

**DISEÑO LÓGICO- FÍSICO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALAMBRICA SUBSIDIADA CON
COBERTURA DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ANAPOIMA-
CUNDINAMARCA**

ANDERSON ACUÑA YEPES

CODIGO 1400295

MARIA FERNANDA GARCIA RODRIGUEZ

CODIGO 1400370

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES
BOGOTA D.C

2011

**DISEÑO LÓGICO- FÍSICO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALAMBRICA SUBSIDIADA CON
COBERTURA DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE ANAPOIMA-
CUNDINAMARCA**

ANDERSON ACUÑA YEPES

CODIGO 1400295

MARIA FERNANDA GARCIA RODRIGUEZ

CODIGO 1400370

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero
en Telecomunicaciones

Director

LUIS EDUARDO TABARES

Lector

LUIS FERNANDO GONZALEZ DE LA CALLE

Jurado

CARLOS OMAR RAMOS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

BOGOTA D.C

2011

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C

2011

DEDICATORIA

“No es grande el que nunca falla sino quien nunca se da por vencido”

Esta tesis que es el primer fruto que durante cinco años fue cultivado. Quiero dedicarlo primero a Dios a quien le agradezco el camino recorrido y en quien pongo en sus manos aquel que me falta por recorrer. Principalmente doy gracias a mi gran amigo y compañero de tesis Anderson Acuña Yepes por su afán, dedicación, empeño y amistad. A mi familia en general, destacando a mi abuelo José Luis quien a cada necesidad es el primero que está presente, mi abuelita Silvia por sus buenos deseos cada mañana; a mis hermanos Angélica y Nicolás por su compañía, a Mauricio Jiménez Tascón por soportar y entender los sacrificios que hace el corazón. A mis compañeros de la U con quienes se compartieron serios y graciosos momentos; en especial a ti Nata porque fue bueno aprender que tras una tempestad existen enseñanzas para toda la vida y sentimientos gratos. A mis maestros no solo por sus enseñanzas en el aula si no por sus consejos personales y a mi familia en general. A ti papi por que tus esfuerzos luchas y sacrificios fueron los que me llevaron cada día a recoger conocimientos y a luchar por salir adelante y buscar nuevas oportunidades. Dedico con todo mi amor y gratitud este trabajo a la persona más importante de mi camino quien nunca se ha dado por vencida a pesar de la adversidades para quien lo mas importante es mi felicidad y mi educación; a ti Mamá: todo mi trabajo estará ligado a tus esfuerzos y las recompensas que con él se obtengan serán no solo mías sino nuestras.

María Fernanda García R

DEDICATORIA

Fueron largos años de estudio y esfuerzos, de tristezas y alegrías, de caer y aprender a levantarse; con esta tesis culmina un ciclo y empieza otro, pero antes debo agradecer a todos aquellos que me han acompañado, a Mafe mi querida compañera de tesis, a Dianita, Lore y Pao por su amistad desde el primer día de universidad, a mi familia, a mi abuelita que siempre llevaré en el corazón y en especial a mi papá, mi mamá y mi hermano quienes siempre han confiado en mí y me han apoyado hasta en las ideas más descabelladas, a ellos dedico este triunfo.

Anderson Acuña Yepes

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ingeniero Electrónico Luis Eduardo Tabares Director del proyecto, al Ingeniero Electrónico Luis Fernando Gonzales De La Calle lector del proyecto. A la alcaldía de Anapoima-Cundinamarca por permitirnos desarrollar allí nuestro proyecto. En especial a la doctora Jenny Garavito de la Insectoría de educación, al Doctor Alirio Gonzales y la doctora Gladis Hernández del departamento de planeación, a la Doctora Marisol Galvis y a la Inspección de Policía del municipio por los permisos otorgados.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	14
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo General	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Antecedentes	17
1.3.1 Antecedentes Internacionales	17
1.3.2 Antecedentes Nacionales	18
1.3.3 Antecedentes Locales	18
1.4 Alcances	19
2. MARCO TEORICO	19
2.1 Marco Conceptual	20
2.1.1 Estructura organizacional	20
2.1.2 Área y campo de trabajo	20
2.1.3 Ubicación del proyecto	20
2.1.3.1 Misión del proyecto	21
2.1.3.2 Visión del proyecto	21
2.1.4 Fundamentos y Características	21
2.1.4.1 Tecnologías inalámbricas	21
2.1.4.2 WiFi	22
2.1.4.3 WiMax	22
2.1.4.4 Estándar 802.11	23
2.1.4.5 IEEE 802.11a.	23

2.1.4.6 IEEE 802.11b.	23
2.1.4.7 IEEE 802.11g.	23
2.1.4.8 IEEE 802.11h	23
2.1.4.9 Redes Mesh WMNS	24
3. INGENIERIA DEL PROYECTO	25
3.1 Objetivo del análisis	25
3.2 Análisis	25
3.2.1 Sistema Actual	25
3.2.2 Descripción del Municipio de Anapoima- Cundinamarca	26
3.2.2.1 División política del municipio de Anapoima	27
3.2.2.2 Situación Demográfica	28
3.2.2.3 Educación	29
3.2.2.4 Servicios Básicos	32
3.2.3 Estado de las Comunicaciones en el municipio de Anapoima	32
3.2.3.1 Servicio Telefónico fijo	32
3.2.3.2 Telefonía Móvil Celular	32
3.2.3.3 Servicio de internet	33
3.2.3.3.1 Descripción y características del servicio de internet que prestan en el municipio	36
3.3 Variables de Ingeniería	37
3.3.1 Capacidad	37
3.3.2 Confiabilidad	37
3.3.3 Potencia	38
4. DISEÑO DE LA RED	39
4.1 Selección de Población	39
4.1.1 Selección de Localidades	39

4.1.2 Centros educativos del sector urbano del Municipio	40
4.2 Capacidad de la Red	47
4.3 Propuesta para el diseño de la red	48
4.3.1 Propuesta del diseño	48
4.3.2 Requisitos de diseño	49
4.3.2.1 Requisitos Generales	49
4.3.2.2 Requisitos Específicos	49
4.4 Tecnología a emplear en el Diseño	50
4.4.1 Comparación de Tecnologías Inalámbricas Existentes	52
4.4.2 Tecnología WiFi	55
4.4.3 Arquitectura Mesh para redes WiFi	57
4.5 Enlaces para la Red WiFi	58
4.5.1 Zonas de Fresnell	61
4.5.2 Clases de interferencias que se pueden presentar	62
4.5.3 Multitrayectoria	63
4.6 Cálculo de los enlaces	64
4.6.1 Cálculo del ancho de banda necesario para la red Mesh	64
4.6.2 Capacidad del tráfico	65
4.6.3 Análisis y elección del proveedor	68
4.7 Diseño de la red Mesh y ubicación de Equipos	70

4.7.1 Elección de equipos	71
4.7.1.1 Estación Cliente	71
4.7.1.1.1 Access Points	71
4.7.1.1.2 Antenas	72
4.7.1.2 Elementos Adicionales	73
4.7.1.2.1 Cable Coaxial	73
4.7.1.2.2 Conector TNC	74
4.7.2 Ubicación de Equipos	74
4.7.3 Planificación de Frecuencias	79
4.7.4 Calidad de servicio de la red	83
4.7.5 Direccionamiento de la red	86
4.7.6 Protocolo de enrutamiento	90
4.8 Pasos de Implementación	93
4.8.1 Instalación de torres	93
4.8.2 Instalación de los equipos en las torres	93
4.8.3 Configuración	94
4.8.4 Realizar Pruebas al Enlace	94
4.8.5 Equipos de Configuración en los hogares	94
4.8.6 Capacitación	94
5 PRESUPUESTO	98

5.1 Estimación de costos	99
5.1.1 Costos de equipos	99
5.1.1.1 Costos para los puntos de acceso	99
5.1.1.2 Costo total de equipos	100
5.1.2 Costos de Infraestructura	100
5.1.3 Costos de Implementación	101
5.1.3.1 Costos de mano de obra	101
5.1.4 Costos Totales de implementación	101
5.1.5 Costos de Mantenimiento Mensual	101
5.2 Financiamiento	101
5.3 Solución de Negocio	104
6. CONCLUSIONES	107
7. RECOMENDACIONES	107
8. BIBLIOGRAFÍA	109

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1 Ubicación de instituciones educativas.....	31
Tabla N°2 Resultados encuestas	33
Tabla N°3 Resultados encuestas Medio de Conexión	34
Tabla N°4 Resultados encuestas de costo del servicio de internet	35
Tabla N°5 Comparación entre redes Alámbricas e inalámbricas	51
Tabla N°6 Calificación de Elección de la red Inalámbrica	52
Tabla N°7 Calificación de tecnología WiFi con respecto a VHF	53
Tabla N°8 Calificación de tecnología WiFi con respecto a WiMax	54
Tabla N°9 Pérdidas en espacio libre en dB para frecuencias de 2.4GHz en diferentes distancias	59
Tabla N°10 Valores típicas de pérdidas en los cables (dB/m).....	61
Tabla N°11 Interferencia por material en edificaciones	63
Tabla N°12 Interferencia por material en la atmósfera	63
Tabla N°13 Cuadro comparativo entre los proveedores que se adecuan a nuestros requerimientos	68
Tabla N°14 Calificación para elección de proveedor	69
Tabla N°15 Calificación para elección del Access point	72
Tabla N°16 Calificación para elección de la antena	73
Tabla N°17 Ubicación de coordenadas de las antenas repetidoras	74
Tabla N°18 Calificación para elección del protocolo	92
Tabla N°19 Costos de equipos para todo el casco urbano de Anapoima	99
Tabla N°20 Costo total de equipos de la red Mesh	100
Tabla N°21 Costo de infraestructura para la red	100
Tabla N°22 Costo de mano de obra para la implementación	101
Tabla N°23 Costo total de implementación de la red Mesh	101
Tabla N°24 Costos de mantenimiento mensual	101

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Mapa Anapoima	27
Figura 2 División Política Anapoima	28
Figura 3 Resultados de la encuesta sobre el servicio de Internet	34
Figura 4 Resultados de la encuesta sobre el medio de conexión	35
Figura 5 Resultados de la encuesta sobre costo de conexión	36
Figura 6 Resultado de la encuesta sobre las aplicaciones que la población usa de internet	66
Figura 7 Mapa topográfico del área urbana del municipio de Anapoima-Cundinamarca	70
Figura 8 Access Point NanoStation2	71
Figura 9 Vista física de la antena TL-ANT2412D	73
Figura 10 Línea de vista desde la antena ubicada al comienzo de la zona urbana hasta la antena ubicada al final de la zona urbana.	75
Figura 11 Línea de vista desde la antena ubicada al comienzo de la zona urbana hasta la antena repetidora ubicado en la estación de policía	76
Figura 12 Línea de vista desde la antena ubicada en la estación de policía hasta la antena final de cobertura ubicada al terminar la zona urbana	76
Figura 13 Cobertura de los Access point zona 1	77
Figura 14 Cobertura de los Access point zona 2	78
Figura 15 Cobertura de los Access point zona 3	79
Figura 16 Diversidad de frecuencias en la zona de cobertura 1	80
Figura 17 Diversidad de frecuencias en la zona de cobertura 2	80
Figura 18 Diversidad de frecuencias en la zona de cobertura 3	81
Figura 19 Topología Mesh Zona 1	81
Figura 20 Topología Mesh Zona 2	82
Figura 21 Topología Mesh Zona 3	82
Figura 22 Topología Mesh Ubicación de equipos de red	83
Figura 23 Conexión y ubicación de los equipos en la torre	93
Figura 24 Distribución de estratos del municipio casco urbano	102

1. INTRODUCCION

Las tecnologías de la información y las comunicaciones son de gran importancia en tiempos actuales ayudando en los procesos de educación, preparación, trabajo y evolución del ser humano. Sin embargo, la utilización de estas tecnologías por parte de personas que habitan las zonas alejadas de las grandes capitales de Colombia, merece una adaptación particular, tanto para adecuarlas al entorno en donde estarán funcionando como a los requerimientos económicos que la instalación requiere y la capacidad adquisitiva que la población soporta.

Este trabajo de grado centra su atención en una solución brindada por medio de la utilización de tecnologías inalámbricas o WiFi, esta tecnología de comunicación sin cables más utilizada hoy día es un conjunto de redes que funcionan con base en ciertos protocolos ya establecidos, con el fin de acceder a redes locales inalámbricas para establecer conexiones a internet.

En este trabajo se documentara el proceso de diseño de una red basada en tecnología WiFi (IEEE802.11) en la parte urbana de un municipio de Colombia. Mediante esta red se ofrecerán servicios de transmisión de voz y datos a todos los habitantes establecidos y habitantes flotantes, con ello se demostrará que las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC's inciden positivamente en el desarrollo social del municipio alcanzando un avance tecnológico importante.

Anapoima Cundinamarca es el municipio base del proyecto. Éste se encuentra ubicado en la provincia del Tequendama. Cabecera situada entre los **4° 46'0" de latitud norte** y los **74° 23'0" de longitud al Oeste**. Se encuentra a **700m SNM**. Su propósito general ante el desarrollo tecnológico se centra en fortalecer la calidad en el sistema educativo, capacitar a funcionarios y a la población en general sobre el tema de las TIC's, mediante la inclusión de tecnología, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio.

La red es diseñada mas no implementada por esto estará abierta para proyectos de desarrollo a futuro siendo objeto de revisión. En el presente trabajo se incluye la información referente al diseño, los materiales, equipos y procesos propuestos para su implementación.

El proyecto se desarrolla de la siguiente manera. En la primera parte se describen las tecnologías investigadas y confrontadas. En la segunda se muestran las particularidades de la tecnología seleccionada para dar solución al problema tratado. En la tercera parte se describe el diseño de la red, así como todos sus elementos y finalmente se presenta la evaluación económica del proyecto.

1.1 Planteamiento del problema

El municipio de Anapoima- Cundinamarca tiene como propósito mejorar la calidad de vida de los habitantes, e incursionar escenarios científicos y tecnológicos para el fortalecimiento de la calidad en el sistema educativo y en capacitación a funcionarios y a la comunidad en general en los temas de las TIC's. Aunque el municipio ha abierto las puertas a algunas empresas para desarrollar este tema, el crecimiento ha sido lento ya que no cuenta en un 100% con infraestructura y aunque algunos cuentan con el servicio de internet este no es de optima calidad y además muy costoso. Es por esto que la alcaldía del municipio requiere:

Un estudio técnico y financiero en busca de proveer el servicio de internet a la población, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y topográficas.

Debido al bajo poder adquisitivo de la población nativa, dentro de la propuesta de diseño del servicio se debe tener en cuenta los aspectos de costo y movilidad, así como el mínimo uso de estructuras físicas, para no afectar la actual distribución del municipio y que la inversión en cuanto a obras de construcciones sea mínima.

Proponer una red que además de poder crecer de acuerdo a las necesidades de la población en los siguientes 5 años, sea auto sostenible y aunque no genere ganancias para la alcaldía, tampoco genere costos de mantenimiento.

1.2 Objetivos

A continuación se enumeran las metas a alcanzar durante el desarrollo de este proyecto:

1.2.1 Objetivo General

Diseñar la red inalámbrica del municipio de Anapoima- Cundinamarca para la prestación del servicio de Internet estableciendo una propuesta técnica y económica para la implementación y el sostenimiento de la misma.

1.2.2 objetivos específicos

1. Realizar un estudio de demanda población y estratos
2. Evaluar la división topográfica del municipio y su población, buscando las necesidades del mismo en cuanto a tele-servicios.
3. Establecer los servicios a brindar sobre la red inalámbrica.
4. Evaluar las diferentes opciones de adquisición de servicio y proveedores que complementen las necesidades que el municipio tiene
5. Realizar el diseño lógico de la red propuesta para ser implementada en el municipio
6. Realizar el estudio de cobertura del enlace inalámbrico necesario para la realización del diseño
7. Hacer la evaluación técnica del diseño planteado, identificando equipos a utilizar y sus especificaciones, encontrando las mejores opciones en el mercado actual para suplir las necesidades del mismo.

- 8 Evaluar Capacidad y ancho de banda de los servicios a ofrecer sobre la red.
- 9 Realizar el diseño físico a utilizar al momento de la implementación, estableciendo propuesta técnica de equipos y distribución de los mismos en la red propuesta, así como la infraestructura necesaria para el funcionamiento.
- 10 Establecer el proceso de implementación para la red propuesta.
- 11 Determinar el costo total del proyecto por medio de una evaluación económica, proponiendo un método de financiación para la operación y el mantenimiento de la red una vez sea implementada.

1.3 ANTECEDENTES

En esta sección se relacionan los diferentes trabajos realizados en esta área:

2.2.4 Antecedentes internacionales

El 22 de abril de 1997, “General Telephone and Electronics” envió la primera transmisión telefónica a través de fibra óptica en Long Beach, California. También en 1980, AT&T presentó a la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos un proyecto de un sistema de 978 Kilómetros que conectaría a las principales ciudades del corredor que iba desde Boston a Washington, y en 1988 entra en funcionamiento el primer cable de fibra óptica transoceánico

Se crean grandes redes de internet inalámbrico utilizando satélites para tener una mayor cobertura, con lo que se pasa de un internet inalámbrico zonal a un internet inalámbrico global, introduciendo el uso de dispositivos móviles USB para proveer el servicio de internet.

En Swindon UK, se está desarrollando un proyecto WiFi, buscando convertir este lugar en la primera ciudad con conexión inalámbrica a internet en todo el casco urbano. Este lugar cuenta con 160.000 habitantes. Este proyecto fue aprobado y en la actualidad se encuentra en desarrollo.

2.2.5 Antecedentes Nacionales

En 1992 Telecom junto con AT&T realizan la conexión de Colombia al cable de fibra óptica submarino que conecta con Estado Unidos, con lo que logran que el país entre a la red mundial de cables submarinos.

En 1993 se pone en funcionamiento el primer backbone nacional, lo cual permite a las universidades desarrollar servicios locales propios de internet.

En 1998 Telecom populariza su servicio de conexión a internet ubicando a Colombia entre los principales países de América Latina en el mercado del internet.

Las comunicaciones inalámbricas vienen siendo utilizadas desde la época de la telegrafía, con lo cual se pasa a brindar servicio celular.

Desde el año 2004 se empieza a emplear la tecnología WIFI para proveer internet en lugares donde no existe cableado interno y la geografía natural lo permite, dotando de internet nuevas áreas como lo son zonas públicas y locales comerciales, todo esto a menor costo que con internet por cable.

2.2.6 antecedentes locales

El municipio cuenta con el servicio de telefonía fija a través de la empresa Colombiana de Telecomunicaciones con alrededor de 2000 suscriptores y la empresa Telesys con 100 usuarios.. (DANE censo 2005)

El servicio de telefonía celular llega a través de las compañías COMCEL (2 antenas), MOVISTAR (1 antena), TIGO (1 antena) y AVANTEL (1 antena), las cuales a su vez prestan el servicio de internet por medio de módems inalámbricos con débil funcionamiento.

El municipio ofrece servicio WiFi por medio de la Empresa Fly de manera prepago, la antena se encuentra ubicada en la alcaldía del municipio y tiene una cobertura de 500 metros a la redonda.

Empresas como la alcaldía y los bancos en el municipio obtienen el servicio de internet por medio de conexiones satelitales ofrecidas por empresas nacionales e internacionales en planes corporativos.

2.3 ALCANCES

El presente proyecto dará solución desde el punto de vista de la ingeniería en telecomunicaciones a la necesidad actual en la organización aplicando las adecuadas metodologías, teorías y procesos necesarios para realizar el diseño de una red inalámbrica donde se hará entrega de lo siguiente:

- a. Metodología de desarrollo de diseño
- b. Justificación de elección de tecnología WiFi con respecto a otras tecnologías existentes.
- c. Análisis de equipos existentes dentro del diseño adecuados para el funcionamiento en el momento de la implementación.
- d. Entrega de estudio financiero de implementación
- e. Entrega de solución económica del sostenimiento del servicio
- f. Entrega del diseño de la red inalámbrica para el municipio de Anapoima-Cundinamarca.

Adjunto a esto se entregará un folleto de capacitación para los usuarios.

3 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta los elementos teóricos y procesos generales hasta el momento en el campo de las comunicaciones inalámbricas que son fundamentales para el desarrollo óptimo del trabajo de investigación, teniendo en

cuenta las ventajas que este sistema trae a la sociedad debido a su desempeño, rendimiento y bajo costo e identificando los antecedentes y licencias correspondientes. También se explicará la razón por la que se está llevando a cabo este proyecto, apoyándonos en las ideas de otras personas que han hecho trabajos similares y ubicándolo en un contexto espacial.

2.1 Marco Conceptual

Las redes inalámbricas comunitarias son una solución a problemas de conectividad que los ISP actuales están dando. Es un proyecto que sirve para la experimentación, para el desarrollo de dispositivos de bajo costo y fácil fabricación; no son desarrolladas como modelo de negocio.

2.1.1 Estructura Organizacional

En esta parte daremos a conocer el marco en el que se desenvuelve el proyecto donde se comprenderá la estructura formal y la informal que surge entre los integrantes del proyecto y miembros externos.

2.1.2 Área y campo de trabajo

Este proyecto fue desarrollado en el área de Planeación quien fue el ente supervisor del desarrollo del proyecto de la alcaldía de Anapoima más específicamente en el Área de estudios, diseños e interventoría de obras e infraestructuras con ayuda de la división de sistemas de información.

2.1.3 Ubicación del proyecto

El municipio de Anapoima- Cundinamarca tiene por objetivo principal en el área de desarrollo tecnológico hacer grandes esfuerzos de inversión de infraestructura, así como mejorar la calidad de vida de todos sus habitantes.

El presente proyecto (Diseño lógico- físico y evaluación económica para la implementación de la red inalámbrica subsidiada con cobertura del casco urbano

del municipio de Anapoima- Cundinamarca), dentro del marco del municipio es regido por objetivos encaminados a la búsqueda de un desarrollo consolidado para el crecimiento tanto económico como social.

