



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**  
**TEMA:**

---

“RED MESH PARA EL ACCESO A LOS SERVICIOS DIGITALES EN EL  
CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”

---

**Trabajo de Graduación Modalidad: TEMI (Trabajo Estructurado de  
Manera Independiente) presentado como requisito previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Electrónico y Comunicaciones**

**AUTOR: Miguel Ángel Rojano Cortés**

**TUTOR: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo M.Sc**

**Ambato – Ecuador**

**Diciembre 2012**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema:

**“RED MESH PARA EL ACCESO A LOS SERVICIOS DIGITALES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, elaborado por el Sr. Rojano Cortés Miguel Ángel, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica Y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para que continúe los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Diciembre del 2012

---

Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo M.Sc

## **AUTORIA**

El presente trabajo investigativo con el tema: **“RED MESH PARA EL ACCESO A LOS SERVICIOS DIGITALES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Diciembre del 2012

---

Miguel Ángel Rojano Cortés

CI. 18043390999

Autor

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La comisión calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Oswaldo Paredes Ochoa, M.Sc., Ing. Julio Enrique Cuji Rodríguez M.Sc. y el Ing. Santiago Javier Alvares Tobar , revisó y aprobó el Informe Final del Trabajo de graduación Titulado **“RED MESH PARA EL ACCESO A LOS SERVICIOS DIGITALES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**, presentado por el Sr. Rojano Cortés Miguel Ángel de acuerdo al Art. 17 del Capítulo II del Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. Oswaldo Paredes Ochoa, M.Sc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Julio Enrique Cuji Rodríguez M.Sc.

**DOCENTE CALIFICADOR**

---

Ing. Santiago Javier Alvares Tobar

**DOCENTE CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño y aprecio dedico esta tesis principalmente a mis padres y familia.

A mis padres porque de ellos he aprendido a seguir a delante y nunca darme por vencido a luchar por conseguir la meta trazada, y siempre mirar asía adelante no importa que tan duro sea el camino. A mi familia por darme lo que necesitaba más no lo que quería.

Y en segundo lugar a mis amigos que con el tiempo se han convertido en una parte importante de mi ser con los que he compartido muchas experiencias y alegrías y juntos hemos conseguido superarnos y enorgullecer a nuestros seres queridos

Miguel Ángel Rojano Cortés

## **AGRADECIMIENTO**

A dios porque siempre me ha escuchado y me ha dado todo, aunque a veces no lo merezca, por guiarme por el camino correcto y levantarme cuando me he caído.

A mis maestros y profesores que con sus regaños y felicitaciones me supieron formar y corregir.

Gracias a todos que de una u otra forma me supieron ayudar.

Miguel Ángel Rojano Cortés

## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA.....	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xiii
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tema .....	1
1.2. Planteamiento del Problema .....	1
1.2.1. Contextualización .....	1
1.2.2. Árbol del problema .....	2
1.2.3. Análisis Crítico .....	2
1.2.4. Prognosis.....	3
1.3. Formulación del Problema.....	3
1.3.1. Preguntas Directrices .....	4
1.3.2. Delimitación del Problema .....	4
1.4. Justificación .....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5

1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1. Antecedentes Investigativos.....	6
2.2. Fundamentación.....	6
2.2.1. Fundamentación Legal.....	6
2.3. Categorías Fundamentales .....	7
2.3.1. Constelación de Variables.....	8
2.3.1.1. Variable Independiente .....	8
2.3.1.2. Variable Dependiente.....	8
2.3.2. Fundamentación Teórica.....	9
2.3.2.1. Telecomunicaciones.....	9
2.3.2.2. Redes de comunicación.....	10
2.3.2.3. Sistemas de comunicación .....	13
2.3.2.4. Sistemas de radiocomunicaciones.....	14
2.3.2.5. Ciudad Digital .....	14
2.3.2.6. Transmisión Digital.....	15
2.3.2.7. Intranet y Extranet.....	17
2.4. Hipótesis .....	17
2.5. Variables .....	17
2.5.1. Variable Independiente .....	17
2.5.2. Variable Dependiente.....	17
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>18</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>18</b>
3.1. Enfoque de la investigación .....	18
3.1.1. Cualitativo – Cuantitativo .....	18
3.2. Modalidad básica de la investigación .....	18
3.2.1. Investigación de Campo.....	18
3.2.2. Investigación Documental – Bibliográfica .....	18
3.3. Tipo de investigación.....	19
3.4. Población y Muestra .....	19
3.4.1. Población.....	19
3.4.2. Muestra .....	19
3.5. Operacionalización de Variables .....	21
3.5.1. Operacionalización de la variable dependiente: Niveles de Información.....	21
3.5.2. Operacionalización de la variable independiente: Servicios digitales. ....	22
3.6. Recolección de Información .....	23
3.6.1. Plan de recolección de información.....	23

3.6.2.	Procesamiento y análisis de la información.....	23
3.6.3.	Análisis e Interpretación de los resultados.....	23
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>24</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>24</b>
4.1.	Análisis de los diferentes tipos de tecnologías .....	24
4.2.	Análisis de Resultados de Encuestas .....	26
4.3.	Análisis de la situación actual.....	36
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>37</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>37</b>
5.1.	Conclusiones .....	37
5.2.	Recomendaciones .....	38
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>39</b>
<b>PROPUESTA .....</b>		<b>39</b>
6.1.	Datos Informativos.....	39
6.2.	Antecedentes .....	40
6.3.	Justificación .....	41
6.4.	Objetivos .....	42
6.4.1.	Objetivo General.....	42
6.4.2.	Objetivos Específicos.....	42
6.5.	Análisis de Factibilidad.....	42
6.5.1.	Factibilidad Técnica.....	42
6.5.2.	Factibilidad Operativa.....	43
6.5.3.	Factibilidad Económica .....	43
6.6.	Fundamentación Científico – Técnica .....	44
6.6.1.	Arquitecturas y Protocolos en Redes Mesh .....	44
6.6.2.	Redes Mesh Multiradio Y Multicanal.....	53
6.6.3.	Redes Mesh Basadas En IEEE 802.11 .....	57
6.6.4.	Protocolos En Las Redes Mesh.....	64
6.6.5.	Enrutamiento con QoS .....	66
6.6.6.	AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector) .....	71
6.6.7.	OSPF (Open Shortest Path First) .....	73
6.6.8.	OLSR (Optimized Link State Routing Protocol).....	73
6.6.9.	Seguridad .....	79
6.6.10.	Nuevas Aplicaciones y Escenarios .....	83
6.6.11.	Estandarización de Mesh IEEE 802.11s .....	85

6.7.	Metodología .....	87
6.8.	Modelo Operativo .....	89
6.8.1.	Descripción .....	89
6.8.2.	Determinación de Requerimientos.....	90
6.8.3.	Determinación de coordenadas geográficas.....	92
6.8.4.	Diseño físico. ....	93
6.8.5.	Desarrollo en programa de simulación .....	96
6.8.6.	Perfiles de los terrenos de los Radioenlaces .....	99
6.9.	Área de cobertura.....	109
6.9.1.	Cálculo de atenuaciones.....	110
6.9.2.	Selección de los equipos para el radio enlace .....	112
6.10.	Análisis económico del radioenlace.....	125
6.11.	Conclusiones y Recomendaciones .....	127
6.11.1.	Conclusiones .....	127
6.11.2.	Recomendaciones .....	128
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>130</b>
	Bibliografía de Libros:.....	130
	Linkografía: .....	130
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>133</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **CAPITULO I**

Figura 1.1.	Árbol del problema .....	2
-------------	--------------------------	---

### **CAPITULO II**

Figura 2.1.	Mapa de la ciudad Santiago de Píllaro. ....	7
Figura 2.2.	Categorías Fundamentales .....	7
Figura 2.3.	Constelación de ideas de la variable independiente .....	8
Figura 2.4.	Constelación de ideas de la variable dependiente.....	8

### **CAPITULO IV**

Figura 4.1.	Diagrama de Pastel Pregunta 1 .....	27
Figura 4.2.	Diagrama de Pastel Pregunta 2 .....	28

Figura 4.3. Diagrama de Pastel Pregunta 3 .....	29
Figura 4.4. Diagrama de Pastel Pregunta 4 .....	30
Figura 4.5. Diagrama de Pastel Pregunta 5 .....	31
Figura 4.6. Diagrama de Pastel Pregunta 6 .....	32
Figura 4.7. Diagrama de Pastel Pregunta 7 .....	33
Figura 4.8. Diagrama de Pastel Pregunta 8 .....	34
Figura 4.9. Diagrama de Pastel Pregunta 9 .....	35

