos de escritorio, asistentes digitales personales (PDA), teléfonos celulares, equipos con lápiz y localizadores. Las tecnologías inalámbricas a distancias cortas. Entre los dispositivos comúnmente utilizados para la interconexión inalámbrica inalámbricas tienen muchos usos prácticos. Por ejemplo, los usuarios de móviles pueden usar su teléfono celular para tener acceso al correo electrónico. Las personas que viajan con equipos portátiles pueden conectarse a Internet a través de estaciones base instaladas en lugares públicos.

En casa, los usuarios pueden conectar dispositivos a su equipo de escritorio para sincronizar datos y transferir archivos. La Dirección Departamental de Educación Pando, propone una solución inmediata a los problemas que viene atravesando en la red de transferencia de información y solicita una adecuada red de datos que permita el flujo adecuado de la información.

El presente proyecto consiste en la Implementación de un prototipo de Red en Malla Wifi 6 (más conocido como Red Mesh Wifi 6) para La Dirección Departamental de Educación Pando con el propósito de mejorar el flujo de información que se tiene en dicha institución. De esta manera, se pretende dar solución a los problemas que viene atravesando la Dirección Departamental de Educación Pando

Entre las principales herramientas tecnológicas que se utilizó en el proyecto fueron las siguientes: Metodología Top-Down Network Design, esta es una metodología que propone cuatro fases para el diseño de redes, otra de las herramientas es un simulador de red, es una aplicación a través de la cual se puede realizar una gran variedad de funciones relacionadas con las redes de Datos.

Existe mejoría con las nuevas tecnologías implementadas, optimizando así la red en la dirección departamental de educación Pando.

1.2. Antecedentes

Se puede decir que las redes informáticas tal y como se la conoce hoy en día empezaron con el desarrollo de ARPANET a finales de la década de los 60. Algo con lo que ya se había teorizado desde muchos años antes, pero que culminó en 1969 con la primera transferencia de datos entre dos ordenadores situados a más de 600 km de distancia.

La Dirección Departamental de Educación Pando, cuenta con tres unidades y tres subdirecciones las mismas que están al servicio de la población pandina. Cada unidad y subdirección cuenta con su respectivo personal de trabajo los mismos que requieren el uso necesario de la red de datos e internet, para brindar el servicio adecuado al usuario externo e interno.

La Dirección Departamental de Educación Pando si bien cuenta con una red de datos esta le trae muchos problemas al momento de conectarse, provocando problemas en la conexión a internet haciendo que exista molestia y reclamos por parte del personal que trabaja en dicha institución, esto hace que exista retraso en la presentación de informes, ocasionando pérdida de tiempo y lo más importante pérdida de la información causando una mala gestión para los representantes de la institución. Es por esta razón, que se hace necesario realizar la implementación de un prototipo de Red en Malla Wifi 6 como propuesta al problema que vienen atravesando.

1.3. Estado Del Arte

Se toma como referencia algunos estudios y proyectos que se hicieron relacionados a esta temática.

“Administración De Redes Inalámbricas Mesh Bajo Tecnología Libre”

Este proyecto de grado fue desarrollado en la Universidad Mayor de San Andrés, el objetivo que se plantea es Diseñar un prototipo de administración centralizada para el manejo apropiado de nuestra Red Inalámbrica sobre plataformas de tecnología libre y el uso del Estándar 802.11s, y así tener un control necesario de los dispositivos que conformen la infraestructura física, para la gestión de los mismos, como por ejemplo monitorización de la red, determinar el ancho de banda por usuario, incluso gestión de los usuarios a través del su portal cautivo. (Calle, 2014).

“Diseño de una Red Mesh inalámbrica para el campus de la Universidad Amazónica de Pando”

Este proyecto propone una versión final de la red mallada inalámbrica para su futuro despliegue en todas las manzanas del Campus de la Universidad Amazónica de Pando. (Quispe, 2021)

1.4. Planteamiento del Problema

1.4.1 Descripción del problema

La Dirección Departamental de Educación Pando, maneja gran cantidad de información la misma que es muy valiosa para la institución, entre las cuales son Normas, Leyes, Resoluciones, decretos y otros, al no contar con una Red de transmisión de datos adecuada hace que el acceso a la información sea limitado, provocando demora en el acceso a la información, deficiencia en el trabajo que desarrollan, e incluso existe pérdida de la información, todo esto hace que los funcionarios no cuenten con la información de forma inmediata ocasionando una mala administración y planificación.

Actualmente la Dirección Departamental de Educación Pando, si bien cuenta con una red de datos, esta tiene muchas deficiencias al momento en que se conectan los usuarios ocasionando una red lenta, difícil acceso a internet y demora en la comunicación y procesos de la información.

Con todo lo anterior mencionado se plantea el siguiente problema principal:

1.4.2 Formulación Del Problema

“Deficiencia en la conexión a la Red de datos e internet lo cual no permite desarrollar las actividades de manera adecuada en la Dirección Departamental de Educación Pando”.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivos Generales

Implementar un prototipo de Red en Malla Wifi 6 para la Dirección Departamental de Educación Pando, con el propósito de mejorar la conexión a la red de datos e internet, a través de la metodología Top-Down Network Design.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Analizar la situación actual de la institución para conocer los requerimientos que conlleva a la construcción de este proyecto de implementación de un prototipo de red en malla Wifi 6.
2. Realizar el diseño lógico estableciendo los datos del proyecto para la planificación de implementación del prototipo de red en malla Wifi 6.
3. Realizar el diseño físico estableciendo las tecnologías y el producto en concordancia con el diseño lógico del proyecto de implementación de un prototipo de red en malla Wifi 6.
4. Aplicar el plan de pruebas y optimizar el prototipo en caso de fallas, documentando el diseño final de la red en malla Wifi 6.

1.6. Metodología Top-Down Network

La metodología que se utilizara para el desarrollo de este proyecto es la metodología Top-Down Network Design, esta es una metodología que propone fases, para el diseño de redes como ser:

- Fase1: Análisis de Requerimientos
- Fase2: Diseño Lógico

- Fase3: Diseño Físico
- Fase4: Pruebas, Optimización y Documentación de la red

El propósito de esta metodología es ayudar a diseñar redes que satisfagan los objetivos empresariales y técnicos de cualquier organización. Proporciona procesos y herramientas probados para ayudar a cumplir con los requisitos técnicos en cuanto a funcionalidad, disponibilidad, escalabilidad, accesibilidad y seguridad. Éste resume en 4 fases del ciclo de redes las cuales son:

1.6.1 Fase I: Análisis de requerimientos.

Esta fase implica recopilar información detallada sobre los usuarios, la infraestructura existente y los requisitos técnicos y de seguridad. Esto proporciona una base sólida para las fases posteriores del diseño y la implementación de la red en malla WiFi 6, asegurando que la solución final se adapte de manera efectiva a las necesidades específicas de la Dirección Departamental de Educación Pando.

1.6.2 Fase II: Diseño Lógico de la red.

Esta fase muestra diagramas de red de acuerdo con la información tomada en la fase anterior, el plan de proyecto es actualizado con los datos más relevantes para la implementación y se incluye la planificación de la seguridad, la red de gestión de diseño y de requisitos de acceso.

1.6.3 Fase III: Diseño de la red física.

Durante la fase de diseño físico, se proponen las tecnologías y productos (marcas y referencias de equipos) que concuerden con el registro de diseño lógico.

1.6.4 Fase IV: Pruebas, y Validación

Finalmente, se aplica un plan de prueba a un piloto o prototipo, si se halla una falla se optimiza el diseño de la red y se documenta el trabajo con el diseño final. En todas las fases del diseño se recomienda retroalimentación, sugerencias, mejoras o necesidades de nuevas aplicaciones con el usuario para el monitoreo de la red.

Para cumplir con la metodología, se establece la matriz de marco metodológico.

Tabla 1:*Matriz De Marco Metodológico*

Objetivos específicos	Actividades	Duración
Fase I: Análisis de requerimientos		
Analizar la situación actual de la institución para conocer los requerimientos que conlleva a la construcción de este proyecto	Recabar la información necesaria de la institución	Primera semana de diciembre
	Documentar la información recabada	Segunda semana de diciembre
Determinar la ubicación y distancia de cada punto de acceso a la red para cada equipo.	Identificar cada punto de conexión de acuerdo a requerimiento	Tercera, cuarta semana de diciembre y la primera semana de enero
	Documentar la información recabada	Segunda semana de enero
Definir los componentes necesarios para la instalación de la Red Mesh.	En base a los requerimientos identificar los equipos a utilizar	Tercera y cuarta semana de enero.
	Identificar el material y los componentes a ser utilizados	Primera y segunda semana de febrero
	Documentar la información recabada	Segunda semana de febrero
Fase II: Diseño Lógico de la red		
Diseñar la topología de la Red Mesh de acuerdo a la infraestructura de la DDEP.	De acuerdo a los requerimientos realizar el Diseño de la Red.	Tercera semana de febrero
Fase III: Diseño de la red física		
Definir el presupuesto necesario para el diseño de la Red	Realizar el presupuesto de acuerdo al material y equipos identificados.	Tercera semana de febrero.
Fase IV: Pruebas, Optimización y documentación del diseño de la Red		

Documentar el trabajo de acuerdo al diseño final.	<p>Realizar el monitoreo y optimización del prototipo de la Red en Malla.</p> <p>Realizar la documentación del trabajo final de acuerdo al diseño de la Red establecida.</p> <p>Realizar la simulación del diseño de la red a través de un prototipo físico.</p>	Cuarta semana de febrero y primera semana de marzo.
---	--	---

Nota. Elaboración propia

1.7. Justificación

1.7.1 Justificación económica y social

En la actualidad el avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) es muy evidente y toman gran importancia en diferentes áreas de la sociedad mediante diversos soportes tecnológicos tales como; computadoras, móviles y otros dispositivos que permiten el almacenamiento, registro y presentación de información, en forma de voz, imágenes y datos. En las TIC, están inmersos los sistemas de información que hacen uso de los sistemas informáticos, con el fin de fortalecer la capacidad empresarial y de posicionar en el mercado sus productos o servicios. Donde se considera la interacción hombre-máquina para realizar tareas o actividades realizadas de forma automática.

La Dirección Departamental de Educación Pando tiene la necesidad de contar con una Red adecuada con el propósito de mejorar el proceso del flujo de la información que vienen manejando día a día en dicha institución, cabe recalcar que toda la información que manejan es de suma importancia y el proceso de esta información tiene que ser instantánea.

Al tener todos los equipos de computación con acceso a la red e internet, hará que todo el trabajo y el flujo de información sea más ágil y eficiente, los funcionarios tendrán acceso a la información de manera instantánea por qué no decir en tiempo real y esto hará que se tenga una

mejor administración y una mejor planificación por parte de todos los funcionarios y autoridades correspondientes.

Esto reduce de gran manera el tiempo en la transferencia de la información y en el proceso de la misma.

1.7.2 Justificación técnica

Con la implementación del prototipo de la Red en Malla Wifi 6, la Dirección Departamental de Educación Pando, tendrá la ventaja de que los funcionarios de dicha institución accedan a la información de manera inmediata gracias a que los equipos de computación estén conectados unos a otros a través de la Red de Datos, evitando pérdida de tiempo y mala gestión en la institución.

El acceso a la información será en tiempo real, todo el proceso del flujo de la información será al momento, permitiendo al personal administrativo comunicarse en forma remota con otros usuarios y al mismo tiempo brindar la información requerida por la ciudadanía y por las autoridades respectivas, permitiendo que se tenga una mejor administración y planificación en la Dirección Departamental de Educación Pando.

Las redes en Malla WiFi 6, tienen la ventaja de tener menos costo para su implementación, la robustez es menos porque no se requiere de gran cantidad de cables y conectores y es de fácil instalación.

1.8. Alcances

El proyecto incluye la implementación de un prototipo de Red en Malla Wifi 6 con el propósito de mejorar el flujo de información en la Dirección Departamental de Educación Pando. A continuación, se describe a detalle los alcances del proyecto:

- El diseño de red en malla Wifi 6 cubrirá la totalidad de las instalaciones de la DDEP.
- La red en malla Wifi 6 beneficiara con mayor señal a los dispositivos que usen la tecnología Wifi 6 sin embargo todos los dispositivos por debajo de esta tecnología del Wifi 6 también se beneficiaran.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2 CAPITULO II. Marco Referencial

2.1. Marco Institucional

En este capítulo se describen tres aspectos muy importantes que son: el Marco Institucional, Marco Teórico y Marco Tecnológico. El Marco Institucional especifica todo lo relacionado con la Institución, la manera como está organizada, su creación, su ubicación y la función que cumple. El marco Teórico comprende todos los conceptos y terminologías utilizadas para el desarrollo del proyecto. El Marco Tecnológico comprende todas las herramientas utilizadas ya sean hardware y software utilizados para el desarrollo de este proyecto.

2.1.1 Dirección Departamental de Educación Pando (DDEP)

La dirección departamental de educación pando, es una entidad pública descentralizada que brinda servicio a la educación, con equidad, transparencia y eficiencia, con recursos humanos cualificados y con valores; garantiza una educación productiva comunitaria y de calidad para todas y todos, con pertinencia sociocultural, contribuyendo a la construcción de una sociedad justa. (Ver anexo A)

2.1.2 Ubicación geográfica

El Departamento Pando se encuentra geográficamente ubicado al Noroeste de Bolivia, y la capital de Pando es la Ciudad de Cobija. Pando como cualquier otro Departamento, cuenta con una Gobernación, la misma que es: El Gobierno Autónomo Departamental de Pando, que se encuentra en la ciudad de Cobija ubicada frente a la plaza principal cuyo nombre es Germán Busch.

Dentro la Gobernación de Pando se encuentran varias secretarías como también direcciones, y la Dirección Departamental de Educación Pando también forma parte de la Gobernación.

2.1.3 Ubicación de la Dirección Departamental de Educación Pando

La Dirección Departamental de Educación Pando, se encuentra ubicada en la avenida 9 de febrero y cuenta con tres unidades y tres sub direcciones las mismas que son: Unidad de Asuntos Administrativos, Unidad de Asuntos Jurídicos, Unidad de Auditoría Interna, sub dirección de

Educación Regular, Sub dirección de Educación Alternativa y Especial y la sub dirección Superior y Formación Profesional. (Ver anexo B)

Cada una de estas unidades y subdirecciones se encuentran en el mismo edificio que es la Dirección Departamental de Educación Pando, la misma que cuenta con dos plantas. (Ver anexo D)

2.2. Marco Teórico

2.2.1 *Red de computadoras*

Es importante tener el conocimiento sobre qué son y cómo funcionan las redes de computadoras, estas Redes de Computadoras y sobre todo el Internet, son aspectos clave de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), teniendo gran influencia sobre el desarrollo tecnológico y científico. Es así, que actualmente no es posible concebir una sociedad donde el intercambio de información mediante las computadoras no sea un procedimiento cotidiano y en ocasiones indispensable. La información puede transmitirse de forma analógica, digital o mixta, pero esto es transparente al usuario, que la maneja de forma digital únicamente.

Las redes de computadoras son dos o más computadoras que se comunican por medio de la telemática. No se considera la comunicación entre un computador y un periférico (impresora, scanner, etc.) independientemente de la distancia a la que dicha comunicación se produzca o el tipo de medios utilizados para ella. Se puede definir una red como una interconexión, tanto a nivel físico como lógico, de un conjunto de computadores, periféricos y medios, que permitan compartir los recursos del sistema por la totalidad de los distintos integrantes. (Morales, 2011)

2.2.2 *Tecnología de Redes*

Cuando se quiere comunicar datos entre dos computadores ya sea en aplicaciones del hogar o industriales el conocer las redes de datos y de computadores es útil para el usuario. El requisito fundamental para todas las aplicaciones que abarcan dos o más computadoras es contar con un recurso de comunicación de datos adecuado. (Canul, 2006)

En la práctica es posible utilizar una amplia gama de recursos de comunicación distintos, cada uno orientado a un dominio de aplicación específico. Sea cual sea el tipo de recurso que se

use, en casi todas las aplicaciones los datos se transmiten entre computadoras en modo de bits en serie. Además, el tipo de modo de transmisión y el hardware requerido varía y depende del lugar en el que estén los computadores y la velocidad de transmisión requerida. (Canul, 2006)

2.2.3 Tipos de conexión de redes de datos

Existen 2 tipos de red las cuales son: Redes por medios Guiados o cableados y Redes por medios No Guiados o inalámbricos.

2.2.3.1 Red por medios guiados.

Una red por medios guiados está formada por la conexión de cables entre los distintos dispositivos que la conforman. Estos medios de transmisión de datos pueden estar compuestos por Cable Coaxial, cables de Par Trenzado, Fibra óptica o bien dos o más de ellos al mismo tiempo. (Gobierno TI, 2014)

2.2.3.2 Red por medios no guiados.

Existe una diferencia muy grande entre las redes por medios guiados y las redes por medios no guiados y esa diferencia indican diferentes autores. (Gobierno TI, 2014)

Los medios no guiados transportan ondas electromagnéticas sin usar un conductor físico. Este tipo de comunicación se denomina Comunicación Inalámbrica. Las transmisiones no guiadas se pueden clasificar en tres: radio frecuencia, microondas y luz tales como infrarrojos o láser. Es en este tipo de red donde clasificamos las tecnologías tales como Wifi, bluetooth, telefonía móvil, TV, Radio, etc., es decir, todas las señales que recibes sin necesidad de un cable. (Gobierno TI, 2014)

Las redes cableadas e inalámbricas son muy útiles en distintas áreas, ya que sirven para transferir o compartir datos de un dispositivo a otro. La principal diferencia entre estas es que la red cableada se conecta mediante cables de datos (Ethernet), y la red inalámbrica no se conecta físicamente, sino que utiliza ondas electromagnéticas para transmitir la información necesaria. (Gobierno TI, 2014)

2.2.4 Redes inalámbricas

Este término de redes inalámbricas se utiliza en informática para designar la conexión de nodos que se da por medio de ondas electromagnéticas, sin necesidad de una red cableada o alámbrica. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos. (Salazar, 2011)

Las redes inalámbricas son redes que utilizan ondas de radio para conectar los dispositivos, sin la necesidad de utilizar cables de ningún tipo. Los dispositivos que comúnmente utilizan las redes inalámbricas incluyen ordenadores portátiles, ordenadores de escritorio, netbooks, asistentes digitales personales (PDA), teléfonos móviles, tablets y dispositivos localizadores. Las redes inalámbricas funcionan de manera similar a las redes cableadas, sin embargo, las redes inalámbricas deben convertir las señales de información en una forma adecuada para la transmisión a través del medio de aire. (Salazar, 2011)

Las redes inalámbricas sirven para muchos propósitos. En algunos casos se utilizan en sustitución a las redes cableadas, mientras que en otros casos se utilizan para proporcionar acceso a datos corporativos desde ubicaciones remotas. La infraestructura inalámbrica puede ser construida a muy bajo coste en comparación con las alternativas cableadas tradicionales. (Salazar, 2011)

Pero el ahorro de dinero justifica muy parcialmente la construcción de redes inalámbricas. Si a la gente de una comunidad local se le proporciona un acceso más barato y más fácil a la información, se beneficiarán directamente de lo que Internet tiene para ofrecer. El tiempo y el esfuerzo ahorrado al tener acceso a la red mundial de información se traduce en riqueza a escala local, ya que se puede hacer más trabajo en menos tiempo y con menos esfuerzo. (Salazar, 2011)