2.1.3.1 Misión del proyecto

Hacer buen uso de las tecnologías existentes alternativas y de libre uso para diseñar un modelo de gestión alternativo y autónomo para el municipio del Anapoima- Cundinamarca; creando herramientas de comunicación social y de solución de necesidades insatisfechas.

2.1.3.2 Visión del proyecto

La red inalámbrica del municipio del Anapoima- Cundinamarca será referente distrital y regional ya que llegará a ser una alternativa real de reducción de brecha digital, inclusión digital e inclusión social para la comunidad.

2.1.4 Fundamentos y Características

Las redes inalámbricas comunitarias son una solución de bajo costo que busca abarcar las zonas más desfavorables del país; y crear una comunidad digital para fomentar el desarrollo tecnológico y educativo. El objetivo principal es conectar al mundo estos lugares ya que busca la integración de todas las comunidades locales que poseen estas redes para llegar a una integración global; ofreciendo contenidos, conocimientos y prácticas. Así mismo como su acceso no tiene exclusión de personas, se busca crear una responsabilidad sobre el uso de estas redes debido a que son administradas individualmente.

Esta clase de redes permite así la utilización de la tecnología Inalámbricas que facilitan un rápido despliegue con mínima intervención humana.

A continuación se explicaran los términos que se utilizaran a lo largo del proyecto:

2.1.4.1 Tecnología inalámbrica:

Es una tecnología sin cables que utiliza ondas de radio frecuencia de baja potencia que no requiere licencia lo que quiere decir que es de uso libre, esta tecnología nace con referencia a evolucionar las comunicaciones para no enfatizar solo en la transmisión de voz si no abarcar mas aplicaciones como lo es la transmisión de datos; es por esto que se llega a ofrecer las redes de computadores como intranet, extranet e internet.

Internet abre la necesidad de estar conectados con el mundo, la necesidad ha logrado que varias personas estudien la posibilidad de permanecer conectados sin estar siempre con el mismo equipo en un solo lugar. Donde se evalúan aspectos tales como: velocidad de transmisión y cubrimiento de la necesidad de movilidad de los usuarios.

Existen varios tipos de redes inalámbricas como lo son:

Redes de área extensa: se utiliza para servicios en tecnologías móviles

Redes de área Local: se utilizan en una conexión de varios computadores en una oficina.

Redes de área personal: se usa para conectar dos o más dispositivos portátiles.

Para la transmisión de datos por medio de esta tecnología inalámbrica existen varias tecnologías pero la más conocida y la que se va a utilizar es WiFi.

2.1.4.2 WiFi:

(wireless- fidelity) es una tecnología de comunicación inalámbrica usada para ingresar a internet entre otras cosa, que se propagan mediante ondas a distancias de 100 y 150 metros del modem y se representa mediante el estándar IEEE 802.11.

2.1.4.3 WiMax.

Es una tecnología que aun se encuentra en desarrollo donde su principal objetivo es cubrir grandes distancias teóricamente hasta 50km con transmisiones hasta de 70Mbit/s en sectores donde no haya internet ofreciendo servicio de banda ancha. Conocido como IEEE 802.16a. Existen también para esta tecnologías los estándares IEEE 802.16d (Se define para sistemas inalámbricos fijos) se determina como backbone de las redes WiFi y IEEE802.16e (acceso a móviles).

2.1.4.4 Estándar 802.11.

Fue publicado por la IEEE en el año de 1997 basado en características de las dos capas más bajas del modelo OSI (capa física, enlace de datos) debido a que estas capas son las que hace la diferencia con las redes cableadas, ya que éstas definen el acceso al medio y detalles de transmisión y recepción en la red inalámbrica. Este estándar tiene una principal característica que se basa en el uso del espectro radioeléctrico usando frecuencias sin necesidad del uso de licencias, se sitúa en las bandas ISM de 2,4 GHz y 5,8GHz ofreciendo la ventaja de bajo costo de operación. Este estándar compone una gran familia de estándares 802.11 que se citan a continuación:

2.1.4.5 IEEE 802.11a.

Este estándar trabaja con redes inalámbricas en la banda 5GHz con transmisión hasta de 54Mbps con modulación QAM y codificación OFDM. Sus equipos solo ofrecen óptimo servicio siempre y cuando tengan línea de vista lo que requiere más puntos de acceso.

2.1.4.6 IEEE 802.11b.

Estándar conocido como Wi-Fi es el más importante de toda la familia 802.11 trabaja en la banda de 2.4GHz con una tasa de transmisión de hasta 11Mbps con modulación DSSS. Se caracteriza por que los equipos que trabajan en base a este estándar funcionan en largas distancias sin que sus ondas sean fácilmente absorbidas. Soporta solo hasta 32 usuarios por Access Point (Punto de Acceso).

2.1.4.7 IEEE 802.11g.

Su tasa de transmisión aumenta a 54Mbps en la banda de 2.4GHz, es compatible con los dispositivos de los estándares 802.11b emplea ambas modulaciones de los anteriores estándares “a” y “b”.

2.1.4.8 IEEE 802.11h

Su objetivo es cumplir los reglamentos europeos para redes WLAN, trabajo bajo la banda de 5GHz. Sus productos deben tener control de potencia de transmisión y selección dinámica de frecuencia.

2.1.4.9 Redes Mesh WMNs (estudiada bajo el estándar IEEE802.11s)

Las redes Mesh es una combinación entre la topología Ad-Hoc y la topología de infraestructuras, lo que permite que las tarjetas de red se comuniquen entre sí sin importar el punto de acceso esto hace que este tipo de redes se caracteriza por su gran tolerancia a fallos cuando se presenta algún problema en la red, es de fácil implementación y amplio ancho de banda; es por esto que son diseñadas para ambientes de baja movilidad.

Este tipo de redes Mesh, aunque es una muy buena solución para las redes inalámbricas de larga distancia, aun presenta inconvenientes, es por esto que salió la propuesta de redes Multi-radio Mesh que abarcan una mayor capacidad y cobertura de la demanda de tráfico pero aun se encuentra en intensa investigación.

Las redes Mesh tienen como objetivo principal mejorar las condiciones de comunicaciones a poblaciones y comunidades desfavorecidas, por lo que se refiere a sitios apartados de las grandes ciudades que no cuentan con las infraestructuras de tecnologías de la información y las comunicaciones, permitiendo que se lleven a cabo proyectos de acceso a internet de bajo costo.

El proceso y estudio de redes Mesh WMN's se estandariza mediante la IEEE802.11s en noviembre de 2006. Esta propuesta proporciona para las redes

WLAN características escalables, adaptativas y seguras; soporta plataformas mono-radio y multi-radio.

Este tipo de red consta de dos nodos: los repetidores y los clientes donde la movilidad de sus repetidores es mínima, pueden integrarse con otras como IEEE802.11, IEEE802.15, IEEE802.16, y sus clientes pueden ser mixtos estáticos o móviles creando una red mallada y así mejorando el rendimiento de la red, como también el ancho de banda para cada cliente aun cuando alguno de los nodos de la red falle.

4 INGENIERIA DEL PROYECTO

En este capítulo se muestra un análisis desde el punto de vista de la ingeniería, conociendo los servicios actuales, sus ventajas y desventajas y el costo de tales servicios, con el objetivo de detectar y encontrar las falencias del sistema de comunicaciones de internet del municipio de Anapoima Cundinamarca y así poder ir transformando los requisitos y requerimientos obtenidos mediante el levantamiento de la información; con condiciones apropiadas para ser tratados por el diseño, donde también se tendrán en cuenta las variables de entrada y salida del sistema.

3.1 Objetivo del análisis

Determinar y analizar los requerimientos del municipio de Anapoima-Cundinamarca en lo que respecta a la conexión actual a internet y sus falencias en el funcionamiento para así poder encontrar la mejor solución a dichos problemas.

3.2 ANALISIS

En esta fase vamos a comprender el funcionamiento del sistema mostrando las restricciones y características que posee, detectando los elementos actuales que lo conforman. Para esto partiremos de revelar la información actual del sistema y proponer los rasgos generales de la solución.

3.2.1 SISTEMA ACTUAL

La alcaldía cuenta con internet satelital.

El municipio posee un servicio de telefonía fija, pero es costoso para la zona.

La conexión que los habitantes tienen ya sea en sus casas o en cafés internet, es obtenida por medio de módems inalámbricos suministrados por las empresas COMCEL y Tigo, un pequeño número de usuarios reciben el servicio por vía satelital de Telefónica y alrededor de la plaza principal (500m a la redonda de la alcaldía) cuentan con internet prepago WiFi de la empresa FLY pero que al no estar diseñado específicamente para esta área, no funcionan correctamente; ya que presenta caídas continuas y baja velocidad.

Teniendo en cuenta la situación económica de la población nativa, se debe procurar obtener una muy buena relación implementación-costos, ya que de esta forma el retorno de la inversión se podrá realizar brindando un servicio de calidad a un precio adaptado a la situación económica de los usuarios.

3.2.2 DESCRIPCION DEL MUNICIPIO DE ANAPOIMA- CUNDINAMARCA

Anapoima es una entidad territorial fundada en 1760, ubicado en la provincia del Tequendama. Cabecera situada entre los **4° 46'0" de latitud norte** y los **74° 23'0" de longitud al Oeste**. Se encuentra a los **700m SNM**. Tiene una extensión territorial de 118Km^2 donde se divide el área urbana y el área rural con una extensión de 6.50Km^2 y 111.5Km^2 respectivamente. Posee una temperatura media anual promedio 25°C , fluctuando entre 18°C y 28°C y se distribuye en 2 pisos térmicos; Cálido en extensión de 109Km^2 y templado en 9Km^2 restantes.



Figura 1. Mapa Anapoima

3.2.2.1 División política del municipio de Anapoima

El Municipio de Anapoima - Cundinamarca, cuenta con dos Inspecciones de Policía: Inspección de La Paz y sus veredas periféricas: La Esmeralda, Andalucía, Golconda, La Esperanza, Calichana, Patio Bonito y Panamá, Inspección de San Antonio con las veredas: Santa Bárbara, Circasia, Lutaima, Palmichera, La Guácima, El Rosario, Santa Ana y Santa Lucía; la cabecera municipal, está compuesto por las siguientes veredas: Higuerón Alto, Higuerón Bajo, La Chica, Las Mercedes, San José, El Consuelo, El Cabral, Providencia García, Providencia Mayor, El Vergel, Santa Rosa, Apicatá y San Judas.



Figura 2. División política de Anapoima

En la zona urbana el municipio se divide en 18 barrios entre ellos están: Barrio Nueva Colombia, Barrio la Estrella, Barrio El Tamarindo, Barrio Las Palmas, Barrio San José, Barrio Asopovin, Barrio King Ranch, Barrio Santa Teresa, Barrio Compartir, Barrio Liberia, Barrio San Judas, Villa Estampa, Barrio Centro, Lejano Oriente, Camino Real, Las Acacias, Las Mercedes, Palmeto.

3.2.2.2 SITUACION DEMOGRAFICA

De acuerdo con el censo realizado en el año 2005 por el DANE el total de habitantes de la población es de 11.503 habitantes dividido en 48% mujeres y un 52% hombres; lo que corresponde al sector urbano 4.865 habitantes un 42% de la población total y 6638 habitantes en el sector rural un 58% de toda la población correspondiente a 1433 viviendas en el sector urbano y 1920 en el sector rural.

En la actualidad datos hasta el año 2010 según informa el área de planeación del municipio se incrementaron las viviendas en el sector urbano a 2.757 viviendas y la población incremento a 15.778 habitantes e informan que la población flotante es de 591 personas por año lo que se presume que los habitantes actuales en el área urbana es de 6062 personas.

En el año 2005 se reportó que la población reflejaba que un 28.98% tenía necesidades básicas insatisfechas o se encontraba en estado de pobreza.

Cálculo de la tasa de crecimiento anual (CAGR) de la población de Anapoima-Cundinamarca:

$$CAGR = \left(\left(\frac{V_f}{V_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \text{ [Ecuación 1]}$$

Donde:

Vf= valor final de la población (15.778)

Vo= valor inicial de la población (11.503)

N= número de años tomados (5 años periodo comprendido entre 2005 y 2010)

$$CAGR = \left(\left(\frac{15778}{11503} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right) = 0.065$$

La tasa de crecimiento anual al año 2010 comprendido entre el (2005-2010) en todo el municipio es de 0.065 y del sector urbano que es de nuestro interés es del 0.33.

3.2.2.3 EDUCACION

Según informe del DANE realizado en el año 1995 informa que el 52.3% de los niños entre 3 a 5 años asisten a una institución educativa, de la población de 6

a 10 años el 95.1% asisten a la escuela y finalmente la población de 11 a 17 años que reciben educación es el 83.4%.

No todos los habitantes de Anapoima alcanzan un alto nivel educativo alto; la educación básica primaria ha sido alcanzada por el 48.0% de la población, el 28.1% han alcanzado el nivel educativo de secundaria, el 3% el nivel profesional y el 0.3% ha llegado a realizar especialización, doctorado o maestría; el 10.8% no posee ningún nivel de educación.

El municipio en el sector urbano cuenta con 1 jardín Infantil del Instituto Departamental Julio Cesar Sánchez García, a este Instituto pertenecen dos escuelas la Policarpa Salavarrieta y la Escuela General Santander. El Instituto Departamental San Antonio tiene su sede principal en el casco urbano al igual que el Instituto Departamental Patio Bonito; de las cuales dos de éstas son privadas y las otras tres son públicas, para el año 2007 el total de niños estudiando fue de 1707 con una matrícula anual de 200 niños en promedio.

El municipio de Anapoima a nivel de educación presenta, mediante el acuerdo 004 de 2008, el propósito de bajar al 1% la tasa de analfabetismo de la población entre 15 y 24 años, alcanzar en promedio 10,6 años de educación para los jóvenes de 15 a 24 años y finalmente reducir a 2.3% la repetición en educación básica y media.

Nombre de la Institución	Sector	Barrio de ubicación y coordenadas	Nivel	N° de Estudiantes
Institución Julio Cesar Sánchez García	OFICIAL	Vía Las Mercedes Barrio Liberia 4°43'31.76"N 74°31'49.00"O	bachillerato	613

Policarpa Salavarrieta	OFICIAL	Centro 4°43'06,32"N 74°32'11.32"	Primaria	390
Escuela General Santander	OFICIAL	Centro 4°43'6,72"N 74°32'0,01"O	Primaria	370
Instituto San Sebastián	PRIVADO	El Triangulo, Barrio Santa Teresa 4°43'18,37"N 74°31'50,95"O	Primaria y Bachillerato	114
Liceo Moderno Campestre	PRIVADO	El Triangulo, Barrio Santa Teresa 4°33'21,18"N 74°31'48,39"O	Primaria y Bachillerato	298
Liceo María Montessori	PRIVADO	Centro	Solo hasta 6°	39

Tabla N°1 Ubicación de instituciones educativas

La Escuela General Santander y la Institución Julio Cesar Sánchez García hacen parte del programa Compartel de Conectividad en Banda Ancha para entidades Públicas. Esta institución es beneficiaria del servicio de conectividad de Banda Ancha a Internet, gracias al programa Compartel desarrollada por el Ministerio de Comunicaciones y Fonade. Es beneficiada por la Gobernación de Cundinamarca, Secretaria de Conectividad y Empresas Publicas de Cundinamarca S.A E.S.P a través del Operador UNE EPM Telecomunicaciones S.A, en el marco del programa Cundinamarca Región Digital.

3.2.2.4 SERVICIOS BASICOS

- El 95.1% de la población tiene servicio de energía eléctrica
- El 46.3% esta beneficiado por alcantarillado
- El 85.7% tiene acueducto
- El 29.3% tiene servicio de teléfono
- El municipio no cuenta con gas natural
- El servicio de aseo y recolección de basuras tiene un 100% de cubrimiento.

3.2.3 ESTADO DE LAS COMUNICACIONES EN EL MUNICIPIO DE ANAPOIMA

3.2.3.1 Servicio Telefónico fijo

En el municipio este servicio es prestado por 2 empresas de telecomunicaciones; COLOMBIANA DE TELECOMUNICACIONES ESP con alrededor de 2000 suscriptores y TELESYS con alrededor de 100 usuarios.

3.2.3.2 Telefonía Móvil Celular

Desde la década de los 90 se ha venido masificando el servicio móvil de telefonía celular mediante 4 empresas que tienen antenas en el municipio lo que ha representado que el 90% de la población posee por lo menos 1 teléfono celular. Las empresas que prestan este servicio son:

COMCEL S.A: Operador de telefonía celular líder en Colombia con cobertura GSM, con licencia para prestar servicio en las bandas de frecuencia 1877,5 a 1885 MHz y de 1957,5 a 1965 MHz según el acuerdo 00720 del ministerio de Comunicaciones. En el municipio cuenta actualmente con 2 antenas.

MOVISTAR: operador de telefonía celular de procedencia española que trabaja en la banda de 1900MHz; en el municipio hay presente 1 antena.

TIGO: Empresa Colombiana de telefonía móvil que se adjudicó mediante la licencia nacional de PCS en enero de 2003. Usa tecnología GSM y GPRS en la banda de 1900MHz a nivel Nacional. En el municipio de Anapoima cuenta con 1 antena.

AVANTEL: Es una empresa privada proveedora de trunking digital, utiliza tecnología de red mejorada digital integrada (iDEN) de Motorola en el municipio cuenta con 1 antena.

3.2.3.3 Servicio de internet

Este servicio ha venido prestándose en este municipio alrededor de 3 años, es muy poca la población que cuenta con la oportunidad de usarlo. Según encuestas realizadas a 400 viviendas del casco urbano del municipio con la autorización de la inspección de Policía pudimos determinar los siguientes datos:

Aspecto de Interés	N° de viviendas
Si tienen internet	150
si tienen computador	180
si tienen computador mas no internet	30
no les interesa el tema	40
TOTAL encuestadas	400

Tabla N°2. Resultados Encuestas

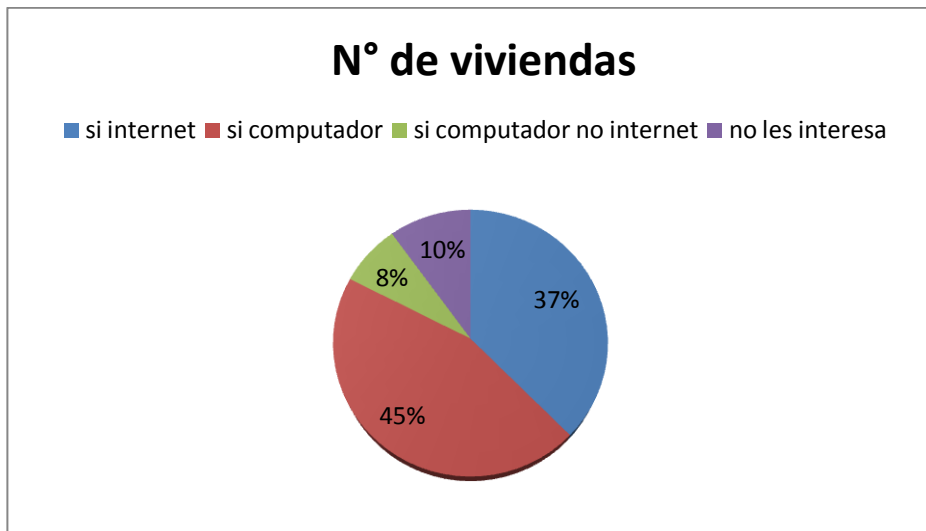


Figura 3. Resultados de la encuesta sobre el servicio de internet

De las personas que cuentan con el servicio de internet se determinó que no lo reciben por medio de una infraestructura física sino mediante el uso de módems de las empresas de telefonía móvil y algunas otras por medio satelital de la empresa Telefónica y se determino de la siguiente manera:

Medio de conexión	N° de viviendas
modem Comcel	40
Modem Tigo	80
Modem Movistar	20
Telefónica satelital	20
Otros	10

Tabla N°3 Resultados Encuestas medios de conexión

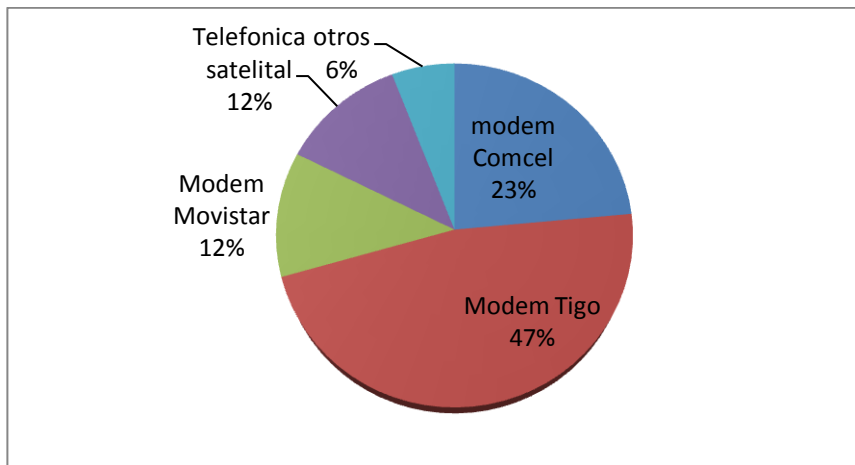


Figura 4. Resultados de la encuesta sobre el medio de conexión

En cuanto a la parte de costos se escogieron cuatro rangos de lo que la población que usa el servicio está pagando por él:

Rango de Costo de Inversión	N° de viviendas	medio
\$0 - \$20000	10	otro
\$21000 - \$31000	10	modem
\$32000 - \$42000	110	modem
\$43000-\$55000	20	telefónica

Tabla N°4 Resultados Encuesta de costo del servicio de internet

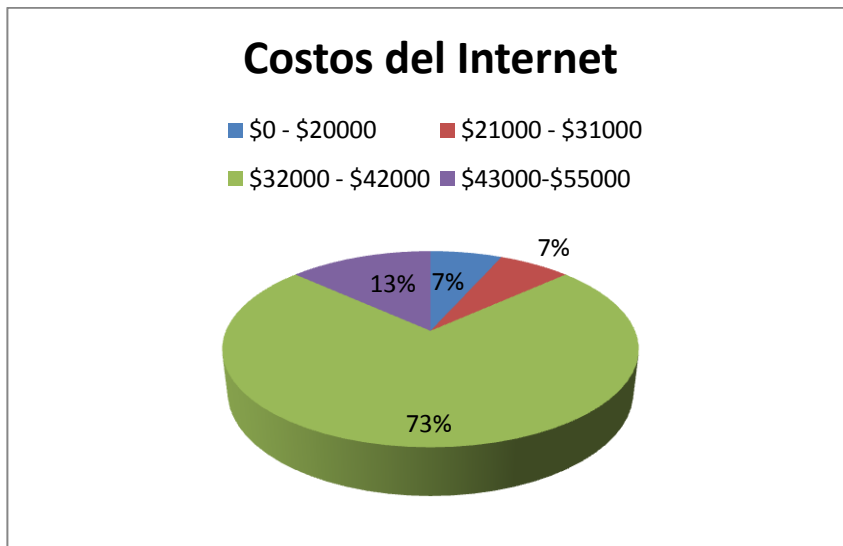


Figura 5. Resultados de la Encuesta sobre el costo de conexión

3.2.3.3.1 Descripción y características del servicio que prestan internet en el municipio:

TIGO, MOVISTAR Y COMCEL: Estas empresa de telefonía móvil en Colombia también ofrecen el servicio de internet móvil por medio de distintos dispositivos móviles pero principalmente nos enfocaremos en los Módems USB y los teléfonos móviles que son lo más usados en el municipio.