## CAPITULO VI

Figura 6.1. Un ejemplo del nodo expuesto en redes Mesh .....	47
Figura 6.2. Una representación de la arquitectura MUP .....	51
Figura 6.3. Representación esquemática de los dos tipos de nodos Mesh: APs y puntos Mesh.....	55
Figura 6.4. Dos niveles de arquitectura de red Mesh.....	56
Figura 6.5. Núcleo de una red MESH .....	58
Figura 6.6. Interferencia intraflujo y interflujo .....	60
Figura 6.7. Clasificación de los protocolos de enrutamiento .....	67
Figura 6.8. Topología de la red .....	78
Figura 6.9. Acceso a WLAN basada en EAP.....	82
Figura 6.11. Diagrama General del Radio Enlace.....	93
Figura 6.12. Diagrama del enlace completo realizado con PTP LinkPlanner .....	97
Figura 6.13. Perfil del terreno Bomberos a Mercado 24 de Mayo.....	99
Figura 6.14. Perfil del terreno Esc. Unión Nac. De Periodistas a Esc. Aug. Nicolás A. Martínez .....	99
Figura 6.15. Perfil del terreno Esc. Unión Nac. de Periodistas a Esc. Mariscal Sucre .....	100
Figura 6.16. Perfil del terreno Esc. Mariscal Sucre a Esc. Aug. Nicolás A. Martínez .....	100
Figura 6.17. Perfil del terreno Esc. Aug. Nicolás A. Martínez a Mercado 24 de Mayo .....	101
Figura 6.18. Perfil del terreno Mercado 24 de Mayo a San Bartolomé .....	101

Figura 6.19. Perfil del terreno Mercado San Luis a San Bartolomé .....	102
Figura 6.20. Perfil del terreno San Luis a Escuela Isabela Católica .....	102
Figura 6.21. Perfil del terreno Mercado San Luis a Escuela Isabela Católica ....	103
Figura 6.22. Perfil del terreno San Luis a Mercado San Luis .....	103
Figura 6.23. Perfil del terreno Escuela Isabela Católica a San Bartolomé .....	104
Figura 6.24. Perfil del terreno Municipio a San Bartolomé.....	104
Figura 6.25. Perfil del terreno Coliseo de deportes a San Bartolomé.....	105
Figura 6.26. Perfil del terreno Parque Central a Municipio.....	105
Figura 6.27. Perfil del terreno Parque Central a Mercado San Juan .....	106
Figura 6.28. Perfil del terreno Mercado San Juan a Coliseo de deportes .....	106
Figura 6.29. Perfil del terreno Coliseo de deportes a Parque Central .....	107
Figura 6.30. Perfil del terreno Coliseo de deportes a Escuela Mariscal Sucre ...	107
Figura 6.31. Perfil del terreno Coliseo de deportes a Municipio .....	108
Figura 6.32. Perfil del terreno Municipio a Mercado 24 de Mayo .....	108
Figura 6.33. Diagrama del área de cobertura en el casco central de la ciudad. ..	109
Figura 6.34. RouterBoard RB433AH .....	114
Figura 6.45. RouterBoard RB52Hn .....	116
Figura 6.36. Antena AirMax Sector.....	117
Figura 6.37. Patrón de radiación de la antena AirMax Sector. ....	118
Figura 6.38. Antena meraki MR16. ....	119
Figura 6.39. Caja para el RouterBoard RB433AH .....	121
Figura 6.40. Inyector POE de Ubiquiti Netwoks. ....	121
Figura 6.41. APC de 1300 watts .....	123
Figura 6.42. Pigtail Mmcx .....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO III

Tabla 3.1. Operacionalización Variable Dependiente.....	21
Tabla 3.2. Operacionalización Variable Independiente .....	22

### CAPITULO IV

Tabla 4.1. Encuesta Pregunta 1.....	27
Tabla 4.2. Encuesta Pregunta 2.....	28
Tabla 4.3. Encuesta Pregunta 3.....	29
Tabla 4.4. Encuesta Pregunta 4.....	30
Tabla 4.5. Encuesta Pregunta 5.....	31
Tabla 4.6. Encuesta Pregunta 6.....	32
Tabla 4.7. Encuesta Pregunta 7.....	33
Tabla 4.8. Encuesta Pregunta 8.....	34
Tabla 4.9. Encuesta Pregunta 9.....	35

## **CAPITULO VI**

Tabla 6.1. Comparación entre redes Ad Hoc y Redes Mesh .....	45
Tabla 6.2. Variación del rendimiento en función del número de saltos en una red Mesh.....	46
Tabla 6.3. Enrutamiento del nodo MH3.....	79
Tabla 6.4. Coordenadas de los puntos a enlazar .....	92
Tabla 6.5. Distancias de los diferentes radioenlaces.....	94
Tabla 6.6. Distancias de los diferentes radioenlaces .....	111
Tabla 6.7. Características principales de equipos Mesh. ....	112
Tabla 6.7. Especificaciones del RouterBoard433AH. ....	115
Tabla 6.8. Especificaciones del RouterBoard RB52Hn .....	116
Tabla 6.9. Especificaciones AntenaAirMax Sector. ....	118
Tabla 6.10. Especificaciones Antena meraki MR16. ....	120
Tabla 6.11. Especificaciones del inyector POE .....	122
Tabla 6.12. Especificaciones del inyector POE .....	124
Tabla 6.13. Valores de equipos, instalación y configuración de la red Mesh.....	126

## ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A - Encuesta realizada a los ciudadanos del casco central de la ciudad	
Santiago de Píllaro .....	134
ANEXO B - Glosario de Términos Utilizados .....	136
ANEXO C - Catálogos .....	139

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como propósito ofrecer una solución tecnológica para dotar de servicios de comunicaciones a los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro en la provincia de Tungurahua, definiendo los parámetros técnicos que se deben cumplir y la normativa a seguir para operar redes inalámbricas con tecnología MESH (WMNs).

Este trabajo ha permitido aplicar los diferentes conocimientos adquiridos en el tiempo de estudio de la carrera.

El **PRIMER CAPÍTULO**, está orientado hacia el análisis y la definición del problema, el mismo que se contextualiza mediante un análisis crítico, una justificación y un planteamiento de objetivos para la investigación.

El **SEGUNDO CAPÍTULO**, consta de la fundamentación legal, se elabora una introducción teórica sobre las redes de comunicación, los fundamentos de comunicaciones inalámbricas, las técnicas de estudio para radioenlaces y una descripción de lo que son las principales servicios digitales.

El **TERCER CAPÍTULO**, establece la metodología utilizada para la investigación, determinando el universo y muestra a utilizar, así como las principales herramientas de recolección de información que permitieron conocer la información acercada a la realidad.

El **CUARTO CAPÍTULO**, hace referencia al análisis e interpretación de datos obtenidos mediante los instrumentos seleccionados, identificando problemas que permitan sustentar la investigación.

El **QUINTO CAPÍTULO**, presenta conclusiones y recomendaciones provenientes del análisis efectuado en los Capítulos anteriores.

El **SEXTO CAPÍTULO**, propone una alternativa de solución a los problemas de comunicación, determinando además los requerimientos del diseño mediante un análisis financiero del proyecto para determinar, mediante indicadores de rentabilidad y viabilidad de la implementación de la red.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el acceso a Internet se ha convertido en una herramienta indispensable para las actividades, laborales, educativas, culturales etc. Pero sin embargo un gran porcentaje de la población urbana no tiene acceso a este medio de comunicación, el problema es aún más crítico en las zonas urbanas marginales y rurales de nuestro país, donde el factor costo-beneficio no permite el desarrollo de redes de comunicaciones que permita tener acceso a Internet. El presente proyecto proporciona una nueva alternativa de red para los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro en la Provincia de Tungurahua, que solucione los problemas de costos elevados de implementación y mantenimiento de la red. Para esto se propone el diseño de una red inalámbrica Mesh que tiene ventajas tecnológicas significativas sobre el resto de redes inalámbricas, ya que son fáciles de implementar y requieren de poco mantenimiento.