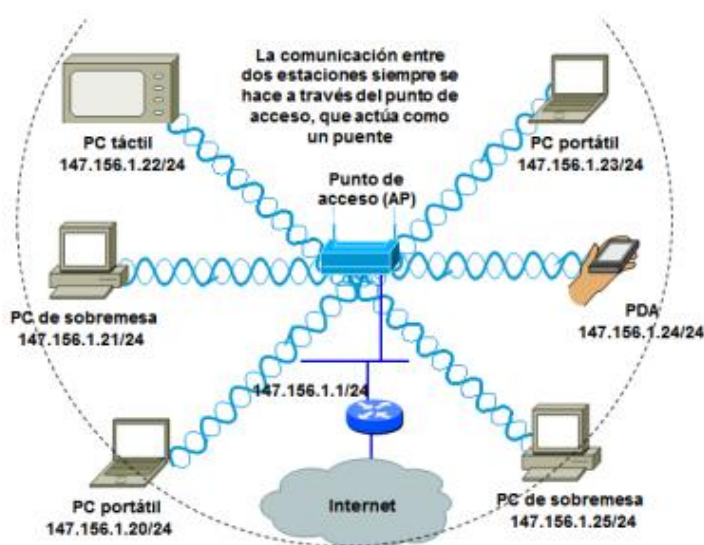
Las redes inalámbricas permiten a los dispositivos remotos que se conecten sin dificultad, independientemente que estos dispositivos estén a unos metros o a varios kilómetros de distancia. Todo ello sin necesidad de romper paredes para pasar cables o instalar conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología sea muy popular, extendiéndose muy rápidamente. Existen muchas tecnologías diferentes que difieren en la frecuencia de transmisión utilizada, la velocidad y el alcance de sus transmisiones. Por otro lado, hay algunas cuestiones relacionadas con la regulación legal del espectro electromagnético. (Proaño, 2015)

Las ondas electromagnéticas se transmiten a través de muchos dispositivos, pero son propensas a la interferencia. Por esta razón, todos los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y potencia de transmisión permitidos para cada tecnología. Además, las ondas electromagnéticas no se pueden confinar fácilmente a un área geográfica limitada. Por esta razón, un hacker puede escuchar fácilmente a una red si los datos transmitidos no están codificados. Por lo tanto, se deben tomar todas las medidas necesarias para garantizar la privacidad de los datos transmitidos a través de redes inalámbricas. (Proaño, 2015)

En la figura 1, se muestra un ejemplo de una estación base (Access Point) que actúa como el centro de todo el funcionamiento de una red básica entre computadoras personales, de escritorio, impresoras y otros dispositivos inalámbricos. Esta red de computadoras se conecta al dispositivo central (Access Point) usando el estándar Wifi (802.11), que es un conjunto de reglas que proveen seguridad, confiabilidad y rapidez de conectividad inalámbrica. (Proaño, 2015)

Figura 1:

Redes inalámbricas



Nota. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

2.2.4.1 Clasificación de las redes inalámbricas

Debido al creciente desarrollo de las comunicaciones inalámbricas y la reducción en el coste de los dispositivos que incorporan esta tecnología, han surgido, en un corto intervalo de tiempo, una gran cantidad de iniciativas. Esto ha dado lugar a la aparición de multitud de tecnologías cuyo principal objetivo es permitir el intercambio de información entre dispositivos inalámbricos y que se diferencian unas de otras por la tasa de transmisión y el rango de alcance. A continuación, se detallan las diferentes tecnologías inalámbricas clasificadas según el rango de alcance. (Santos, 2011)

WPAN (Wireless Personal Área Network), permiten a los usuarios establecer comunicaciones inalámbricas entre dispositivos (PDA, portátiles, teléfonos móviles, etc.) en un área reducida. Las tecnologías inalámbricas cuyas características permiten la construcción de redes WPAN son las siguientes: Bluetooth presenta características interesantes: bajo consumo, velocidad adecuada para gran parte de las aplicaciones, soporta cifrado, económica, no es necesario visibilidad directa entre los dispositivos y tiene baja interferencia. Permite velocidades de transmisión de hasta 3 Mbps y rango de hasta 100 metros. Sus aplicaciones son sustitución de enlaces punto a punto o interconexión de dispositivos (PDAs, portátiles, etc.). (Santos, 2011)

UWB (Ultra Wide Band), tiene la característica principal de no resultar afectada por interferencias externas. Permite tasas de transmisión de centenares de Mbps y rangos de alcance decenas de metros. Es una tecnología apropiada para aplicaciones que trabajen en entornos ruidosos por su robustez frente a las interferencias. Zigbee es una tecnología de muy bajo coste y de consumo y velocidad reducidos. Permite velocidades de transmisión de decenas de Kbps y rangos de alcance de decenas de metros. Es la tecnología que se utiliza en domótica. (Santos, 2011)

RFID (Radio Frequency IDentification), es una tecnología de bajo coste y de funcionamiento simple. Presenta velocidades y rangos de alcance bastante reducidos. Se emplea fundamentalmente en los lectores de códigos de barras de comercios y empresas. (Santos, 2011)

WLAN (Wireless Local Área Network), permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas dentro de un área local (edificio corporativo, campus empresarial, aeropuerto, etc.). Se pueden utilizar en lugares donde la instalación de un cableado extenso es prohibitiva, o bien

para complementar a una red local de cable existente de manera que los usuarios puedan trabajar en diferentes lugares dentro de un edificio. (Santos, 2011)

Las tecnologías principales WLAN son:

Wifi es la tecnología inalámbrica más conocida. Presenta elevadas tasas de transmisión (hasta 54 Mbps), alcances adecuados (hasta 100 metros), privacidad, sencillez y coste reducido. Se emplea como sustitutivo de cables en una red local y permite la conexión desde diferentes lugares dentro del rango de alcance y movilidad. (Santos, 2011)

HIPERLAN 2 es la alternativa europea Wifi. Presenta características similares, aunque con mayor rendimiento. Sin embargo, su penetración comercial ha sido menor. (Santos, 2011)

WMAN (Wireless Metropolitan Área Network), permite a los usuarios establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones dentro de un área metropolitana (entre varios edificios de oficinas de una ciudad o en un campus universitario), evitando el coste de instalación de cables de cobre o fibra y el alquiler de las líneas. Se pueden destacar tres familias de tecnologías WMAN. (Santos, 2011)

WiMAX (World Interoperability for Microwave Access), es una tecnología incipiente que incorpora mayor alcance que Wifi (hasta 50 Km), mejor robustez frente a las interferencias y tasas de transmisión similares. Sus aplicaciones se enmarcan en el establecimiento de conectividad en una región extensa como puede ser una ciudad. (Santos, 2011)

MBWA (Mobile Broadband Wireless Access), es una solución optimizada para la transmisión móvil de voz y datos sobre IP, además de estar preparada para el empleo de tecnologías tales como antenas adaptativas y modulación OFDM. Permite tasas de transmisión en torno a 1 Mbps y alcances de unos 100 metros, aunque su mayor ventaja es su funcionamiento a altas velocidades de desplazamiento. Es, por tanto, una tecnología adaptada a una comunicación móvil. (Santos, 2011)

WWAN (Wireless Wide Área Network), permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas a través de redes remotas públicas o privadas. Estas conexiones se pueden mantener a través de zonas geográficas extensas, como ciudades o países, mediante el uso de antenas en

varias ubicaciones o sistemas satélite. En función de la altitud del satélite, se pueden definir varias redes. (Santos, 2011)

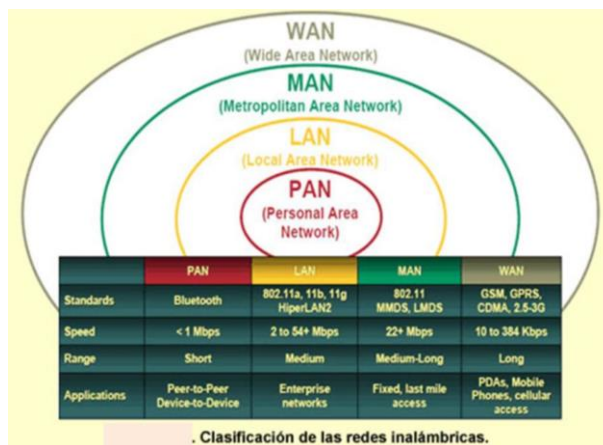
Satélites geoestacionarios (GEO, Geostationary Earth Orbit), estos satélites permanecen en la misma posición en el cielo. Se usa para la transmisión de datos y televisión digital a unas velocidades ligeramente inferiores a 50 Mbps. (Santos, 2011)

Satélites de baja órbita (LEO, Low Earth Orbit), es requiere enviar un número considerable de satélites para alcanzar una completa cobertura. Aplicaciones como la telefonía móvil se encuadran en este tipo. En este caso, conviene destacar dos tipos: los sistemas de 2ª generación (2G) como GSM, que permite servicios de voz y datos a una velocidad en torno a la decena de Kbps, y los sistemas de 3ª generación (3G) como UMTS, con una tasa en torno a los 2 Mbps y que permite servicios como la video llamada, el envío de mensajes multimedia, o la conexión a Internet, servicios cada vez más comunes en nuestros teléfonos móviles. (Santos, 2011)

Satélites de órbita media (MEO, Medium Earth Orbit), permiten alcanzar un compromiso entre el número reducido de satélites y la proximidad a la superficie, es decir entre el coste y los tiempos de latencia. A modo de resumen, se adjunta el siguiente gráfico en el que se pueden apreciar las tecnologías inalámbricas explicadas con sus características principales. (Santos, 2011)

Figura 2:

Tecnologías inalámbricas



Nota.: <https://www.feandalucia.coo.es/docu/p5sd5322.pdf> (2011)

2.2.4.2 Componentes de redes inalámbricas.

Existen diferentes dispositivos o equipos que son necesarios y útiles para implementar una red inalámbrica esto con el fin siempre de contar con el emisor y receptor. (Proaño, 2015)

Punto de acceso, es un “concentrador” inalámbrico. El transmisor/receptor conecta entre sí los nodos de la red inalámbrica y normalmente también sirve de puente entre ellos y la red cableada. Un conjunto de puntos de acceso se puede conectar unos con otros para crear una gran red inalámbrica. Desde el punto de vista de los clientes inalámbricos (como las computadoras portátiles o las estaciones móviles), un punto de acceso provee un cable virtual entre los clientes asociados. (Proaño, 2015)

Este cable inalámbrico conecta tanto a los clientes entre sí, como los clientes con la red cableada. Los puntos de acceso podrán captar las señales de los enrutadores y clientes, amplificándolas para dar una mayor cobertura a la red. A pesar de que los puntos de acceso son transparentes para los otros dispositivos de la red, siempre se les debe asignar una dirección IP que permita su configuración. (Proaño, 2015)

Clientes inalámbricos, es una estación de trabajo que se conecta a una red de área local (LAN – Local Área Network) a través de un punto de acceso inalámbrico para compartir sus recursos. Una estación inalámbrica se define como cualquier computador con una tarjeta adaptadora de red inalámbrica instalada que transmite y recibe señales de Radio Frecuencia (RF). Algunos de los clientes inalámbricos más comunes son las computadoras portátiles, PDAs, equipos de vigilancia y teléfonos inalámbricos de VoIP. (Proaño, 2015)

2.2.5 Modos de operación de las redes inalámbricas

El conjunto de estándares 802.11 definen dos modos fundamentales para redes inalámbricas que son Ad hoc e Infraestructura. Es importante comprender que no siempre, los modos se ven reflejados directamente en la topología. Por ejemplo, un enlace punto a punto puede ser implementado en modo ad hoc o Infraestructura y se podría imaginar una red en estrella construida por conexiones ad hoc. (Molina y Silva, 2007)

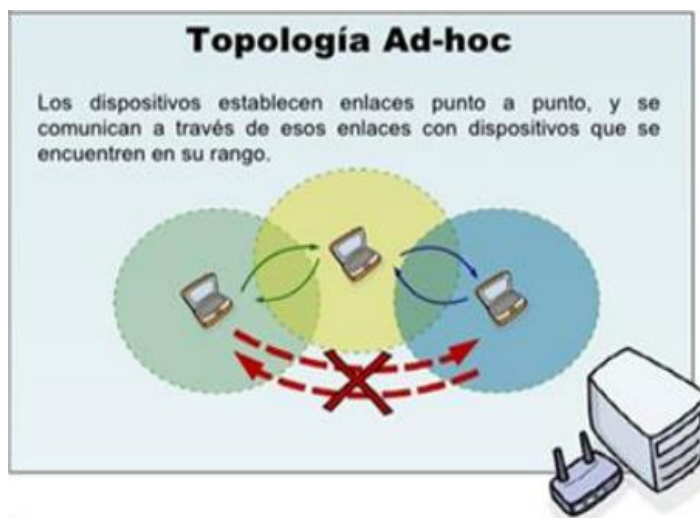
2.2.5.1 Modo ad hoc.

La topología Ad-Hoc es en la que no existe un nodo central, sino que cada dispositivo se comunica con todos los demás. Cada nodo, potencialmente móvil, forma parte de una red punto a punto, por lo que todos se encuentran en igualdad de condiciones, es decir, el transmisor o el receptor es siempre un punto de acceso. Lo anterior significa que los nodos participan en la toma de decisiones para el encaminamiento de los paquetes (ruteo); además, retransmiten paquetes entre los nodos que no tienen conexión inalámbrica directa. Estas redes pueden desplegarse de manera autónoma, organizarse y configurarse por sí mismas, contando con la capacidad de combinarse con otras redes inalámbricas para conectarse a Internet mediante un punto de acceso (PA). Estas redes deben diseñarse tomando en cuenta las siguientes características: topología dinámica, distribución de carga de procesamiento de datos, manejo eficiente de energía y ancho de banda. (Molina y Silva, 2007)

En la figura 3, se muestra la topología típica de una conexión Ad-hoc.

Figura 3:

Topología Ad-hoc



Nota. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

Se puede usar el modo ad hoc cuando desea conectar directamente dos estaciones, por ejemplo, de edificio a edificio. También se puede usar dentro de una oficina entre un conjunto de estaciones de trabajo. (Molina y Silva, 2007)

En la Tabla 1, se indica un ejemplo de configuración básica que deben tener dos terminales trabajando dentro de una misma red.

Figura 4:

Configuración típica de una red Ad-hoc

Configuración	Nodo 1	Nodo 2
Modo	<i>ad hoc</i>	<i>ad hoc</i>
SSID	MI_SSID	MI_SSID
Canal	Debe ser convenido y conocido por todos	Debe ser convenido y conocido por todos
Dirección IP	Normalmente fija	Normalmente fija

Nota.: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

2.2.5.2 Infraestructura.

Contrario al modo ad hoc donde no hay un elemento central, en el modo de infraestructura hay un elemento de coordinación: un punto de acceso o estación base. Si el punto de acceso se conecta a una red Ethernet cableada, los clientes inalámbricos pueden acceder a la red fija a través del punto de acceso. (Buettrich y Escudero, 2007)

Para interconectar muchos puntos de acceso y clientes inalámbricos, todos deben configurarse con el mismo SSID. Para asegurar que se maximice la capacidad total de la red, no configure el mismo canal en todos los puntos de acceso que se encuentran en la misma área física. (Buettrich y Escudero, 2007)

Los clientes descubrirán (a través del escaneo de la red) cuál canal está usando el punto de acceso de manera que no se requiere que ellos conozcan de antemano el número de canal. En redes IEEE 802.11 el modo de infraestructura es conocido como Conjunto de Servicios Básicos (BSS – Basic Service Set). También se conoce como Maestro y Cliente. (Buettrich y Escudero, 2007)

Figura 5:

Topología infraestructura



Nota. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

Topología de estrella. La topología de estrella es con mucho, la infraestructura más común en redes inalámbricas. Es la tecnología típicamente usada para un hotspot (punto de conexión a Internet), por ejemplo, en aeropuertos o telecentros. (Buettrich y Escudero, 2007)

Esta topología es la disposición típica de un WISP (Wireless Internet Service Provider). A menudo este tipo de redes se combina en árboles o con elementos de otras topologías. (Buettrich y Escudero, 2007)

Figura 6:

Topología estrella inalámbrica



Nota. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

A menudo este tipo de redes se combina en árboles o con elementos de otras topologías. En la Tabla 6 se indica un ejemplo de configuración básica de equipos pertenecientes a esta topología.

Figura 7:

Configuración típica de una topología estrella

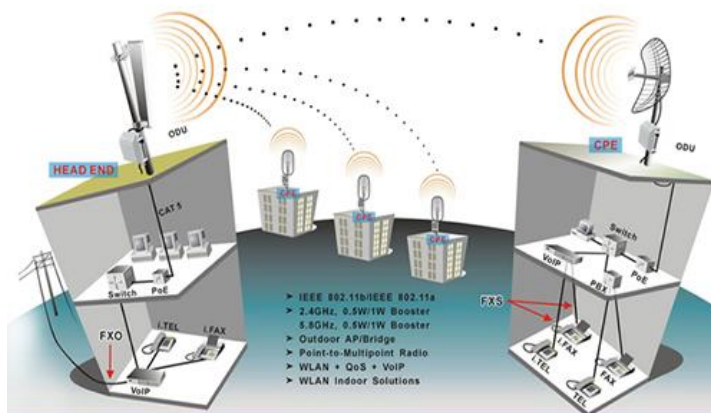
Configuración	Punto de acceso / Gateway	Nodo x1
Modo	Infraestructura	Infraestructura
SSID	Defina MI_SSID	Conectar a MI_SSID
Canal	Defina el canal x	Descubre el canal
Dirección IP	Normalmente tiene un servidor DHCP (Si cuenta con características de enrutamiento)	Normalmente toma la IP que se le asigna por DHCP

Nota.: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

Enlace Punto a Punto (PtP). Los enlaces punto a punto son un elemento estándar de la infraestructura inalámbrica. A nivel de topología estos pueden ser parte de una topología de estrella, de una simple línea entre dos puntos u otra topología. Un enlace punto a punto puede establecerse en modo ad hoc o infraestructura. (Buettrich y Escudero, 2007)

Figura 8:

Enlace punto a punto modo Ad-hoc o infraestructura



Nota.: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

En la Tabla 8 se muestra el modo de configuración básica de dos terminales dentro de un mismo enlace.

Figura 9:

Configuración típica de un enlace punto a punto

Configuración	Nodo 1	Nodo 2
Modo	Cualquiera	Cualquiera
SSID	MI_SSID	MI_SSID
Canal	Cualquiera	Cualquiera
Dirección IP	Normalmente fija	Normalmente fija
Dirección MAC	Podría referirse a la MAC del otro nodo	Podría referirse a la MAC del otro nodo

Nota.: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf> (2015)

2.2.6 Redes Mesh

Las redes Mesh aparecen en el mundo de las redes inalámbricas a partir del concepto de redes Ad Hoc, tal como se conocen las redes Mesh, tienen una infraestructura descentralizada y mallada, permitiendo el flujo de paquetes (datos, voz, video) a lo largo de la red, en el recorrido por el presente trabajo se evidencia la evolución y el desarrollo realizado para generar soluciones eficientes a partir de este tipo de redes, dinámicas, redundantes, escalables, auto configurables. (Zarate, 2013)

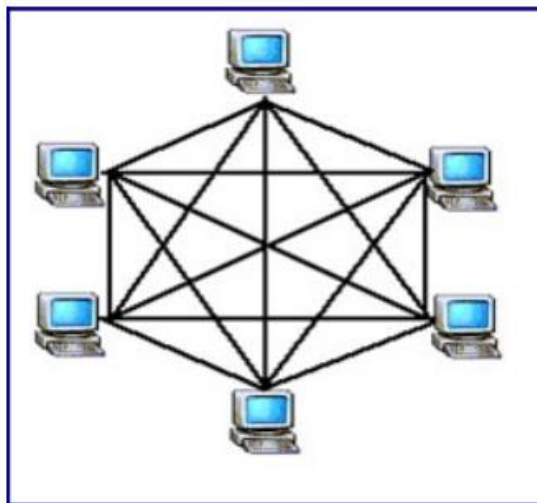
Partiendo del concepto de Manet, (Mobile Ad Hoc Network , en español Red Móvil Ad Hoc), complementadas con la existencia de redes Wifi, se da el nacimiento de las redes Mesh, con orígenes militares, cuyo objetivo era la transmisión de mensajes generando cadenas de información entre los miembros de las brigadas, actuando como nodos móviles, posteriormente con la evolución de las redes inalámbricas con los protocolos 802.11.x (redes inalámbricas), 802.16.x (Wimax) y el protocolo 802.15.5 (Bluetooth), se aparta del campo militar y se concibe un concepto más acertado de red Mallada con funciones similares pero con destinos diferentes . (Zarate, 2013)

Las redes Mesh al igual que las redes Ad Hoc, proporcionan robustez, fácil despliegue, bajo costo, configuración dinámica y redundancia vital para las comunicaciones de emergencia, así como la integración de redes Ad Hoc, LAN o WAN dentro de su infraestructura y topología. (Buettrich y Escudero 2007)

Una red MESH es aquella que emplea uno o dos arreglos de conexión, una topología total o una parcial. En la total, cada nodo está conectado directamente a los otros. En la topología parcial los nodos están conectados solo a algunos de los demás nodos. Esto está mejor ilustrado en una red total simple, como se observa en la figura 7, en la cual todos los nodos (computadores) están conectados a todos los demás. (Buettrich y Escudero 2007)

Figura 10:

Diagrama de una red mesh total y simple



Nota: [https://nsrc.org/wrc/trac/wirelessu/rawattachment/wiki/3 es redes mesh guia v02\[1\].pdf](https://nsrc.org/wrc/trac/wirelessu/rawattachment/wiki/3_es_redes_mesh_guia_v02[1].pdf) (2015)

2.2.6.1 Características.

Un sistema Mesh está compuesto por un router o dispositivo base, además de diferentes satélites. Pueden ser dos, tres o más dispositivos satélites que se va a repartir por un ambiente. La peculiaridad de este sistema es que todos los dispositivos se conectan entre sí. Una Red de Malla Inalámbrica (WMN) está formada por un conjunto de nodos que pueden ser enrutadores o clientes.