- **El modem USB 3.5G.** es un dispositivo que permite la conexión a internet de forma sencilla e inmediata no importa la marca o modelo del computador que se utilice solo se requiere de un puerto USB y se adquiere como comprar un teléfono celular, el modo de pago puede ser prepago, cuenta control y postpago. Su precio oscila entre los \$30.000 y \$65.000 y su velocidad puede alcanzar hasta los 1400Kbps.
- **Teléfono móvil 3.5G.** Son equipos móviles celulares sofisticados que además de ser teléfonos ofrecen conectividad a internet con soluciones 3.5G y permiten utilizar y acceder a los servicios como si estuvieras en una computadora con acceso a internet su valor del mismo modo que los

módems oscila entre los \$30.000 y \$65.000 dependiendo del paquete de datos promocional que escoja y del proveedor.

TELEFONICA: esta empresa española ofrece el servicio de internet satelital, el cual ofrece un servicio de Banda Ancha 2.0 por medio de una antena que se instala en el exterior de la vivienda y que además se entrega un paquete de televisión y telefonía su valor promedio está entre los \$40.000 y \$60.000.

3.3 VARIABLES DE INGENIERIA

En esta sección se explican las variables de Ingeniería que se aplican en el proyecto.

3.3.1 Capacidad

En una red Mesh como la propuesta tiene una capacidad alcanzable limitada, si utilizamos sistemas de un solo canal en comparación con sistemas multicanal, presentando así una variación en el rendimiento que tiene que ver con el número de saltos. A mayor numero de saltos menor será el rendimiento; uno de los principales factores del porque se presenta este fenómeno son las características del protocolo MAC, la alta tasa de error presente en canales inalámbricos y algunos otros factores. Así mismo también presenta un problema conocido como el nodo expuesto que también limita el rendimiento durante la ruta, esta degradación del rendimiento se presenta hasta los 5 saltos, después de este el rendimiento es constante. Podemos decir que durante este proceso se ve afectada la transmisión simultánea ya que la mayoría de redes Mesh son half- dúplex.

3.3.2 Confiabilidad

La alta confiabilidad de este tipo de redes se debe a su topología en maya. Comúnmente los sistemas inalámbricos presentan elevados errores en los canales por lo tanto necesitan una alta calidad de comunicación durante la

transmisión, para mejorar la confianza en la transmisión se emplea la diversidad de frecuencias logrando mayor tolerancia a fallos durante la comunicación.

3.3.3 Potencia

En los segmentos de una red inalámbrica se encuentran los Access Point que irradian con una potencia definida que disminuye a medida de la trayectoria entre el emisor y el receptor y el medio en el que se propague; esto se conoce como pérdidas en el espacio libre y es definido por la ecuación de Friss: a mayor distancia menor potencia.

$$\frac{P_R}{P_T} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 * G_T G_R$$

Donde:

PR: potencia recibida

PT: potencia transmitida

λ : longitud de onda

d: distancia del recorrido transmisor - receptor

GT: ganancia de la antena transmisora

GR: ganancia de la antena receptora

Para nuestros Access Point:

$$P_t = 22dBm = 0,158wtt$$

$$P_r = ?$$

$$\lambda = 3 * \frac{10^8}{2,4Ghz} = 0,125$$

$$d = 70m = 0,07Km$$

$$GT = 12dBi = 15,84$$

$$Gr = 5dbi = 3,16$$

$$Pr = \left(\left(\frac{0,125}{4\pi(0,07)} \right)^2 * 15,84 * 3,16 \right) 0,158wtt$$

$$Pr = 0,159wtt = -7,96dBm$$

3.3.4 Gestión de Recursos

Cuando hablamos de esta variable nos referimos al buen aprovechamiento de los recursos como los son la energía, el ancho de banda, las interfaces entre otros; para así tener la posibilidad de ofrecer calidad de servicio y una mejor velocidad de transmisión de datos a través de la diferenciación de servicios tales como costos de funcionamiento: energía, locales, higiénicos, mantenimientos, repuestos etc.

3.3.5 Throughput

Esta dado como la medida de los datos transferidos desde un host a otro en una x cantidad de tiempo según criterio de Cisco, CCDA Official Exam Certification Guide. Este permite determinar el valor real del tráfico en la red.

5 DISEÑO DE LA RED

4.1 Selección de Población

4.1.1 Selección de Localidades

El objetivo esencial de éste proyecto es brindar cobertura al municipio con el servicio de internet. De esta manera se ve orientado a ubicar los elementos claves de conexión para la prestación de este, en lugares estratégicos del municipio donde acoge la mayor cantidad de población como lo son los centros educativos, los polideportivos, los parques, la casa de la cultura y la alcaldía teniendo en cuenta las distancias según los criterios de diseño.

4.1.2 Centros Educativos del sector Urbano del Municipio

Los datos que se obtienen a continuación hacen parte del estudio de la demanda del servicio a ofrecer.

Por el método de encuesta realizamos una recolección ordenada de la información que nos permitirá ver la opinión de la población frente al proyecto que se viene desarrollando. Teniendo como objetivos principales: analizar el grado de aceptación de la comunidad, conocer que personas utilizan más la red y con qué frecuencia y finalmente determinar el porcentaje de utilización de los servicios propuestos para así determinar el ancho de banda.

Las preguntas que se muestran a continuación fueron las planteadas en la encuesta y sus respectivos resultados.

El grupo a encuestar son niños mayores de 10 años hasta personas de 50 años.

Hallaremos el tamaño de la muestra para determinar cuántas encuestas se deberán hacer para el respectivo análisis:

$$n = \frac{Zc^2(N)(\rho)(1 - \rho)}{e^2(N) + Zc^2(\rho)(1 - \rho)}$$

Donde

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población (6062 habitantes)

Zc= Nivel de confianza (95%)

Nivel confianza %	92	93	94	95	96	97	98	99
Zc	1.75	1.81	1.88	1.96	2.05	2.16	2.33	2.58

Comúnmente se utiliza el 95% y como error máximo permitido es el 7%.

ρ = Probabilidad

e= error, máxima diferencia que quiere que exista entre el tamaño de población y el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{(1.96)^2(6062)(0.5)(1 - 0.5)}{(0.07)^2(6062) + (1.96)^2(0.5)(1 - 0.5)}$$

$$n = 190 + 10$$

$$n \approx 200 \text{ personas}$$

La encuesta fue diseñada con respuestas de selección múltiple para saber lo que se ajuste mejor a la preferencia de los usuarios. A continuación se darán a conocer las preguntas hechas en las encuestas.

Preguntas:

1. ¿Qué nivel de educación tiene?

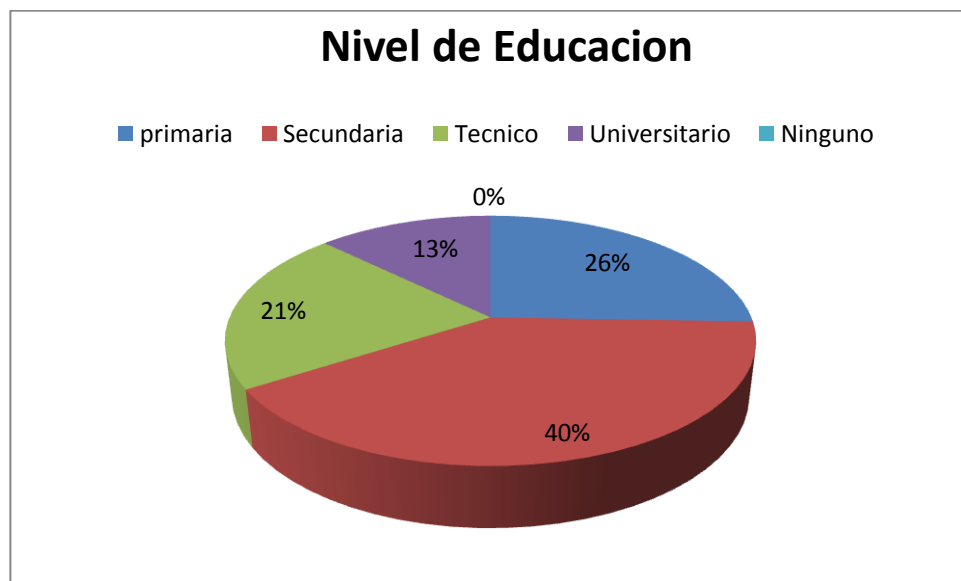
Básica Primaria

Básica Secundaria

Técnico

Universitario

Ninguno



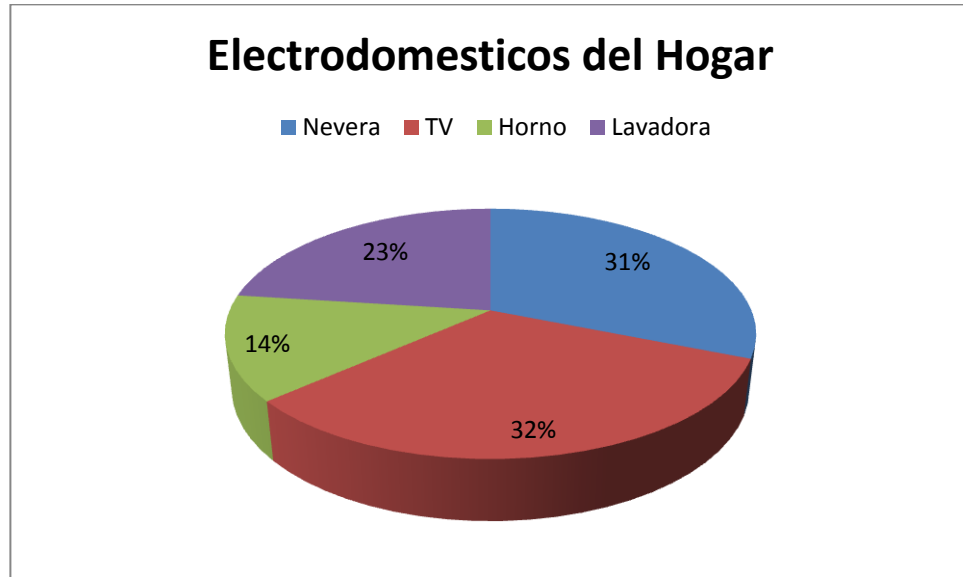
2. ¿Con que electrodomésticos cuenta su hogar?

Nevera

Horno

Tv

Lavadora



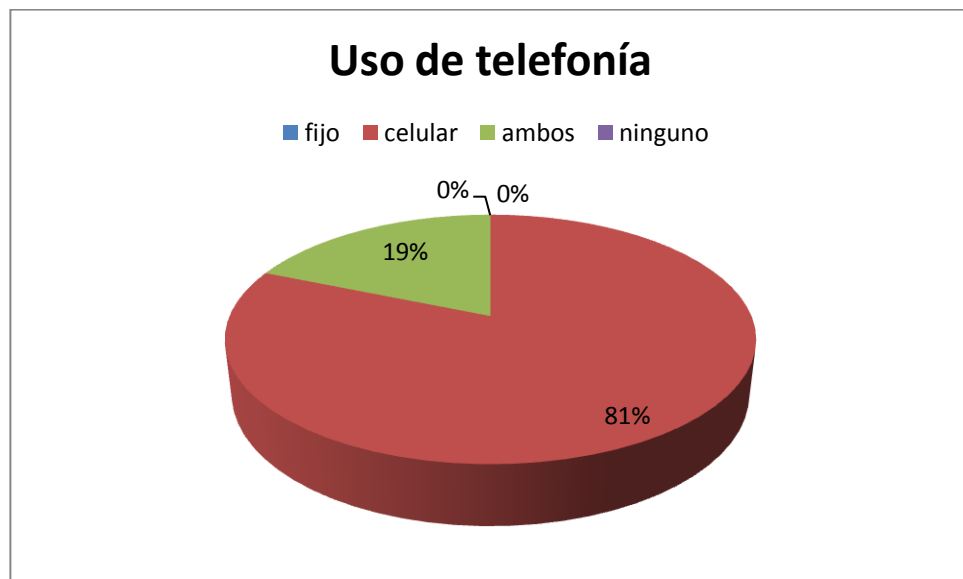
3. ¿Tiene teléfono fijo o celular?

Fijo

Celular

Ambos

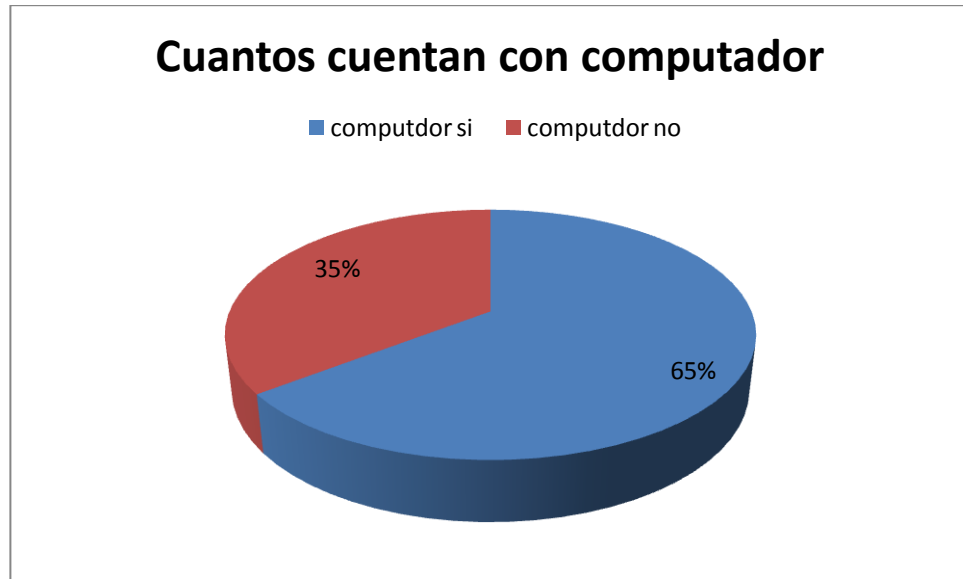
Ninguno



4. ¿Tiene computador en casa?

Si

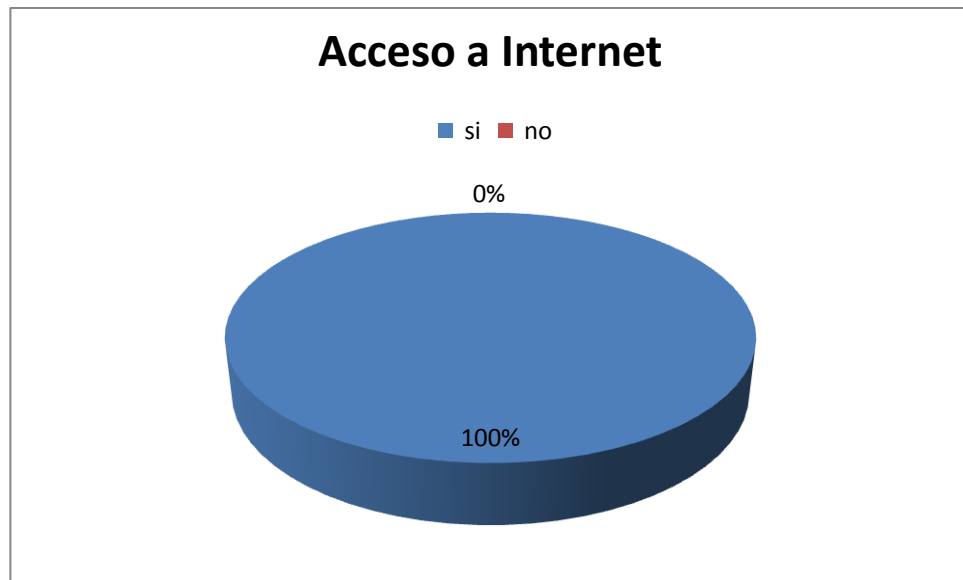
No

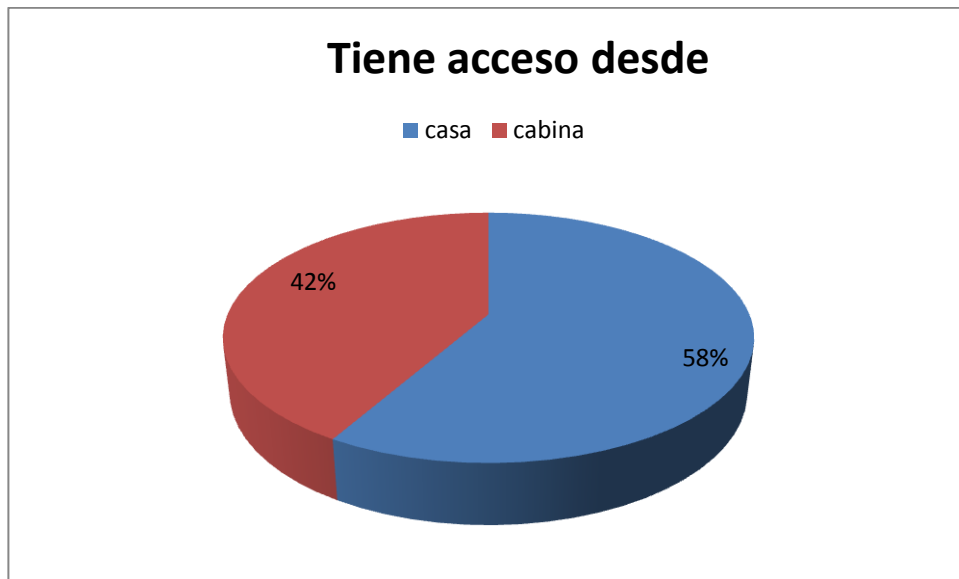


5. ¿Tiene acceso a internet?; si es casa ¿qué medio de conexión usa?

Si

No





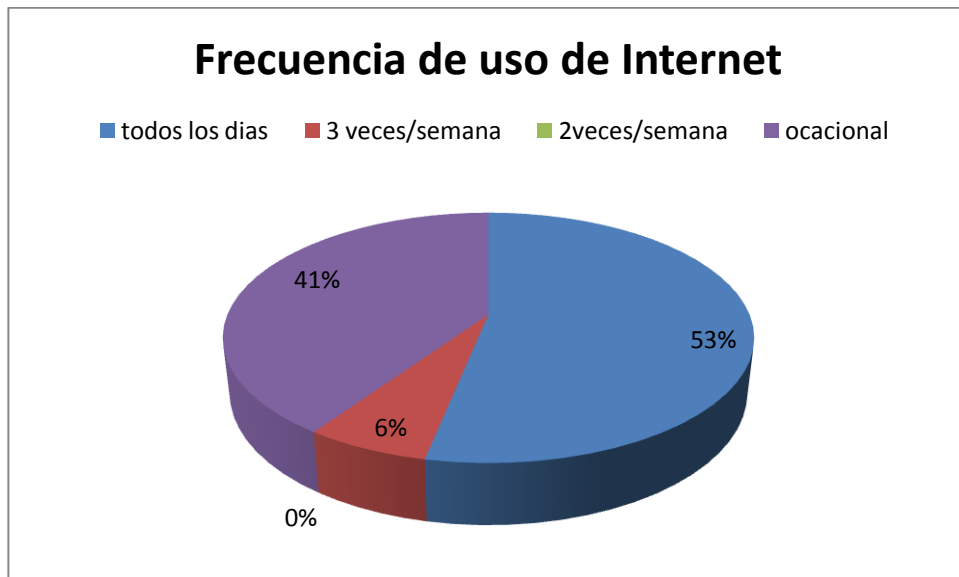
6. ¿Con que frecuencia usa Internet?

Todos los días

3 veces/semana

2 veces/semana

Ocasionalmente



7. ¿Cuál es el tiempo aproximado que usa internet?

Más de 3 horas

3 horas

2 horas

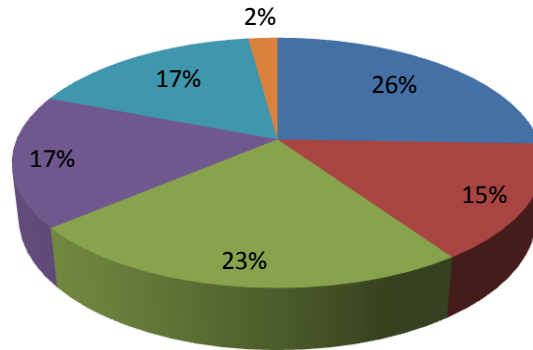
1 ½ horas

1 hora

½ hora

Tiempo de conexión aproximado

■ mas de 3 horas ■ 3 horas ■ 2 horas ■ 1 1/2 hora ■ 1 hora ■ 1/2 hora



8. ¿Que usa de internet?