Las redes Mesh (WMNs) desde el año 2000 han atraído más y más la atención en el mundo de las redes inalámbricas, desde vendedores de hardware hasta ingenieros de software, desde compañías comerciales hasta revolucionarios en las comunidades. Las razones abarcan desde tecnicismos robustos y de fácil implementación a promesas de bajo costo y consumo de energía, y la visión futurista de que cubran ciudades y países enteros.

Este documento contiene información teórica sobre los protocolos y arquitecturas de las redes Mesh que ayudarán a comprender de mejor forma el funcionamiento de este tipo de redes, así como la metodología de trabajo para el diseño de la red. Un aporte importante que se hace en este proyecto consiste en la aplicación de estándares IEEE802.11 en largas distancias lo que reduce aún más los costos de implementación de la red, pues los equipos con estándar IEEE802.11 son relativamente baratos comparados con otras soluciones tecnológicas, como por ejemplo Wi-Max, otra ventaja al usar esta tecnología es el uso de bandas de frecuencias libres lo que reduce el problema de adquirir una banda licenciada para que opere la red.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Tema**

Red Mesh para el acceso a los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro de La Provincia de Tungurahua.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

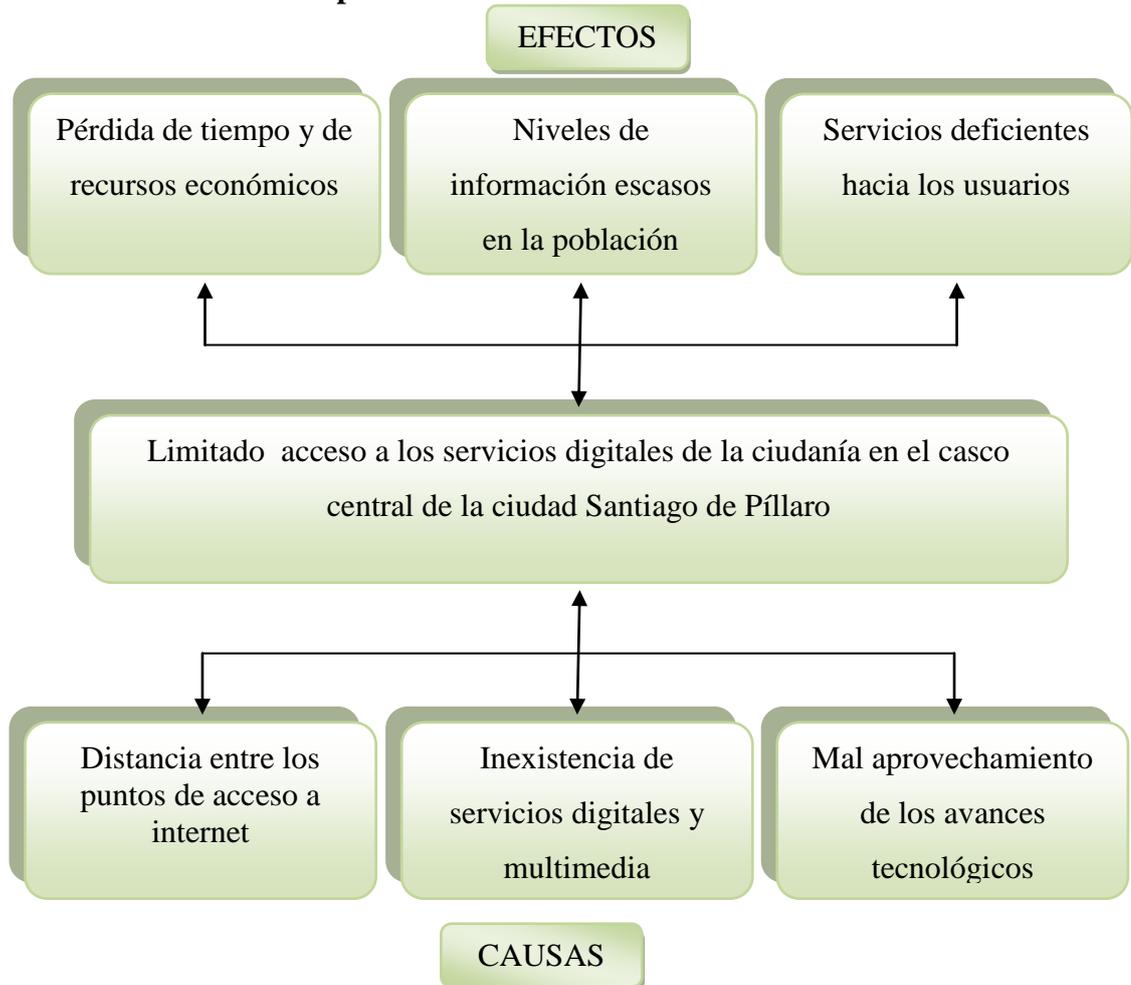
#### **1.2.1. Contextualización**

Hoy en día, el acceso a los servicios digitales se ha convertido en una herramienta indispensable para las actividades laborales, educativas, culturales y en otras. En países desarrollados, muchas de estas herramientas son cumplidas satisfactoriamente gracias a las redes de comunicación que desde el año 2000 han atraído más y más la atención en el mundo, desde compañías comerciales hasta activistas en las comunidades. Las razones abarcan desde tecnicismos robustos y de fácil implementación a promesas de bajo costo y bajo consumo de energía.

En nuestro país es clara la evidencia en las actividades personales, empresariales e institucionales la necesidad de proveer de redes de comunicación que les permita un acceso fácil y rápido a datos, documentación y servicios, desde un sin fin de lugares, sin embargo en nuestro país el arribo de tales tecnologías ha sido lento, fuera de tiempo o simplemente tienen un alto costo. Por lo cual con lleva a una baja explotación de este medio de comunicación.

Peor aún más grave es que, un gran porcentaje de la población urbana no tiene acceso a este medio de comunicación, el problema es aún más crítico en las zonas urbanas marginales y rurales de nuestro país, donde el factor costo-beneficio, no permite el desarrollo de redes de comunicaciones que permitan tener acceso a los servicios digitales.

### 1.2.2. Árbol del problema



**Figura 1.1.** Árbol del problema  
**Elaborado por:** El Investigador

### 1.2.3. Análisis Crítico

En la última década se ha presenciado una revolución impresionante de las comunicaciones, y en los servicios digitales específicamente por internet y en

esta época de continuo desarrollo tecnológico, el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, no cuenta con un libre acceso los servicios digitales. La falta de conocimiento y el mal aprovechamiento de los avances tecnológicos son factores causantes de esta carencia, originando un servicio deficiente a los ciudadanos.

Dado el limitado acceso a los diferentes tipos de servicios digitales de parte del municipio, para que los ciudadanos puedan acceder a la libre información de actividades y resoluciones para la ciudad Santiago de Píllaro, da como lugar una gran incertidumbre en la población y lo que es lo más grave, la desinformación de sus habitantes.

Además otro factor importante es la distancia que existe entre los diferentes puntos de información públicos y peor si no existen puntos de accesos a internet públicos (info-centros), debido principalmente al limitado acceso a la información para los ciudadanos, como acceso a los servicios digitales, generando pérdida de tiempo y recursos económicos a los mismos, por otra parte el desconocimiento de las autoridades en los avances tecnológicos y servicios que prestan estas, provocan malestar a los ciudadanos.

#### **1.2.4. Prognosis**

El casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, al mantener un limitado acceso para el público acceso a internet y a los diversos sistemas digitales, dará como resultado que la población no se desenvuelva eficazmente, perdiendo aceptación y cooperación de las demás ciudades, impidiéndole tener igualdad y porque no ventajas sobre el resto de las ciudades de nuestro país.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cómo afecta el limitado acceso a los servicios digitales, en los niveles de información para los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro?

### **1.3.1. Preguntas Directrices**

- ¿Cuáles son las tecnologías de comunicación que se utilizan actualmente para los procesos de acceso e intercambio de información?
- ¿Cuál es el proceso actual que utiliza en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro para la transmisión de información entre sus habitantes?
- ¿Se puede plantear una propuesta con el propósito del intercambio de información entre los habitantes del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro con libre acceso a los servicios digitales?

### **1.3.2. Delimitación del Problema**

**Campo:** Ingeniería Electrónica y Comunicaciones

**Área:** Telecomunicaciones

**Aspecto:** Sistema de comunicaciones

**Espacial:** Esta investigación se realizará en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Temporal:** El presente proyecto de investigación tendrá una duración de 6 meses, a partir de que este sea aprobado por el Honorable Consejo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

### **1.4. Justificación**

Hoy en día la tecnología, la ciencia y las comunicaciones avanzan a grandes pasos y hacemos uso diariamente de ella para facilitar nuestro trabajo, por lo que resulta de vital importancia tener de manera rápida y segura un acceso a la información, como por ejemplo en el internet y a los diversos servicios digitales.