Los enrutadores tienen movilidad mínima y forman la conexión troncal de la red, lo que se conoce como backbone. A parte de las funciones típicas de un router (puerta de enlace y repetidor), ofrece soporte para el funcionamiento de la red mesh. Están equipados con varias interfaces de red, con la misma o distinta tecnología inalámbrica, lo que permite la integración de redes inalámbricas de todo tipo. (Pérez, 2011)

Tienen un menor consumo energético que los routers convencionales. A pesar de proporcionar el mismo nivel de cobertura, necesitan menos energía para transmitir gracias a la comunicación multisalto. Pueden ser construidos en sistemas dedicados o de propósito general, mediante adaptación del software. Los clientes pueden ser estáticos o móviles. Tienen las funciones necesarias para trabajar en una red mesh y pueden trabajar como enrutadores, aunque sin las funciones de puente y puerta de enlace.

Disponen de una única interface de red, por lo que el número de dispositivos que puede actuar de cliente en una red mesh es mayor que el de dispositivos que pueden actuar de router mesh. Se trata de redes con topología de infraestructura pero que permiten que dispositivos que se encuentran fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso, puedan unirse a la red por encontrarse dentro del rango de cobertura de algún nodo móvil que sí se encuentra dentro del rango de cobertura de los puntos de acceso. (Pérez, 2011)

2.2.6.2 Ventajas Y Desventajas De Las Redes Mesh.

Como cualquier tecnología, hay asuntos pendientes en las redes Mesh, la mayoría relacionados con restricciones de velocidad, escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. Es importante recordar que los requerimientos y expectativas pueden ser muy diferentes dependiendo de dónde se vaya a instalar y de las necesidades puntuales del usuario. Por ejemplo, velocidades de acceso por debajo de los Mbit/s serían inaceptables en escenarios urbanos en países altamente desarrollados, pero unos cuantos kbit/s serán un gran logro en ambientes rurales y en muchos países en desarrollo, todo dependerá de las expectativas y de las alternativas disponibles y para eso es necesario conocer las ventajas y desventajas. (Pérez, 2011)

Ventajas:

Menor coste: cada nodo puede actuar como cliente y como repetidor de la red, lo que suple la necesidad de infraestructuras de repetición o nodos centrales. (Pérez, 2011)

Robustez: al ser una red mallada, si uno de los nodos pierde servicio, se reduce la posibilidad de que esto afecte al resto, ya que puede existir redundancia en el camino a este nodo. (Pérez, 2011)

Instalación: La complejidad en tarea de instalación de un punto mesh queda reducida, al compararlo con una red cableada, ya que simplemente es necesario colocar el nodo con el software Mesh preinstalado. Al disponer de rutas dinámicas, cuando este nodo encuentre un nodo vecino, estaría dispuesto para entrar en servicio. (Pérez, 2011)

Alimentación: Los nodos de la red Mesh, pueden ser contruidos con requerimientos energéticos realmente bajos, por lo que pueden ser desplegados con unidades autónomas de energía alternativas. (Pérez, 2011)

Desventajas:

Latencia: Este tipo de tecnología puede no ser siempre buena, debido al número de saltos que puede llegar a dar un paquete hasta su destino. Estos saltos se traducen en retardos en la red que no están permitidos en servicios que se requieren en tiempo real, como la telefonía IP. (Pérez, 2011)

Compartiendo el medio: Debido al limitado número de frecuencias en que se mueven las redes WLAN actuales, pueden existir interferencias entre usuarios que compartan una misma área de cobertura física. Mientras que la asignación automática vía DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) en rangos de IP privados no es problemática, las redes Mesh podrían en principio interactuar con redes vecinas en cualquier momento y el peligro de direcciones duplicadas y conflictos de red es obvio. IPv6 podría traer una solución a esto. (Pérez, 2011)

Seguridad: Las redes ad-hoc necesitan hablar con sus clientes antes de autenticarlos. Esto constituye un reto en cuanto a su seguridad. Las redes Mesh son, del mismo modo, muy vulnerables a ataques DoS. Además, al igual que sucede con otras tecnologías, los datos pueden ser interceptados con programas gratuitos. Para solucionar, algunas empresas han desarrollado protocolos que utilizan técnicas de cifrado diferentes a las de Wifi y que no pueden ser interceptados con una tarjeta de red inalámbrica 802.11 común. (Pérez, 2011)

Rendimiento: El tema de la disminución del rendimiento (throughput) existe en todas las redes multisalto. El rendimiento disminuye con el número de saltos de acuerdo a $1/n$ o $1/n^2$ o $1/n^{1/2}$, dependiendo del modelo (“n” es el número de saltos) que se utilice. (Pérez, 2011)

Para redes inalámbricas basadas en 802.11 los límites de rendimiento están principalmente determinados por la naturaleza half duplex de los radios. Sin embargo, la idea de Mesh se puede aplicar a otros estándares y se ha implementado exitosamente en equipos 802.11 con dos radios, uno en la banda de 2,4 y otro en la banda de 5 GHz. De esta manera el rendimiento no disminuye con el número de saltos porque el dispositivo puede recibir en una banda y transmitir simultáneamente en otra banda. (Pérez, 2011)

2.2.7 Generalidades de las redes Mesh

El desarrollo de las redes Mesh al igual que los demás sistemas de comunicaciones han sufrido transformaciones conforme avanza la tecnología, estas redes han tenido un desarrollo en el cual se evidencian tres etapas de desarrollo. (Granados, s.f.)

2.2.7.1 Primera generación.

Los nodos transmiten en una sola dirección, no puede recibir y transmitir simultáneamente, enviando la información nodo a nodo. En esta generación el sistema mallado tiene un sólo radio para hacer la interconexión entre nodos y dar servicio; los datos se retransmiten de un nodo a otro de una manera store-and-forward, es decir, un nodo primero recibe los datos y luego lo retransmite. (Granados, s.f.)

Este sistema tiene desventajas con respecto a los otros, ya que no se puede transmitir y recibir datos simultáneamente por un sólo canal de radio porque provocaría interferencia, congestión y contención en cada nodo. (Granados, s.f.)

2.2.7.2 Segunda generación.

Utiliza dos radios de acción, uno dedicado a los servicios y otro dedicado a la interconexión de nodos, produce una desventaja cuando el número de usuarios crece y el tráfico aumenta, como consecuencia se incrementan las congestiones de paquetes y el envío de datos se torna lento. En esta generación se decidió combinar dos radios, uno para dar servicio con el estándar 802.11b/g y el otro para interconectar los nodos con el estándar 802.11a. (Granados, s.f.)

Con este sistema se logró eliminar la interferencia en los nodos ya que se trabaja con diversas bandas de frecuencia (entre 2.4GHz y 5.8GHz) para dar servicio a los usuarios e interconectar nodos. El problema surge cuando aumenta la demanda de servicio por parte del usuario, se presentan contenciones y congestiones significativas en la parte de la radio que se usa para interconectar los nodos, lo cual hace que este sistema tenga una ligera desventaja. (Granados, s.f.)

2.2.7.3 Tercera generación.

Tiene una comunicación de dos vías, es decir transmite y recibe al mismo tiempo, usando diversos canales para mantener la conectividad. Los equipos de esta generación llevan una gran ventaja en comparación con las generaciones anteriores, son considerados equipos inteligentes por utilizar una tecnología moderna. En esta generación cada nodo puede enviar y recibir datos de sus vecinos. Además, los canales disponibles se pueden reutilizar, haciendo que el espectro disponible sea más amplio y que el funcionamiento de la red aumente 50 o más veces. (Granados, s.f.)

Las empresas fabricantes de los equipos de esta generación se basan en productos multi-radios que soportan múltiples configuraciones de red. Un radio de los equipos de tercera generación se usa para crear un enlace hacia su nodo upstream (nodo más cerca al gateway) y otro radio se utiliza para un enlace downstream al nodo vecino siguiente. A diferencia de la generación anterior estos radios pueden hacer uso de diversos canales. (Granados, s.f.)

2.2.8 Tipos de arquitectura de redes Mesh

Como producto de esta transición y del desarrollo de las redes Mesh se identifican tres tipos de infraestructuras fundamentales para su conformación, los Enrutadores Mesh, los Clientes Mesh y las híbridas, contando con simulaciones de su desempeño bajo los estándares de IEEE 802.11 como se evidencia en los siguientes tipos de nodos. (Zarate, 2013)

Tipo Enrutador Mesh: Además de las funciones convencionales de un enrutador, este nodo posee capacidades adicionales para el control de la transferencia multi-salto de los paquetes, es el soporte de movilidad de los demás miembros de la Red y es responsable de la interacción con los clientes Mesh y otro tipo de redes. Es un nodo fijo. (Zarate, 2013)

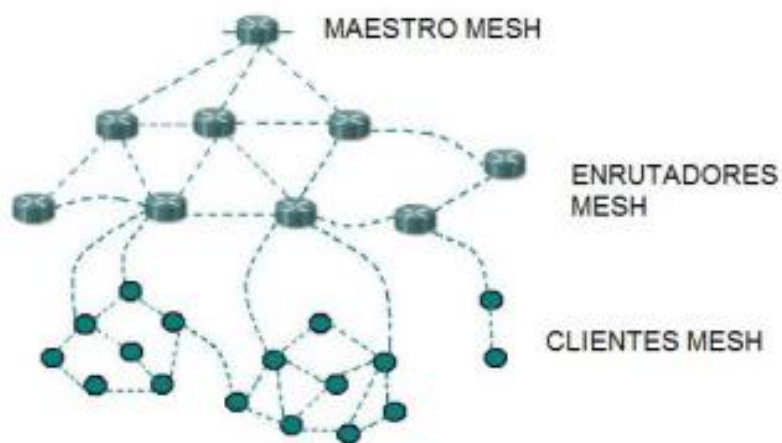
Tipo Clientes Mesh: Este tipo de nodos no poseen capacidades para ser puertas de enlace o puentes, pero tienen la habilidad de conformar una red Mesh con enlaces punto a punto, su hardware y software es menos robusto que un enrutador Mesh, pero superior a los usados por nodos en redes Ad Hoc. Es un nodo móvil. (Zarate, 2013)

Tipo híbrida: conformada por nodos tipo enrutador y cliente Mesh, donde los clientes Mesh puede comunicarse con otros a través de los enrutadores Mesh o entre clientes Mesh y acceso a otras redes como lo es internet. La arquitectura es uno de los parámetros a tener en cuenta para ofrecer mayores garantías y mejores usos de los recursos de los miembros de la red Mesh, permitiendo el acceso de clientes convencionales mediante el protocolo. (Zarate, 2013)

Ethernet y clientes Mesh mediante los protocolos reactivos o proactivos escogidos, La arquitectura de una red Mesh depende del tipo de nodos, de cómo se mantienen las tablas de ruteo, el manejo del tráfico y sobre todo el mantenimiento de las rutas. Se propone la siguiente arquitectura con un Maestro Mesh el cual controla los enrutadores Mesh y la conectividad con otras redes. Figura 8. Arquitectura Mixta en Mesh. (Zarate, 2013)

Figura 11:

Arquitectura mixta en mesh



Nota: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21090.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
(2013)

2.2.9 Protocolos de enrutamiento Mesh

Las redes Mesh presentan una topología dinámica y auto-configurable, las rutas entre los dispositivos cambian dinámicamente. Esto hace necesario que exista un protocolo que garantice la transmisión de la información a un bajo coste, por ejemplo, encontrar la ruta con el menor número de saltos.

2.2.9.1 Elementos de un enrutamiento Mesh.

Con el fin de encontrar las rutas más adecuadas, se presentan los siguientes elementos de enrutamiento. (Granados, 2011)

Descubrimiento de nodo: encontrar nodos en una topología cambiante. Exige una comprobación constante.

Descubrimiento de frontera: encontrar los límites o bordes de una red, la frontera de la malla, generalmente donde se conecta a Internet.

Mediciones de enlace: medir la calidad de los enlaces de los nodos.

Cálculo de rutas: encontrar la mejor ruta basada en la calidad de los enlaces

Manejo de direcciones IP: Asignar y controlar direcciones IP

Manejo de la red troncal (UpLink/Backhaul): manejo de conexiones a redes externas, por ejemplo, Internet. (Granados, 2011)

2.2.10 Tipos de protocolos de enrutamiento Mesh

Dependiendo de la forma en la que un protocolo maneja los enlaces y sus estados, podemos distinguir dos tipos de protocolos: Reactivos y Proactivos.

2.2.10.1 Reactivos (Bajo demanda).

Este tipo de protocolos no necesita que cada nodo de la red mantenga la información de enrutamiento siempre disponible. Esta información se actualiza en función de las necesidades. (Granados, 2011)

Lo que se pretende con esto es que la red no tenga carga de señalización innecesaria. Es un tipo de protocolo muy útil cuando la información viaja frecuentemente por las mismas rutas o rutas muy parecidas. El envío de los paquetes no comienza hasta que la ruta no se encuentra establecida, lo que provoca un retraso en el envío de los primeros paquetes. (Granados, 2011)

Una vez finalizado el envío, se guarda en la memoria caché la tabla de enrutamiento durante un tiempo determinado, transcurrido el cual la ruta se invalida. Ejemplos: AODV (Ad- Hoc On-Demand Distance Vector). (Granados, 2011)

2.2.10.2 Proactivos.

Al contrario que los reactivos, este tipo de protocolo intenta mantener la información de enrutamiento correcta en cada nodo de la red y en cada momento. La principal ventaja de este tipo de protocolos es que permite saber en cada momento quién está dentro o fuera de la red, sin necesidad de esperar a que se establezcan rutas. La carga de la CPU y el alto tráfico de red que genera son algunas de sus desventajas. Son muy complejos, pero proporcionan un alto rendimiento. Ejemplos: MMRP, OSPF, OLSR, OLSR con ETX, HSLs, TBRPF. (Granados, 2011)

2.2.10.3 Híbridos.

Los dos tipos de protocolos mencionados anteriormente se fusionan, lo que implica que las rutas se conservan de manera proactiva, pero no en todos los nodos de la red, sino solo en un número selecto de ellos. Un ejemplo representativo es HWMP. A continuación, se proporciona una explicación más detallada de los protocolos más frecuentemente empleados. (Granados, 2011)

2.2.11 Protocolos más usados

2.2.11.1 MMRP (Mobile Mesh).

Contiene tres protocolos independientes, cada uno de ellos dedicado a una función específica. (Buettrich y Escudero, 2007)

Descubrimiento de Enlaces: Este término se refiere al proceso de encontrar y establecer conexiones de enlace, específicamente en el contexto del enrutamiento. Un Enlace de Enrutamiento, por otro lado, se centra en el enrutamiento de paquetes, evaluando el estado del enlace para determinar la ruta óptima. (Buettrich y Escudero, 2007)

Habilitación del Descubrimiento de Bordes: Esta función implica ocultar los bordes y activar túneles externos. Desarrollado por Mitre, el software de MESH móvil está respaldado por la licencia GNU, que permite su uso por el público en general. (Buettrich y Escudero, 2007)

2.2.11.2 OSPF (Open Shortest Path First).

Opera sobre la ruta más corta, desarrollado por Interior Gateway Protocolo (IGP) un grupo trabajador de la IETF, y está basado en algoritmo SPF:

La especificación OSPF envía llamadas, verifica el estado de los enlaces y se lo notifica a todos los enrutadores de la misma área jerárquica. OSPF además funciona como un LSAs (Link – state advertisement) y avisa las interfaces presentes, informa el tipo de medición usada y otras variables. Los enrutadores con este protocolo almacenan información y usando el algoritmo SPF calculan el camino más corto. (Buettrich y Escudero, 2007)

Este protocolo compite con RIP y IGRP, protocolos de enrutamiento de vectores de distancia. Estos envían toda o una porción de sus tablas de enrutamiento a todos los enrutadores vecinos refrescando la información continuamente. (Buettrich y Escudero, 2007)

2.2.11.3 OLSR (Optimized Link State Routing Protocol).

Se refiere a un protocolo de enrutamiento IP diseñado para redes móviles o inalámbricas Ad-Hoc. Este protocolo, reconocido por su estabilidad y promisorio rendimiento, sirve como la infraestructura fundamental de muchas redes mesh en Europa.

Operando como un protocolo proactivo, realiza el envío descentralizado de mensajes "Hello" con el propósito de identificar los nodos dentro de su alcance. Una vez que esta información está consolidada, el protocolo emite mensajes de TC (Control de Topología) a un subconjunto específico de estos nodos para establecer conexiones. (Buettrich y Escudero, 2007)

Actualmente compila en GNU/Linux, Windows, OS X, sistemas FreeBSD y NetBSD. Está diseñado para ser bien estructurado y con una implementación bien codificada, fácil de mantener, expandir y ser utilizada en otras plataformas. Por ser el protocolo usado en este proyecto, se explica más detalladamente su funcionamiento. (Buettrich y Escudero, 2007)

Funcionamiento. Un nodo que corre olsrd envía constantemente mensajes de “Hello” con un intervalo dado para que sus vecinos puedan detectar su presencia. Cada nodo computa una estadística de cuántos “Hellos” ha recibido y perdido desde cada vecino –de esta forma obtiene información sobre la topología y la calidad de enlace de los nodos en el vecindario. La información de topología obtenida es difundida como mensajes de control de topología (TC messages) y

reenviada por los vecinos que olsrd ha elegido para ser relevadores “multipunto”. (Buettrich y Escudero, 2007)

El concepto de relevadores multipunto representa una innovación en el enrutamiento proactivo, originada en el borrador de OLSR. La preocupación central radica en la posibilidad de una sobrecarga innecesaria si cada nodo retransmite toda la información de topología que recibe. Estas retransmisiones resultan redundantes cuando un nodo tiene numerosos vecinos. Por esta razón, el protocolo OLSR toma la decisión estratégica de designar ciertos vecinos como "relevadores multipunto favorables", otorgándoles la responsabilidad de reenviar los mensajes de control de topología. (Buettrich y Escudero, 2007)

Existen otros dos tipos de mensajes en OLSR que informan cuándo un nodo ofrece una pasarela (Gateway) a otras redes (mensajes HNA) o tiene múltiples interfaces (mensajes MID). Los mensajes HNA hacen al olsrd muy conveniente para conectarse a Internet con un dispositivo móvil. Cuando un nodo mesh se mueve detectará pasarelas a otras redes y siempre elegirá la pasarela a la que tenga la mejor ruta. No obstante, olsrd no es perfecto. Si un nodo anuncia que es una pasarela a Internet –cuando en realidad no lo es, porque nunca tuvo acceso o lo perdió– los otros nodos van a creer esta información de todas formas. Para solucionar este problema se desarrolló una aplicación de pasarela dinámica. (Buettrich y Escudero, 2007)

La aplicación detecta automáticamente si la pasarela está verdaderamente conectada y si el enlace está activo. Si no es así, olsrd interrumpe el envío de mensajes HNA falsos. Es muy recomendable construir y utilizar esta aplicación en lugar de depender de los mensajes HNA estáticos. (Buettrich y Escudero, 2007)

2.2.11.4 OLSR con ETX (Expected Transmission Count).

En el ámbito de las mediciones de redes, muchos conceptos se centran en "el mínimo número de saltos", una idea común en redes cableadas pero que no se ajusta de manera óptima a las redes inalámbricas. En cambio, OLSR con ETX (Expected Transmission Count) adopta como criterio el número de pérdidas en una ruta, eligiendo rutas con enlaces de mayor calidad. Esta métrica proporciona una evaluación más precisa en entornos inalámbricos.