Video conferencia

E-mail

Consultas

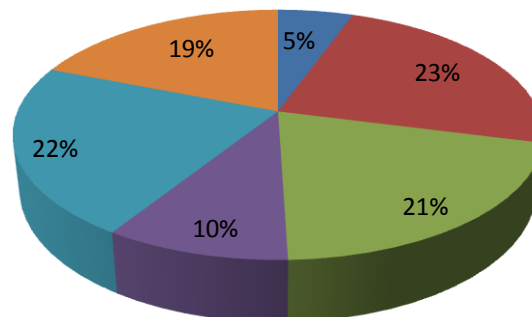
juegos

Chat

Música

Uso de aplicaciones

■ video conferencia ■ e-mail ■ consultas ■ juegos ■ chat ■ musica



9. ¿Tiene en el colegio un centro de sistemas?

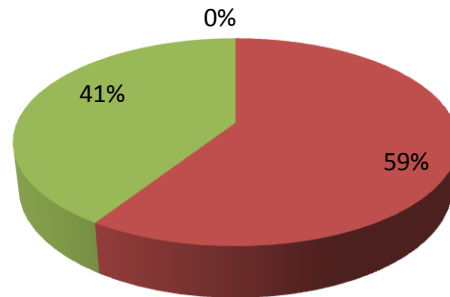
No

solo computadores

Computadores e internet

Centros Educativos con centro de sistemas

■ No ■ Si con internet ■ solo computadores



10. ¿Cómo evalúa el servicio que tiene actualmente de internet?

Excelente

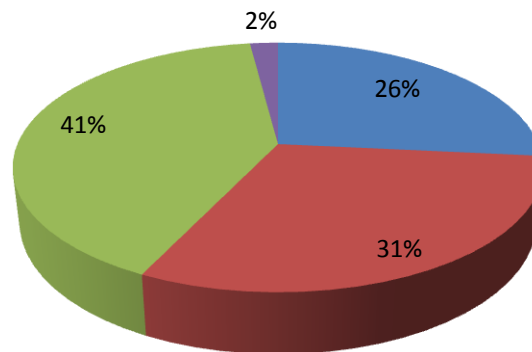
Bueno

Regular

Malo

Título del gráfico

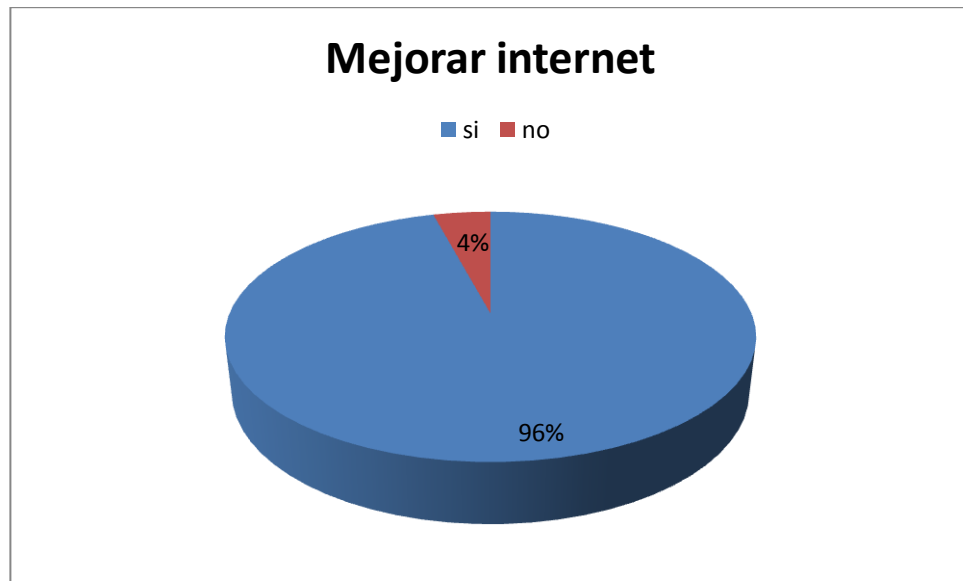
■ excelente ■ bueno ■ regular ■ malo



11. ¿Cree que el municipio requiere crear o mejorar el internet?

Si

No



4.2 Capacidad de la Red

Fundamentalmente este criterio nos permitirá brindar a los usuarios de la Red QoS; para esto necesitamos saber cuáles son los tipos de aplicaciones que mas serán usadas por los usuarios y así mismo la cantidad de usuarios que se conectaran a la red.

Para este análisis tendremos en cuenta el ancho de banda que consume cada una de las aplicaciones como lo son: videos, música, consultas, e-mail, juegos, redes sociales entre otros.

Finalmente después del análisis de población y el ancho de banda de las aplicaciones a utilizar se podrá determinar para contratar ese ancho de banda con el proveedor de servicios de internet (ISP) y así poder cumplir con el correcto dimensionamiento de la red.

4.3 PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA RED

Mediante este capítulo daremos a conocer la propuesta de diseño de la red Mesh para el Municipio de Anapoima teniendo en cuenta criterios de diseño, requisitos tecnológicos y necesidades de la población, mencionando equipos disponibles en el mercado para así seleccionar el que mejor se adapte a nuestros requerimientos. Justificando la arquitectura de la red, la idea fundamental será diseñar la red mediante una red troncal en malla garantizando la conectividad en todas las zonas del sector urbano del municipio empleando el estándar 802.11 para los enlaces de la red.

4.3.1 Propuesta del diseño

Nuestro principal objetivo es diseñar una red WMNs (Mesh) para ofrecer el servicio de internet a todos los habitantes residenciales y flotantes principalmente en sectores del municipio donde cubra la gran población entre los 10 y 50 años aproximadamente, entre ellos están la alcaldía, la casa de la Cultura, los polideportivos, las escuelas, colegios y centros educativos entre otros. Esta consideración se ha hecho debido a características principales como:

- **Concentración Demográfica:**

Dentro del municipio estos lugares nombrados anteriormente se encuentran ubicados y distribuidos de manera estratégica como lo podemos verificar mediante los mapas otorgados por la alcaldía municipal, alrededor de estos se encuentran la mayor cantidad de viviendas y habitantes de cada zona o barrio en particular. Ubicar en estos sitios los puntos de acceso de nuestra red Mesh es la mejor opción para brindar cobertura a toda la población que desee acceder al servicio.

- **Población más necesitada:**

Debido a que los niños cada vez reúnen conocimientos a más temprana edad y los trabajos que la gente adulta adquiere, requieren de más conocimientos en cuanto al uso de tecnologías y comunicaciones por medio

de servicios sofisticados como lo son sistemas e internet, hemos designado la población entre los 10 y 50 años de edad.

En cuanto a los niños y adolescentes que se encuentran en la etapa de educación es fundamental que ellos cuenten con información actualizada en cuanto a temas de investigación lo que ayudará a desenvolverse en los acontecimientos y oportunidades que se les presenten en un futuro y esto solo sucederá si todos estos jóvenes y niños tienen un acceso moderno y de calidad a la información.

4.3.2 Requisitos del diseño

4.3.2.1 Requisitos Generales

- ❖ Los nodos que se instalen en la red deben ser de fácil manipulación y configuración.
- ❖ La red debe ofrecer redundancia de rutas, autocorrección y detección de errores
- ❖ Preferiblemente deben ser usados los protocolos de comunicación estándar debido a que facilitan la interoperabilidad de los dispositivos de comunicación
- ❖ Se deben preferir equipos de fácil adquisición ya que promueven el bajo costo de adquisición e implementación.

4.3.2.2 Requisitos específicos

- ❖ El uso de diferentes canales y múltiples interfaces de radio maximizan la capacidad de la red dejando que uno de esos canales se dedique a interconectar redes Alámbricas e inalámbricas (backhaul).
- ❖ Para conectar los equipos de portátiles a la red WMNs (Mesh) se suelen utilizar bandas de 2.4 GHz y 5.8 GHz para su conectividad basados actualmente en el estándar 802.11 b/g.

- ❖ Latencia de extremo a extremo; debe ser menor a 150ms se requiere un valor aceptable para no afectar el rendimiento de la comunicación.
- ❖ Ancho de banda de extremo a extremo; mínimo de 5Kbps para voz y 200kbps para video en una ruta sin enlaces rotos que garanticen el servicio.
- ❖ El protocolo de enrutamiento según la arquitectura es OLSR (Protocolo de Enrutamiento de estado para el enlace Optimizado) cada nodo tiene una asignación de ruta establecida, ayudando a reducir la latencia de extremo a extremo.
- ❖ Seguridad como la privacidad, la autenticación y la integridad.

4.4 Tecnología a emplear en el diseño

Previamente se realizó un estudio de clasificación respecto a las ventajas y desventajas de usar uno u otro tipo de tecnología tanto Alámbricas como inalámbricas para ofrecer el servicio de internet a todo los habitantes del municipio con la característica de poder conectarse desde cualquier punto de ubicación por esta primera característica se descalificó la opción de una red cableada. A continuación se presentan las características de cada una de las tecnologías inalámbricas existentes y su respectiva comparación y decisión.

Redes Alámbricas	Redes Inalámbricas
<ul style="list-style-type: none"> • Se comunican a través de cables de datos • Es basada en Ethernet • Se debe planificar y estudiar la distribución física de las maquinas 	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere del uso de cables de interconexión • Es normalizada por la IEEE con el nombre 802.11 • Solo se debe tener en cuenta que el edificio o zona donde nos encontremos con las máquinas estén dentro de la zona de cobertura de la red

<ul style="list-style-type: none"> • Puede quedar sin uso en el momento que se desconecte un cable u ocurra un accidente natural como un terremoto • A la existencia de altos campos electromagnéticos puede aislarse mediante el uso de canaletas adecuadas dependiendo del diseño de red. • Su costo es más elevados por la cantidad de elementos que se usan. • Presenta problemas de instalación debido a que los cables tienen que atravesar muros de todo tipo de material. • Ofrece un mejor ancho de banda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden integrarse fácilmente a cualquier dispositivo guardarlo y llevarlo esto hace que resista más un percance inesperado • Funciona de manera deficiente en industrias donde existan altos campos electromagnéticos. • Su costo es relativamente bajo • Su instalación es sencilla. • Su ancho de banda es menor a las de las redes cableada.
--	---

Tabla N°5 Comparación entre redes Alámbricas e inalámbricas

Calificación:

Excelente: 5

Bueno: 4

Regular: 3

Malo: 2

Pésimo: 1

CARACTERÍSTICA	%	RED ALAMBRICA	RED INALAMBRICA
Uso de cables	30%	3	5
Distribución de equipos	10%	4	4
Fallas por daños	20%	2	5
Presencia de campos electromagnéticos	5%	4	2
Costo	25%	3	5
Instalación	10%	3	5
TOTAL	100%	19	26

Tabla N°5. Calificación de elección de la red inalámbrica.

Simplemente por el hecho de que la red Alámbrica no permite movilidad sencilla para el usuario no entra a ser parte de la propuesta.

La red inalámbrica se impone y es normalizado por la IEEE con el nombre de 802.11b conocida comúnmente como Wi-Fi (wireless fidelity), esta tecnología puede alcanzar coberturas de cientos kilómetros de distancia.

4.4.1 Comparación de tecnologías inalámbricas existentes

Para poder determinar que la tecnología WiFi es la mejor elección se debe hacer una comparación entre las otras tecnologías posibles para diseñar una red como la que necesitamos y estas son:

Tecnología VHF:

Esta es una tecnología que se desarrollo para la transmisión de datos además de la transmisión de voz por medio de un software diseñado especialmente para esta tecnología; permite obtener comunicación a una velocidad de 1.2-9.6 Kbps trabajando en la banda de los 150MHz obteniendo un alcance de hasta 60 Km.

Ventajas con respecto a WiFi:

- Es capaz de establecer un enlace sin tener línea de vista.
- Su frecuencia es más baja lo que le permite llegar a mayores distancias.
- Disminuye costos debido a que las torres no necesitan ser tan altas.

- El viento, la lluvia, la neblina y las nubes no son tan influyentes en la calidad del enlace.
- El corrimiento de las antenas producido por el viento no es tan vital basta con que tengan solo una aproximación.

Desventajas con respecto a Wi-Fi:

- La utilización de la banda de frecuencia en VHF requiere de una licencia.
- Las velocidades de transmisión son menores
- El consumo de los equipos de VHF es mucho mayor y esto incrementaría los costos, además de que el costo de los equipos también es más alto.

Calificación:

Excelente: 5

Bueno: 4

Regular: 3

Malo: 2

Pésimo: 1

CARACTERISTICA	%	VHF	WiFi
Línea de Vista	20%	5	3
licencia de frecuencias	25%	1	5
Frecuencia	5%	4	3
Velocidad	10%	2	4
Costo	30%	1	5
Potencia	10%	2	4
TOTAL	100%	15	24

Tabla N°7. Calificación de Tecnología WiFi con respecto a VHF.

Tecnología WiMax:

Es una tecnología que también proporciona conectividad inalámbrica, su acceso va hasta más o menos 48Km de radio de área con una velocidad de hasta 70Mbps y se conoce bajo el estándar IEEE 802.16.

Ventajas con respecto a WiFi:

- Proporciona un mayor radio de cobertura.
- No es necesario tener línea de vista
- Ofrece mejores tasas de transmisión de datos
- Ofrece una mejor calidad del enlace.
- Tiene frecuencias libres y privadas.

Desventajas con respecto a WiFi:

- No ofrece variedad de equipos en el mercado por ser una tecnología nueva.
- Debido a la poca oferta de equipos estos son mucho más costosos y la idea es entregar un proyecto económicamente viable
- Las frecuencias utilizadas no están definidas completamente lo que quiere decir está sujeta a cambios y nos podríamos arriesgar a que después estas frecuencias a utilizar para este estándar requiera de licencia.

Calificación:

Excelente: 5

Bueno: 4

Regular: 3

Malo: 2

Pésimo: 1

CARACTERISTICA	%	WiMax	WiFi
Línea de Vista	20%	5	3
licencia de frecuencias	25%	2	5
Cobertura	10%	5	4
Velocidad	5%	4	3
Costo	30%	1	5
Elección de equipos	10%	2	5
TOTAL	100%	19	25

Tabla N°8. Calificación de tecnología WiFi con respecto a WiMax

Finalmente por razones ya especificadas se define utilizar la tecnología WiFi.

4.4.2 Tecnología Wi-Fi

Es una de las mejores opciones para la transmisión de datos en cuanto a las redes inalámbricas debido a que ofrece un amplio ancho de banda en 1 y 11 Mbps para el 802.11b y 54Mbps para 802.11 a/g, está asignado a la base ISM (Industrial, Scientific and Medical) su fin es lograr redes de área local inalámbrica WLAN mediante el uso de frecuencias en espectro ensanchado de 2.400 – 2.485GHz y 5.725 – 5.850 implementándose para enlaces de larga distancia. Como todas las tecnologías existentes presenta ventajas y desventaja. Unas de las ventajas que se destacan de esta tecnología son: el estándar que lo define es muy confiable y de fácil configuración, el costo de sus equipos es bajo, el consumo de potencia es baja 10W por cada enrutador, permite el uso de frecuencias sin licencia, el hardware permite fácil integración y son sistemas que soportan condiciones meteorológicas adversas. Y sus desventajas son: Requiere línea de vista directa, el número de colisiones tiende a aumentar a medida que aumenta el número de usuarios y tiene un limitado número de canales no interferentes el 3 para 2.4 y 8 para 5.8GHz.

Los enlaces de larga distancia hace que se presenten pérdidas y dificultades de transmisión de datos los cuales tienen que ser detectados para aplicar los respectivos correctivos en cuanto a potencia de transmisión y en la elección de equipos ya que teniendo en cuenta los siguientes parámetros será mejor la calidad de la señal:

- Las pérdidas de propagación
- La máxima potencia de transmisión PIRE
- La mínima relación señal a ruido que esté dispuesto a aceptar
- La sensibilidad de recepción

Existen también aspectos físicos que se deben tener en cuenta para la estabilidad del enlace. Por ejemplo:

- Entre mayor es la velocidad mayor es la potencia necesaria para la recepción para poder mantener un BER del enlace bajo a esta potencia se le llama comúnmente sensibilidad y es la que obliga a usar velocidades bajas para lograr enlaces de larga distancia estables.
- Cuando la distancia del enlace es larga las atenuaciones por lluvia pueden ser significativas. Aunque normalmente se dice que pueden afectar de manera sensible para frecuencias de 10GHz, sin embargo la cantidad de lluvia, el tiempo de duración y la distancia sobre el enlace generan atenuación aun por debajo de los 10GHz. Estas pérdidas están consideradas por la ITU.R P.530 en el que la indisponibilidad está dada por periodos de lluvia que exceden el 0.01% (99.99% de la disponibilidad: 53 minutos por año).
- Se recomienda que la polarización de las antenas sea vertical pero muchas veces las condiciones atmosféricas y el terreno pueden despolarizarla y presentar baja recepción en la señal y alta atenuación.
- Las zonas urbanas se pueden ver afectadas por interferencias.

Los aspectos de la capa MAC también deben ser tenidos en cuenta debido a que existen restricciones explícitas de distancia, además esta capa tiene multitud de tiempos definidos en diferente efecto en función de la distancia y son los siguientes:

- En las comunicaciones Wi-Fi para que la comunicación funcione a una determinada distancia debe cumplir con el parámetro ACKtimeout este es el tiempo en que la estación transmisora espera la confirmación de que a terminado la transmisión del paquete (ACK). Este ACKtimeout debe ser mayor que el tiempo de propagación de ida y vuelta más el intervalo de corta duración (SIFS) este es un intervalo de tiempo que define la separación entre la recepción del paquete y la transmisión del ACK del receptor; los equipos WiFi varían mucho en su implementación.

- Cuando la distancia de los enlaces es mayor a 3Km el rendimiento baja proporcionalmente para los enlaces punto a punto.
- Cuando los enlaces son punto a punto se debe cuidar el ajuste del ACKtimeout dos veces el tiempo de propagación.

Wi-Fi sirve par enlaces de larga distancia siempre y cuando los equipos terminales se les permita configurar el ACKtimeout.

4.4.3 arquitectura Mesh para redes Wi-Fi

Nace a partir del concepto Ad-Hoc en Wi-Fi. En esta arquitectura Mesh las estaciones poseen una tabla de encaminamiento en la que comprueban si la estación a la que se desea transmitir esta dentro del área de cobertura cada estación recibirá un paquete y lo reenviara a la estación de destino. Esta arquitectura gestiona el ancho de banda de manera avanzada pero aumenta el retardo pero así mismo es tolerante a fallos.

Las redes Wi-Fi con arquitectura Mesh cuentan con tres tipos de nodos como lo son:

La estación paralela:

Su conectividad final es internet y permite que otras estaciones de la red accedan a través de ellas a los servicios de internet.

El Repetidor:

Forma y hace parte de la red troncal y se encarga de conmutar las comunicaciones con otras estaciones.

Estación Cliente:

Es lo que hace uso y se beneficia de los servicios que la red ofrece como: correo electrónico, Volp, juegos, ingresos a las redes sociales, descargas y transferencia

de archivos entre otras computadoras y suelen conectarse a un computador o a un teléfono IP.

4.5 Enlaces para la red Wi-Fi

Como todo sistema de comunicación, los enlaces WiFi también consta de dos radios cada uno asociados a una antena con una distancia entre ellas que recibe el nombre de trayectoria; mediante el proceso de presupuesto de potencia, se determina si el enlace es viable. Mediante los enlaces se debe garantizar una comunicación óptima pero esto depende de varios factores como lo es la calidad de los equipos, la distancia y las pérdidas de trayectoria; logrando que la potencia recibida sea suficientemente superior a la sensibilidad del receptor donde se debe tener en cuenta: la potencia transmitidas, las ganancias y las perdidas y se denotan bajo la siguiente ecuación:

$$PRx(dB) = Ptx + Gtx - Lcctx - LccRx - Lfs + GRx$$

Donde:

PRx= Potencia de Recepción.

Ptx= Potencia de transmisión.

Lcctx= Perdidas de los cables y los conectores del transmisor.

LccRx= Perdidas de los cables y conectores en el receptor.

Lfs= perdidas en el espacio libre.

GRx= Ganancia de la antena receptora.

Para realizar cualquier tipo de enlace se deben calcular los siguientes parámetros

- a) **Perdidas en el espacio libre:** se le llama espacio libre, al espacio en una trayectoria entre un sistema de antenas libre de obstáculos fijos (edificios, montañas, arboles) es decir con *línea de vista* y con características

homogéneas y constantes de igual densidad, presión, humedad, temperatura etc. La mayor parte de la potencia de una señal se pierde en el aire.

Con este tipo de pérdidas se pretende calcular la potencia que se pierde en el aire discriminando cualquier otro tipo de obstáculo, esta pérdida se debe a la expansión de la señal dentro de una superficie esférica, es proporcional al cuadrado de la distancia y de la frecuencia y se representa mediante la ecuación:

$$L_{fs}(dB) = 92,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

Siempre y cuando haya línea de vista. Cuando se habla del espacio libre no siempre es tan libre debido a que durante la trayectoria en el aire pueden haber elementos que lo cortan y no lo hace tan libre como lo son los árboles, construcciones, espejos de agua entre otros y esto también genera pérdidas por ejemplo un árbol puede atenuar la señal entre los 10 a 20 dB, las paredes entre 10 a 15 dB, también influye el terreno y las condiciones climáticas. La regla general de una red inalámbrica a 2.4GHz pierde 100 dB en el primer Kilometro y cada vez que se duplica la distancia la señal es reducida 6dB; lo que indica que nuestro enlace que es de 6.50 Km aproximadamente presente una pérdida aproximada de 116.26dB.

DISTANCIA (Km)	2.4 GHz
1	100 dB
10	120 dB
100	140dB

Tabla 9: Pérdidas en espacio libre en dB para la frecuencia 2.4GHz en diferentes distancias.