En el casco central del cantón Santiago de Píllaro existe un limitado acceso a la información y los servicios digitales, mejorando la calidad de información los ciudadanos podrán utilizarlo según sus propios intereses y beneficios, dando como resultado un crecimiento educativo gracias al libre acceso a la información.

Resulta trascendental este proyecto porque se propone beneficiar a los ciudadanos del casco central de la Píllaro, y tomando en cuenta el crecimiento poblacional serian cada vez más los beneficiados como por ejemplo entre los importantes tenemos a los estudiantes tanto de secundaria, primaria y personas en general.

Relacionando todo lo anterior sea reflexionado que el proyecto a realizar es 100% factible para su estudio y a futuro su implementación.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Analizar la afectación del limitado acceso a los servicios digitales en los niveles de información para el casco central del cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Analizar las diversas tecnologías de comunicaciones disponibles para el acceso a los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.
- Analizar la situación actual del proceso de información entre sus habitantes principalmente en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro
- Plantear una propuesta con los parámetros necesarios que garantice la seguridad en transmisión, recepción de información y acceso a los diversos servicios digitales, entre los habitantes del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes Investigativos**

En la Universidad Técnica de Ambato, no se ha registrado un trabajo de investigación con similares características sobre este problema, por lo que cada vez se ha ido incrementando el descuido en la Gestión de la libre información y el acceso los diferentes tipos de servicios digitales, por ende una lamentable y decreciente evolución en la área tecnológica del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro. Es por todo esto que se desea por medio del presente trabajo se pueda brindar una ayuda hacia las generaciones futuras para que puedan contar con servicios digitales que sin duda servirán de mucho en el mundo tecnológico que se encuentra.

#### **2.2. Fundamentación**

##### **2.2.1. Fundamentación Legal**

La investigación se realizó basada en las políticas y regulaciones para sistemas de telecomunicaciones híbridas y servicios digitales emitidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, en las leyes de la CONATEL para las telecomunicaciones y en los reglamento interno de la administración del Cantón Santiago de Píllaro y en los reglamentos de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato cómo requisito para la graduación. Píllaro es una localidad del centro de Ecuador, sus límites son al Norte: por el cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi y la provincia de Napo. Al Este: con la Provincia de Napo. Sur: con los cantones Patate y Pelileo. Oeste: con el cantón Ambato.



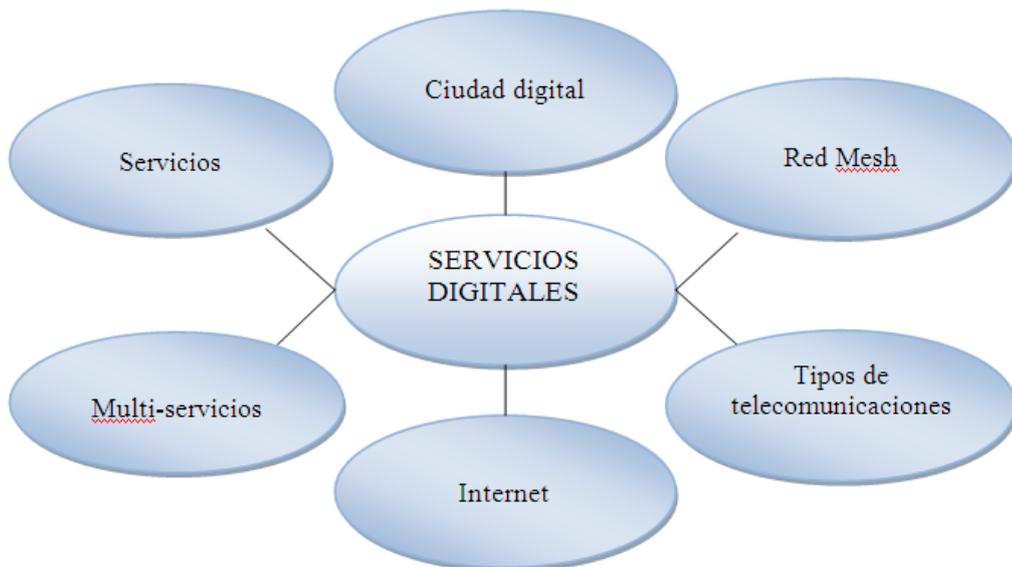
### 2.3.1. Constelación de Variables

#### 2.3.1.1. Variable Independiente



**Figura 2.3.** Constelación de ideas de la variable independiente  
**Elaborado por:** El Investigador

#### 2.3.1.2. Variable Dependiente



**Figura 2.4.** Constelación de ideas de la variable dependiente  
**Elaborado por:** El Investigador

## **2.3.2. Fundamentación Teórica**

### **2.3.2.1. Telecomunicaciones**

Telecomunicaciones, es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

El término se refiere entonces, a todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo la telefonía, la radio, la televisión y la computación.

Las telecomunicaciones han jugado un papel en extremo importante para el desarrollo de la humanidad, y hoy en día son una parte muy importante de la economía mundial, y para que decir, pieza clave en un mundo globalizado.

#### **Tipos de telecomunicaciones**

Existen diferentes tipos de telecomunicaciones y están pueden ser:

- **Telecomunicaciones Terrestres**  
Son aquellas cuyo medio de propagación son líneas físicas, estas pueden ser cables de cobre, cable coaxial, fibra óptica, par trenzado, etc.
- **Telecomunicaciones Radioeléctricas**  
Son aquellas que utilizan como medio de propagación la atmósfera terrestre, transmitiendo las señales en ondas electromagnéticas, ondas de radio, microondas, etc. dependiendo de la frecuencia a la cual se transmite.
- **Telecomunicaciones Satelitales**  
Son aquellas comunicaciones radiales que se realizan entre estaciones espaciales, entre estaciones terrenas con espaciales o entre estaciones terrenas (mediante retransmisión en una estación espacial).

### 2.3.2.2. Redes de comunicación

Una red de comunicación es un conjunto de equipos y facilidades que proporcionan un servicio consistente en la transferencia de información entre usuarios situados en puntos geográficos distantes, según el medio de transmisión por el que se propaga la información.

Los medios de transmisión son los caminos por medio de los cuales viaja la información y vienen divididos en guiados y no guiados. La transmisión se realiza habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal. Un Canal de comunicación es la instalación mediante la cual se transmiten las señales electrónicas entre localidades distintas en una red de computación. Los Datos, el texto, las imágenes digitalizadas y los sonidos digitalizados se transmiten como combinaciones de bits (0 y 1).

Normalmente los medios de transmisión vienen afectados por los factores de fabricación y entre las características que las diferencian están:

- **Ancho de banda**  
Mayor ancho de banda proporciona mayor velocidad de transmisión.
- **Problemas de transmisión**  
Se les conoce como atenuación y se define como alta en el cable coaxial y el par trenzado y baja en la fibra óptica.
- **Interferencias**  
Tanto en los guiados como en los no guiados y ocasionan la distorsión o destrucción de los datos.

Según el medio de transmisión por el que se propaga la información puede clasificarse en: Red alámbrica y red inalámbrica.

## **Red Alámbrica**

Una red alámbrica se refiere a una comunicación con cables; es decir la información es enviada a través de medios físicos.

### **Ventaja**

- Bajo costo para la conexión entre los dispositivos que interactúan, siempre y cuando las distancias sean pequeñas.

## **Medios Guiados**

Se conoce como medios guiados a aquellos que utilizan componentes físicos y sólidos para la transmisión de datos. También conocidos como medios de transmisión por cable tales como:

- Par Trenzado
- Cable Coaxial
- Fibra Óptica

## **Red Inalámbrica**

El término se refiere a comunicación sin cables, usando frecuencias de radio u ondas infrarrojas. Ondas de radio de bajo poder, como las que se emplea para transmitir información entre dispositivos.

### **Ventajas**

- Permiten una amplia libertad de movimientos
- Facilita la reubicación de las estaciones de trabajo evitando la necesidad de establecer cableado y la rapidez en la instalación
- Menores costos que permiten una mejor inserción en economías reducidas.

Algunas de las técnicas utilizadas en las redes inalámbricas son: infrarrojos, microondas, láser y radio.