Cabe destacar que OLSR con ETX puede ser implementado de manera complementaria con otros protocolos de enrutamiento, permitiendo una adaptación flexible a diversas condiciones y requisitos de la red. (Buettrich y Escudero, 2007)

2.2.11.5 AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector).

Se trata de un protocolo de enrutamiento reactivo. La tabla de enrutamiento sólo se actualiza bajo demanda y la información permanece almacenada el tiempo necesario para que se realice la comunicación. (Granados, 2011)

Cuando un nodo demanda información, envía mensajes de router request (RREQ) y espera a que los nodos adyacentes contesten con un mensaje del tipo “router reply” (RREP) para formar la ruta. Una vez creada la ruta, si un nodo falla se envía un mensaje de error (RERR) al que demanda para que pueda calcular una nueva ruta óptima. El protocolo está diseñado para redes móviles Ad-Hoc con gran cantidad de nodos y distintos grados de movilidad. (Granados, 2011)

2.2.11.6 HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol).

El estándar IEEE 802.11s establece como obligatoria la utilización de este protocolo en la construcción de redes inalámbricas Mesh, aunque permite a los proveedores utilizar protocolos alternativos. Combina el concepto de descubrimiento de rutas bajo demanda con el de creación de árbol de enrutamiento proactivo (tablas). (Granados, 2011)

Modo Reactivo. Permite obtener a los nodos móviles nuevas rutas para los destinos de forma rápida, sin mantener rutas no activas. El emisor envía un comando RRQ (Router Request Packets) en modo broadcast. La ruta se crea con la respuesta del destinatario con un comando de Router Replay al nodo intermedio que tiene una ruta válida hasta el emisor. La ruta se mantiene hasta que se produce una pérdida de comunicación de alguno de los nodos. Se emite un mensaje de error (RERR) para que el emisor realice una nueva búsqueda de la ruta más óptima. (Granados, 2011)

Modo proactivo. Se crea una tabla de enrutamiento en cada nodo como respuesta a la petición del emisor en modo broadcast. Los nodos calculan el mejor camino en función del número de saltos y almacenan a distintas sub rutas. En caso de pérdida de comunicación de algún nodo, se

emite un mensaje de error para identificar un cambio en la ruta al resto de nodos de la red. (Granados, 2011)

2.2.12 Hardware para una red Mesh

Prácticamente cualquier nodo inalámbrico puede convertirse en un nodo mesh simplemente mediante modificaciones de software. (Buettrich y Escudero, 2007)

Cualquier computadora con sistema operativo Linux y un dispositivo inalámbrico es apta para este propósito. Próximamente, incluso los PDA (Asistentes Digitales Personales) podrán participar en la formación de una malla, y se espera que los teléfonos celulares de nueva generación también se integren a esta capacidad. (Buettrich y Escudero, 2007)

Meraki: Es un enrutador Wifi implementado en un solo chip, lo que permite bajar el costo. Está orientado a proveer conectividad desde el interior de la vivienda, aunque existe una versión para exteriores e inclusive una alimentada por energía solar. (Buettrich y Escudero, 2007)

Figura 12:

Enrutador meraki



Nota. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21090/pdf?sequence=1&isAllowed=y>
(2013)

Mesh Node:

La presentación del nodo MESH se materializa en una compacta caja diseñada para resistir las inclemencias del tiempo; es impermeable y alberga un sistema operativo basado en Debian/GNU Linux. Además, incorpora dos tarjetas de radio que operan en dos bandas distintas, 2.4 GHz y 5.8 GHz. (Buettrich y Escudero, 2007)

Figura 13:

Nodo Mesh



Nota. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21090/pdf?sequence=1&isAllowed=y>
(2013)

Linksys WRT54G, GS, GL: Este punto de acceso inalámbrico no fue inicialmente concebido para operar en condiciones de intemperie ni para formar parte de redes MESH. No obstante, debido a su bajo costo y facilidad de manejo, ha ganado una amplia aceptación y uso en entornos adversos. De este modo, se convierte en una de las opciones más atractivas y versátiles en la implementación de soluciones de conectividad. (Buettrich y Escudero, 2007)

Linksys WRT54G, GS, GL: Existen varias distribuciones de firmware disponibles para los routers Linksys WRT, entre las cuales se incluyen OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft, Freifunk Firmware, y muchas otras. Es importante destacar que Freifunk Firmware viene con soporte directo para MESH.

Este dispositivo, que goza de una gran popularidad en todo el mundo, cuenta con numerosas versiones, cada una con distintas cantidades de memoria RAM e incluso con diferentes sistemas operativos. Sin embargo, la práctica común en el ámbito de las redes comunitarias es reemplazar el firmware original por uno desarrollado por la comunidad independiente al adquirir el dispositivo. (Buettrich y Escudero, 2007)

Figura 14:

Linksys WRT54G



Nota. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21090/pdf?sequence=1&isAllowed=y>
(2013)

2.2.13 Metodología de diseño de redes cisco (Top-Down Network Design)

El diseño de red top-down es una disciplina que creció del éxito de la programación de software estructurado y el análisis de sistemas estructurados. El objetivo principal del análisis de sistemas estructurado es representar más exacto las necesidades de los usuarios, que a menudo son lamentablemente ignoradas. Otro objetivo es hacer el proyecto manejable dividiéndolo en módulos que pueden ser más fáciles de mantener y cambiar. (Huerta, 2021)

El enfoque de diseño de red top-down es una metodología que parte desde las capas superiores del modelo de referencia OSI antes de abordar las capas inferiores. Este método se centra inicialmente en aplicaciones, sesiones y transporte de datos antes de abordar la selección de dispositivos como routers, switches y los medios de comunicación que operan en las capas inferiores del modelo. El proceso de diseño de red top-down incluye la exploración detallada de divisiones y la identificación de estructuras de grupo para determinar quiénes serán los usuarios a los que la red proporcionará servicios y de quienes se obtendrá información valiosa para garantizar el éxito del diseño. (Huerta, 2021)

El diseño de red top-down es también iterativo. Para evitar ser atascado en detalles demasiado rápido, es importante conseguir primero una vista total de los requerimientos de un

cliente. Más tarde, más detalle puede ser juntado en comportamiento de protocolo, exigencias de escalabilidad, preferencias de tecnología, etcétera. (Huerta, 2021)

El diseño de red top-down reconoce que el modelo lógico y el diseño físico pueden cambiarse cuando más información es juntada. Como la metodología top-down es iterativa, un acercamiento top-down deja a un diseñador de red ponerse "en un cuadro grande" primero y luego moverse en espiral hacia abajo según exigencias técnicas detalladas y especificaciones. Los Sistemas de Cisco recomiendan un acercamiento modular con su modelo jerárquico de tres capas. Este modelo divide redes en núcleo, distribución, y capas de acceso. (Huerta, 2021)

La Arquitectura Segura de Cisco para Empresas (SAFE) y compuesto de un Modelo de Red de Empresa, son también aproximaciones modulares para el diseño de la red. Con un acercamiento estructurado se diseña la red, cada módulo es diseñado por separado, aún con relación a otros módulos. Todos los módulos son diseñados usando un acercamiento top-down que se concentra en los requerimientos, aplicaciones, y una estructura lógica antes de la selección de dispositivos físicos y productos que se implementara en el diseño. (Huerta, 2021)

2.2.13.1 Fase I: Identificando objetivos y necesidades del cliente.

En la fase 1 se identifica los objetivos y necesidades del cliente que comprende en una primera parte al análisis de los objetivos y limitaciones del negocio, en una segunda parte el análisis de los objetivos y limitaciones técnicas, este a su vez comprende Escalabilidad, Disponibilidad, Performance, Seguridad, Manejabilidad,(Administración), Administración de funcionamiento, Administración de defecto, Administración de configuración, Administración de Seguridad, Administración de la contabilidad, y una tercera parte que es el diseño de la red existente. (Huerta, 2021)

Parte 1. Análisis de los objetivos y limitaciones del negocio: Los objetivos y limitaciones incluyen la capacidad de correr las aplicaciones de red que reúne los objetivos comerciales corporativos, y la necesidad de trabajar dentro de restricciones comerciales, como paquete, personal limitado que está conectado a una red, y márgenes de tiempo cortos. El comprender los objetivos comerciales y sus restricciones de sus clientes es un aspecto crítico del diseño de red. Armado con un análisis cuidadoso de los objetivos comerciales del cliente, se puede proponer un diseño de red que contara con la aprobación del cliente. (Huerta, 2021)

Parte 2. Análisis de los objetivos y limitaciones técnicas: En esta parte trata de dar algunos alcances para analizar las metas técnicas de los clientes para implementar una nueva red o actualizar una existente. Conociendo las metas técnicas de los clientes se puede recomendar nuevas tecnologías que al implementarlas cumplan con sus expectativas. Los típicos objetivos técnicos son adaptabilidad, disponibilidad, funcionalidad, seguridad, manejabilidad, utilidad, adaptabilidad, y factibilidad. (Huerta, 2021)

Escalabilidad: La escalabilidad se refiere de cuanto es capaz de dar soporte al crecimiento del diseño de la red. Uno de los principales objetivos para muchas empresas es que la red sea altamente escalable, especialmente las empresas grandes que normalmente tienen un crecimiento rápido tanto en usuarios, aplicaciones y conexiones de red. El diseño de red que se propone a un cliente debería ser capaz de adaptarse a aumentos del uso de red y el alcance. (Huerta, 2021)

Disponibilidad: La disponibilidad se refiere a todo el tiempo que una red está disponible a usuarios y es a menudo una meta difícil de alcanzar para los que diseñan la red, ésta puede ser expresada en porcentajes por año, mes, semana, día u hora comparado con tiempo total del periodo. La palabra disponibilidad puede ser mal entendida por los usuarios para lo que se debe ser muy cuidadoso en explicar en qué consiste la disponibilidad de la red para ello se puede usar la palabra fiabilidad que se refiere a varios factores, como la exactitud, rangos de error, estabilidad, y la cantidad de tiempo entre fracasos lo que refleja la disponibilidad de la red. (Huerta, 2021)

Disponibilidad también lo asocian con la redundancia que no es un objetivo para el diseño de red, más bien es una solución, se refiere que se duplica los enlaces a la red para reducir tiempos lo que permite continuidad después de fallas o desastres. Disponibilidad está asociada también con la resistencia que significa cuanto estrés puede manejar la red con rapidez, que la red pueda manejar los problemas incluyendo los de seguridad, brechas, desastres naturales y no naturales, errores humanos, fallas del hardware o software. (Huerta, 2021)

Performance: Cuando se analiza los requerimientos técnicos para el diseño de la red, se puede convencer a los clientes para aceptar la performance de la red, incluyendo rendimiento, exactitud, eficacia, tardanza, y tiempo de respuesta. Analizar el estado actual de la red puede ayudar

a ver qué cambios se podrían realizar para que mejore la performance de la red. Las metas de la performance de la red están bastante ligadas con las metas de la escalabilidad. (Huerta, 2021)

Seguridad: El diseño de la seguridad es uno de los aspectos más importantes en el diseño de red empresarial. Al incrementar las amenazas tanto dentro como fuera de la red de la empresa se debe tener reglas y tecnologías de seguridad actualizadas e incorruptibles. Las metas más deseadas de muchas empresas es que los problemas de seguridad no afecten a la habilidad de conducir los negocios de la empresa, es decir que si se presentara algún tipo de problema la empresa debe ser capaz de seguir con sus actividades normales. (Huerta, 2021)

La primera tarea para el diseño de la seguridad es planificar. Lo que significa que se debe reconocer las partes más vulnerables de la red, analizando los riesgos y encontrando requerimientos. Como es el caso de la mayoría de las exigencias técnicas de diseño, alcanzando objetivos de seguridad significa hacer compensaciones. Las puestas en práctica de seguridad pueden aumentar el costo de despliegue y funcionamiento de la red, también puede afectar la productividad de usuarios, sobre todo si se dificulta el modo de trabajo para proteger recursos y datos. La Seguridad también puede afectar la redundancia del diseño de red por ejemplo si el tráfico pasa por dispositivos de cifrado. (Huerta, 2021)

Manejabilidad (Administración): Cada cliente tiene objetivos y una forma de administrar la red diferente. Algunos clientes tienen metas claras de cómo administrar la red y otras metas menos específicas. Si el cliente tiene proyectos definidos, debe asegurarse que se documenten, porque tendrá que referirse a los proyectos seleccionando el equipo. En algunos casos, el equipo tiene que ser excluido porque esto no soporta la administración de funciones que el cliente requiere. La administración de la red debe ser simplificada. Simplificarlos en paquetes de funciones de administración se entienden fácilmente y usados por administradores de red. Durante la reunión inicial de exigencias técnicas para el diseño o actualización de una red, se puede usar la terminología ISO para simplificar la discusión de las metas de los administradores de red con sus clientes, de la siguiente manera. (Huerta, 2021)

Administración de funcionamiento. Analizar el tráfico y el comportamiento de aplicación para optimizar una red, quedar en acuerdos de nivel de servicio, y el plan para la extensión. (Huerta, 2021)

Administración de defecto. Descubrir, aislar y corregir problemas; reportando los problemas a usuarios finales y gerentes. (Huerta, 2021)

Administración de configuración. Control, funcionamiento, identificación, y recolectar datos de dispositivos de administración. (Huerta, 2021)

Administración de Seguridad. Supervisión y pruebas de seguridad y política de protección, manteniendo y distribuyendo contraseñas y otra autenticación e información de autorización, llaves de cifrado directivas, y adhesión de revisión a política de seguridad. (Huerta, 2021)

Administración de la contabilidad. Contabilizar el uso de la red para asignar gastos para conectar una red a usuarios y/o plan para cambios de exigencias de capacidad. (Huerta, 2021)

Parte 3. Graficando la Red Existente: Esto se basa en una ejecución en un mapa de una red y aprendiendo la localización de la mayoría de los dispositivos y segmentos en el trabajo de la red e identificando algunos métodos establecidos para el direccionamiento y nombramiento y también archivando, investigando los cables físicos, reservas que son muy importante en la característica de la infraestructura de la red. (Huerta, 2021)

Ejecución de un Mapa de Red: Para la mayoría de los diseñadores de red; la interconexión de dispositivos y segmentar de la red es un buen camino para comenzar la comprensión del flujo circulatorio. El objetivo es obtener un mapa ya implementado de la red, algunos diseños de los clientes pueden tener mapas para un nuevo y mejor diseño de la red. (Huerta, 2021)

Herramientas para la Ejecución de un Mapa de Red: Para ejecutar un mapa de la existencia de la red, se debe invertir en una buena herramienta de diagrama de red. (Huerta, 2021)

Tales como:

- Visio Corporations.
- Visio Profesional.
- Visio Profesional Ships.

- Algunas compañías ofrecen esquematizar automáticamente el descubrimiento de la red existente, usando el siguiente software:
- Pinpoint Software's ClickNet Professional.
- NetSuite Development.
- Net Suite Advanced Professional Design.
- NetSuite Professional Audit (similar ClickNet).
- Usando las herramientas mencionadas deberá desarrollar un mapa de red en la cual deberá contener lo siguiente:
- Conexiones WAN entre países y ciudades.
- Edificios y pisos, y posibilidades cuartos y casetas.
- Conexiones WAN y LAN entre edificios y entre campos.
- Una indicación de la capa de datos (WAN, LANS).
- El Número de servicios proveedor de WANS.
- La localización de las líneas y interruptores, aunque no es necesario en el eje y centro.
- La localización y alcance de redes virtuales (VPN's), que conecta los servicios del proveedor WAN.
- La localización de las principales estructuras.
- La localización de las mayores estaciones de ejecución de la red.
- La localización y alcance de algunas LAN's Virtuales (VLAN's).
- La topología de algunos sistemas de seguridad Firewall.
- La localización de algunos sistemas de dial in y dial out.
- Algunas indicaciones de donde residen algunas estaciones de trabajo, aunque no necesariamente la localización explícita de cada estación de trabajo.

Caracterizando el Direccionamiento y el Nombramiento de la Red: La infraestructura lógica de la red envuelve documentar cualquier estrategia que el cliente tiene para el direccionamiento y nombramiento de la red. Cuando se dibuje los detalles de los mapas de la red, se deberá incluir los sitios, routers, segmentos de la red y servicios. Se tiene que investigar el direccionamiento de la capa de red que usa, el esquema de direccionamiento que usa el cliente

puede influenciar en la habilidad de adaptar el nuevo diseño de red a los objetivos, aquí se definirá el mejor método de direccionamiento que se pueda usar para el diseño de red. (Huerta, 2021)

Entre los cuales se tiene:

- Subnetting.
- Variable Length Subnet Masking (VLSM).
- Supernetting o Aggregations. Summarization.