- b) Potencia Transmitida:** Este parámetro es especificado por el fabricante en los manuales de los equipos o dispositivos se expresa en mW o dBm y tiene un rango de 30 a 200mW o más.
- c) Ganancia de las antenas:** Las antenas son dispositivos pasivos que extraen potencia del frente de onda incidente y por lo tanto presenta cierta área de captación o área efectiva. Una antena debe cumplir el propósito de radiar la mayor cantidad de potencia que le ha sido suministrada en la dirección seleccionada; es decir debe hacer máxima transferencia de potencia. La ganancia de la antena receptora está relacionada con la mayor o menor área que puede recolectar energía radiada sobre la antena transmisora.
- d) Mínimo nivel de señal recibida:** es el nivel de señal más bajo que puede detectar la red inalámbrica y se conoce como sensibilidad del receptor (RSL) y depende de la tasa de transmisión, se expresa comúnmente en (dBm y -dBm), como regla la tasa más baja de transmisión es de 1Mbps y su mínimo nivel va a estar entre el rango de -75 a -95 dBm y deben ser especificadas por el fabricante del equipo. Puede ser hallado con la formula:

$K \cdot T \cdot BW \cdot f$	Donde: K es una constante, T = Temperatura de trabajo del equipo, BW = Ancho de banda y f = Frecuencia
------------------------------	--

- e) Pérdidas en los cables:** Estas también pueden afectar en la pérdida de la señal, estas dependen del tipo de cable y su frecuencia de operación, es por esto que se recomienda que el cable de la antena sea considerablemente corto y entre más grueso y rígido sea el cable menor atenuación presentara. La pérdida típica está entre 0,1 dB/m y un 1 dB/m.

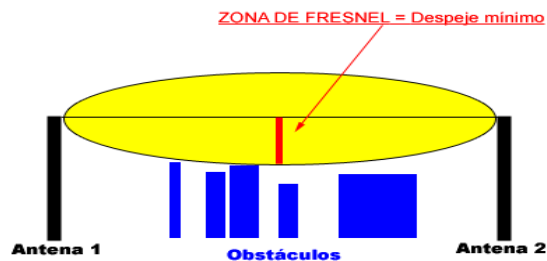
Tipo De Cable	2.4GHz	5.8GHz
RG174	1.20	1.85
RG316	1.10	1.70

RG58	0.83	1.40
RG58U	0.57	0.89
LMR195	0.56	0.885
RF213U	0.39	0.51
C2FP	0.23	0.36
LMR400	0.23	0.35
LDF4/50A	0.13	0.21

Tabla N°10. Valores típicos de pérdidas en los cables (dB/m)

- f) **Pérdidas por conectores:** se debe estimar alrededor de 0.25dB pero cuando los cables son muy largos se debe estimar una pérdida entre 0.3 a 0.5 dB por conector.

4.5.1 Zonas de Fresnell



Estas son las coronas circulares determinadas por los rayos difractados que se suman en fase y contrafase de forma alternada. Son el lugar geométrico de todos los puntos para los cuales la suma de los radios de las 2 antenas es mayor en $n\lambda/2$ de la trayectoria directa. Donde $n= 1, 2, 3, \dots, n$ y que corresponden a la 1, 2, 3, ..., n zonas de Fresnell. Es un volumen alrededor de la línea recta que une el transmisor con el receptor teniendo en cuenta los obstáculos que se encuentran por debajo y a los lados. Lo ideal es que la primera zona este libre de obstáculos lo que quiere decir despejar el 60% del radio de la primera zona. Con la siguiente formula se calcula el radio de la primera zona de Fresnell:

$$rF1 = 17.32 \sqrt{\frac{d1 * d2}{F(GHz) * d}} (m)$$

Tomando el 60% queda:

$$rF1 = 10.392 \sqrt{\frac{d1 * d2}{F(GHz) * d}} (m)$$

Donde:

d1= distancia al obstáculo desde el transmisor (km)

d2= distancia al obstáculo desde el receptor (Km)

d= distancia entre el transmisor y el receptor (Km)

F= Frecuencia en GHz

Zona de Fresnell para el obstáculo más grande que tenemos en el municipio si utilizáramos solo la tecnología WiFi.

$$d1 = 200m = 0,2Km$$

$$d2 = 100m = 0,1Km$$

$$d = 300m = 0,3Km$$

$$F = 2,4GHz$$

$$rF1 = 17,32 \sqrt{\frac{0,2Km * 0,1Km}{2,4GHz * 0,3}}$$

$$rF1 = 2,88m$$

4.5.2 Clases de interferencias que se pueden presentar

Existen tres tipos de interferencias que pueden llegar afectar el rendimiento de nuestra red estos son:

- a) *Interferencia Directa*: son las que ocasionan los equipos que usan la misma tecnología.
- b) *Interferencia Indirecta*: son las que ocasionan los equipos que no usan la misma tecnología pero si la misma banda de frecuencia.
- c) *Interferencia Multitrayectoria*: es la que ocasionan los obstáculos que encuentra la señal durante su trayectoria que genera una diferencia de tiempo entre la señal que llega directamente a la que es reflejada por los obstáculos. Mediante la siguiente tabla podremos aclarar si la interferencia que generan los obstáculos es alta, media o baja.

CONSTRUCCIONES		
MATERIAL	OBJETO	TIPO DE INTERFERENCIA
Madera	puertas, paredes	Baja
Asbesto	Techos	Baja
Yeso	paredes Interiores	Baja
Cerámica	Tejados	Media
Vidrio	Ventanas	Alta
Metal	Vigas	Alta

Tabla N°11 Interferencia por material en construcciones (edificaciones)

ATMOSFERICAS		
MATERIAL	OBJETO	TIPO DE INTERFERENCIA
Agua	Lluvia, Niebla	Media
Vegetación	Arboles, Plantas	Media

Tabla N°12 Interferencia por material en la atmosfera

4.5.3 Multitrayectoria

Es debido a dos o más trayectos de propagación por reflexión de la señal en el suelo o en las capas atmosféricas presentando retrasos e interferencias aunque también pueden ser aprovechadas para superar los límites de la línea de vista cuando existe suficiente potencia.

4.6 CÁLCULO DE LOS ENLACES

4.6.1 Cálculo del ancho de banda de la red Mesh

Mediante las encuestas se pudo establecer que lo que más frecuentan las personas que usan internet es: correos electrónicos, Chat con video conferencia o llamada IP, consultas de información y noticias es por esto que se hace necesario determinar el ancho de banda que consume cada uno de estas aplicaciones para así poder determinar el que se va a ofrecer.

Correo electrónico:

El correo electrónico es el medio por el que la gente intercambia información rápidamente de videos, archivos de texto, fotos entre otros llamados documentos digitales. Para determinar el ancho de banda de esta aplicación es necesario determinar el tamaño aproximado de cada documento digital, por ejemplo un documento de solo texto tamaño carta tiene aproximadamente 19Kbyte mientras que el de una imagen podría ser de aproximadamente 400Kbyte; considerando un tamaño promedio de archivos enviados de 500Kbyte y que adicional a esto en promedio un persona revisa 4 correos por hora. Con estos datos podemos determinar el tráfico del correo electrónico por usuario:

$$V_{correo} = \frac{500kbyte}{correo} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{4correos}{1hora} * \frac{1hora}{3600seg}$$

$$V_{correo} = 4.44 Kbps$$

Consultas en páginas de internet:

Para determinar la velocidad de esta aplicación se tiene en cuenta el tamaño de una página que contiene texto e imágenes medianas y es aproximadamente de 25Kbyte y estimando que una persona habrá una página cada 30 segundos considerando internet de banda ancha entonces tenemos:

$$V_{pagina} = \frac{25Kbyte}{pagina} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{1pagina}{30seg}$$

$$V_{pagina} = 6.66Kbps$$

Aplicación de chat por internet:

El tamaño de la aplicación del chat es aproximadamente de 877,316Kbyte y se estima que en una hora se abra 3 ventanas de chat por hora.

$$V_{chat} = \frac{500kbyte}{correo} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{3ventanas}{1hora} * \frac{1hora}{3600seg}$$

$$V_{chat} = 5.84Kbps$$

Voz por internet:

Según el algoritmo G.729 el ancho de banda de Voz IP requerido es de 8 o 13 Kbps garantizando compresión y codificación del audio pero tomaremos el máximo 13 Kbps por cada usuario potencial de la red.

Video por internet:

Para utilizar este servicio se requiere un ancho de banda de 128Kbps

4.6.2 Capacidad del Tráfico

La capacidad corresponde a las sumas parciales del ancho de banda de cada aplicación

$$Capacidad\ total = C_{correo} + C_{consultas} + C_{chat} + C_{juegos} + C_{videoconferencia}$$

C= capacidad

Con los resultados de las encuestas se puede realizar un análisis y determinar el porcentaje de utilización para cada aplicación de internet

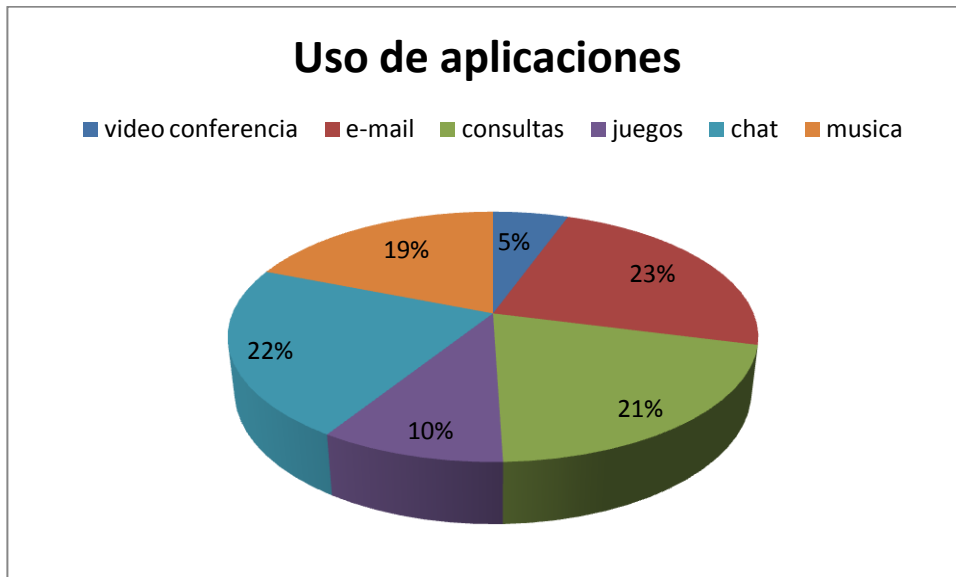


Figura 5. Resultados de la encuesta sobre las aplicaciones que la población usa de internet.

Además debemos determinar los usuarios potenciales que harán uso de la red por esto se determinara que por casa en el municipio habrá un computador dispuesto a conectarse; por esto determinamos que el número de usuarios potenciales será de 2757 usuarios lo que quiere decir que en el caso más crítico tendría la red que soportar trafico de 2757 usuarios a la vez lo que es probable nunca sucederá. Para hallar la capacidad total debemos hallar la capacidad de cada una de las aplicaciones teniendo en cuenta para cada una el ancho de banda hallado anteriormente, el porcentaje de uso y el total de los usuarios potenciales de la red.

Capacidad de correo electrónico:

$$C_{\text{correo}} = 4.44\text{Kbps} * 0,23 * 2757$$

$$C_{\text{correo}} = 2.81\text{Mbps}$$

Capacidad de las consultas:

$$C_{\text{consultas}} = 6.66\text{Kbps} * 0.21 * 2757$$

$$C_{\text{consultas}} = 3.85\text{Mbps}$$

Capacidad del Chat:

$$C_{\text{chat}} = 5.84\text{Kbps} * 0.22 * 2757$$

$$C_{\text{chat}} = 3.54\text{Mbps}$$

Capacidad de los juegos:

La aplicación de juegos requiere de otras aplicaciones que ocupan un ancho de banda determinado como lo es: el video y el chat, por esto tenemos en cuenta la suma de las velocidades de estas aplicaciones.

$$C_{\text{juegos}} = (128\text{Kbps} + 5.84\text{Kbps}) * 0.10 * 2757$$

$$C_{\text{juegos}} = 8.9\text{Mbps}$$

Capacidad de video-conferencia:

Al igual que los juegos esta aplicación también requiere de otras aplicaciones estas son: video, voz y chat.

$$C_{\text{videoconferencia}} = 5.84\text{Kbps} + 13\text{Kbps} + 128\text{Kbps}) * 0.05 * 2757$$

$$C_{\text{videoconferencia}} = 20.24\text{Mbps}$$

Capacidad Total:

$$C_{\text{total}} = C_{\text{chat}} + C_{\text{consultas}} + C_{\text{correo}} + C_{\text{juegos}} + C_{\text{videoconferencia}}$$

$$C_{\text{total}} = 3.54\text{Mbps} + 4.22\text{Mbps} + 2.54\text{Mbps} + 8.9\text{Mbps} + 20.24\text{Mbps}$$

$$C_{\text{total}} = 39.44\text{Mbps}$$

Este sería el ancho de banda que se le requeriría al ISP para ofrecer sobre nuestra red. A continuación se mostrara una tabla comparativa entre tres de los proveedores existentes en el mercado que pueden ofrecer un punto de conexión en el municipio y proveer el ancho de banda exigido.

4.6.3 Análisis y elección del proveedor ISP

Telefónica	Telmex	ETB
<p><u>VPN MPLS</u></p> <p>Acceso a Internet a través de un Punto Singular.</p> <p>IPSec: Acceso seguro a través de Internet.</p> <p>El servicio permite la concentración del tráfico de Internet de la VPN en determinadas oficinas, según</p>	<p><u>Datos-MPLS Avanzados</u></p> <p>Permite ampliar el ancho de banda en los momentos que se requiera.</p> <p>Se provee información en línea del tráfico entrante y saliente de cada sede, estadísticas por protocolo y aplicación a través de tres niveles de calidad de servicio para tráfico</p>	<p><u>Acceso Dedicado</u></p> <p>El Internet Dedicado de ETB es una solución de acceso de alta velocidad a través de un canal confiable y seguro.</p> <p>El servicio le garantiza máximo respaldo operativo y conectividad permanente a Internet.</p> <p>Diferentes formas de acceso, altos niveles de</p>

<p>precise su empresa (Puntos Singulares).</p> <p>Velocidades de acceso hasta de 45 Megas.</p>	<p>de datos; también podrá manejar y administrar su tráfico con calidad de servicio extremo a extremo.</p> <p>Tecnología MPLS sobre fibra óptica con velocidades desde 100 Kbps hasta 10 Mbps</p>	<p>disponibilidad, generación de reportes y estadísticas On line.</p>
<p>Disponibilidad del servicio en el municipio: Inmediata</p>	<p>Disponibilidad del servicio en el municipio: A convenir</p>	<p>Disponibilidad del servicio en el municipio: No hay</p>
<p>Costos: \$723.550</p>	<p>Costos: \$785.678</p>	<p>Costos: \$623.345</p>

Tabla N°13. Cuadro comparativo entre los proveedores que se adecuan a nuestros requerimientos.

Calificación:

Excelente: 5

Bueno: 4

Regular: 3

Malo: 2

Pésimo: 1

CARACTERISTICA	%	TELEFONICA	TELMEX	ETB
Tecnología MPLS	30%	5	5	4
Disponibilidad en el municipio	40%	5	4	1
Velocidad	10%	5	3	2
Costo	20%	4	3	4

TOTAL	100%	19	15	11
--------------	-------------	-----------	-----------	-----------

Tabla N°14. Calificación para elección del proveedor.

El Proveedor elegido ha sido **Telefónica**, debido a que su servicio MPLS se adapta a las necesidades de nuestra red y el crecimiento proyectado para la misma; pero principalmente porque es el único proveedor de servicio que cuenta con la disponibilidad de brindarnos el servicio de forma inmediata en el municipio.

4.7 DISEÑO DE LA RED MESH Y UBICACIÓN DE EQUIPOS

El área interior de la línea bordeada que se muestra en la siguiente figura es la zona urbana del municipio donde se pretende dotar del servicio de internet inalámbrico a través de una red WMN's; mediante esta vista satelital tomada del programa google earth podemos observar que toda la zona se encuentra edificada, y un 98% de estas edificaciones son en ladrillo y un 2% son casas de bareque y madera. En la zona urbana existe gran densidad de edificaciones, no encontrándose edificaciones muy altas pues el edificio más alto es un hotel con 6 pisos construidos. Así mismo, tampoco encontramos elevaciones de tierra pronunciadas más bien es un área plana.



Figura 6. Mapa topográfico del área urbana del municipio de Anapoima Cundinamarca.

4.7.1 Elección de Equipos

4.7.1.1 Estación Cliente

4.7.1.1.1 Access Point

Es conocido como el punto de Acceso inalámbrico, este dispositivo es el elemento que permite dentro de una red interconectar dispositivos de comunicación para formar una red inalámbrica. A parte de que prácticamente crean la red también se encuentran constantemente atentos a la espera de nuevos clientes que requieren del servicio. Este dispositivo solo soporta un pequeño grupo de usuarios que se encuentren entre un rango de 30 hasta 100 metros a la redonda del Access Point. Su proceso de comunicación se basa en recibir la información, la almacena y la transmite entre la WLAN. Nuestra elección fue el Access Point NaNoStation2 sus características son las siguientes:



Figura 7. Access Point NaNoStation2

Access Points									
	Alfa Mesh51 (Alfa Network)	%	Puntaje	NanoStation2 (Ubiquiti Networks)	Puntaje	Aironet 1505 (Cisco)	Puntaje	AP5181 (Motorola)	Puntaje
Frecuencia (Ghz)	2,4	30	5	2,4	5	2,4	5	2,4	5
Canales	13	10	4	11	5	13	4	13	4
Potencia Tx (dBm)	20	10	5	22	4	24	3	20	4
Potencia Rx (dBm)	-64	10	3	-74	5	-76	5	-70	4
Precio (Dollars)	161,24	40	3	79,95	5	2961,25	2	1497,9	2
		100	20		24		19		19

TablaN°15. Calificación para la elección del Access Point

4.7.1.1.2Antena

Son dispositivos donde su objetivo principalmente es emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia un espacio libre. Las antenas que utilizaremos o se proponen para la implementación son las omnidireccionales; este tipo de antenas se caracterizan no porque irradie en todas las direcciones si no que tiene una zona que irradia energía por igual. Las antenas que utilizaremos son la antena Omnidireccional de 12dBi de marca **TL-ANT2412D** que tiene las siguientes características:



Figura 8. Vista física de la antena TL-ANT2412D

	ANT24 - 1202 (D-Link)	%	Puntaje	TL-ANT2412D (TP-Link)	Puntaje	AirMax 2G-120- 15 (Ubiquiti)	Puntaje
Ganancia (dBi)	12	40	5	12	5	15	3
Precio (Dollars)	194,18	60	2	49,99	5	149	3
		100	7		10		6

TablaN°16. Calificación para la elección de la antena.

4.7.1.2 Elementos Adicionales

4.7.1.2.1 Cable Coaxial

Es un cable de alambre de cobre que está compuesto de cuatro capas separadas. El centro del cable tiene un conductor de alambre muy delgado; está envuelto en una capa aislante de plástico, sobre esta capa hay una maya de alambre que actúa como aislante y como protección de interferencia provocadas por el ambiente exterior. La última capa que es la más exterior es otra capa de caucho que ofrece la última protección de aislante. En sus puntas este cable tiene una capa delgada de alambre que puede ser conectada a conectores electrónicos. Los que usaremos es el cable coaxial RG58

4.7.1.2.2 Conector TNC

Pertenece a una serie adaptada de la versión BNC la cual agrego un ensamble en rosca y de menor tamaño, permitiendo controlar el impacto del clima y manteniendo la constante de resistencia en 50Ω . Existen dos tipos de conectores; el estándar y el de polaridad invertida. Opera en un rango de frecuencia de 0 a 11GHz con voltajes pico de 500V y pérdidas por inserción de 0.18dB a 9GHz.

4.7.2 Ubicación de Equipos

La zona urbana del municipio que vamos a cubrir tiene un área de 6.50Km² por lo que necesitaremos 3 antenas principales las cuales se relacionan a continuación.

NOMBRE	DISTANCIA	COORDENADAS
Comienzo área urbana	0	4°44'33,1"N 74°31'19,5"O
Estación policía ®	3,15Km	4°43'02,2"N 74°32'6,00"O
Fin de área Urbana	2,98Km	4°44'27,50"N 74°31'20,49"O

TablaN°17. Ubicación de coordenadas de las antenas y repetidora

Zona a Cubrir Comienzo Área Urbana Fin de Área Urbana

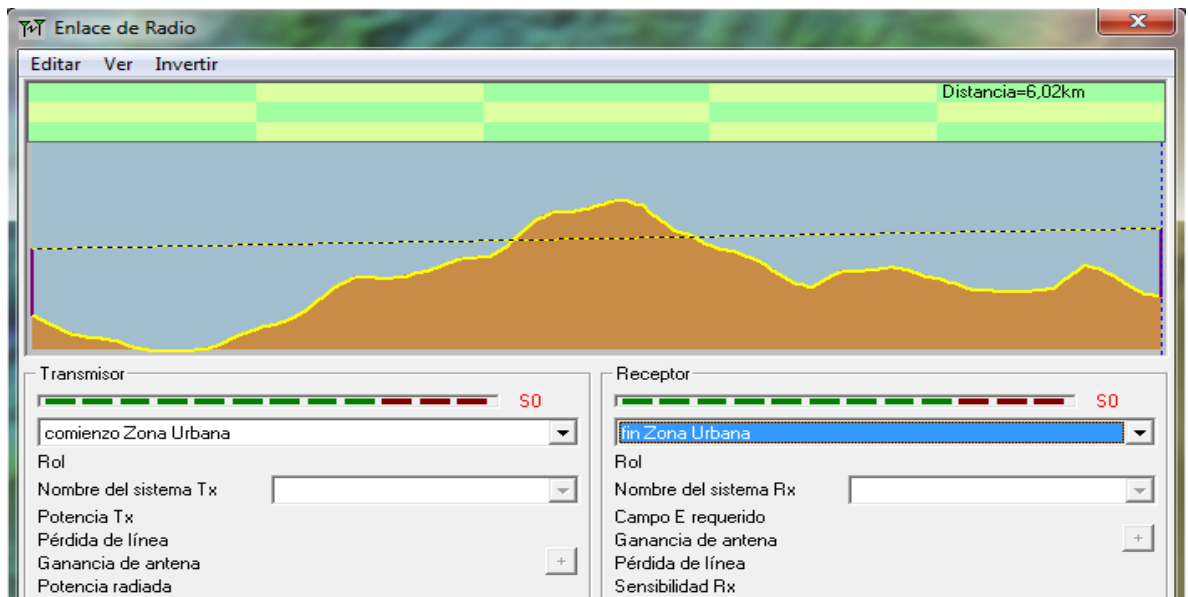


Figura 9. Línea de vista desde la antena ubicada al comienzo de la zona urbana hasta la antena ubicada al final de la zona urbana.