### **Medios No Guiados**

De manera general podemos definir las siguientes características de este tipo de medios: La transmisión y recepción se realiza por medio de antenas, las cuales deben estar alineadas cuando la transmisión es direccional, o si es omnidireccional la señal se propaga en todas las direcciones.

- **Microondas terrestres**

Los sistemas de microondas terrestres han abierto una puerta a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente. Las microondas están definidas como un tipo de onda electromagnética situada en el intervalo del milímetro al metro y cuya propagación puede efectuarse por el interior de tubos metálicos. Es en sí una onda de corta longitud.

- **Satélites**

Conocidas como microondas por satélite, está basado en la comunicación llevada a cabo a través de estos dispositivos, los cuales después de ser lanzados de la tierra y ubicarse en la órbita terrestre, realizan la transmisión de todo tipo de datos, imágenes, etc., según el fin con que se han creado. Las microondas por satélite manejan un ancho de banda entre los 3 y los 30 GHz, y son usados para sistemas de televisión, transmisión telefónica a larga distancia y punto a punto y redes privadas punto a punto.

- **Ondas de radio.**

Son las más usadas, pero tienen apenas un rango de ancho de banda entre 3 KHz y los 300 GHz. Son poco precisas y solo son usados por determinadas redes de datos o los infrarrojos<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Fundación Wikimedia, Inc., 2012

### 2.3.2.3. Sistemas de comunicación

Un sistema de comunicación es el conjunto de equipos y enlaces tanto físicos como electromagnéticos, utilizables para la prestación de un determinado servicio de telecomunicaciones.

#### Componentes de un sistema de comunicación

En toda comunicación existen tres elementos básicos en un sistema de comunicación: el transmisor, el canal de transmisión y el receptor.

- **Transmisor**

Pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

- **Canal de Transmisión o medio**

Es el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

- **Receptor**

Es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Radio Japan, 1.999

#### **2.3.2.4. Sistemas de radiocomunicaciones**

La radiocomunicación es un sistema de telecomunicación que se realiza a través de ondas de radio y que a su vez está caracterizado por el movimiento de los campos eléctricos y campos magnéticos.

La comunicación vía radio se realiza a través del espectro radioeléctrico cuyas propiedades son diversas a lo largo de su gama así como baja frecuencia, media frecuencia, alta frecuencia, muy alta frecuencia, ultra alta frecuencia, etc. En cada una de ellas, el comportamiento de las ondas es diferente.

#### **2.3.2.5. Ciudad Digital**

Una ciudad digital es aquella en la que, utilizando los recursos que brindan la infraestructura de telecomunicaciones y de informática existentes, entre ellas la denominada Internet, brinda a sus habitantes un conjunto de servicios digitales a fin de mejorar el nivel de desarrollo humano, económico y cultural de esa comunidad, tanto a nivel individual como colectivo.

La infraestructura para brindar estos servicios, las redes telefónicas y la Internet, se llevan a cabo a través de accesos de distinto tipo, instalados en los predios de los usuarios.

Las características de una ciudad digital podrían agruparse de la siguiente manera:

- Promoción entre los ciudadanos de servicios disponibles en línea tales como: realizar pagos, compras, obtener concesiones de permisos, llevar a cabo trámites que hasta cierto nivel suelen ser tradicionalmente burocráticos, resoluciones, etc.
- Mejora de la competitividad de las empresas a través de información y servicios para las mismas.
- Entrega de información de interés que tiene que ver con la ciudad en sí, las regiones aledañas y el país (incluyendo información cultural, turística, de seguridad pública, mapas de la ciudad, guías de la ciudad, etc.).

- Fomento de una comunicación instantánea y efectiva entre los ciudadanos y entre los ciudadanos y autoridades y, por lo tanto,
- Creación comunidades locales virtuales.
- Promoción de la transparencia de dependencias gubernamentales y la participación de los ciudadanos con las mismas (fomentando la democracia).
- Mejora de la calidad y la eficiencia de la gestión gubernamental, brindando información y servicios.
- Habilitación de la tecnología para ofrecer servicios de telemedicina y teletrabajo
- Fomento de la educación y la formación en línea.

En resumen, las ciudades digitales representan una nueva forma de resolver problemas y de regular todos los aspectos de la vida social, en donde la mayoría de las actividades están coordinadas por el mercado y por el Estado.

#### **2.3.2.6. Transmisión Digital**

La transmisión digital consiste en el envío de información a través de medios de comunicaciones físicos en forma de señales digitales. Por lo tanto, las señales analógicas deben ser digitalizadas antes de ser transmitidas. Sin embargo, como la información digital no puede ser enviada en forma de 0 y 1, debe ser codificada en la forma de una señal con dos estados.

Para optimizar la transmisión, la señal debe ser codificada de manera de facilitar su transmisión en un medio físico. Existen varios sistemas de codificación para este propósito, los cuales se pueden dividir en dos categorías:

- **Codificación de dos niveles:** la señal sólo puede tomar un valor estrictamente negativo o positivo ( $-X$  o  $+X$ , donde  $X$  representa el valor de la cantidad física utilizada para transportar la señal).
- **Codificación de tres niveles:** la señal sólo puede tomar un valor estrictamente negativo, nulo o estrictamente positivo ( $-X$ , o  $+X$ )

## **Tipos de transmisión de datos**

Una transmisión dada en un canal de comunicaciones entre dos equipos puede ocurrir de diferentes maneras. La transmisión está caracterizada por: la dirección de los intercambios, el modo de transmisión y la sincronización entre el transmisor y el receptor

- **Transmisión Paralelo**

Las conexiones paralelas consisten en transmisiones simultáneas de N cantidad de bits. Estos bits se envían simultáneamente a través de diferentes canales N. La principal ventaja de este modo de transmitir datos es la velocidad de transmisión y la mayor desventaja es el costo.

- **Transmisión Serie**

En este caso los n bits que componen un mensaje se transmiten uno detrás de otro por la misma línea. La secuencia de bits transmitidos es por orden de peso creciente y generalmente el último bit es de paridad.

- **Transmisión asincrónica**

Requiere de una señal que identifique el inicio del carácter y a la misma se la denomina bit de arranque. También se requiere de otra señal denominada señal de parada que indica la finalización del carácter o bloque. Tanto el transmisor como el receptor, saben cuál es la cantidad de bits que componen el carácter.

- **Transmisión sincrónica**

En este tipo de transmisión es necesario que el transmisor y el receptor utilicen la misma frecuencia de reloj en ese caso la transmisión se efectúa en bloques, debiéndose definir dos grupos de bits denominados delimitadores, mediante los cuales se indica el inicio y el fin de cada bloque, haciendo posible lograr velocidades de transmisión más altas.

### **2.3.2.7. Intranet y Extranet**

Una red interna que se limitan en alcance a una sola organización o entidad y que utilicen el TCP/IP Protocolo Suite, el HTTP, el FTP, y los otros protocolos y software de red de uso general en el Internet. Nota: Intranets se puede también categorizar como el LAN, CAN, MAN, WAN.

Una extranet es una intranet parcialmente accesible para los foráneos autorizados. Mientras que una intranet reside dentro de un firewall y es accesible solo para las personas que son miembros de la misma empresa u organización, una extranet proporciona varios niveles de accesibilidad a los foráneos.

Puede acceder a una extranet sólo si dispone de un nombre de usuario y contraseña válidos y de acuerdo a esta información, se decide que partes de la intranet puede ver. Las extranet ayudan a extender el alcance de las aplicaciones y los servicios basados en intranet, asegurando el acceso a empresas y usuarios externos<sup>3</sup>.

## **2.4. Hipótesis**

El acceso a los servicios digitales influye en los niveles de información de los habitantes del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

Servicios digitales.

### **2.5.2. Variable Dependiente**

Niveles de Información.

---

<sup>3</sup> Radio Japan, 1.999

## **CAPITULO III METODOLOGIA**

### **3.1. Enfoque de la investigación**

#### **3.1.1. Cual – Cuantitativo**

Fue cuantitativo porque las decisiones para actuar solo fueron tomadas por los técnicos; tanto como los objetivos, como el proceso de investigación solo fueron conocidos por los investigadores. Tuvo un enfoque cualitativo cuando la población intervino únicamente para proporcionar información, la comunidad participo para solucionar una necesidad o un problema con la guía del técnico.