2.2.13.2 Fase II: Diseño de una Red Lógica.

En la fase 2 se establece el diseño de una red lógica que comprende el diseño de una topología de red y el diseño de la red jerárquica. Según Huerta (2021):

Parte 5. Diseño de una topología de red: La topología es un mapa de la red que indican segmentos de red, puntos de interconexión, y comunidades de usuario. Además, los sitios geográficos puedan aparecer en el mapa, el objetivo del mapa es mostrar la geometría de la red, no la geografía física o implementación técnica. El mapa es una vista panorámica del alto nivel de la red, análoga a un dibujo arquitectónico que muestra la posición y el tamaño de cuartos para un edificio, pero no los materiales de construcción para fabricar los cuartos. (Huerta, 2021)

El diseño de una topología de red es el primer paso en la fase de diseño lógica de la metodología de diseño de red Top Down. Para encontrar los objetivos de un cliente para escalabilidad y adaptabilidad, es importante para el arquitecto una topología lógica antes de seleccionar productos físicos o tecnologías. Durante la fase de diseño de topología, se identifica redes y puntos de interconexión, el tamaño y alcance de redes, y los tipos de dispositivos de funcionamiento entre redes que serán requeridos, pero no los dispositivos actuales. (Huerta, 2021)

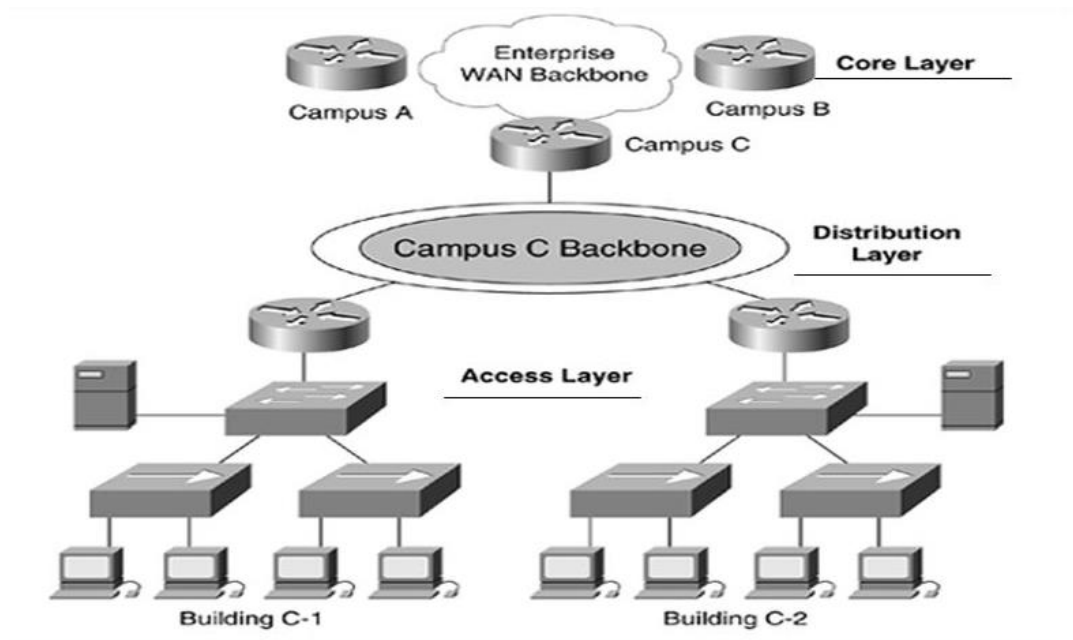
Tips tanto para diseño de redes WAN de campus como empresariales, y se concentra en el diseño de red jerárquico, que es una técnica para diseñar campus escalable y redes WAN usando un modelo modular por capas. Además del diseño de red jerárquico, en esta sección también cubre topologías de diseño de red redundantes y topologías con objetivos de seguridad. (Huerta, 2021)

Diseño de Red Jerárquica: Esta tarea es hecha más fácil se puede "dividir y triunfar" el trabajo y desarrollar el diseño en capas. Cada capa puede ser enfocada en funciones específicas,

permitiéndole elegir los correctos sistemas y características para la capa. Por ejemplo, en La figura 12, routers WAN de alto velocidad puede llevar el tráfico a través del backbone WAN de la empresa, los routers de velocidad media pueden unir edificios en cada campus, y los switches pueden conectar dispositivos de usuario y servidores dentro de edificios (Huerta, 2021).

Figura 15:

Topología Jerárquica



Nota.: https://www.academia.edu/Metodolog%C3%ADa_Top_Down_METODOLOGIA_DE (2021)

Una topología jerárquica típica está dividida por tres capas:

- Una Capa Core de routers y switches de alta velocidad que son optimizados para disponibilidad e performance.
- Una Capa de distribución routers y switches para la implementación de políticas.
- Una Capa de Acceso que une en la parte inferior a usuarios vía switches y puntos de acceso inalámbricos.

Las redes crecen desatendidas sin ningún plan y tienden a desarrollarse en un formato no estructurado. Doctor Peter Welcher, el autor de diseño de redes y artículos de tecnología para el Mundo de Cisco y otras publicaciones, se refiere a redes inesperadas como redes de pelota-piel. Cuando los dispositivos de red se comunican con muchos otros dispositivos, la carga de trabajo

requerida de las CPUs en los dispositivos puede ser pesada. Por ejemplo, en un apartamento grande la red, los paquetes de broadcast son pesados. Un paquete de broadcast interrumpe la CPU en cada dispositivo dentro del dominio de broadcast, y demanda procesamiento de tiempo en cada dispositivo para el cual un protocolo que entiende para aquel broadcast instalado. Este incluye routers, estaciones de trabajo, y servidores. (Huerta, 2021)

Otro problema potencial con redes no jerárquicas, además de los paquetes de broadcast, es la carga de trabajo de CPU requerida para los routers para comunicarse con muchos otros routers y tratar la numerosa publicación de ruta. Una metodología de diseño de red jerárquica le deja diseñar una topología modular que limita el número de routers que se comunican. La utilización de un modelo jerárquico puede ayudar a minimizar gastos. Se puede comprar los dispositivos apropiados de funcionamiento entre redes para cada capa jerárquica, así evitando gastos de dinero en características innecesarios para una capa. También, la naturaleza modular del modelo de diseño jerárquico permite la planificación de capacidad exacta de cada capa jerárquica, logrando reducir el ancho de banda perdido innecesariamente. Las responsabilidades del manejo de los sistemas de la red pueden ser distribuidas a las diferentes capas de una arquitectura de red modular para controlar gastos de dirección. (Huerta, 2021)

La modularidad le deja guardar cada elemento de diseño simple y fácil de entender. La simplicidad minimiza la necesidad de la formación extensa para el personal de operaciones de red y acelera la realización de un diseño. Las pruebas de un diseño de red son hechas fáciles porque hay funcionalidad clara en cada capa. El aislamiento de fallas es mejorado porque los técnicos de red pueden reconocer fácilmente los puntos de transición en la red y le ayudara a aislar puntos de fallas posibles. (Huerta, 2021)

El diseño jerárquico facilita cambios. Cuando los elementos en una red requieren el cambio, el coste de hacer una mejora está contenido a un pequeño subconjunto de la red total. En cambio, las grandes arquitecturas de red, los cambios tienden a afectar un número grande de sistemas. La sustitución de un dispositivo puede afectar numerosas redes debido a las interconexiones complejas. (Huerta, 2021)

2.2.13.3 Fase III: Diseño de la red física.

En la fase tres se establecen el diseño de la red física que comprende la selección de tecnología y dispositivos de red de campus y el diseño del cableado LAN. (Huerta, 2021)

Selección de Tecnología y Dispositivos de Red de Campus: El diseño de red físico implica la selección de la tecnología LAN y WAN para campus y empresarial. Durante esta fase del proceso de diseño de red top down, las opciones son hechas en cuanto a tendido de cables, físico y protocolos de capa de enlace de datos, y dispositivos de funcionamiento entre redes (como hubs, switches, routers, y puntos de acceso inalámbricos). Un diseño lógico, que cubre la Parte II, "El diseño de Red Lógico," forma la fundación para un diseño físico. (Huerta, 2021)

Además, los objetivos comerciales, los requerimientos técnicos, características de tráfico de red, y flujos de tráfico, se hablaron en toda la Parte I, "Identificando Necesidades de Su Cliente y Objetivos," que influyen en un diseño físico. Un diseñador de red tiene muchas opciones para LAN y WAN. Ninguna tecnología sola o dispositivo están con capacidad de responder todas las circunstancias. El objetivo de La parte III debe darle la información sobre la escalabilidad, performance, accesibilidad financiera, y características de manejabilidad de opciones típicas, ayudarle a hacer las correctas selecciones para su cliente. (Huerta, 2021)

Este capítulo cubre tecnologías para diseños de red de campus. Una red de campus es un juego de segmentos de LAN y redes de construcción en un área que tiene unas millas de diámetro. El siguiente capítulo cubre tecnologías para una red de empresa que incluye WAN y servicios de acceso remoto. Un proceso de diseño eficaz debe desarrollar soluciones de campus primero, seguido de acceso remoto y soluciones WAN. Después de que se ha diseñado las redes de campus de un cliente, se puede seleccionar más con eficacia la WAN y tecnologías de acceso remoto basadas en el ancho de banda y las exigencias de requerimiento de tráfico que fluye de un campus al otro. (Huerta, 2021)

Este capítulo comienza con una discusión del diseño de tendido de planta de cables de LAN, incluso el tendido de cables de opciones para redes de campus y edificio. El capítulo entonces proporciona la información sobre tecnologías de LAN como Ethernet y Modo de Transferencia

Asincrónico (ATM). La sección " Selección de Tecnología y Dispositivos de Red de Campus" proporciona algunos criterios de selección que se puede usar seleccionando hubs, switches, routers, y puntos de acceso inalámbricos para un diseño de campus. (Huerta, 2021)

Diseño del Cableado LAN: Como el tendido de cables es más una cuestión de realización que una cuestión de diseño, no es cubierto detalladamente en este libro. Sin embargo, la importancia de desarrollar una infraestructura de tendido de cables buena no debería ser rebajada. Mientras que otros componentes de un diseño de red generalmente tienen una vida de unos años antes de que los cambios de tecnología, la infraestructura de tendido de cables a menudo debiera durar durante muchos años. Es importante diseñar y poner en práctica la infraestructura de tendido de cables con cuidado, teniendo presente disponibilidad y objetivos de escalabilidad, y la vida esperada del diseño. (Huerta, 2021)

En muchos casos, su diseño de red debe adaptarse al tendido de cables existente. Tendido de cables ya en uso en un edificio y redes de campus:

- Topologías de tendido de cableado de Campus y Empresarial.
- Los tipos y longitudes de cableado entre edificios.
- La posición de armarios de telecomunicaciones e interconecta cuartos dentro de edificios.
- Los tipos y longitudes de cables para tendido de cableado vertical.
- Los tipos y longitudes de cables para tendido de cableado horizontal.
- Los tipos y longitudes de cables para tendido de cableado de área de trabajo que va de armarios de telecomunicaciones a estaciones de trabajo.

Existe otro autor que hace un resumen de las fases de la metodología top-down e indica cada una de las fases que comprende esta metodología. (Pereira, 2017)

El propósito de esta metodología es ayudar a diseñar redes que satisfagan los objetivos empresariales y técnicos de cualquier organización. Proporciona procesos y herramientas probados para ayudar a cumplir con los requisitos técnicos en cuanto a funcionalidad, disponibilidad, escalabilidad, accesibilidad y seguridad. (Pereira, 2017)

Éste resume en 4 fases del ciclo de redes PPIDOO anteriormente descrito las cuales son:

Fase I: Análisis de requerimientos Se refiere al análisis de requisitos comenzando con la identificación de objetivos de negocio y requisitos técnicos; también caracteriza el estado actual de la red, incluye la arquitectura y el rendimiento de los principales de la infraestructura y sus dispositivos. Por último, se analiza el tráfico de red, incluyendo flujo de datos y carga de los equipos activos de red. (Pereira, 2017)

Fase II: Diseño Lógico de la red Esta fase muestra diagramas de red de acuerdo con la información tomada en la fase anterior, el plan de proyecto es actualizado con los datos más relevantes para la implementación y se incluye la planificación de la seguridad, la red de gestión de diseño y de requisitos de acceso. (Pereira, 2017)

Fase III: Diseño de la red física Durante la fase de diseño físico, se proponen las tecnologías y productos (marcas y referencias de equipos) que concuerden con el registro de diseño lógico. (Pereira, 2017)

Fase IV: Pruebas, Optimización y documentación del diseño de la Red Finalmente, se aplica un plan de prueba a un piloto o prototipo, si se halla una falla se optimiza el diseño de la red y se documenta el trabajo con el diseño final. En todas las fases del diseño se recomienda retroalimentación, sugerencias, mejoras o necesidades de nuevas aplicaciones con el usuario para el monitoreo de la red. (Pereira, 2017)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3 CAPITULO III. Desarrollo Del Proyecto

3.1. DESARROLLO DEL PROYECTO

El diseño de la Red en malla Wifi 6 propuesto para la Dirección Departamental de Educación Pando, se desarrolla en base a la Metodología Top Dow, la misma que tiene cuatro fases para su ejecución.

A continuación, se empieza con el desarrollo del proyecto.

3.2. FASE I: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO

Esta parte se refiere al análisis de requisitos comenzando con la identificación de objetivos de negocio y requisitos técnicos; también caracteriza el estado actual de la red, incluye la arquitectura, el rendimiento, la infraestructura y sus dispositivos.

Por último, se analiza el tráfico de red, incluyendo flujo de datos y carga de los equipos activos de red.

3.2.1 Análisis de requisitos de la situación actual de la institución para conocer los requerimientos que conlleva a la construcción de este proyecto.

En esta parte del análisis de los requisitos, se identifica las necesidades que requiere la Dirección Departamental de Educación Pando, para solucionar, los problemas de comunicación de red, transferencia de datos e internet a través del diseño de la Red en malla.

Para lo cual se tiene identificado las siguientes necesidades o requerimientos de la institución.

- Se requiere una conexión entre computadoras, para que de esa manera se tenga la información centralizada y organizada.
- Se requiere una transferencia de datos instantánea y segura, con el propósito de agilizar los procesos dentro de la institución.
- Se requiere una conexión a internet óptima, que facilite la comunicación entre los funcionarios de la DDEP.

De acuerdo a los requerimientos de la institución el mismo que no cuenta con una red de datos estable y actualizada y tomando en cuenta que las instalaciones donde actualmente funcionan algunas Unidades son ambientes aptos para que funcione una red inalámbrica, esto hace que se

tome la decisión de implementar una red en malla Wifi 6, la misma que es una red inalámbrica y no así una red cableada para no dañar la infraestructura y evitar otros gastos económicos y brindar una solución pronta y segura.

3.2.2 *Determinación de la ubicación y distancia de cada punto de acceso a la red para cada equipo.*

A continuación, se detalla la distancia en la que están ubicadas cada unidad y subdirección.

Tabla 2:

Distancia y ubicación de cada Unidad y Subdirección

N.º	DETALLE DE LAS DEPENDENCIAS DE LA DIRECCION DEPARTAMENTAL DE EDUCACION PANDO	DISTANCIA / UBICACIÓN
1	UNIDAD DE ASUNTOS ADMINISTRATIVOS	PLANTA ALTA
2	UNIDAD DE ASUNTOS JURIDICOS	PLANTA ALTA
3	UNIDAD DE AUDITORIA INTERNA	PLANTA ALTA
4	SUBDIRECCION DE EDUCACION REGULAR	PLANTA BAJA
5	SUBDIRECCION DE EDUCACION ALTERNATIVA	PLANTA BAJA
6	SUBDIRECCION DE EDUCACION SUPERIOR Y FORMACION PROFESIONAL	PLANTA BAJA

Nota.: Elaboración Propia

De acuerdo a la ubicación que se encuentra cada Unidad y Subdirección que dependen de la Dirección Departamental de Educación Pando, es que se tomó la decisión de hacer las respectivas mediciones para determinar a qué distancia se encuentran cada dirección entre sí con relación a las mismas.




3.2.3 *Componentes necesarios para el diseño de la Red en malla Wifi 6.*



En este apartado se establecen los equipos que se necesita para el diseño de la Red en malla Wifi 6, haciendo conocer las características más importantes de cada uno de estos equipos que fue propuesto por la empresa CEGEPA SRL; empresa que se encuentra en la ciudad de La Paz.

Tabla 3:

Componentes sugeridos para el diseño de la red en malla.

N°	NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1	<p style="text-align: center;">ROUTER CORPORATIVO GIGABIT LÍNEA UNIFI</p>	<p>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:</p> <p>Soporta túnel VPN (Hasta 64).</p> <p>Gestión de VLANs (hasta 64).</p> <p>Funciones básicas de Firewall (Bloqueo de páginas por categoría)</p> <p>Balanceo de 2 servicios.</p> <p>Brinda seguridad y ruteo a redes UniFi.</p> <p>Se gestiona y administra a través de controlador UniFi o UCCK a través de la nube.</p> <p>Soporta línea de comando para usuarios avanzados.</p> <p>Operación Silenciosa (no tiene ventilador).</p> <p>Desempeño en capa 3 con paquetes de 64 Bytes: 1 Mpps.</p> <p>Soporta PPPoE.</p> <p>CARACTERÍSTICAS GENERALES:</p> <p>4 puertos Gigabit Ethernet (1 WAN, 1 LAN, 1 ETH Consola y 1 Ethernet VoIP)</p> <p>Alimentación de entrada: 10 Vcd, 1 A (Adaptador incluido)</p> <p>Memoria RAM: 512 MB DDR2.</p> <p>Almacenamiento en memoria flash: 2 GB.</p> <p>Dimensiones: 135 x 135 x 28.3 mm / Peso: 366 g.</p>	 <p style="text-align: center;">UniFi Security Gateway</p>

2	<p align="center">UAP AC MESH UNIFI 802.11AC PARA EXTERIOR DUALBAND.</p>	<p>Access Point UniFi MESH para exterior 802.11ac doble banda 2.4/5 GHz, MIMO 2x2, antenas desmontables, hasta 1167 Mbps. Principales: Resistente a la intemperie. Admite 802.3af y Adaptador PoE Pasivo 24 V</p>	
3	<p align="center">CLOUD KEY GEN 2</p>	<p>Memoria RAM: 2 GB. CPU: 8-Core, 2.0 GHz ARM. Memoria eMMC: 32 GB. Wi-Fi para paso de datos.</p> <p>Es un controlador de hardware integrado y un servidor de aplicaciones autónomas diseñadas para monitorear y administrar sus dispositivos de red y el sistema de vigilancia por cámara.</p>	
4	<p align="center">SWITCH UNIFI ADMINISTRABLE DE 8 PUERTOS GIGABIT POE+ 802.3AT/AF Y POE PASIVO 24V.</p>	<p>Alimentación: 100-240VAC/50-60 Hz, 150W. Montable en escritorio o pared (Incluido). Cumple con estándar ETSI300-019-1.4 de resistencia a golpes y vibración. Temperatura de operación: -5 a 40° C (23 a 104° F) Dimensiones: 204 x 43 x 235 mm (8.03 x 1.69 x 9.25"). Peso: 1.7 kg (3.75 lb).</p>	

5	ACCESS POINT UBIQUITI LOCOM 9	<p>Ubiquiti LOCOM9 es Punto de Acceso para exteriores de 900MHz, ideal para la función de CPE, por ser un equipo Costo/Beneficio para soluciones de distribución de servicios IP, en arquitectura Multipunto, siendo el LOCOM9 un excelente cliente de una base AirMax en 900MHz, es capaz de desarrollar hasta 300Mbps, gracias a que cuenta con tecnología AIRMAX y MiMo 2x2.</p> <p>Rango de alcance Hasta 3km en enlace PtMP</p>	
6	ACCESS POINT WIFI UNIFI 802.11AC DUAL-RADIO PRO PUNTO DE ACCESO PARA INTERIOR.	<p>ACCESS POINT WIFI 802.3A/B/G/N/AC</p> <ul style="list-style-type: none"> *2,4GHZ *5GHZ *1750MBPS *22DBM *3DBI * 2 PUERTOS GIGABIT *MIMO 3X3 *ADAPTADOR POE 48V INCLUIDO *INSTALACIÓN EN CIELO FALSO 	

Nota.: Elaboración Propia

De acuerdo a la ubicación y distancia que se encuentran cada una de las Unidades y Subdirecciones que dependen de la Dirección Departamental de Educación Pando, es que se tomó la decisión de solicitar a una empresa la propuesta de equipos que se utilizarían para el diseño de la red en malla,

tomando en cuenta la distancia, ubicación y la infraestructura. Todo esto con el fin de contar con los equipos necesarios y actualizados para el diseño de la red.

3.2.4 Organización de la Dirección Departamental de Educación Pando.

En el siguiente cuadro se puede ver cómo está organizada la Dirección Departamental de Educación Pando, también se puede ver la cantidad de personas que trabajan actualmente en cada una de las direcciones y lo más importante se establece el requerimiento en cuanto a personal y equipamiento por dirección.

Tabla 4:

Requerimientos de conexión de equipos

UNIDADES Y SUBDIRECCIONES DE LA DDEP	PERSONAL QUE TRABAJA ACTUALMENTE	REQUERIMIENTO DE CONEXIÓN
UNIDAD DE ASUNTOS ADMINISTRATIVOS	Ocho personas	Se Requiere Conexión Para 10 Equipos
UNIDAD DE ASUNTOS JURIDICOS	Doce Personas	Se Requiere Conexión Para 25 Equipos
UNIDAD DE AUDITORIA INTERNA	Ocho Personas	Se Requiere Conexión Para 20 Equipos
SUBDIRECCION DE EDUCACION REGULAR	Doce Personas	Se Requiere Conexión Para 20 Equipos
SUBDIRECCION DE EDUCACION ALTERNATIVA	Catorce personas	Se Requiere Conexión Para 20 Equipos
SUBDIRECCION DE EDUCACION SUPERIOR Y FORMACION PROFESIONAL	Once personas	Se Requiere Conexión Para 20 Equipos

Nota.: Elaboración Propia.