Debido a que no existe línea de vista entre las antenas que cubren la zona a la que se le va a brindar cobertura del servicio y por la distancia existente entre ellas es necesario ubicar una antena repetidora ya que las distancia determinada por la norma son 3Km entre antenas por esto se ubica la antena repetidora en la estación de policía del municipio permitiendo así tener línea de vista.

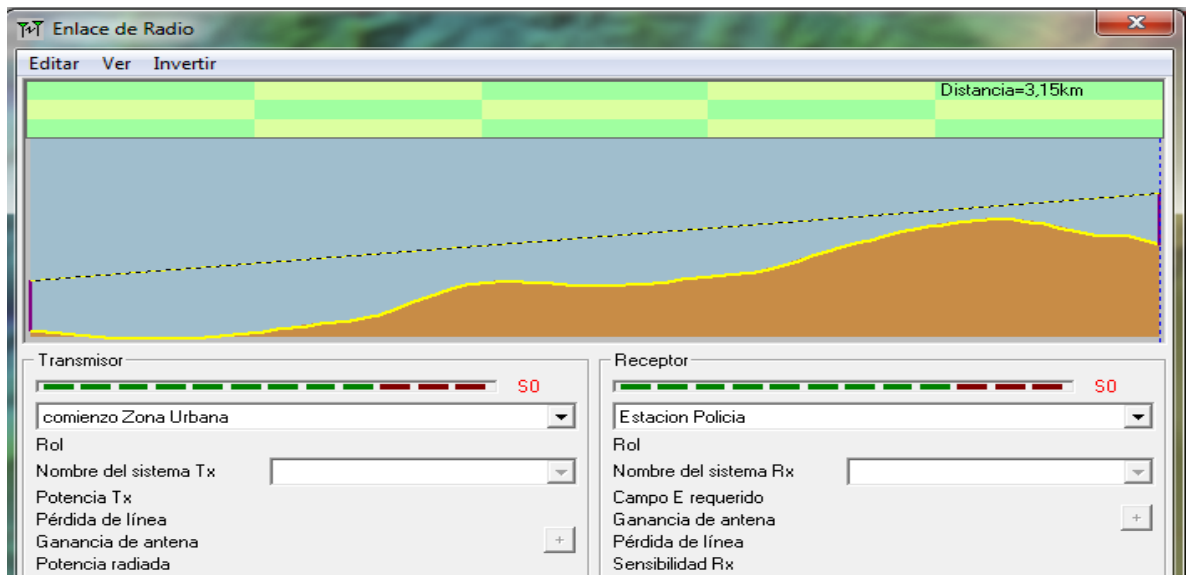


Figura 10. Línea de vista desde la antena ubicada al comienzo de la zona urbana hasta la antena repetidora ubicada en la estación de Policía.

Finalmente verificamos que haya línea de vista desde la estación repetidora ubicada en la estación de policía hasta la antena final ubicada al final de la zona urbana.

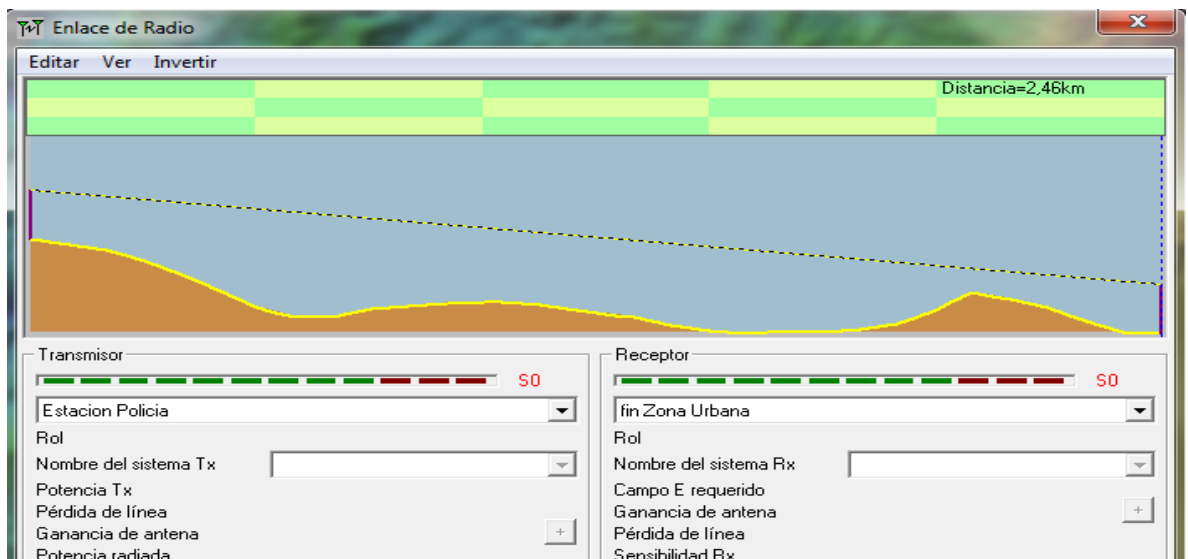


Figura 11. Línea de vista desde la antena ubicada en la estación de Policía hasta la antena final de cobertura ubicada al terminar la zona urbana.

Después de tener los puntos de ubicación de los Access Point que reciben la señal directa del ISP escogemos los sitios para colocar los Access Point estratégicamente para cubrir todo el casco urbano ya que teóricamente un Access Point cubre 100m a la redonda con obstáculos y hasta 200m en espacio libre. Para esto utilizamos el software AIRMagnet con licencia de evaluación, el mapa que cargamos del municipio se divide en tres zonas y se especifica los barrios a cubrir.

Zona 1

Cubre los barrios: Las Mercedes, Versailles, El Rincón, Palmeto, Las Acacias, Condominio Campestre, Club Campestre.

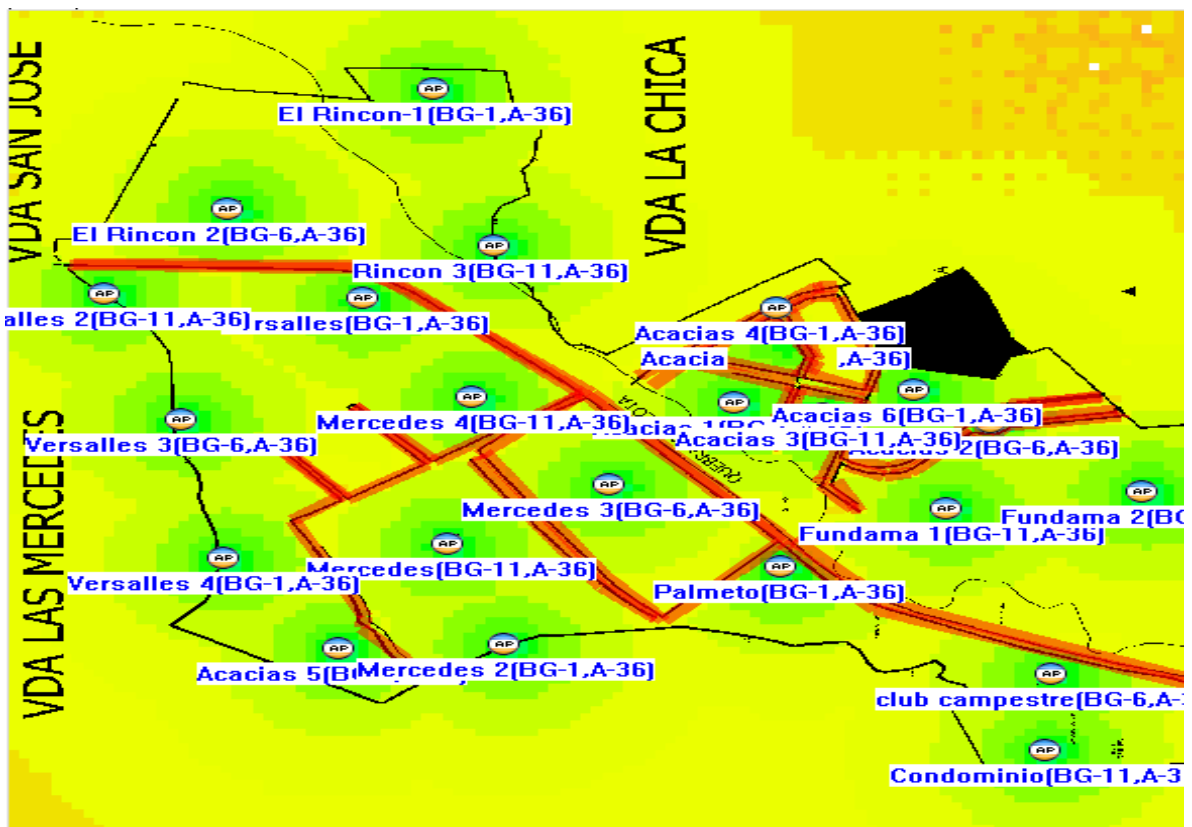


Figura 13. Cobertura de los Access Point Zona 1

Teniendo en cuenta que las construcciones en su mayoría son de ladrillo los Access Point brindan cobertura 100m a la redonda; a excepción del Access Point Polideportivo que se encuentra al lado de una estación eléctrica, se configuro para que solo radiara hacia la izquierda superior e inferior y no a la derecha que es donde se encuentra ubicada la estación eléctrica.

La parte que nos permite saber la cobertura de los Access Point en la zona es todo lo que se ve azul, verde y verde amarillo ya lo que se puede observar en color naranja es lo que ya no tiene cobertura o no alcanza a conectarse a la Red.

Zona 2

Cubre los barrios: Camino Real, Lejano Oriente, Liberia, Compartir, San Rafael, San Antonio, Santa Teresa

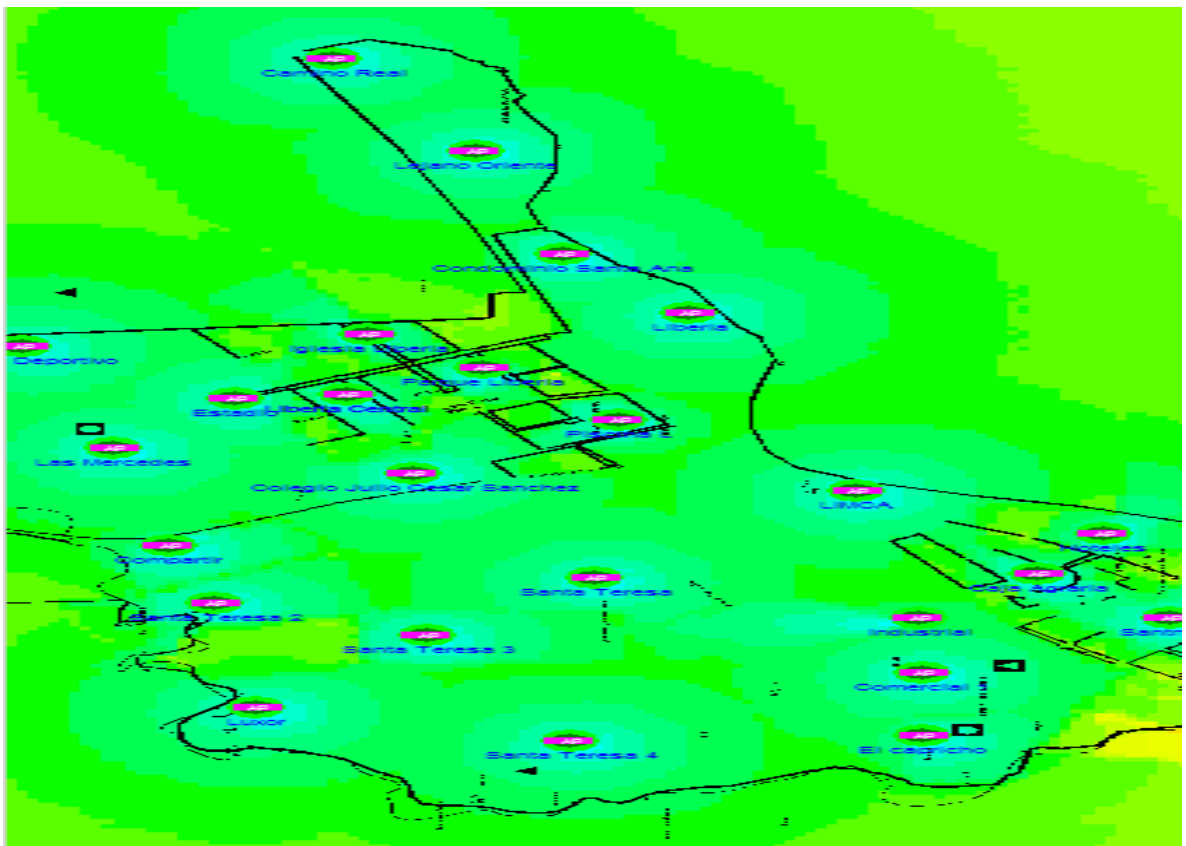


Figura 14. Cobertura de los Access Point Zona 2

Zona 3:

Cubre los barrios: el Triangulo, Centro, King Ranck, San José, Tamarindo, Saronno, Las Palmas, La Estrella, San Judas, Asopovin.

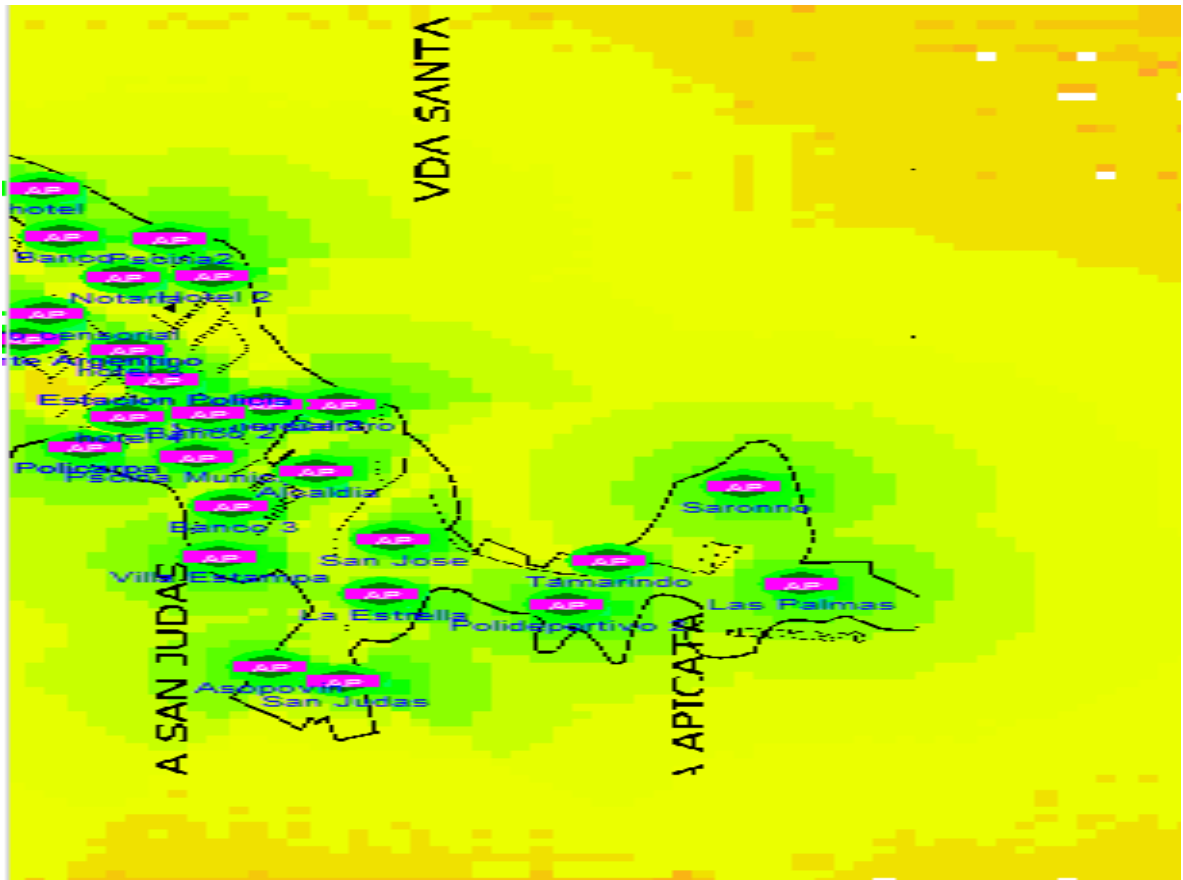


Figura 15. Cobertura de los Access Point Zona 3

4.7.3 Planificación de Frecuencias

Dependiendo del marco regulatorio de cada País los equipos que trabajan en la banda de 2.4GHz indican canales de 11 a 14. Sin embargo se determino que los equipos que trabajan en esta banda de frecuencia vengán configurados en los canales 1, 6 y 11; debido a la superposición de canales.



ZONA 1:

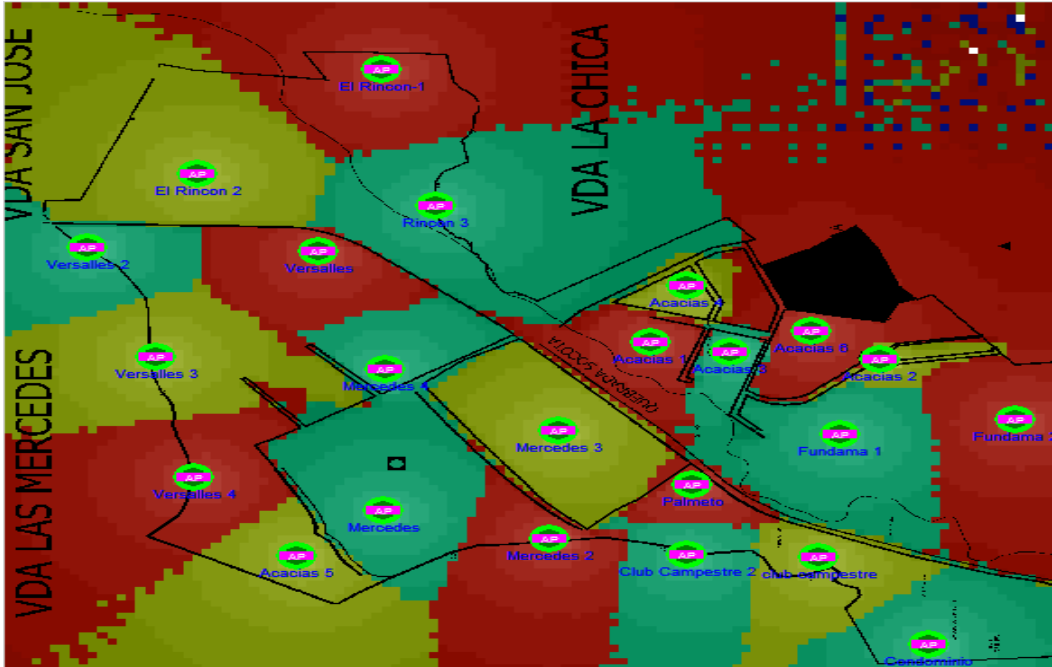


Figura 16. Diversidad de frecuencias en la zona 1

ZONA 2:

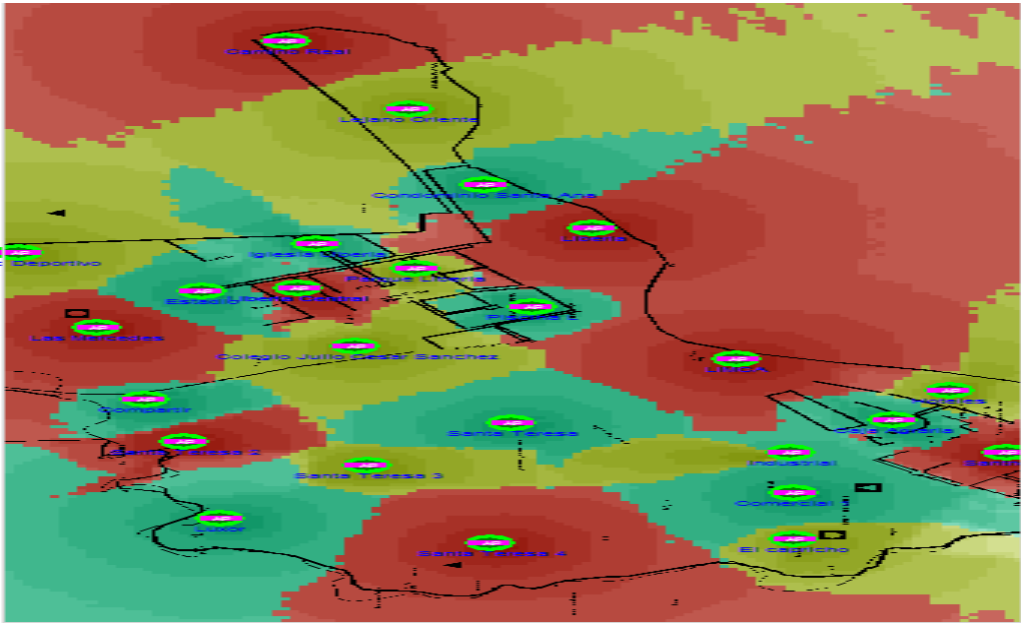


Figura 16. Diversidad de frecuencias en la zona

ZONA 3:

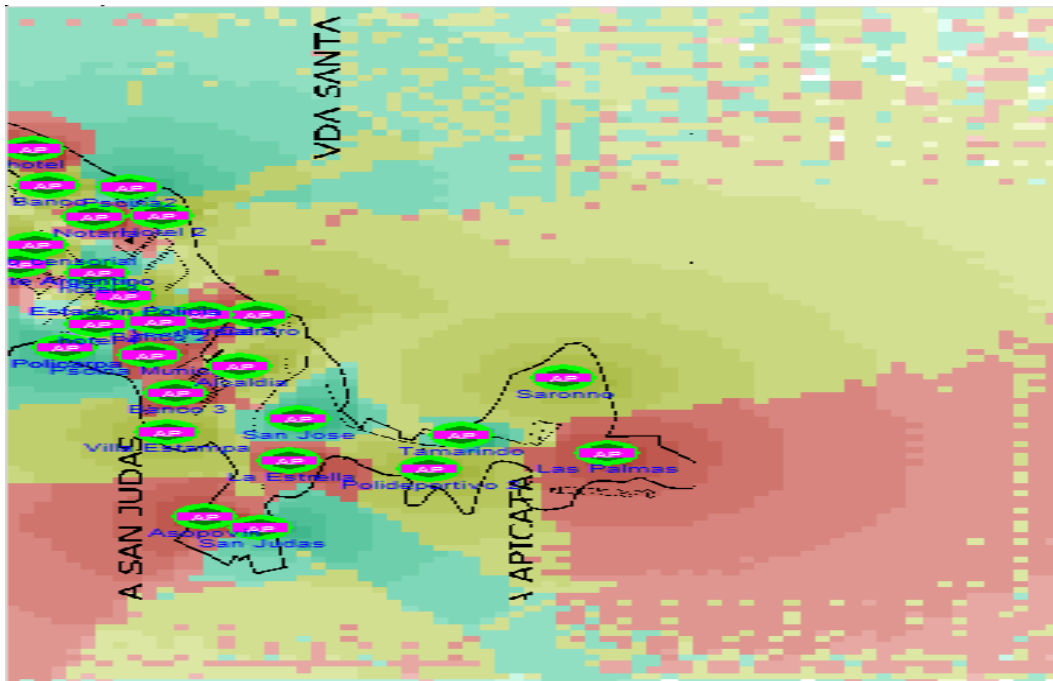


Figura 16. Diversidad de frecuencias en la zona 3

4.7.4 Topología de la Red Mesh en el municipio

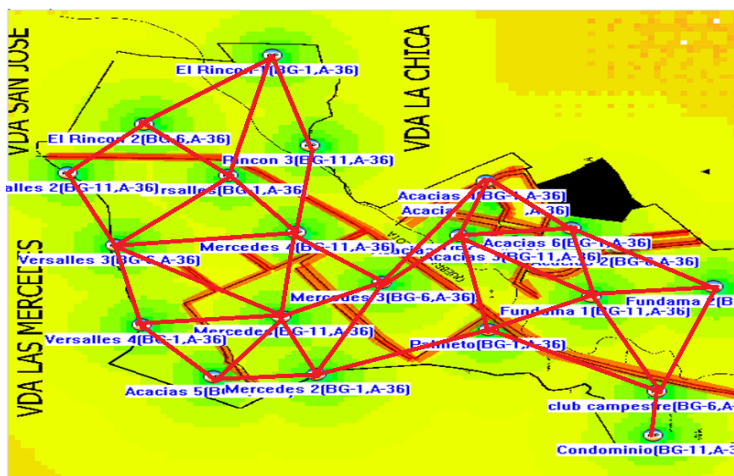


Figura 17. Topología Mesh zona 1.