### **3.2. Modalidad básica de la investigación**

#### **3.2.1. Investigación de Campo**

El tema requirió de un estudio sistemático de los hechos en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, lugar en que fue producido los acontecimientos. En esta modalidad el investigador tomo contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo con los objetivos del proyecto.

#### **3.2.2. Investigación Documental – Bibliográfica**

Tuvo el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos (fuentes primarias), o en libros, revistas, periódicos y otras publicaciones (fuentes secundarias).

Indicándose así que en esta modalidad investigativa se adjuntaron todos aquellos datos de autores así como criterios, enfoques y teorías relacionadas con la planificación de la producción, además de lecturas de tesis de grados, proyectos y textos que enriquecerán nuestros conocimientos.

### **3.3. Tipo de investigación**

La investigación tuvo un nivel **exploratorio** pues se reconoció las variables que se competen a las cuales se dio una mayor amplitud y dispersión.

Un nivel **descriptivo** que permitió dar pronósticos básicos, para lo cual se requirió un conocimiento suficiente de la situación.

El nivel **explicativo** detectando las causas de determinados comportamientos, explicando los factores precisos de ciertos procedimientos.

Por último la **asociación de variables** también estaba presente evaluando las variables de comportamiento, midiendo el grado de relación entre las mismas.

### **3.4. Población y Muestra**

#### **3.4.1. Población**

La población en la que se llevó a cabo el presente trabajo consto por la población actual del catón Píllaro provincia del Tungurahua que fue de treinta y siete mil doscientas veinte y cuatro habitantes

#### **3.4.2. Muestra**

Se realizó un muestreo por área tomando principalmente en cuenta el casco central del cantón en donde hay 950 habitantes.

$$n = \frac{NZ^2(p)(q)}{(N - 1)e^2 + Z^2(p)(q)}$$

Dónde:

**n** = Número de encuestas

**N** = Tamaño de la población (950 habitantes en el centro del cantón)

**Z<sup>2</sup>** = 95% de confianza = 1.96

**e** = Error admitido = 0.05

**p** = Probabilidad de éxito 0.5

**q** = Probabilidad de fracaso 0.5

$$n = \frac{950(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(950 - 1)0.05^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 95.88 \cong 96$$

### 3.5. Operacionalización de Variables

#### 3.5.1. Operacionalización de la variable dependiente: Niveles de Información

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS INSTRUMENTALES
<p>Es un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje que cambia el estado de conocimiento del sujeto o sistema que recibe dicho mensaje.</p>	<p>Datos</p> <p>Mensajes</p> <p>Estado</p> <p>Sistema de recibido</p>	<p>Equipos</p> <p>Calidad de la señal</p> <p>Medios utilizados</p> <p>Capacidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿Qué clase de datos utilizan en el casco central de la ciudad para comunicarse?</li> <li>▪ ¿El casco central de la ciudad cuenta con un sistema de comunicación para transmitir mensajes?</li> <li>▪ ¿Qué tipo de comunicación necesita tener el casco central de la ciudad?</li> <li>▪ ¿Cómo reciben la información los ciudadanos del casco central de la ciudad?</li> </ul>	<p>Observación</p> <p>Encuesta</p> <p>Entrevista</p>

**Tabla 3.1.** Operacionalización Variable Dependiente

**Elaborado por:** El Investigador

### 3.5.2. Operacionalización de la variable independiente: Servicios digitales.

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS INSTRUMENTALES
<p>Son una combinación de servicios de telecomunicaciones y de procesamiento de datos (más conocidos Como servicios de teleprocesamiento). Se refieren a la búsqueda y el procesamiento de información a distancia, llevados a cabo por medios electrónicos, esto es, por medio de computadoras y redes de telecomunicaciones.</p>	<p>Servicios de telecomunicaciones</p> <p>Procesamiento de datos</p> <p>Teleprocesamientos</p> <p>Redes de comunicaciones</p>	<p>Tipos de Avances e Innovaciones Tecnológicas</p> <p>Datos, video y voz</p> <p>Tecnologías de la información y multi-servicios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿Tiene los habitantes de la ciudad Santiago de Píllaro servicios de telecomunicaciones?</li> <li>▪ ¿Con un acceso a servicios digitales se mejorará procesamientos de datos?</li> <li>▪ ¿Qué Teleprocesamientos requiere el casco central de la ciudad?</li> </ul>	<p>Observación</p> <p>Encuesta</p> <p>Entrevista</p>

**Tabla 3.2.** Operacionalización Variable Independiente

**Elaborado por:** El Investigador

### **3.6. Recolección de Información**

#### **3.6.1. Plan de recolección de información**

1. Definición de sujetos
2. Selección de las técnicas a emplearse en el proceso
  - 2.1. Entrevista
  - 2.2. Encuesta
3. Instrumentos
  - 3.1. Cuestionario

#### **3.6.2. Procesamiento y análisis de la información**

1. Plan que se empleará
2. Revisión Crítica
3. Repetir la recolección
4. Aplicación de Encuesta
5. Tabulación
6. Estudio Estadístico

#### **3.6.3. Análisis e Interpretación de los resultados**

1. Análisis en cuadros estadísticos
2. Interpolación
3. Comparación con Hipótesis
4. Conclusiones y Recomendaciones

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de los diferentes tipos de tecnologías**

En el capítulo dos se citó las tecnologías de comunicación más conocidas y las más utilizadas que brindan acceso a los servicios digitales y entre ellas tenemos:

- Telecomunicaciones Terrestres.
- Telecomunicaciones Radioeléctricas.
- Telecomunicaciones Satelitales.

Cada una de ellas es utilizada de acuerdo a las necesidades y recursos, que se plantea en un proyecto de telecomunicaciones, en el país las más utilizadas por su factor económico son las de tipo terrestre y radioeléctricas, las de tipo terrestre son en su mayoría implementadas por la el CNT que es una empresa pública y por algunas empresa del sector privado como son TV Cable y Punto Net que son las más importantes.

Cuando se refiere a telecomunicaciones de tipo terrestre son las que utilizan el tendido eléctrico o postes para poder dar un servicio digital a sus usuarios, esto se lo puede realizar con elementos guiados tales como:

- Fibra óptica
- Cable multipar
- Coaxial
- Ftp
- Ecu negro 2x22Awg

Las telecomunicaciones Radioeléctricas son implementadas por sectores públicos y privados pero con mayor número en el sector privado, por relativo valor no tan elevado, y su rápida implementación, esto se debe gracias a los equipos de microonda que pueden llegar a cubrir de igual manera que una área relativamente pequeña, como una área metropolitana, entre las telecomunicaciones de tipo radioeléctrica tenemos:

- Redes Wimax
- Redes Wifi
- Redes As Hoc
- Redes Mesh

Topa red que utilice el aire como medio de comunicación se la conoce como telecomunicaciones radioeléctricas por que utilizan el espectro radioeléctrico del país que está regulado por la Senatel y Conatel.

Es gran utilizado por el sector privado debido a que existen bandas libre de radiofrecuencias que no se necesitan muchos trámites para poderlas utilizar, de ahí que son altamente utilizadas por empresas que quieren brindar servicios digitales al público en general o por empresas que necesitan tener conectada a dos o más sucursales que se encuentran separadas geográficamente. Entre las empresas que se dedican a este tipo de servicios de telecomunicaciones son Speedy y Punto Net.

Una vez estudiadas cada una de ellas y analizadas de forma exhaustiva se llegó a la conclusión que para solucionar el problema del deficiente acceso a la información en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, es necesario la utilización de un sistema de telecomunicaciones de tipo Radioeléctrico, con una Red Mesh, que nos brinda mayor ventajas que las demás redes que se citó tales como:

- Su rápida implementación.

- Su relativo costo accesible.
- Su movilidad.
- Su capacidad de abarcar a un sin número de usuarios

Por estas razones que son las más importantes y otras más, se ha tomado la decisión de que para poder solucionar el problema se propone realizar el diseño de una red Mesh

#### **4.2. Análisis de Resultados de Encuestas**

El siguiente análisis, corresponde a los resultados obtenidos de la encuesta realizada a 100 ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, los mismos que brindaron total apertura y colaboración para contestar las preguntas y proporcionar información referente a la actual condición de los niveles de información en la ciudad.

La información obtenida fue tabulada y analizada de forma sistemática de acuerdo a las interrogantes planteadas, los datos se representarán en gráficas de pastel con su respectivo análisis donde se interpretarán los resultados de la encuesta para obtener resultados precisos y confiables.