En la tabla 4, se observa la cantidad de personas que trabajan actualmente en cada Unidad y Subdirección, también se puede observar la cantidad de personas que requiere la Dirección Departamental de Educación Pando, este requerimiento es en base a las necesidades que tiene la DDEP, es por esa razón que se tomó la decisión de plasmar en la documentación el requerimiento

de personal, la misma que servirá para una futura implementación de puntos dentro de la red en malla.

3.2.5 Estado actual de la red

Se pudo evidenciar, que la Dirección Departamental de Educación Pando, actualmente cuenta con una red de datos deficiente incapaz de brindar transferencia de archivos, esto hace que toda información sea transferida entre usuarios a través de medios magnéticos, provocando pérdida de la información y demora en los procesos. Así mismo se evidencia que no cuenta con el servicio de internet adecuado y óptimo.

Figura 16:

Estado actual de la red

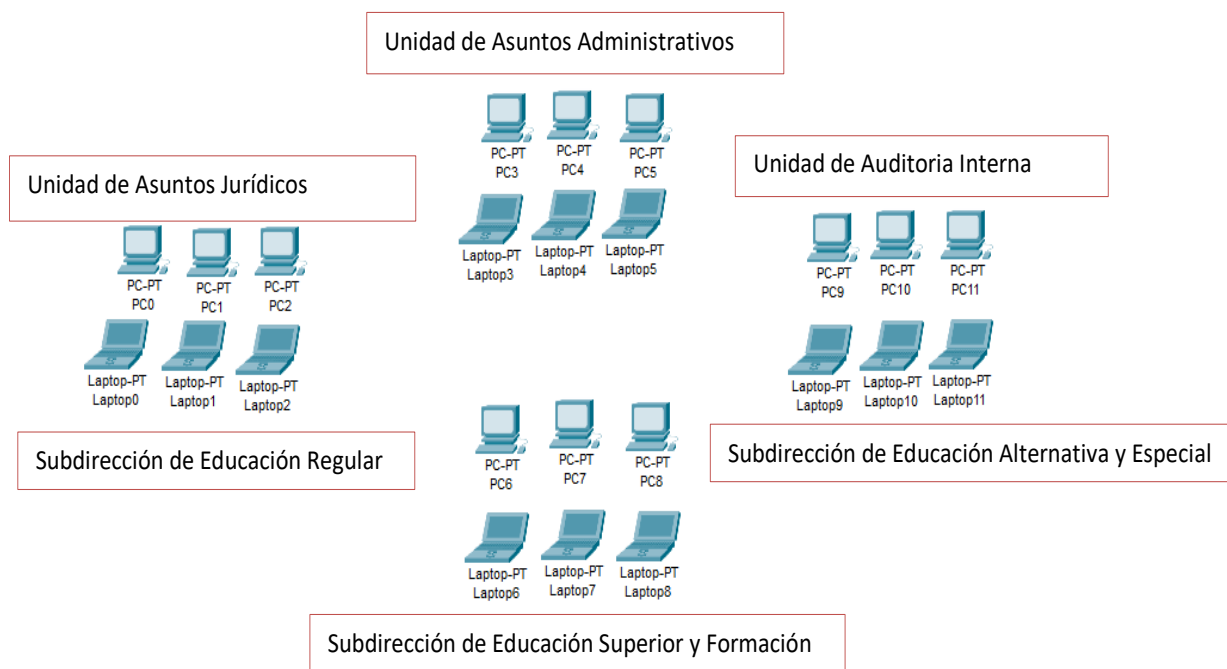


Nota.: Elaboración Propia.

3.2.6 Diagrama lógico de la red actual

Figura 17:

Diagrama Lógico de la Red Actual



Nota.: Elaboración Propia.

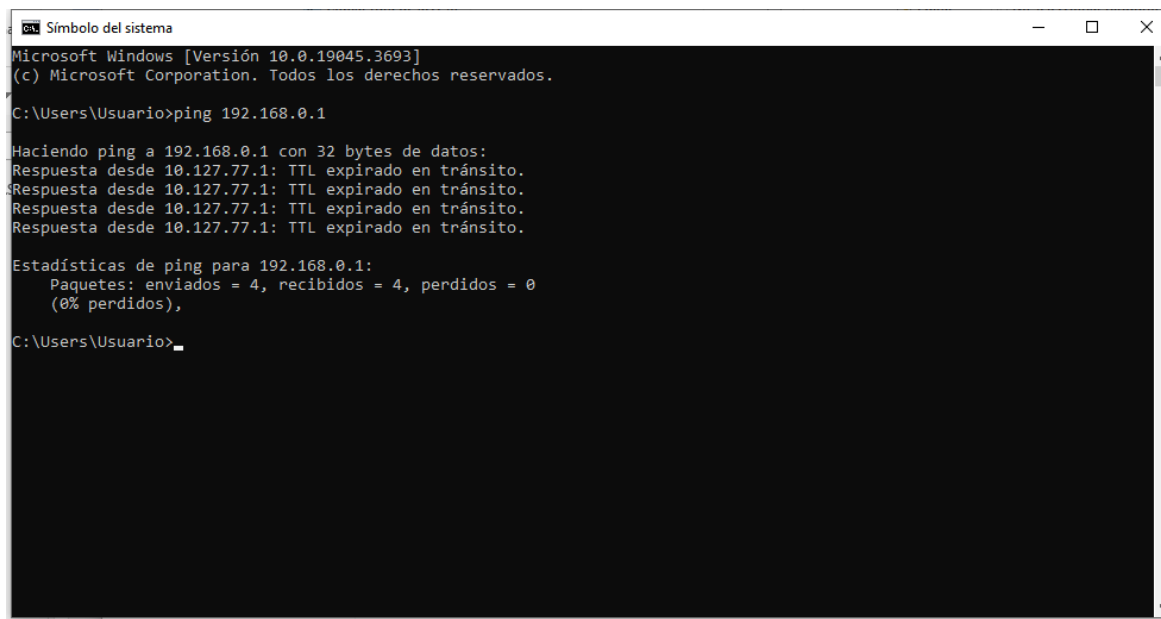
La figura 17 muestra el diagrama lógico de la red actual en su totalidad de la Dirección Departamental de Educación Pando y sus diferentes Unidades y Subdirecciones.

3.2.7 Tráfico de la red actual

La red LAN de la institución en la actualidad se compone principalmente de dos routers que establecen conexiones punto a punto, formando así un anillo de red. Cada uno de estos routers está ubicado físicamente en cada planta del edificio que abarca la red. Además, cada router está conectado a switches de acceso que sirven a los usuarios finales. Es relevante destacar que la planta alta concentra la mayor cantidad de tráfico en la red. Este diseño contribuye a una distribución eficiente de la conectividad y facilita la administración del tráfico de datos en la institución.

Figura 18:

Trafico de la red actual



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19045.3693]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Usuario>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.127.77.1: TTL expirado en tránsito.
Respuesta desde 10.127.77.1: TTL expirado en tránsito.
Respuesta desde 10.127.77.1: TTL expirado en tránsito.
Respuesta desde 10.127.77.1: TTL expirado en tránsito.