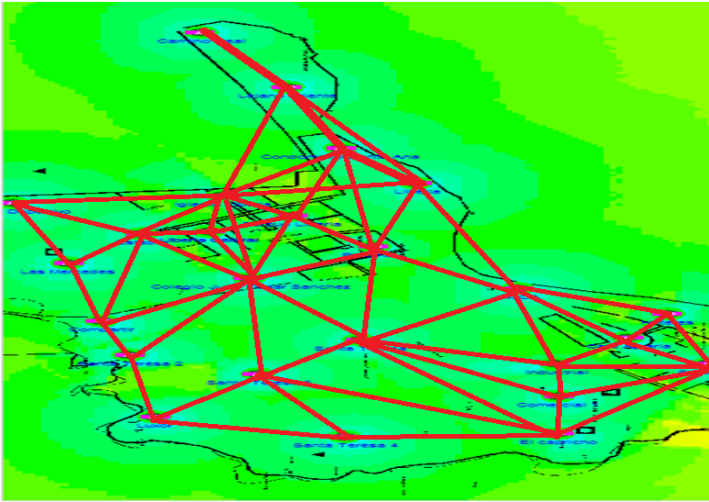


Figura 17. Topología Mesh zona 2.

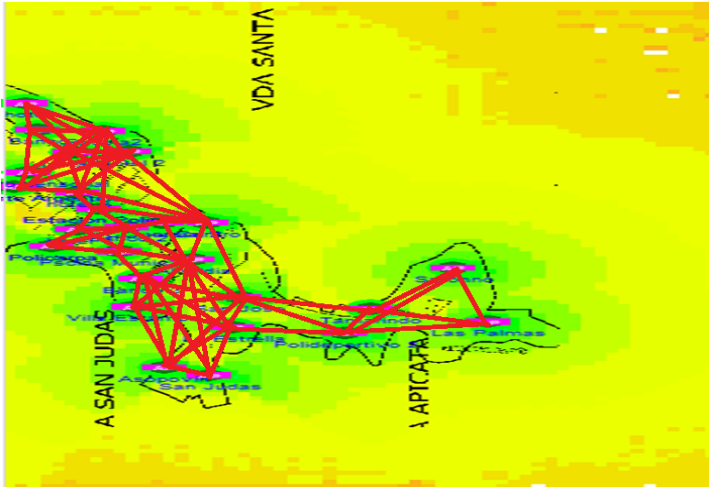


Figura 18. Topología Mesh zona 3.

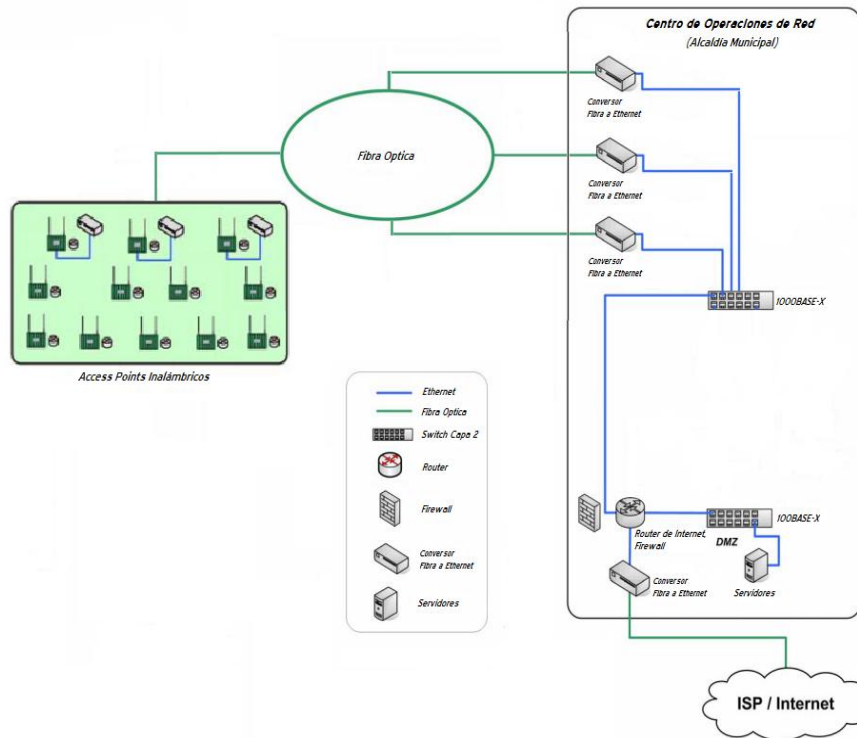


Figura 19. Topología Mesh, ubicación de Equipos de red.

4.7.4 Calidad de servicio de la Red

La red inalámbrica diseñada tiene un total de 86 access points y cada uno de estos con 32 usuarios. La red es servida con 40Mbps de ancho de banda en total.

Para determinar la calidad del servicio en cada access point, debemos averiguar el ancho de banda con el que contará y para esto realizamos los siguientes calculos:

- 1. Determinamos la tasa de transmisión máxima que utiliza un usuario sobre la red**

Para dar solución a este paso, tomamos que un usuario utiliza como máximo lo siguiente:

1 Pagina Web cada 30 Seg:	6,6	Kbps
3 Ventanas de chat x hora:	5,84	Kbps
Voz:	13	Kbps
Video:	128	Kbps
	157,84	Kbps
	315,68	Kbps Bi-Direccional

2. Determinamos la cantidad de usuarios que utilizan la máxima cantidad de transmisión en la red

Teniendo en cuentas las características de la población del municipio de Anapoima y basados en las encuestas realizadas en el mismo, decidimos tomar la cantidad de personas que utilizan Video-conferencia como el máximo de personas que utilizarían la máxima cantidad de transmisión sobre la red; esto teniendo en cuenta que la video-Conferencia es el servicio que más ancho de banda requiere para su funcionamiento.

Personas que utilizan Video-conferencia: 5% del total de usuarios

Total Usuarios:	2757
Total Usuarios que utilizan video-Conferencia:	137,85
Usuarios que utilizan video- Conferencia por access Point:	1,60290698

3. Calidad de servicio por Access Point

Para determinar la calidad de servicio por Access Point utilizamos la siguiente

$$S = \frac{LinkBW}{d \times BW_p}$$

fórmula:

donde:

S= Cantidad de usuarios sobre el Access Point	d= Porcentaje de usuarios que utilizan la máxima cantidad de transmisión sobre la red
LinkBW= Ancho de banda sobre el Access point	BWp= Tasa de transmisión máxima que utiliza un usuario sobre la red

$$\text{LinkBw} = S * d * \text{BWp}$$

$$\text{LinkBW} = 32 * 0,05 * 157840$$

$$\text{LinkBW} = 252544$$

Como resultado obtuvimos que el ancho de banda necesario para soportar 32 usuarios sobre el Access Point y 1,60 de los mismos utilizando el máximo de transferencia sobre la red es de 252544Kbps.

4. Ancho de banda de cada Access Point

$$\text{Ancho de banda de cada Access Point} = 40000000/86 = 465116,27 \text{ Kbps}$$

5. Cantidad real se usuarios utilizando el máximo de transferencia que puede soportar la red

Ancho de banda entregado al Access Point: 46511627 Kbps

Máxima transferencia sobre la red: 157840 Kbps

Cantidad de usuarios x Access Point: 32 usuarios

$$d = \frac{465116,27}{32 * 157840} = 0,0920862$$

Entonces:

El porcentaje de usuarios que pueden estar experimentando el máximo de transferencia sobre un Access point al mismo tiempo es de 9,2% lo que equivale a 2.94 usuarios de los 32 que soporta el Access Point y 152,18 usuarios del total de

1654 que soportan los Access Points trabajando con un 60% de utilización de la red.

4.7.5 Direccionamiento de la Red

Cantidad de Access Points en la red: 86

Total Usuarios: 2757

Tomamos una dirección clase B debido a la cantidad de usuarios que necesitamos cubrir; esta dirección nos permite tener hasta un máximo de 65025 usuarios.

Dirección Clase B: 190.168.0.0

Mascara de red: 255.255.0.0

Teniendo la dirección ya determinada, procedemos a realizar la división en las 86 subredes que necesitamos. Esta división en subredes debe ser realizada para evitar uno de los problemas más comunes en las redes Mesh, el cual es el conflicto que se genera con la direcciones de red debido a duplicaciones.

Mascara por defecto para la red 190.168.0.0

PORCIÓN DE RED										PORCIÓN DE HOST												
255					255					0					0							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	/16	

1. Adaptar la máscara de red por defecto a nuestras subredes

2^N	REDES	MASCARA DECIMAL
2^1	2	255,255,128,0
2^2	4	255,255,192,0
2^3	8	255,255,224,0
2^4	16	255,255,240,0
2^5	32	255,255,248,0
2^6	64	255,255,252,0
2^7	128	255,255,254,0
2^8	226	255,255,255,0

De acuerdo a la tabla, determinamos que para realizar las 86 subredes que necesitamos, debemos robar 7 bits de la porción host de la máscara de red, con lo cual tendremos un total de 128 subredes útiles, es decir que van a quedar 42 para un uso futuro.

De esta forma cambiamos los 7 bits robados de la porción de host por 1 y así determinamos la máscara de red de nuestra subred.

PORCIÓN DE RED			PORCIÓN DE HOST									
255	255	254	0									
1 1 1 1 1 1 1 1	. 1 1 1 1 1 1 1 1	. 1 1 1 1 1 1 1	0	. 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0	0	0	0	0	0	= /23

Mascara de subred a utilizar: 255.255.254.0/23

2. Obtener cantidad de host por subred

PORCIÓN DE RED			PORCIÓN DE HOST									
255	255	254	0									
1 1 1 1 1 1 1 1	. 1 1 1 1 1 1 1 1	. 1 1 1 1 1 1 1	0	. 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0	0	0	0	0	0	= /23
			9 Bits de host									

$2^9 = 512 - 2 = 510$ Host por subred

Numero de Subred	Rango IP		Host Asignables por Subred
	Desde	Hasta	
9	190.168.16.0	190.168.17	510
10	190.168.18.0	190.168.19	510
11	190.168.20.0	190.168.21.255	510
12	190.168.22.0	190.168.223.255	510
13	190.168.24.0	190.168.25.255	510
14	190.168.26.0	190.168.27.255	510
15	190.168.28.0	190.168.29.255	510
16	190.168.30.0	190.168.31.255	510
17	190.168.32.0	190.168.33.255	510
18	190.168.34.0	190.168.35.255	510
19	190.168.36.0	190.168.37.255	510
20	190.168.38.0	190.168.39.255	510
21	190.168.40.0	190.168.41.255	510
22	190.168.42.0	190.168.43.255	510
23	190.168.44.0	190.168.45.255	510
24	190.168.46.0	190.168.47.255	510
25	190.168.48.0	190.168.49.255	510
26	190.168.50.0	190.168.51.255	510
27	190.168.52.0	190.168.53.255	510
28	190.168.54.0	190.168.55.255	510
29	190.168.56.0	190.168.57.255	510
30	190.168.58.0	190.168.59.255	510
31	190.168.60.0	190.168.61.255	510
32	190.168.62.0	190.168.63.255	510
33	190.168.64.0	190.168.65.255	510
34	190.168.66.0	190.168.67.255	510
35	190.168.68.0	190.168.69.255	510
36	190.168.70.0	190.168.71.255	510
37	190.168.72.0	190.168.73.255	510
38	190.168.74.0	190.168.75.255	510
39	190.168.76.0	190.168.77.255	510
40	190.168.78.0	190.168.79.255	510
41	190.168.80.0	190.168.81.255	510
42	190.168.82.0	190.168.83.255	510
43	190.168.84.0	190.168.85.255	510
44	190.168.86.0	190.168.87.255	510
45	190.168.88.0	190.168.89.255	510
46	190.168.90.0	190.168.91.255	510
47	190.168.92.0	190.168.93.255	510
48	190.168.94.0	190.168.95.255	510
49	190.168.96.0	190.168.97.255	510
50	190.168.98.0	190.168.99.255	510
51	190.168.100.0	190.168.101.255	510
52	190.168.102.0	190.168.103.255	510
53	190.168.104.0	190.168.105.255	510
54	190.168.106.0	190.168.107.255	510
55	190.168.108.0	190.168.109.255	510
56	190.168.110.0	190.168.111.255	510
57	190.168.112.0	190.168.113.255	510
58	190.168.114.0	190.168.115.255	510
59	190.168.116.0	190.168.117.255	510

Numero de Subred	Rango IP		Host Asignables por Subred
	Desde	Hasta	
60	190.168.118.0	190.168.119.255	510
61	190.168.120.0	190.168.121.255	510
62	190.168.122.0	190.168.123.255	510
63	190.168.124.0	190.168.125.255	510
64	190.168.126.0	190.168.127.255	510
65	190.168.128.0	190.168.129.255	510
66	190.168.130.0	190.168.131.255	510
67	190.168.132.0	190.168.133.255	510
68	190.168.134.0	190.168.135.255	510
69	190.168.136.0	190.168.137.255	510
70	190.168.138.0	190.168.139.255	510
71	190.168.140.0	190.168.141.255	510
72	190.168.142.0	190.168.143.255	510
73	190.168.144.0	190.168.145.255	510
74	190.168.146.0	190.168.147.255	510
75	190.168.148.0	190.168.149.255	510
76	190.168.150.0	190.168.151.255	510
77	190.168.152.0	190.168.153.255	510
78	190.168.154.0	190.168.155.255	510
79	190.168.156.0	190.168.157.255	510
80	190.168.158.0	190.168.159.255	510
81	190.168.160.0	190.168.161.255	510
82	190.168.162.0	190.168.163.255	510
83	190.168.164.0	190.168.165.255	510
84	190.168.166.0	190.168.167.255	510
85	190.168.168.0	190.168.169.255	510
86	190.168.170.0	190.168.171.255	510

4.7.6 Protocolo de enrutamiento

Aunque existen diversos protocolos de enrutamiento para redes Mesh, la idea es escoger el protocolo que más se ajuste a las necesidades y además de esto sea conocido y pueda instalarse en equipos con no solo un sistema operativo. El protocolo escogido debe cumplir esencialmente con los siguientes parámetros:

- Diseño de la métrica de enrutamiento
- Minimización de la tara de enrutamiento
- Robustez de las rutas
- Uso efectivo de la infraestructura de soporte
- Balanceo de carga

- Adaptabilidad de las rutas

Factores de diseño

- Eficiencia en el uso de los recursos
- Rendimiento (throughput)
- Ausencia de lazos de enrutamiento
- Estabilidad de las rutas
- Rapidez en el establecimiento del camino
- Eficiencia en el mantenimiento de la ruta

Protocolos:

MMRP (Mobile Mesh routing Protocol): este protocolo contiene 3 protocolos por separado cada uno cumple una función distinta: el Link Discovery realiza la función del HELLO descubrimiento de enlaces el Routing-Link State Packet Protocol es el encargado de enrutar y el Border Discovery es el que habilita túneles externos. Este protocolo trabaja con una licencia genérica GNU y solo corre en sistema operativo LINUX. Pero es un buen protocolo para los rudimientos de Enrutamiento.

OSPF (Open Shortest Path First): sus especificaciones envían llamadas, verifica el estado de los enlaces y se notifica a todos los enrutadores de la misma área jerárquica. Este protocolo esta basado en el algoritmo SPF descrito en la RFC 1247; compite con protocolos como RIP e IGRP que son los protocolos de enrutamiento de vector distancia y se caracteriza principalmente por calcular los caminos mas cortos

OLSR (Optimized Link State Routing Protocol): es un protocolo de enrutamiento para redes móviles Ad Hoc; esta descrito en la RFC 3626, es un protocolo bien estructurado de fácil mantenimiento y de expansión. Funciona para sistemas operativos como GNU/ LINUX, Windows, OSX, FreeBSD y NetBSD. Utiliza la técnica Multipoint relaying para difusión del mensaje por inundación, es el

más prometedor y estable, es la base de las redes Mesh ya puestas a prueba en Europa, países tales como Alemania, Austria, Serbia, Inglaterra, España y Portugal.

AODV (Ad Hoc On demand Distance Vector): este protocolo es diseñado para redes móviles auto configurables que permite el enrutamiento dinámico, esta descrito en la RFC 3561 pero aun no está estandarizado y es experimental ya que está siendo aun desarrollado. Es un protocolo de enrutamiento o de vector distancia.

Calificación:

Excelente: 5

Bueno: 4

Regular: 3

Malo: 2

Pésimo: 1

CARACTERISTICA	%	MMRP	OSPF	OLSR	AODV
Métrica de enrutamiento	30%	4	5	5	4
función en sistemas operativos	40%	2	4	5	3
licencia	20%	3	4	4	2
Reconocimiento	10%	3	4	5	2
TOTAL	100%	12	17	19	11

TablaN°18. Calificación para la elección del protocolo.

OLRS (demonio de enrutamiento de estado de enlace optimizado) es el protocolo que vamos a instalar en los enrutadores de nuestra red, este protocolo esta especialmente diseñado para redes Mesh su función es intercambiar información con otros nodos que manejen el mismo protocolo generando datos de control recolectando información del funcionamiento de otras redes para garantizar la calidad del enlace. Su software está disponible para correr en cualquier punto de

acceso que contenga plataforma: LINUX PC's, WINDOWS, Mac OSX, Free BSD, Open WRT.

4.8 Pasos de Implementación

Como cumplimiento de uno de nuestros objetivos damos a conocer los pasos de implementación de la red cuando ya haya sido evaluado y entregado el Diseño.

4.8.1 Instalación de torres: Debido a que en el casco urbano del municipio solo se encuentran dos torres ya construidas pero éstas no coinciden con nuestros criterios de diseño en lo que se refieren a distancias por tanto es necesario la construcción de tres torres de máximo 30 m de altura desde el suelo. Para este montaje de torres se sugieren un equipo de trabajo constituido por dos ingenieros y un técnico especializado en trabajo de alturas.

4.8.2 Instalación de los equipos a la torre: en la parte alta de la torre deben ubicarse las antenas según los datos dados en el diseño, los amplificadores en los enlaces que los necesitan y los cables para realizar las conexiones. Después de haber montado en la torre todos los elementos se da energía a los equipos que lo necesitan.



Figura 14. Conexión y ubicación de los equipos en la torre

4.8.3 Configuración: realizar correcciones de los parámetros de distancia para así ajustar mejor el enlace.

4.8.4 Realizar pruebas al enlace: verificar que hay acceso y que todos los elementos del enlace se puedan comunicar.

4.8.5 Equipo de configuración Hogares: se dispone un grupo de 6 personas para que sean quienes realicen las configuraciones a los equipos de los usuarios.

4.8.6 Capacitación:

Capacitación

Una vez realizada la implementación de la red diseñada en el municipio de Anapoima, se debe proceder con la capacitación de los usuarios, esto debido al poco contacto que la población Anapoimense a tenido con el uso de aplicaciones sobre internet.