**Pregunta 1.** ¿Actualmente el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro cuenta con algún sistema de comunicación para el libre acceso a los servicios digitales?

**Tabla 4.1.** Encuesta Pregunta 1

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0 %
No	100	100 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.1.** Diagrama de Pastel Pregunta 1



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede apreciar que los encuestados en su totalidad afirman que actualmente no disponen de un sistema de comunicación para el libre acceso a los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, manifestando que es una deficiencia de la municipalidad reduciendo la calidad de servicio y no permite el libre desenvolvimiento.

**Pregunta 2.** ¿Le gustaría que el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro adopte un nuevo sistema de comunicación para que los ciudadanos tengan libre acceso a los servicios digitales?

**Tabla 4.2.** Encuesta Pregunta 2

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	100	100 %
No	0	0 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.2.** Diagrama de Pastel Pregunta 2



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

En virtud de los resultados arrojados por la figura N° 4.2., podemos apreciar que el 100% de los encuestados son optimistas porque la Municipalidad adopte un nuevo sistema de comunicación para la transmisión de datos para que los ciudadanos tengan libre acceso a los servicios digitales.

**Pregunta 3.** ¿Cuál es el grado de interés por parte de Ud., en contar con una alternativa tecnológica, para el libre acceso a los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro?

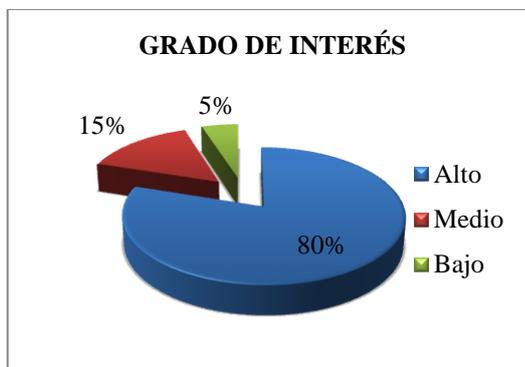
**Tabla 4.3.** Encuesta Pregunta 3

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Alto	80	80 %
Medio	15	15 %
Bajo	5	5 %
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100 %</b>

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.3.** Diagrama de Pastel Pregunta 3



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

De los ciudadanos encuestado un 80 % tiene un grado de interés alto, un 15 % adopta un nivel de interés medio y el 5 % restante asume un grado de interés bajo por contar con una alternativa tecnológica que permita el libre acceso a la los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro. No todos asumen un grado de interés alto debido a que algunas personas aún desconocen las técnicas existentes para una comunicación eficiente, segura y económica.

**Pregunta 4.** ¿Cree Ud. que el diseño de un sistema de comunicación facilitará el acceso a tecnologías de la información y al libre acceso a los servicios digitales?

**Tabla 4.4.** Encuesta Pregunta 4

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	100	100 %
No	0	0 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.4.** Diagrama de Pastel Pregunta 4



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

En la cuarta pregunta todos los encuestados creen que el diseño de un sistema de comunicación facilitará el acceso a tecnologías de la información y al libre acceso a los servicios digitales, para los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, lo que ayuda a comprobar la confianza que tienen las personas en los sistemas de telecomunicaciones y sus aplicaciones.

**Pregunta 5.** ¿Qué beneficios traerá la implementación de un Sistema de Comunicación?

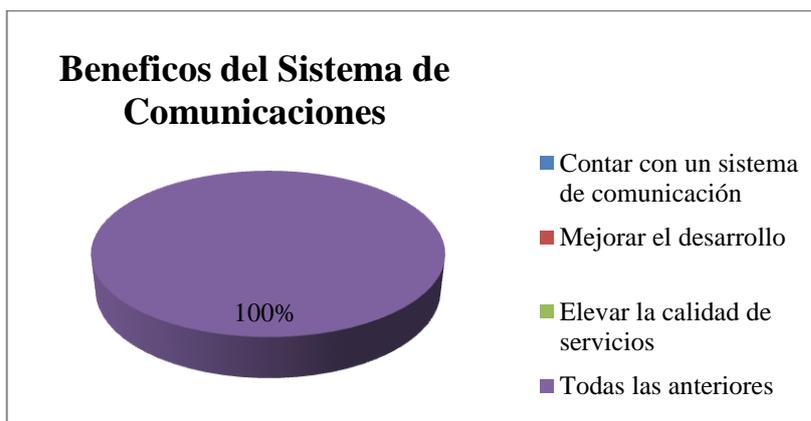
**Tabla 4.5.** Encuesta Pregunta 5

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Contar con un sistema de comunicación y libre acceso a los servicios digitales para los ciudadanos	0	0 %
Mejorar el desarrollo socio-económico de la Municipalidad	0	0 %
Elevar la calidad de servicios hacia los ciudadanos	0	0 %
Todas las anteriores	100	100 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.5.** Diagrama de Pastel Pregunta 5



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

En cuanto a los beneficios que traerá la implementación de un sistema de comunicación; en el planteamiento de la quinta pregunta, todos los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro entienden que al contar con esta alternativa tecnológica, se mejorará el desarrollo socio-económico de la municipalidad y se elevará la calidad de servicios a los ciudadanos.

**Pregunta 6.** ¿Cree Ud. que es importante implementar un sistema de comunicación propio, para el servicio de transmisión de datos?

**Tabla 4.6.** Encuesta Pregunta 6

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	100	100 %
No	0	0 %
<b>TOTAL</b>	100	100 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.6.** Diagrama de Pastel Pregunta 6



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

Con la sexta pregunta, el 100% de las personas encuestadas están a favor de la idea planteada para adquirir el sistema de comunicación, argumentando que la Municipalidad tendrá un mayor prestigio dentro del ámbito Tecnológico, a más que se brindará una mejor atención a los ciudadanos.

**Pregunta 7.** ¿Cuáles son las razones en buscar una alternativa tecnológica para el acceso a los servicios digitales?

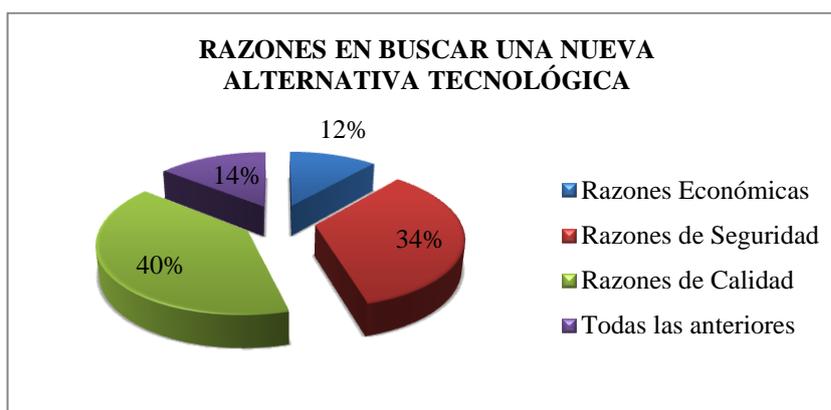
**Tabla 4.7.** Encuesta Pregunta 7

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Razones Económicas	20	20 %
Razones de Seguridad	60	60 %
Razones de Calidad	70	70 %
Todas las anteriores	25	25 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.7.** Diagrama de Pastel Pregunta 7



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### Análisis e Interpretación

La séptima pregunta corresponde a una interrogante de selección múltiple por lo que los encuestados tuvieron la libertad de elegir dos o más respuestas, es así que un 20% afirma que las razones en buscar una alternativa tecnológica para la transmisión de servicios son económicas, el 60% concluye que es por el afán de mejorar la seguridad, un 70% por razones de calidad, mientras que un 25% manifiesta que los motivos son económicos y de seguridad.

**Pregunta 8.** ¿Posee la Municipalidad personal calificado para administrar la red?

**Tabla 4.8.** Encuesta Pregunta 8

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	65	65 %
No	35	35 %
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100 %</b>

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.8.** Diagrama de Pastel Pregunta 8



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

Como resultados en la octava pregunta tenemos que un 65% de los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro cree que dispone de personal calificado para administrar la red, mientras que un 35% supo manifestar que actualmente no cuentan con personal capacitado para operar esta clase de tecnología, sin embargo estos resultados no sería un impedimento para desarrollar el proyecto.