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),

C:\Users\Usuario>
```

Nota.: Elaboración Propia.

De acuerdo al análisis realizado para el diseño de la red Mesh de la Dirección Departamental de Educación Pando del Gobierno Autónomo de Pando, se hará, el cálculo del ancho de banda que se necesitará por direcciones.

De acuerdo a investigaciones se pudo evidenciar que un usuario utiliza 1,1 Mbps de ancho de banda de la siguiente manera:

- Audio 48 Kbps
- Video 360 Kbps
- Aplicaciones Compartidas 500 Kbps
- Reserva 175 Kbps
- Total 1.083 Mbps
- Total, ancho de banda Por Usuario redondeado 1,1 Mbps

De acuerdo a los requerimientos de la institución por direcciones, las mismas que están establecidas en la tabla 6 requerimientos de conexión de equipos, es que se hace el cálculo del ancho de banda que se requerirá por cada una de las direcciones de acuerdo a la siguiente fórmula:

A = ancho de banda por usuario

B = requerimiento de conexiones

C = total ancho de banda

$$A * B = C$$

La Unidad de Asuntos Administrativos requiere conexión para 10 equipos, tomando en cuenta que por equipo se utiliza 1,1 Mbps de ancho de banda, en este caso se necesitaría 11 Mbps.

$$A * B = C$$

$$1,1 * 10 = 11 \text{ Mbps}$$

La Unidad de Asuntos Jurídicos requiere conexión para 25 equipos, tomando en cuenta que por equipo se utiliza 1,1 Mbps de ancho de banda, en este caso se necesitaría 27,5 Mbps.

$$A * B = C$$

$$1,1 * 25 = 27,5 \text{ Mbps}$$

La Unidad de Auditoría Interna requiere conexión para 20 equipos, tomando en cuenta que por equipo se utiliza 1.1 Mbps de ancho de banda, en este caso se necesitaría 22 Mbps.

$$A * B = C$$

$$1,1 * 20 = 16,5 \text{ Mbps}$$

La Subdirección de Educación Regular requiere conexión para 20 equipos, tomando en cuenta que por equipo se utiliza 1,1 Mbps de ancho de banda, en este caso se necesitaría 22 Mbps.

$$A * B = C$$

$$1,1 * 20 = 22 \text{ Mbps}$$

La Subdirección de Educación Alternativa requiere conexión para 20 equipos, tomando en cuenta que por equipo se utiliza 1,1 Mbps de ancho de banda, en este caso se necesitaría 22 Mbps.

$$A * B = C$$

$$1,1 * 20 = 22 \text{ Mbps}$$

La Subdirección de Educación Superior y Formación Profesional requiere conexión para 20 equipos, tomando en cuenta que por equipo se utiliza 1,1 Mbps de ancho de banda, en este caso se necesitaría 22 Mbps.

$$A * B = C$$

$$1,1 * 20 = 22 \text{ Mbps}$$

En total la Dirección Departamental de Educación Pando utilizará 121 Mbps de ancho de banda para su red.

3.2.8 *Gestión de riesgos*

Para evaluar los riesgos asociados a la red actual de la Dirección Departamental de Educación Pando, primero se debe agrupar los mismos en cuatro puntos principales:

- **Fallos intencionales:** Empleados o gente externa, Hackers.
- **Fallas por el medio ambiente:** Fenómenos naturales, terremotos, incendios, inundaciones, etc.
- **Fallas mecánicas:** Fallas de hardware en equipos, corte brusco de suministro eléctrico, etc.
- **Fallos fortuitos o Accidentes:** Empleados con poca capacitación, descuidos, etc.

Elementos necesarios en el diseño de la red:

- Disponibilidad: Tener la información necesaria.
- Integridad: No accesos a la información por personas no autorizadas.
- Confidencialidad: Información solo disponible o vista por personal autorizado.

El no tomar en cuenta los aspectos mencionados en el diseño de la red puede resultar en:

- Pérdida económica para la DDEP.
- Pérdida en productividad.
- Pérdida de Confianza.
- Pérdida de oportunidades de negocio.

Mediante un diseño correcto de la red tocando los aspectos mencionados anteriormente, se verán las acciones de mitigación para evitar los problemas. Para tener un equilibrio entre riesgo y confianza. El sistema que se evaluará es la red actual donde el riesgo es igual a la probabilidad de que ocurra algo por el impacto que produce.

Evaluación de Riesgos:

- Circunstancias Políticas.
- Aspectos comerciales y legales.
- Circunstancias Económicas.
- Eventos naturales.
- Aspectos tecnológicos y técnicos Comportamiento humano.

De acuerdo a lo mencionado se puede listar los riesgos más importantes asociado al diseño de la red, tomando en cuenta una escala del 1 al 5, siendo el 5 la máxima probabilidad de que ocurra un suceso.

Tabla 5:

Gestión De Riesgos

	AMENAZA	PROBABILIDAD	IMPACTO	RIESGO
1	PERDIDA DE INFOMACIÓN POR CAUSAS NATURALES	2	4	8
2	AUSENCIA DE RESPONSABILIDAD, INCUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	4	3	12
3	PERDIDA DE INFORMACIÓN, ATAQUES INFORMÁTICOS, ROBOS	4	5	20
4	ADMINISTRADORES DE RED NO ESTABLES EN SUS FUNCIONES	4	3	12
5	FALTA DE DOCUMENTACIÓN	5	4	20
6	FALTA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO EN LOS INCIDENTES	4	4	16
7	CÁLCULOS ERRONEOS EN EL CRECIMIENTO DE PERSONAL	4	4	16
8	CAUSAS POLÍTICAS Y DESACUERDOS	4	4	16
9	DIMENCIONAMIENTO ERRONEO EN DISPOSITIVOS DE RED	3	4	12
10	POLÍTICAS DE ESTADO PARA LA DEPENDENCIA DE PRODUCTOS	4	3	12

Nota.: Elaboración Propia.

Acciones a realizar contra los riesgos mostrados anteriormente:

Tabla 6:*Acciones de Mitigación*

	AMENAZAS	MITIGACIÓN
1	PERDIDA DE INFORMACIÓN POR CAUSAS NATURALES	CONTAR CON UN BACKUP ACTUALIZADO
2	AUSENCIA DE RESPONSABILIDAD, INCUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	ESTRUCTURAR FUNCIONES LABORALES
3	PERDIDA DE INFORMACIÓN, ATAQUES INFORMÁTICOS, ROBOS	IMPLEMENTAR SITIOS REMOTOS ALTERNATIVOS CON BACKUP DE LA INFORMACIÓN
4	ADMINISTRADORES DE RED NO ESTABLES EN SUS FUNCIONES	INSTITUCIONALIZACIÓN DEL PERSONAL
5	FALTA DE DOCUMENTACIÓN	GENERACION DE LA DOCUMENTACION
6	FALTA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO EN LOS INCIDENTES	IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DE SUCESOS
7	CÁLCULOS ERRONEOS EN EL CRECIMIENTO DE PERSONAL	SE ASUME LA AMENAZA
8	CAUSAS POLÍTICAS Y DESACUERDOS	BACKUP DE LA INFORMACIÓN
9	DIMENCIONAMIENTO ERRONEO EN DISPOSITIVOS DE RED	DIAGNÓSTICO DEL DESEMPEÑO DE EQUIPOS
10	POLÍTICAS DE ESTADO PARA LA DEPENDENCIA DE PRODUCTOS	MAYOR FLEXIBILIDAD

Nota.: Elaboración Propia.

Como se mencionó anteriormente el sitio Regional es el que alberga todos los servicios y aplicaciones dentro de la red de la Dirección departamental de Educación Pando, y a la vez proporciona la salida a internet para todos los usuarios.

3.3. FASE II. DISEÑO LÓGICO DE LA RED

En esta fase, se realiza el diseño de la red lógico de acuerdo con la información tomada en la fase anterior, el plan de proyecto es actualizado con los datos más relevantes para la implementación y se incluye la planificación de la seguridad, la red de gestión de diseño y de requisitos de acceso.

La Dirección Departamental de Educación Pando cuenta con tres Unidades y tres Subdirecciones, cada una con su respectivo personal, estas Unidades y Subdirecciones son: Unidad de Asuntos Administrativos, Unidad de Asuntos Jurídicos, Unidad de Auditoría Interna, Subdirección de Educación Regular, Subdirección de Educación Alternativa y Especial y la Subdirección de Educación Superior y Formación Profesional.

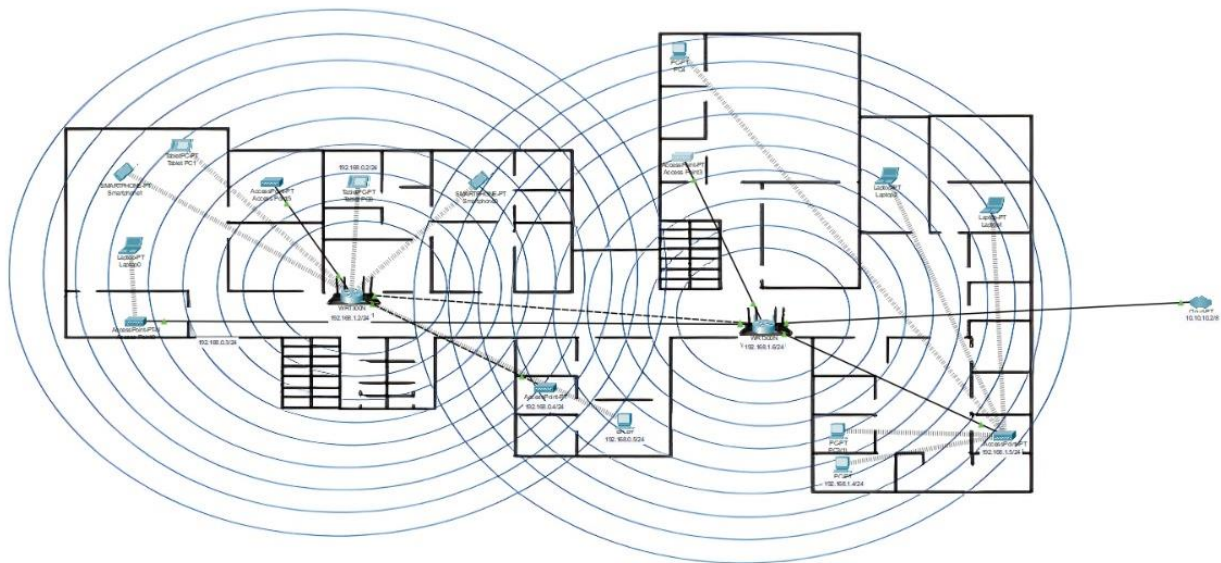
3.3.1 Diseño Lógico de la Red en malla Wifi 6 de la Dirección Departamental de Educación Pando.

De acuerdo a los diferentes tipos de topologías que existen para el diseño de redes, se estableció la topología estrella; esta topología es la que brinda mayores ventajas y es la que más se adapta a las necesidades de la Dirección Departamental de Educación Pando.

La decisión de utilizar la topología estrella es porque posee un sistema que permite agregar nuevos equipos fácilmente, es fácil de prevenir daños o conflictos, ya que no afecta a los demás equipos, si ocurriese alguna falla sería fácil encontrarla en cada punto.

Figura 19:

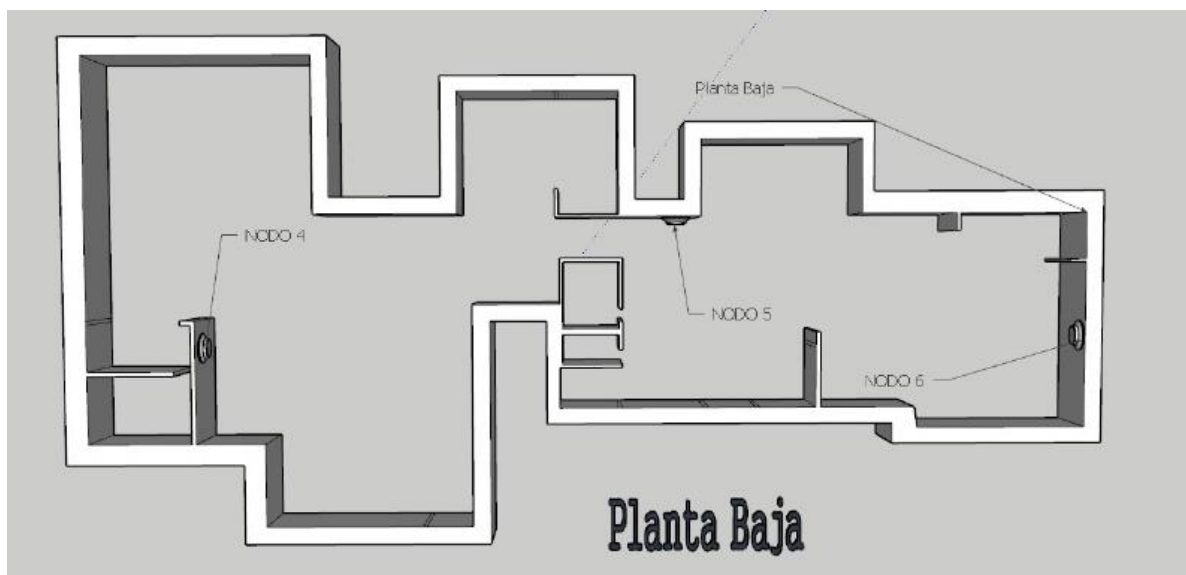
Diseño lógico de la Dirección Dptal. de Educación Pando



Nota.: Elaboración Propia

Figura 20

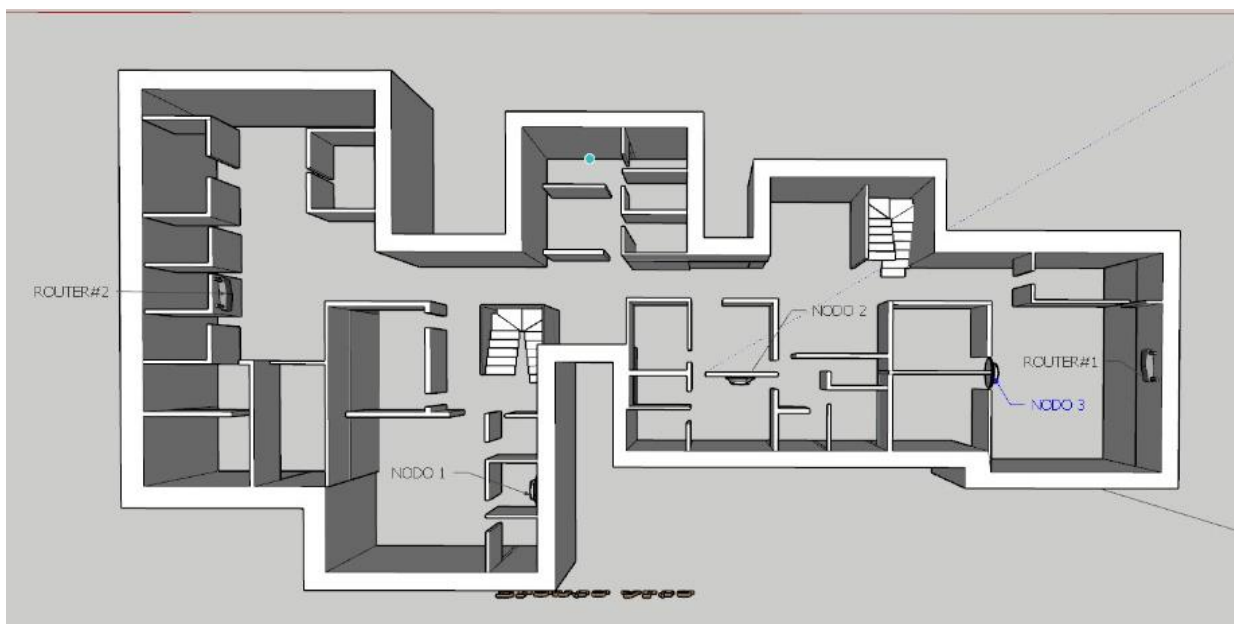
Diseño lógico de la Dirección Dptal. de Educación Pando Planta Baja



Nota.: Elaboración Propia

Figura 21

Diseño lógico de la Dirección Dptal. de Educación Pando Planta Alta



Nota.: Elaboración Propia

Para el diseño planteado se tomaron en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

- **ESCALABILIDAD:** La red es escalable, es decir poder crecer a futuro sin la necesidad de perder el control o la manejabilidad, ya que es una red Jerárquica esta soporta el crecimiento y el control adecuado.
- **DISPONIBILIDAD:** La red tendrá un alto porcentaje de disponibilidad, de manera que los usuarios no puedan notar la existencia de algún corte en la red, ya que del diseño cuenta con alta disponibilidad en las capas críticas de la red se estima tener una disponibilidad del 99.999%.
- **PERFORMANCE:** Ya que el rendimiento de la red está estrechamente vinculado a la escalabilidad, al ser esta una red escalable debido al diseño jerárquico esta tiene un alto rendimiento en ancho de banda en sus enlaces entre equipos, estos equipos a la vez presentan características elevadas en la transferencia de información a través de ellos, con esto se tendrá un tráfico de datos latente en la red y el tiempo de respuesta a las solicitudes de los servicios consumidos por los usuarios.

- **SEGURIDAD:** Siendo la seguridad uno de los aspectos más importantes en el diseño de red, se tomó en cuenta la seguridad en borde como dentro de la red, teniendo servidores en el sitio Regional, la cual brinda servicios internos como externos a través de internet se tomaron las medidas necesarias para el seguro acceso desde internet a estos servicios, prevenir ataques informáticos a los servidores como denegación de servicio, ataques de fuerza bruta, etc., también la seguridad en la navegación a internet de los usuarios finales de cada sitio, teniendo un monitoreo constante de la actividad de cada uno de ellos.

3.3.2 Diseño Lógico de la Red en malla Wifi 6 de la Unidad de Asuntos Administrativos.

En este apartado se establece el diseño lógico de la Red Mesh de la Unidad de Asuntos Administrativos, la misma está diseñada en base a la topología estrella, se ha implementado una estrategia integral que optimiza la conectividad inalámbrica en todo el entorno. La arquitectura de red en malla proporciona una distribución uniforme de la señal, mejorando significativamente la cobertura y la velocidad de transmisión de datos. Este enfoque garantiza una experiencia de usuario fluida y confiable para el personal administrativo, permitiendo una comunicación eficiente y el acceso a recursos digitales de manera ininterrumpida. La implementación del estándar Wifi 6 demuestra un compromiso con la vanguardia tecnológica, asegurando no solo un rendimiento óptimo en el presente, sino también una preparación para futuras demandas tecnológicas en la Unidad de Asuntos Administrativos.

3.3.3 Diseño Lógico de la Red en malla de la Unidad de Auditoría Interna

En el marco del Diseño Lógico de la Red en malla de la Unidad de Auditoría Interna, se ha implementado una estructura tecnológica avanzada que prioriza la seguridad y eficiencia de las comunicaciones. La topología de red en malla asegura una cobertura integral y una redundancia que minimiza posibles interrupciones, garantizando la disponibilidad constante de la información crítica. Además, se ha prestado especial atención a la segmentación de la red para fortalecer la protección de datos confidenciales y sensibles que maneja la Unidad. La adopción de tecnología de vanguardia en este diseño, junto con protocolos de seguridad robustos, no solo mejora la calidad

de la conexión interna, sino que también fortalece las defensas cibernéticas, cumpliendo con los estándares más exigentes en el ámbito de la auditoría interna.

3.3.4 Diseño Lógico de la Red en malla de la Subdirección de Educación Regular

Se ha llevado a cabo una implementación cuidadosa para optimizar la conectividad y la eficiencia de la infraestructura de red. La topología en malla se ha seleccionado estratégicamente para garantizar una distribución equitativa de la señal, proporcionando una cobertura sólida y uniforme en todo el entorno educativo. Este enfoque facilita la conectividad fluida de dispositivos en aulas, oficinas y áreas comunes, mejorando la comunicación interna y el acceso a recursos digitales. Además, se ha puesto énfasis en la seguridad de la red, implementando medidas avanzadas para proteger la integridad de los datos educativos y salvaguardar la privacidad de los usuarios. El Diseño Lógico de la Red en malla no solo potencia la eficacia operativa de la Subdirección de Educación Regular, sino que también sienta las bases para una infraestructura tecnológica resiliente y adaptable a las necesidades educativas en constante evolución.

3.4. FASE III: DISEÑO FÍSICO DE LA RED.

Durante la fase de diseño físico, se proponen las tecnologías y productos (marcas y referencias de equipos) que concuerden con el registro de diseño lógico.




Durante esta fase del proceso de diseño de Red Top Down, las opciones son hechas en cuanto a tendido de cables, físico y protocolos de capa de enlace de datos, y dispositivos de funcionamiento entre redes (como hubs, switches, routers y puntos de acceso inalámbricos).

3.4.1 Equipos propuestos para la Red en malla de la Dirección Departamental de Educación Pando

En base a la sugerencia de la empresa CEGEPA SRL, se hizo una valoración de los dispositivos requeridos para el diseño de la Red Mesh de acuerdo a las necesidades y requerimientos ya establecidos durante la investigación y se optó por utilizar los siguientes equipos.

Tabla 7:

Equipos propuestos para la red

CANTIDAD	NOMBRE DEL EQUIPO	IMAGEN
1	SWITCH UNIFI Administrable de 8 Puertos	
2	Wi-Fi 6 Router AX1800 Dual Band	
6	ACCESS POINT WIFI 6 UniFi 802.11ac Dual-Radio Pro	

Nota.: Elaboración Propia

De acuerdo al estudio y análisis realizado de acuerdo a la sugerencia que brindó la empresa CEGEPA SRL, se tomó la decisión de utilizar los equipos que se mencionan en la tabla 7 para el diseño de la red en malla Wifi 6, tomando en cuenta la distancia, ubicación e infraestructura.

3.4.2 Presupuesto necesario para el diseño de Red

En esta parte se detalla el presupuesto que permitirá determinar la viabilidad económica del equipo y la cantidad de equipos que se utilizará en el desarrollo del diseño de redes inalámbricas, por lo que se manipulará una tabla comparativa de los precios de los equipos descritos en la viabilidad técnica, y de esa manera analizar su propósito de costo-beneficio y verificar si el proyecto es rentable. A continuación, se detallan de acuerdo a la tabla 7 los equipos de red a ser utilizados con sus respectivos precios:

Tabla 8:

Presupuesto necesario para el diseño de la red

EQUIPOS DE RED			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Wi-Fi 6 Router AX1800 Dual Band	2	900	1.800
ACCESS POINT WIFI 6 UniFi 802.11ac Dual-Radio Pro	6	1.120	6.720
Total Bs.			8.520

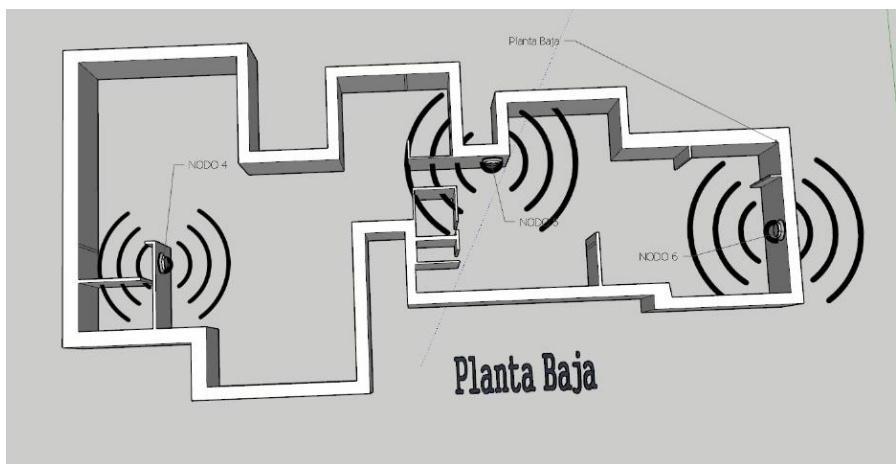
Nota.: Elaboración Propia

3.4.3 Diseño De La Red Física De La Dirección Departamental de Educación Pando

En esta parte se detalla el diseño de la Red Física de la Dirección Departamental de Educación Pando de acuerdo a los equipos que se utilizarán en cada una de las Unidades y Subdirecciones dependientes de la DDEP. Cabe recalcar que los equipos utilizados para el diseño de esta red física son en base a los equipos propuestos y establecidos en la tabla 7, tomando siempre en cuenta la distancia, ubicación e infraestructura.

Figura 22:

Diseño de la red física de la Dirección Dptal. de Ed. Pando Planta Baja

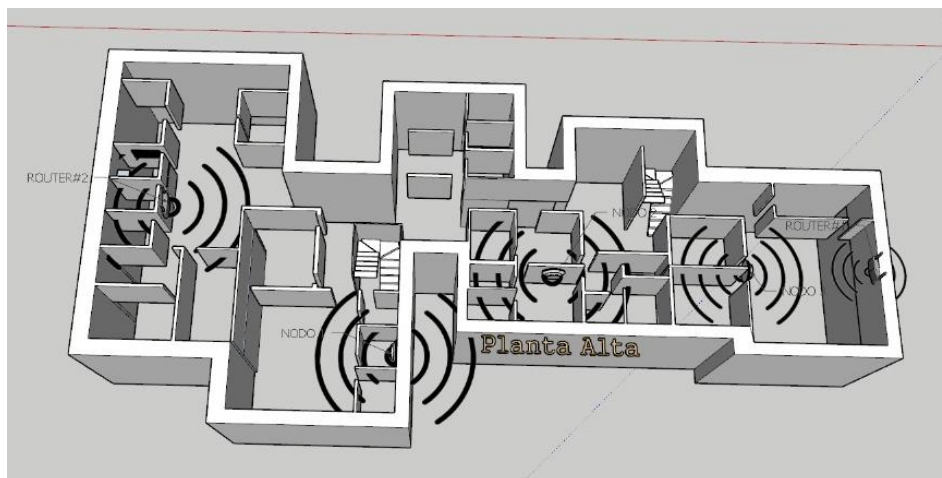


Nota: Elaboración propia

La figura 22 muestra el diseño físico de los dispositivos de la red mesh en los ambientes de la planta baja

Figura 23:

Diseño de la red física de la Dirección Dptal. de Ed. Pando Planta Alta



Nota.: Elaboración Propia