Lo que aquí se contiene son los pasos y el tiempo estimado para realizar las capacitaciones; expresado de esta forma obtenemos lo siguiente:

Inscripciones: Dos días antes del inicio de las capacitaciones, se ubicara un punto en las instalaciones de la alcaldía municipal de Anapoima donde las personas se deben acercar a realizar la inscripción para su participación en las mismas.

Información requerida para la Inscripción: Nombre, Numero de Documento, Edad, Dirección de residencia, Nivel de conocimiento del tema (Adultos)

Duración: Las capacitaciones serán realizadas en un tiempo de 18 días donde cada día corresponderá a un grupo de los cuales han sido establecidos.

Grupos:

Niños (8 - 12 años)

Jóvenes (13 - 18 años)

Adultos (Más de 18) sin conocimientos de computación

Adultos (Mas de 18) con conocimientos de computación

Total personas a capacitar (Incluyendo niños y adultos): 2720 personas

Calendario Capacitación

Día 1, 2, 3 y 4

Niños (10 - 14 Años):

Horario General: 8 am - 12 m y 2 pm - 6 pm

Grupos: Los inscritos desde el momento de la inscripción serán asignados a un grupo en una hora específica; Contando con 4 grupos por día, cada uno con capacidad máxima de 50 personas.

Horario Específico: Cada uno de los dos días se trabajará de la siguiente forma:

Grupo1 (8am - 12:00m): 50 Niños

Grupo2 (8pm - 12:00m): 50 Niños

Grupo3 (2pm - 6:00pm): 50 Niños

Grupo4 (2pm - 6:00pm): 50 Niños

Duración Capacitación: 4 horas cada grupo

Total Niños Capacitados: La cantidad de niños que serán atendidos en los 4 días de capacitaciones destinados a ellos es de 800.

Contenido: Conexión a internet (Iconos e intensidad de la señal), introducción al explorador (búsquedas y manejo de la barra URL), beneficios y peligros de la navegación en red, juegos didácticos sobre internet y su uso.

Día 5, 6, 7, y 8

Jóvenes (13 - 18 Años):

Horario General: 8 am - 12 m y 2 pm - 6 pm

Grupos: Los inscritos desde el momento de la inscripción serán asignados a un grupo en una hora específica; Contando con 4 grupos por día, cada uno con capacidad máxima de 70 personas.

Horario Específico: Cada uno de los cuatro días se trabajará de la siguiente forma:

Grupo1 (8am - 12:00m): 70 Personas

Grupo2 (8am - 12:00pm): 70 Personas

Grupo3 (2pm - 4:00pm): 70 Personas

Grupo4 (2pm - 4:00pm): 70 Personas

Duración Capacitación: 4 horas cada grupo

Total Personas Capacitadas: La cantidad de jóvenes que serán atendidos en los 4 días de capacitaciones destinados a ellos es de 1120.

Contenido: Conexión a internet (Iconos e intensidad de la señal), introducción al explorador (búsquedas y manejo de la barra URL), beneficios y peligros de la navegación en red, problemas comunes de conexión y soluciones.

Día 9 y 10

Adultos (Más de 18 Años) Con Conocimientos de Computación:

Horario General: 8 am - 12 m y 2 pm - 6 pm

Grupos: Los inscritos desde el momento de la inscripción serán asignados a un grupo en una hora específica; Contando con 4 grupos por día, cada uno con capacidad máxima de 50 personas.

Horario Específico: Cada uno de los dos días se trabajará de la siguiente forma:

Grupo1 (8am - 12:00m): 50 Personas

Grupo2 (8am - 12:00am): 50 Personas

Grupo3 (2pm - 6:00pm): 50 Personas

Grupo4 (2pm - 6:00pm): 50 Personas

Duración Capacitación: 4 horas por grupo

Total Personas Capacitadas: La cantidad de personas adultas (mas de 18 Años) con conocimientos de computación que serán atendidas en dos días de capacitaciones destinados a ellos es de 400.

Contenido: Conexión a internet (Iconos e intensidad de la señal), introducción al explorador (búsquedas y manejo de la barra URL), beneficios y peligros de la navegación en red, problemas comunes de conexión y soluciones, contacto con el sistema de ayuda, control de la navegación infantil.

Día 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18

Adultos (Más de 18 Años) Sin Conocimientos de Computación:

Horario General: 8 am - 12 m y 2 pm - 6 pm

Grupos: Los inscritos desde el momento de la inscripción serán asignados a un

grupo en una hora específica; Contando con 2 grupos por día, cada uno con capacidad máxima de 25 personas.

Horario Específico: Cada uno de los ocho días se trabajará de la siguiente forma:

Grupo1 (8am - 12:00m y 2pm - 6:00pm): 25 Personas

Grupo2 (8am - 12:00m y 2pm - 6:00pm): 25 Personas

Duración Capacitación: 1 hora y 55 Minutos

Total Personas Capacitadas: La cantidad de personas adultas (mas de 18 Años) sin conocimientos de computación que serán atendidas en los 8 días de capacitaciones destinados a ellos es de 400.

Contenido: Presentación del equipo de computo y su partes, Iniciación del equipo y manejo del escritorio, Conexión a internet (Iconos e intensidad de la señal), introducción al explorador (búsquedas y manejo de la barra URL), beneficios y peligros de la navegación en red, problemas comunes de conexión y soluciones, contacto con el sistema de ayuda, control de la navegación infantil.

5. PRESUPUESTO

Por ser este un proyecto de carácter social, es necesario tener muy en cuenta el aspecto económico al momento de implementarlo ya que quien va a responder es la alcaldía que es una entidad del Estado. Por ello en este capítulo damos a conocer los posibles costos de ejecución e implementación y de igual manera una propuesta de carácter económico para el sostenimiento de la red.

5.1 Estimación de costos:

Nuestra red se compone esencialmente de 3 estaciones bases o repetidoras y todas requieren instalación de torres.

Teniendo en cuenta la cantidad de usuarios (2757) que asumimos en la red y que cada Access Point por norma solo pueden acceder 32 usuarios por cada 100 metros a la redonda podemos asumir que el número total de Access Points es de 86 para cubrir toda la zona del casco urbano. Como en el proyecto no solo generan costos los equipos sino la mano de obra y la infraestructura es necesario que se estudie este aspecto económico por partes dividiéndolo de la siguiente manera:

- Costos de equipos
- Costos de infraestructura
- Costos de implementación
- Costos totales estimados
- Costos y Propuesta de operación y mantenimiento

5.1.1 Costos de equipos

5.1.1.1 Costos Para los puntos de Acceso

Cada Access Point cubre entre 100 y 200 metros a la redonda y soporta hasta 32 usuarios los usuarios totales de nuestra red son 2757 lo que nos da 86 puntos de acceso para cubrir todo el Casco Urbano.

EQUIPO	PRECIO UNITARIO [US\$]	CANTIDAD (U\$)	SUBTOTAL [US\$]
Access Point NANOSTATION2	\$79,95	86	\$ 6875,7
Antena Omnidireccional de 12dBi	\$49,99	86	\$12.624,80
Cable Coaxial RG58	\$0,63	344	\$216,72
Conector TNC Hembra	\$3,36	86	\$288,96
Conector N Hembra	\$1,05	86	\$90,30
Protector de línea	\$20,99	86	\$1.805,14
Total			\$21.901,62

Tabla N°19. Costos de equipos para todo el Casco Urbano de Anapoima

5.1.1.2 Costo total de equipos

RED	SUBTOTAL (U\$)
Puntos de Acceso	\$21.901,62
TOTAL	\$21.901,62

TablaN°20. Costo total de Equipos para la Red WMN's

5.1.2 Costos de Infraestructura

Dentro de estos costos involucraremos todo lo que son construcciones de las torres, que se necesitan para ubicar las antenas repetidoras de la red troncal del casco urbano del municipio de Anapoima.

PARA LA RED			
ELEMENTO	PRECIO UNITARIO (U\$)	CANTIDAD	SUBTOTAL (U\$)
Torre	\$100,00	86	\$8.600,00
Pararrayos	\$50,46	86	\$4.339,56
Batería	\$150,78	86	\$12.967,08
Cajas Herméticas	\$15,15	86	\$1302,90
Cables de Sujeción	\$13,26	86	\$1.140,36
abrazaderas	\$3,00	86	\$258,00
Fibra Óptica	\$35,00	300	\$10.500,00
Router	\$1226,69	1	\$1226,69
Switch capa 2 (100/1000BASE-X)	\$551,98	2	\$1103,96
Conversor Fibra-Ethernet	\$117,98	7	\$825,86
TOTAL			\$42.264,41

TablaN°21. Costos de Infraestructura para la Red

Para los puntos de acceso trataremos de utilizar en lo posible faros de luz ya instalados en los lugares de ubicación

5.1.3 Costos de Implementación

Para la implementación de una red es necesario tener en cuenta y de manera primordial los gastos de mano de obra y la compra de herramientas necesarias para la construcción del diseño de la red.

5.1.3.1 Costos de mano de Obra

PERSONAL	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR POR MES (U\$)	SUBTOTAL (U\$)
Ingeniero	2	4 meses	\$1250,00	\$10.000,00
Técnicos	4	3 meses	\$600,00	\$7.200,00
Obreros	8	3 meses	\$350,00	\$8.400,00
TOTAL				\$25.600,00

TablaN°22. Costos de mano de obra para implementación.

5.1.4 COSTOS TOTALES PARA LA IMPLEMENTACION

ITEM	COSTO (U\$)
Equipos	\$ 21.901,62
Infraestructura	\$ 42.264,41
Mano de Obra	\$ 25.600,00
TOTAL	\$ 89.766,03

TablaN°23. Costo Total de Implementación de la red WMN's.

5.1.5 COSTOS MANTENIMIENTO MENSUAL

ITEM	COSTO (U\$)
Licencia Software	\$ 165,85
Ingeniero	\$ 1402,91
Mano de Obra	\$ 730,00
TOTAL	\$ 2.298,76

TablaN°24. Costo de mantenimiento mensual

5.2 FINANCIAMIENTO

Este tipo de proyectos comúnmente por ser de carácter social cuenta con alguna clase de apoyo de entidad ya sea privada o pública en este caso quien asumiría

los gastos de inversión de la implementación de la red sería directamente la Alcaldía del Municipio con los costos para inversión y planificación de las propuestas de gobierno actuales. Teniendo en cuenta que en este municipio existen clases sociales desde bajo que corresponde al estrato II hasta medio alto que corresponde al estrato V, se plantearía la creación de un costo mensual adicional al servicio de alumbrado público con el porcentaje correspondiente a cada estrato socioeconómico. La tarifa que tendría que pagar cada vivienda por el servicio de Internet Inalámbrico se determinaría mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{\text{Gastos Totales de Implementacion y Mantenimiento}}{\text{Numero de viviendas Existentes en el casco urbano del municipio}}$$

Donde

T: es la tarifa aproximada mensual que se incrementaría en el valor del alumbrado público.

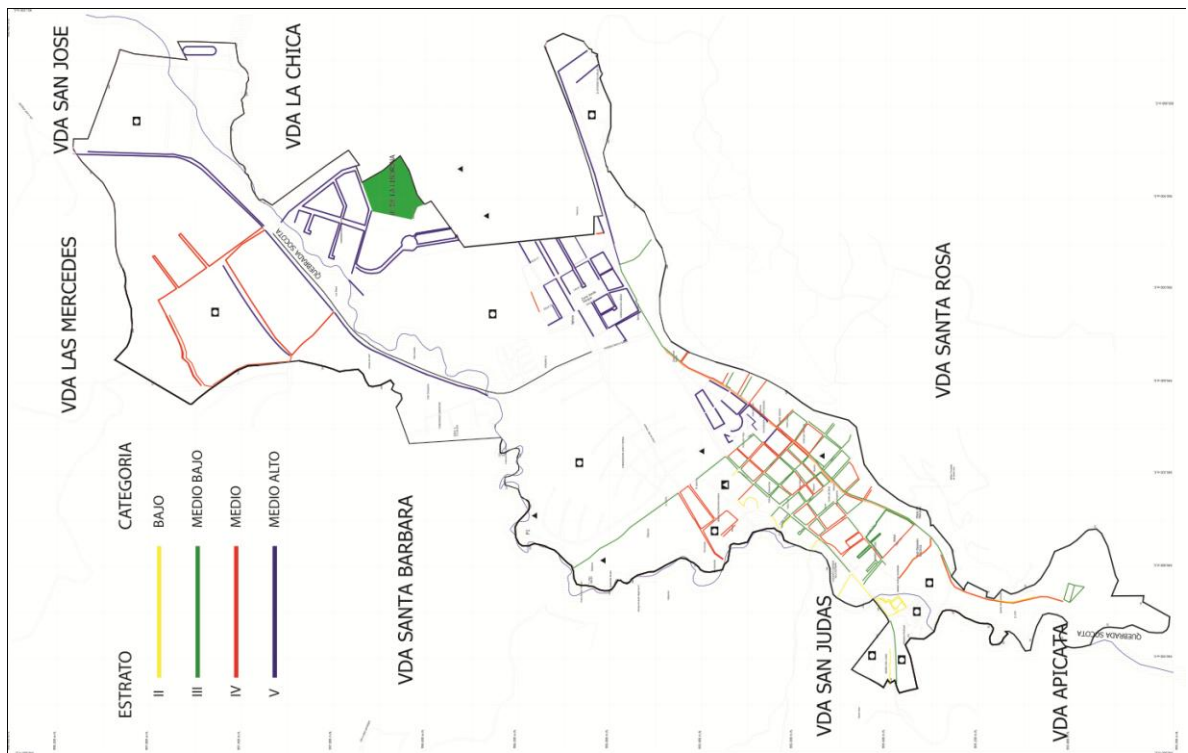


Figura 15. Distribución de estratos del municipio casco urbano

Según el documento otorgado por la Empresa ITESA quien presta el servicio de alumbrado público en el municipio de Anapoima a continuación se presenta la tabla del incremento por impuesto del alumbrado público a los sectores residenciales, comerciales, oficiales, áreas comunes e industriales.

TARIFA	ESTRATO	BASE (2009)	VARIACION CU	VALOR 2010
RESIDENCIAL	1	1576	18.49%	1867
RESIDENCIAL	2	3152	18.49%	3734
RESIDENCIAL	3	4727	18.49%	5601
RESIDENCIAL	4	9200	18.49%	10901
RESIDENCIAL	5	15000	18.49%	17773
OFICIAL				9958
AREAS COMUNES				18671

TARIFA	VALOR CONSUMO	VALOR (2009)	INCREMENTO	VALOR 2010
COMERCIAL	DE \$0 A \$100.000	10055	18.49%	11914
COMERCIAL	DE \$100.001 A \$500.000	20110	18.49%	23828
COMERCIAL	DE \$500.001 EN ADELANTE	50275	18.49%	59569
INDUSTRIAL	DE \$0 A \$100.000	30165	18.49%	35742
INDUSTRIAL	DE \$100.001 EN ADELANTE	50275	18.49%	59569

*Tasa de cambio 1782,00 pesos colombianos por dólar.

- Costo total implementación: 159´.963.012,00
- Proyectado a 36 meses: 4´.443.417,00

- Costo mantenimiento Mensual: 4'.465.796
- Costo Total Mensual: 8'.909.213,00

Porcentajes de contribución sobre el total Mensual:

- Comercio: 32,1% = $2'.859.857,373 / 100 = 28.598,573$
- Industria: 5,3% = $472.188,289 / 30 = 15.739,609$
- Servicio: 22,6% = $2'.013.482,138 / 52 = 38.720,810$
- Viviendas (Estrato 3,4 y5): 40% = $3'.563.685,20 / 924 = 3.856,80$

5.3 SOLUCIONES DE NEGOCIO

El municipio de Anapoima se caracteriza por su importancia turística en el departamento de Cundinamarca, por medio de lo cual recibe la mayoría de sus ingresos siendo el causante del benéfico crecimiento que el municipio a presentado en los últimos tiempos.

Con una propuesta de Internet inalámbrico presente en todo el espacio perteneciente al casco urbano del municipio, se pretende aportar herramientas que permitan el crecimiento del municipio en tres aspectos, principalmente educación, economía y bienestar social en general.

Educación: Por medio de una conexión a Internet inalámbrico de calidad y adaptada a las capacidades económicas de los Anapoimenses, pueden ser ofrecidos servicios de:

- Educación virtual (técnico y universitario), accediendo a centros educativos nacionales e internacionales que actualmente poseen cursos y programas de estudio sobre Internet. Con esto, la población entera tendrá un acceso fácil y seguro al conocimiento sin ser este impedido por los costos económicos que generan el no tener un centro educativo de nivel superior en el municipio.

- Bibliotecas y medios de información, los cuales actualmente sobre la red son abundantes y fáciles de acceder, permitiendo a los pobladores del municipio y usuarios de la red tener acceso a libros y material de estudio, así como a diarios informativos de nivel nacional e internacional sin la necesidad de que estos sean una carga económica mas para sus hogares.
- Cultura Ciudadana, debido al fácil contacto que la navegación en red genera entre el usuario y sociedades geográficamente apartadas, se puede aprender sobre diferentes culturas sin la necesidad de viajar hasta ellas, situación que se convertirá, para la población Anapoimenses, en una nueva fuente de ideas que pueden beneficiar el crecimiento del municipio, y en un medio para aprender sobre diferentes culturas y de esta forma enriquecer esos valores de respeto y tolerancia que se convierten en los más importantes cuando hay un intercambio social con diferentes habitantes de diferentes lugares del mundo.

Economía: El crecimiento económico que la red inalámbrica del municipio de Anapoima causa sobre el mismo puede ser medido en:

- Crecimiento del Turismo en la región, teniendo una conexión a Internet de calidad en el municipio, los negocios pueden realizar campañas de promoción turística online y de esta forma llegar a mas personas sin que la distancia geográfica sea un impedimento.
- Creación de nuevos negocios, debido a la exposición del municipio en línea, la variedad de actividades de placer y diversión en la región pueden ser aumentadas y de esta forma nuevo negocios puede surgir, mayor cantidad de lugares de hospedaje ofreciendo servicios y un mercado de publicidad que se hace necesario para promocionar el municipio como

centro turístico a más personas y con más opciones de recreación y esparcimiento.

- Mayor cantidad de empleos, la demanda turística y el ofrecimiento de nuevos servicios en la región, causa un crecimiento que es directamente proporcional en la generación de empleo en la región. Si este crecimiento es sumado a las nuevas opciones educativas que se generan con el uso del servicio de Internet, encontraremos a futuro un grupo de personas con un mayor poder adquisitivo y por ende con un nivel de vida más elevado al actual.

Bienestar Social en General: Nuevas opciones educativas, crecimiento turístico y nuevas opciones de negocio y empleo, generan un aumento en el bienestar social del municipio, que solo podrá ser medido con el tiempo y que generará en las generaciones venideras mayor estabilidad social y conllevará en el mejor de los casos a mantener unos bajos niveles de inseguridad social reduciendo la brecha tan grande que existe actualmente en el municipio entre las clases sociales altas y bajas.

6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

- La población del municipio de Anapoima se encuentra continuamente a la expectativa de una mejora en los servicios de Comunicaciones ya que actualmente cuentan con este servicio pero de una calidad baja y a precios muy costosos.
- La información recolectada y el proyecto realizado dan constancia de la necesidad latente que la población presenta actualmente en cuanto al acceso a las tecnologías de la información y expone los innumerables beneficios que conllevaría la implementación de la red Mesh planeada.
- Los resultados dan por sentado que el proyecto de la red auto sostenible y subsidiada a los sectores menos favorecidos de la sociedad Anapoimense es posible y totalmente viable, siendo este de carácter totalmente social y sin ánimo de lucro.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que podemos aportar con respecto al proyecto realizado y que pueden servir para aumentar la importancia y la efectividad del mismo serían:

1. Simular el proceso de implementación propuesto, realizando pruebas de campo para de esta forma conocer y analizar el verdadero funcionamiento de los equipos en el área geográfica del municipio.
2. Evaluar el diseño realizado para sobre el mismo planear la implementación de nuevos servicios beneficiosos para la comunidad,

como por ejemplo: servicios de vigilancia por medio de cámaras IP de carácter público y privado, una red de sensores de incendios y la posibilidad de brindar servicios más específicos que puedan suplir las necesidades particulares de los usuarios.

8. BIBLIOGRAFIA

Libros:

- REGIS J. BUD BATES Jr. “Comunicaciones Inalámbricas” primera edición en español, Mc Graw – Hill, España 2003
- HOUSTON H. CARR, CHARLES A. SNYDER. “Data Communications and network security” Mc Graw – Hill. 2007
- WILLIAM C. Y.LEE “Wireless and Cellular Telecommunications” tercera Edicion International Edition, 2006

Tesis:

- SERGIO LOPEZ CARDOSO “Estudio de cobertura y tráfico de la red inalámbrica de la Universidad Militar Nueva Granada en la sede central y facultad de medicina”, Bogotá Colombia, Febrero 2011.
- MARC BAÑOS AIXALÀ “Diseño e implementación de una red inalámbrica IEEE 802.11b para aplicaciones de voz y datos en la cuenca del rio napo”, lima Perú, Junio 2007.
- CHILUISA PILA MILTON JAVIER ULCUANGO QUIMBIAMBA JORGE GEOVANNY “diseño de una red inalámbrica Mesh (WMNs) para las parroquias rurales del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi”. Quito Marzo 2009.
- MARIA TERESA FONSECA JIMÉNEZ “estudio y evaluación de la cobertura de la red inalámbrica en la universidad militar nueva granada sede calle 100” Bogotá D.C 2007.
- IVONNE ANDREA LARA OSORIO **“estudio de factibilidad para la implementación del diseño propuesto de la red inalámbrica LAN- siuta de la escuela de caballería del ejército” Bogotá, Noviembre de 2006**

Páginas Web:

<http://mashard.perublogs.com/2007/04/Que-es-un-Access-Point.html>

http://www.cordobawireless.net/portal/descargas/Conceptos_basicos_sobre_antenas.pdf

http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/13_RedeshMesh/13_es_redes_mesh_presentacion_v01.pdf