La figura 23 muestra el diseño físico de los dispositivos de la red mesh en los ambientes de la planta alta

3.4.4 Ubicación De Los Equipos De La Red en malla Wifi 6

De acuerdo a los ambientes que forman parte de la Dirección Departamental de Educación Pando es que se tiene la ubicación de cada uno de los equipos que se utilizará para la Red en malla, para su mejor entendimiento el diseño se muestra en la figura 22 y 23.

Para la ubicación de cada uno de los equipos se tomó en cuenta la distancia, geografía e infraestructura de cada una de las Unidades y Subdirecciones que forman parte de la Dirección Departamental de Educación Pando.

Figura 24:

Diseño de la Red Física Ubicación de los equipos de red



Nota.: Elaboración Propia.

En este capítulo se estableció el desarrollo del proyecto en base a la metodología Top Down la misma que comprende cuatro fases y de las que se utilizó solo tres fases.

En una primera parte se puede ver la fase 1 que comprende al análisis de requerimientos, en esta parte se estableció el análisis de requisitos de la situación actual de la institución para conocer los requerimientos que conlleva a la construcción de este proyecto, como también se determinó la ubicación y distancia de cada punto de acceso a la red para cada equipo, también se estableció los componentes necesarios para el diseño de la Red en malla, la organización de la Dirección Departamental de Educación Pando, el estado actual de la red y el tráfico de la red.

En una segunda parte se establece la fase 2, la misma que comprende al diseño lógico de la red, en esta parte se estableció el Diseño Lógico de la Red en malla de la Dirección Departamental de Educación Pando, el Diseño Lógico de la Red en malla de las diferentes Unidades y Subdirecciones que forman parte de la DDEP.

En la tercera parte que comprende a la fase 3, que establece el diseño físico de la red, en ella se estableció la Cantidad de equipos que se utilizarán para el diseño de la Red en malla de

acuerdo a requerimiento, el Presupuesto necesario para el diseño de Red, el Diseño De La Red Física De La Dirección Departamental de Educación Pando y la Ubicación De Los Equipos De La Red en malla.

En la cuarta parte solo comprende el prototipo de red en malla Wifi 6 porque esta fase comprende a la implementación total y este proyecto solo contempla el diseño y prototipo de la red en malla Wifi 6,

3.4.5 Factibilidad Operacional

Terminado el diseño de la red propuesta para la Dirección Departamental de Educación Pando, y determinados los límites de las áreas a trabajar, se hace notar que la Dirección Departamental de Educación Pando cuenta con una unidad de Sistemas. Esta unidad a la vez está dividida por áreas de especialidad como son: telefonía, redes, servidores, seguridad soporte técnico. Todas estas áreas serán involucradas en cada una de las etapas del proyecto de diseño, siendo de manera inicial y con mayor prioridad el trabajo con el área de redes. Por todo lo expuesto se puede concluir que el proyecto de diseño es factible operacionalmente.

3.4.6 Factibilidad Técnica

El diseño de red para la Dirección Departamental de Educación Pando, incluye equipamiento de redes a nivel corporativo, este equipamiento está disponible actualmente en Bolivia, es distribuido por varias empresas a nivel nacional que cuentan con todas las garantías legales, es decir licencias, soporte de fábrica y local, dadas estas condiciones es factible técnicamente conseguir el equipamiento necesario para el diseño de la red. De esta manera también cabe resaltar que la Dirección Departamental de Educación Pando, no cuenta con una red de física o inalámbrica. Con todos estos detalles se concluye que el diseño es factible técnicamente.


3.4.7 Implementación del prototipo de la red en malla Wifi 6 para la Dirección departamental de Educación Pando.

A continuación, se detallan los equipos que se utilizó para la implementación del prototipo de la red en malla Wifi 6 para la Dirección departamental de Educación Pando.

Para este prototipo se utilizó: 2 Router Wi-Fi 6 AX1800 Dual Band,

Tabla 9:

Presupuesto necesario para el diseño de la red

CANTIDAD	NOMBRE DEL EQUIPO	IMAGEN
2	Wi-Fi 6 Router AX1800 Dual Band	
6	ACCESS POINT WIFI 6 UniFi 802.11ac Dual- Radio Pro	

Nota.: Elaboración Propia

3.4.7.1 Área de aplicación

En esta parte se detalla la ubicación geográfica, el lugar donde será ejecutado el prototipo, la manera en la que está estructurada dicha institución, como también la ubicación de cada una de sus dependencias.

Ubicación geográfica. - El Departamento Pando se encuentra geográficamente ubicado al Noroeste de Bolivia, y la capital de Pando es la Ciudad de Cobija. Pando como cualquier otro Departamento, cuenta con diferentes instituciones como la Gobernación, Alcaldía y la Dirección departamental de Educación Pando, que se encuentra en la ciudad de Cobija ubicada frente a SEDES-PANDO en la Av. 9 de febrero.

Dentro de la DDEP se encuentran varias direcciones y subdirecciones todos relacionados a la educación.

De acuerdo a la tabla 4 se establece la dependencia de las direcciones y subdirecciones dentro lo que es la DDEP y a continuación se detallan las mismas:

En la planta alta se encuentran ubicadas las direcciones de Asuntos Administrativos, Asuntos Jurídicos y Auditoría interna; en la planta baja se encuentran ubicadas las subdirecciones como ser Educación Regular, Educación Alternativa y educación Superior y Formación Profesional.

Figura 25:

Dirección Departamental de Educación Pando



Nota.: Elaboración Propia

En la siguiente figura muestra la instalación de equipos que la estructura de la red tendrá en el plano.

Access Point 3	192.168.1.5/24
Access Point 2	192.168.1.3/24
Access Point 1	192.168.1.4/24
WRT300N Wireless Router 1	192.168.1.2/24
Access Point 6	192.168.0.5/24
Access Point 5	192.168.0.4/24
Access Point 4	192.168.0.3/24
WRT300N Wireless Router 2	192.168.0.2/24
Cloud0	10.10.10.2/8

Implementación del prototipo. – En esta parte se hizo la instalación y configuración de los equipos de hardware para el funcionamiento de la red en malla Wifi 6 como indica el proyecto.

Figura 26:

Implementación del prototipo



Nota.: Elaboración Propia

Funcionamiento de la red en malla Wifi 6. – En esta parte se puede evidenciar el funcionamiento del prototipo de la red en malla implementado en la Dirección Departamental de Educación Pando.

3.5. FASE IV: PRUEBAS Y VALIDACIÓN

3.5.1 Prueba realizada con la Red Actual

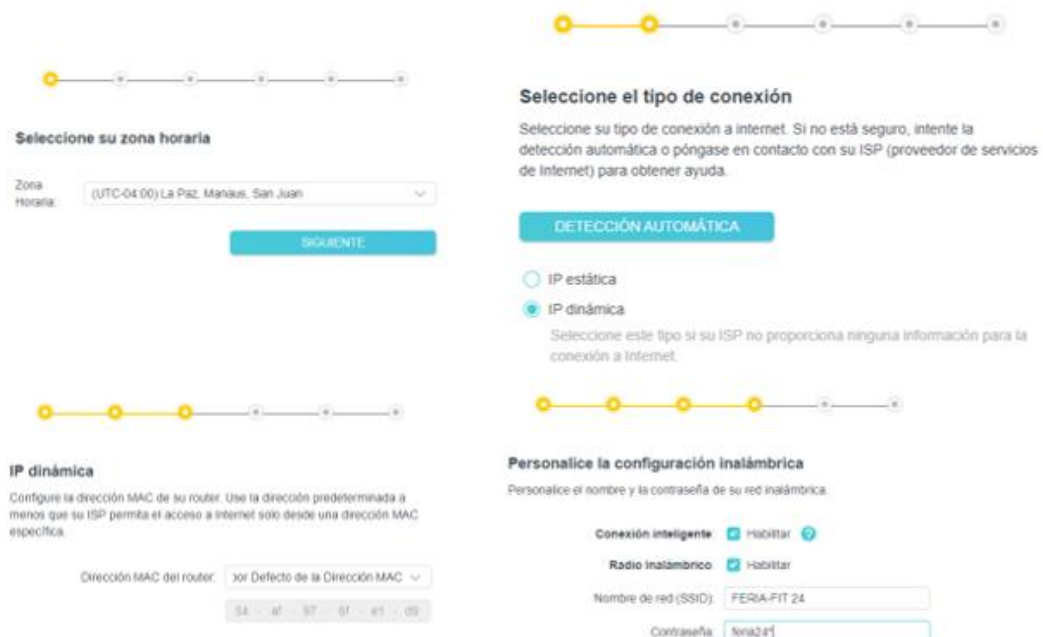
Figura 27:

Configuración del router, logueo con ID



Nota: elaboración propia

En la figura se procedió al logueo con ID de TP-Link para acceder a las configuraciones del router para tener una conexión establecida al internet.

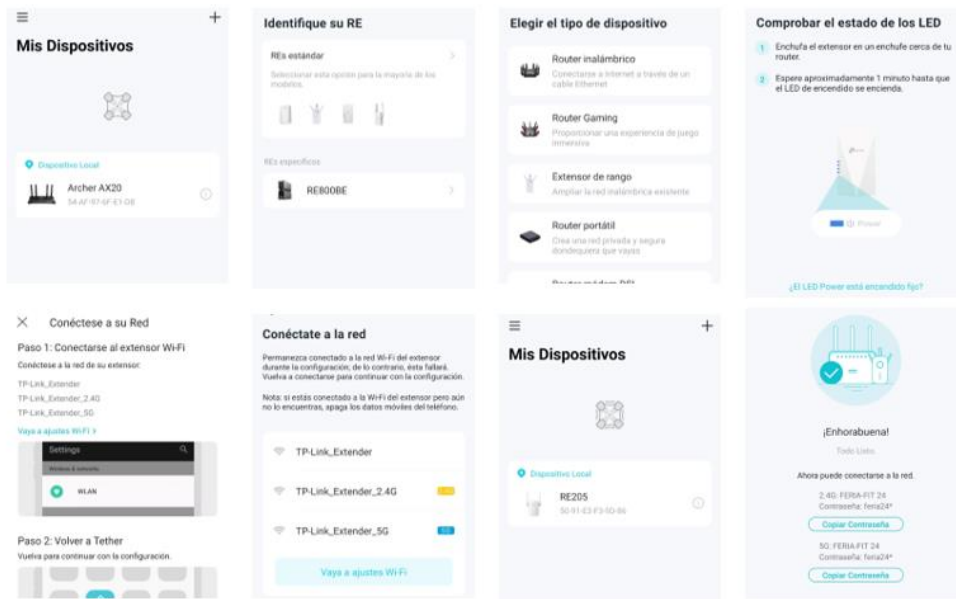




Se efectuó las configuraciones del router en la interfaz TP-Link para tener una conexión establecida al internet.

Figura 28:

Configuración del TP-Link Extender mediante TP-Link Tether

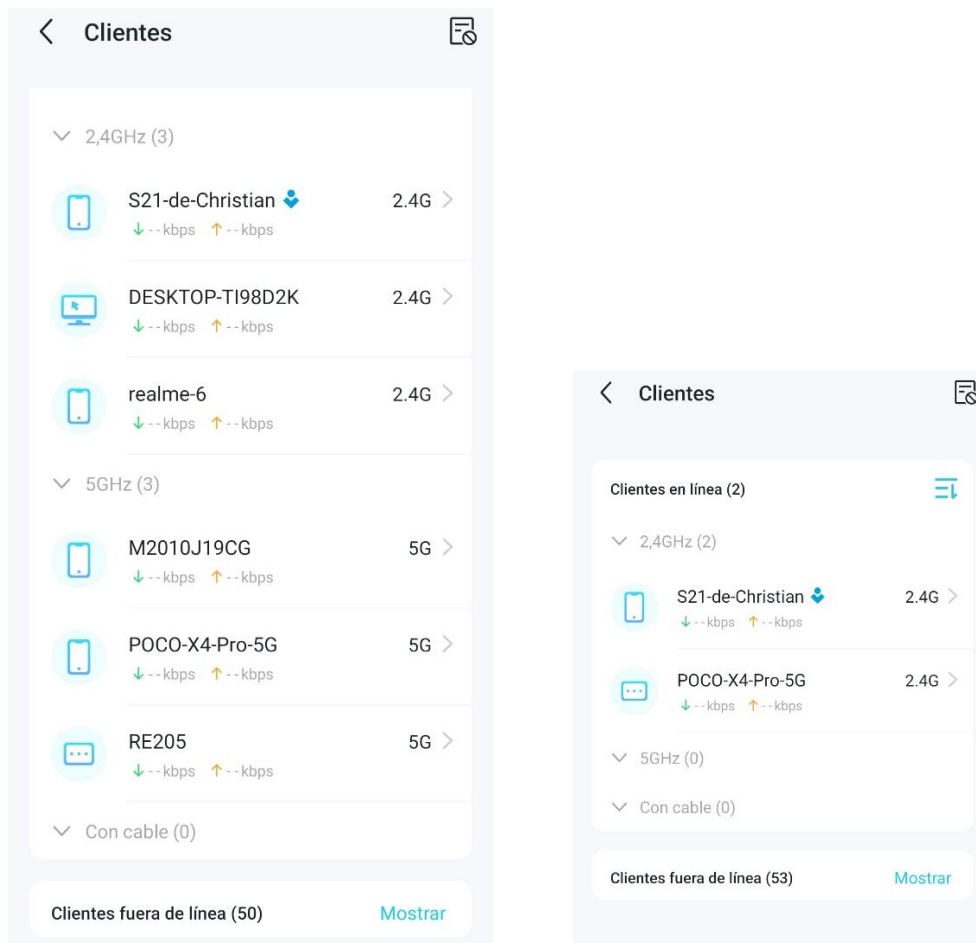


Nota: elaboración propia

Se efectuó las configuraciones del TP-Link extender en la interfaz TP-Link tether para tener una conexión a internet.

Figura 29:

Dispositivos en la red mediante TP-Link Tether

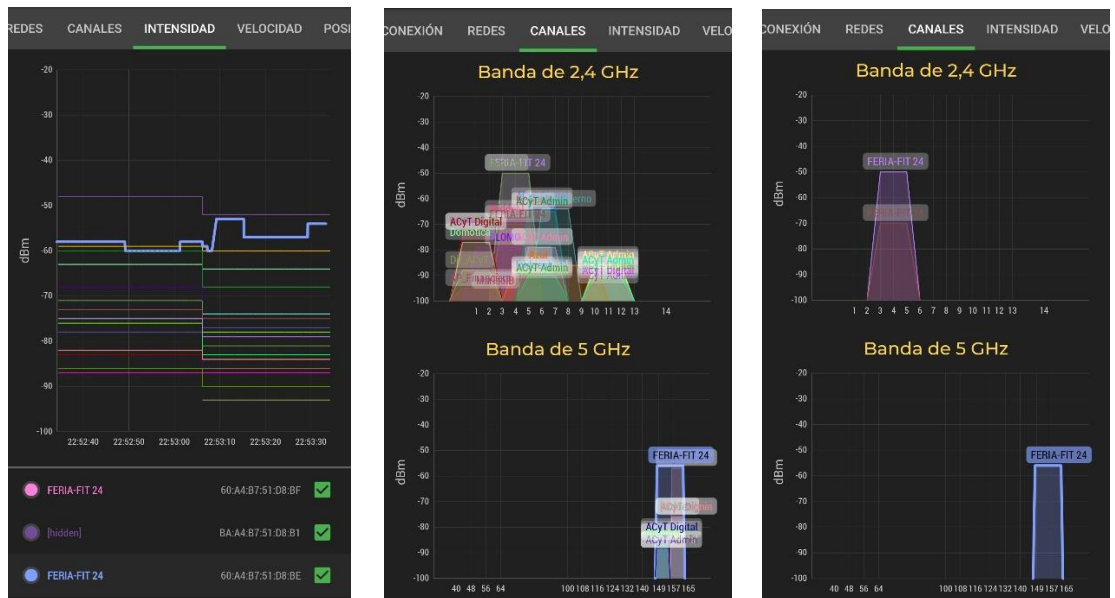


Nota: elaboración propia

Dispositivos conectados y desconectados en la red. En la interfaz TP-Link se puede evidenciar dispositivos que operan en banda 2.4G y 5G.

Figura 30:

Medición de intensidad a la red actual y canales de banda 2.4 Ghz y 5 Ghz.



Nota.: Elaboración Propia

Como podemos observar en la figura 30, el test de intensidad muestra que la señal es buena y se puede observar que la red trabaja con doble banda. Análisis realizado en la aplicación wifi monitor.

Figura 31:

Ubicación De los Router para red en malla WiFi 6



Nota.: Elaboración Propia

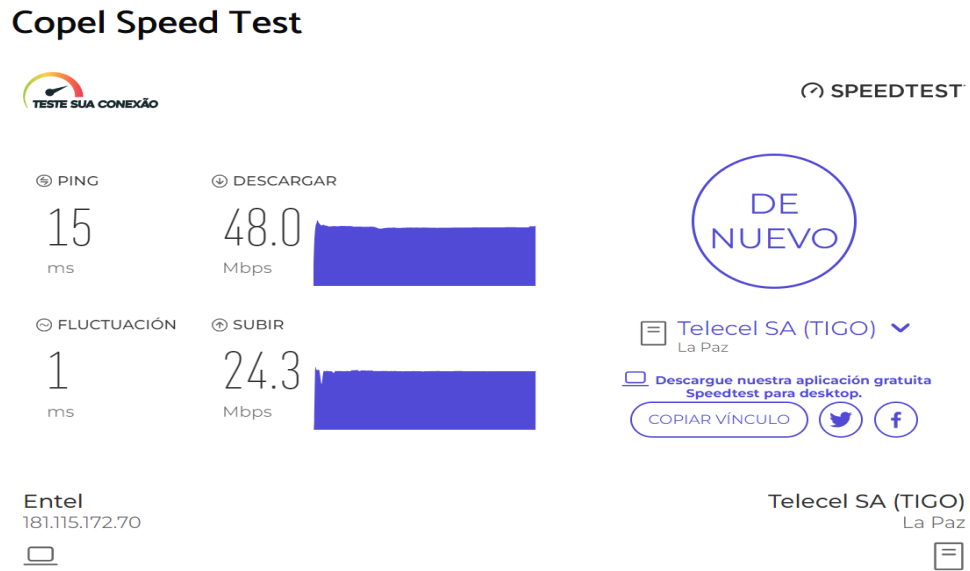
Equipo instalado para la prueba tiene las siguientes características:

- La tecnología Wi-Fi 6 logra velocidades más rápidas, mayor capacidad y congestión de red reducida en comparación con la generación anterior.
- Conecta más dispositivos—la tecnología Wi-Fi 6 comunica más datos a más dispositivos utilizando la revolucionaria tecnología OFDMA y al mismo tiempo reduce el retraso para un entretenimiento ultra sensible.³
- Procesador Quad-Core—la potente CPU de cuatro núcleos a 1,5 GHz garantiza que las comunicaciones entre el router y los dispositivos conectados sean fluidas.
- Amplia cobertura—logre la cobertura WiFi más sólida y confiable con Archer AX1800, ya que enfoca la intensidad de la señal a sus dispositivos lejanos utilizando la tecnología Beamforming, 4 antenas y un conjunto de chips de módulo frontal (FEM) avanzado.
- Mayor duración de la batería para dispositivos—la tecnología Target Wake Time reduce el consumo de energía de los dispositivos para extender la duración de la batería.
- Configuración fácil—configura el Router en minutos con la potente aplicación TP-Link Tether
- Compatible con versiones anteriores—Archer AX20 es compatible con todos los estándares 802.11 anteriores y todos los dispositivos WiFi

Una vez instalado se procedió a la configuración para su respectiva conectividad. ya con acceso a la red otorgada se procedió a probar esta nueva tecnología.

Figura 28:

Test De Velocidad Con El Prototipo De Red En Malla Wifi 6



Nota.: Elaboración Propia

En la figura 32, está claro que los usuarios conectados a la red en malla pueden navegar sin ningún inconveniente a 48 Mbps.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4 CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En la conclusión del proyecto, se destaca la importancia de este enfoque integral, reconociendo que la calidad y rendimiento de la red en malla Wifi 6 están directamente relacionados con la comprensión profunda del entorno físico. Además, se subraya la necesidad de adaptabilidad y flexibilidad en el diseño para abordar las particularidades y desafíos específicos del lugar de implementación.

Este análisis y enfoque meticuloso son esenciales para lograr un despliegue exitoso de una red en malla Wifi 6, asegurando así la satisfacción de las necesidades específicas del entorno y maximizando la eficiencia y confiabilidad de la red.

- Se efectuó la investigación correspondiente y el análisis de la situación actual de la Dirección Departamental de Educación Pando, sus dependencias, el personal que trabaja, el espacio físico, distancia y ubicación de los equipos en la institución.
- Se efectuó una revisión de la geografía del lugar y de esta manera fue posible determinar la distancia de cada punto de acceso a la red para cada unidad dependiente de la Dirección Departamental de Educación Pando.
- Se efectuó las investigaciones correspondientes acerca de las redes en malla Wifi 6 y también se buscó proveedores en la ciudad de Cobija como también fuera de ella. Y fue posible conseguir un proveedor el cual brindo costos y detalles que fueron bases para determinar los componentes necesarios que requiere la Dirección Departamental de Educación Pando.
- De acuerdo al tipo de infraestructura de la DDEP, sus dependencias y la ubicación geográfica que tienen, se plasmó el Diseño de la Red.

4.2. Recomendaciones

A la conclusión del proyecto de investigación, se tiene las siguientes recomendaciones:

- Según la metodología Top Down empleada en este proyecto, se han abordado únicamente tres de las cuatro fases previstas. Se sugiere la incorporación de la cuarta fase, que engloba Pruebas, Optimización y documentación del diseño de la Red, junto con su implementación.
- Es fundamental tener en cuenta los equipos propuestos, el tipo de conexión y la ubicación estratégica al considerar el diseño del esquema de red. Esto garantizará una conexión sin problemas para todo el personal de la Dirección Departamental de Educación Pando.
- Se aconseja emplear simuladores y herramientas de diseño de redes de telecomunicaciones para fomentar la investigación, previa capacitación a los estudiantes de la carrera de ingeniería de sistemas.
- Se recomienda extender la solución a otras entidades de la Gobernación que aún no cuenta con conexión de red entre sus distintas unidades.

BIBLIOGRAFÍA

Buettrich S. & Escudero P. A. (2007). *Topología e infraestructura básica de redes inalámbricas*. Unac.edu.pe.

https://www.unac.edu.pe/images/inventario/documentos/manuales/topologia-e-infraestructura_guia_v02.pdf

Büttrich S. (2007). *Definición de redes mesh*. [https://nsrc.org/wrc/trac/wirelessu/raw-attachment/wiki/WALC2009/13_es_redes_mesh_guia_v02\[1\].pdf](https://nsrc.org/wrc/trac/wirelessu/raw-attachment/wiki/WALC2009/13_es_redes_mesh_guia_v02[1].pdf)

CC.OO. de Andalucía. (2008). *La conectividad Inalámbrica: Un enfoque para el alumno*. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6785.pdf>

De Luz, S. (s. f.). *Mejores sistemas Wi-Fi Mesh con Wi-Fi 6: Comparativa y características técnicas*. RedesZone. <https://www.redeszone.net/reportajes/listas/mejores-sistemas-wi-fi-mesh-wi-fi-6/>

Fernández, Y. (2020, septiembre 24). *Qué es una red Mesh, cómo funciona y en qué se diferencian con un repetidor o PLC*. Xataka. <https://www.xataka.com/basics/que-redmesh-como-funciona-que-se-diferencian-repetidor-plc>

GobiernoTI (2014). *Tipos de redes informáticas-redes por tipos de conexión*. Gobierno TIC. <https://gobiernoti.wordpress.com/2014/03/24/tipos-de-redes-informaticas-redes-por-tipo-de-conexion/>

Gómez S. B. & Maimó Q. J. & Merideño G. J. (2010). *Wireless Mesh Networks*. Itrainonline. http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/13_es_redes_mesh_presentacion_v02

Granados B. G. (s.f.). *Redes mesh*. Adminso.es. http://www.adminso.es/recursos/Proyectos/PFM/2010_11/PFM_mesh.pdf

Inga E. & Campaña M. (2019). *Capítulo I - Óptima planeación de recursos para redes eléctricas inteligentes usando modelos heurísticos*. Scielo. <https://books.scielo.org/id/hcnhr/pdf/inga-9789978104910-03.pdf>

Molina V. M. A. & Silva O. R. (2007). *Arquitectura de las redes ad-hoc*. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/4026/402640449002.pdf>

Morales M. A. (2011). *Diseño Y Simulación De Una Red Mesh En El Municipio De Santa Rosa De Cabal*. Repositorio UCP. <https://repositorio.ucp.edu.com/bitstream/10785/1490/1/CDMIST49.pdf>

Orellana A. J. (2021). *Redes de computadoras*. http://www.cs.umss.edu.bo/doc/material/mat_gral_98/Redes%20de%20Computadoras.pdf

Perez G.T. (2011). *Redes Mesh*. Adminso. http://www.adminso.es/recursos/Proyectos/PFM/2010_11/PFM_mesh.pdf

Proaño C.F. (2015). *Redes Inalámbricas Y Componentes Inalámbricos Y Modos De Operación De Una Red*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11218/1/T-ESPE-048964.pdf>

Salazar J. (2011). *Redes Inalámbricas y tecnologías inalámbricas*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf

Santos M. F. (2011). *Tecnologías. Inalámbricas para la comunicación*. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5322.pdf>

Viloria N. C. & Cardona P. J. & Lozano G. C. (2009). *Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina*. Scielo. <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/n25/n25a11.pdf>

Zarate C. J. (2013). *Diseño de la Red De Nueva Generación Tipo Mesh, para la Atención Y Prevención De Emergencias En Bogotá, En La Banda De 4,9 Ghz, Bajo La Resolución 1661 de 18 De Julio De 2006 para la Coordinación De Acciones De Socorro Y Salvamento*. Repositorio UNC. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21090/2300616.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO

ANEXO

ORGANIGRAMA DE LA DIRECCION DEPARTAMENTAL DE EDUCACION PANDO



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN



ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA DIRECCIÓN DEPARTAMENTAL DE EDUCACIÓN DE PANDO