**Pregunta 9.** ¿Considera Ud. que la Municipalidad dispone del presupuesto necesario para implementar el sistema?

**Tabla 4.9.** Encuesta Pregunta 9

Detalle	Frecuencia	Porcentaje
Si	35	35 %
No	65	65 %
<b>TOTAL</b>	20	100 %

**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**Figura 4.9.** Diagrama de Pastel Pregunta 9



**Realizado por:** Investigador

**Fuente:** Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **Análisis e Interpretación**

Dados los resultados de la novena pregunta obtenemos que, si bien es cierto el 65% coinciden en que no se dispone de presupuesto en estos momentos para implementar el sistema.

### **4.3. Análisis de la situación actual.**

En el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro costa con dos centros de redifusión cuya banda de frecuencias es en AM, un canal de televisión que solo da cobertura al casco central, no cuenta con un periódico o centro de investigación o noticiero, cuenta con una biblioteca municipal, pero no cuenta con infocentros, ni una ventanilla de difusión.

Los medios de comunicaciones anteriormente mencionados son básicos en comparación con otras ciudades de la parte central del país, unas de las ciudades que servirían como ejemplo de cómo encaminar a los ciudadanos al mambito tecnológico son la ciudad de Ibarra, y Otavalo.

En la ciudad de Otavalo en cada parque y sector público como son Casa de la Cultura, Municipio, Upc, Museo, etc. Tienen acceso a los servicios digitales gracias a la implementación de redes wifi en cada uno de estas áreas.

En cambio la ciudad de Ibarra, en cada uno de sus escuelas, colegios, parques, el Municipio y Cabildos cuenta con centros de acceso a internet y en algunos lugares se puede hacer pagos de impuestos y trámites legales llegando a ser de gran ayuda para personas de escasos recursos o especiales que no podían trasladarse a la parte central de la ciudad de Ibarra para realizar sus trámites legales.

Con estas observaciones se da cuenta que el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, se ha quedado estancada en el ámbito de comunicación y de mutiservicios a sus habitantes.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la implementación de redes de comunicaciones en algunas áreas es el factor económico, muchas veces los estudios costo-beneficio son negativos para las empresas u organizaciones que piensan implementar redes en estas áreas lo cual hace que el proyecto nunca se ejecute.
  
- Para el desarrollo de un proyecto el punto más importante que se debe tener en cuenta es identificar claramente las necesidades de los sectores en los cuales se va a desarrollar dicho proyecto, esto se puede lograr teniendo un contacto directo con los involucrados para nuestro caso con los estudios realizados a los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, con el fin de conocer sus necesidades en cuanto a comunicaciones se refiere y establecer un conjunto de actividades que presenten la mejor solución.
  
- Resulta trascendental este proyecto porque se propone beneficiar a los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, y tomando en cuenta el crecimiento poblacional serian cada vez más los beneficiados como por ejemplo entre los importantes tenemos a los estudiantes tanto de secundaria, primaria y personas en general.

- La investigación se realizó basada en las políticas y regulaciones para sistemas de telecomunicaciones híbridas y servicios digitales emitidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, en las leyes de la CONATEL para las telecomunicaciones y en los reglamento interno de la administración del Cantón Santiago de Píllaro y en los reglamentos de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato como requisito para la graduación.

## **5.2. Recomendaciones**

- Si queremos eliminar uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la implementación de redes de comunicaciones en algunas áreas es necesario el estudio en sistemas de telecomunicaciones de bajo presupuesto, muchas veces estos estudios no se los realizan por falta de tiempo y conocimientos de las últimas tecnologías.
- Es de vital importancia identificar claramente las necesidades de los sectores en los cuales vamos a desarrollar nuestro proyecto, esto se puede lograr teniendo un contacto directo con los involucrados, como son los ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, para mejorar las necesidades en cuanto a la libre información se refiere.
- Para permitir que la población se desenvuelva eficazmente, y no perdiendo aceptación y cooperación de las demás ciudades, impidiéndole tener igualdad y porque no ventajas sobre el resto de las ciudades de nuestro país se recomienda realizar el estudio de un sistema de telecomunicaciones.
- Es altamente recomendado que las investigaciones y análisis de resultados se las realice siguiendo las políticas y regulaciones, que establecen los entes administrativos y ministerios encargados.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **Tema**

“RED MESH PARA EL ACCESO A LOS SERVICIOS DIGITALES EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”

#### **6.1. Datos Informativos**

- **Institución Ejecutora:**  
Universidad Técnica de Ambato (Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial)
  
- **Beneficiarios:**  
Ciudadanos del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua.
  
- **Ubicación:**  
Provincia de Tungurahua, Ciudad Santiago de Píllaro.
  
- **Equipo Técnico responsable:**

**Investigador:** Miguel Ángel Rojano Cortés

**Tutor:** Ing. Geovanni Brito M.Sc

**Entidad:** Universidad Técnica de Ambato (FISEI)

## 6.2. Antecedentes

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Píllaro una institución trabajadora, carismática y luchadora por los más necesitados, viene administrando implacablemente por un mejor futuro para todos los ciudadanos de este cantón, invirtiendo en salud, obras públicas, educación, recreación y otras en la región central del país, con una gran desventaja en comparación con otras ciudades del país, de no contar con un sistema de comunicación para el libre acceso a los servicios digitales en el casco central.

Actualmente el teléfono, los altavoces y pancartas han sido los únicos medios de informar, divulgar y verificar las principales novedades y la biblioteca pública ha sido el único ámbito de libre información en la ciudad.

Cabe destacar que no existe una red de comunicaciones libre en el casco central por lo que no proporciona los beneficios que hoy en día debería disponer, es por ello que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Píllaro, desea un sistema que le permita obtener un buen rendimiento en comunicaciones. La Municipalidad está consciente que las comunicaciones son esenciales en una comunidad competitiva y educada, para lo cual se requiere emplear una gran variedad de métodos de comunicación. La tecnología utilizada para estos propósitos va desde la relativamente simple y probada, como la radio o teléfono, hasta la nueva y más sofisticada como las transmisiones por microondas o vía satélite.

En la actualidad las tecnologías inalámbricas prevalecen en el ámbito de las redes de banda ancha, el acceso por Microondas resulta el más idóneo para redes de área Metropolitana, debido a sus características en cuanto a tasa de transmisión y cobertura. Los principales servicios que pueden ofertarse con la implementación de una red de este tipo son: el internet inalámbrico de banda ancha a través de la contratación de un proveedor ISP, con lo que se puede

obtener también correo electrónico, alojamiento web, registro de dominios, servidores de noticias, etc.

### **6.3. Justificación**

Analizando las conclusiones, basadas en las respuestas de las encuestas realizadas, apuntan claramente hacia la necesidad de un sistema de comunicación para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Píllaro, teniendo una cobertura en un inicio su casco central y es aspiración de los administradores que en un futuro no muy lejano agrandar su área de servicio asía todos las ciudadanos en las áreas rurales, que nuevas y mejores técnicas de comunicación sean implementadas para incrementar la calidad de servicio a los ciudadanos y poder competir a la par con el resto de Municipalidades del país.

La tecnología inalámbrica está siendo cada vez más utilizada para transmitir información, este tipo de transmisiones son útiles en situaciones donde las líneas de telecomunicaciones convencionales no se encuentran disponibles o no son deseables. El presente estudio tiene la finalidad de enlazar los principales puntos de concentración de habitantes tales como son: Escuelas, Coliseos, Parques, Mercados, determinando la calidad y efectividad del enlace, para ello es necesario un estudio y análisis de la mejor ruta para la conexión.

De acuerdo a los parámetros y cálculos que se realizarán, se determinará la factibilidad, las circunstancias y características bajo las cuales se puede diseñar y planificar el enlace. También se debe tomar muy en cuenta la línea de vista entre los puntos a conectar, ya que este es un factor determinante para la buena o mala transmisión de las señales.

## **6.4. Objetivos**

### **6.4.1. Objetivo General**

Diseñar una red Mesh para el acceso a los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua.

### **6.4.2. Objetivos Específicos**

- Definir las ubicaciones geográficas de las estaciones a enlazar y su perfil topográfico.
- Comparar las características técnicas de los equipos existentes en el mercado y elegir los que mejor se adapten a los requerimientos de la red y su tecnología.
- Realizar una presupuesto general de costos de equipos, materiales y recursos humanos para una futura implementación del sistema de comunicación.

## **6.5. Análisis de Factibilidad**

### **6.5.1. Factibilidad Técnica**

Se realizó un análisis de las diversas tecnologías de comunicación disponibles, este estudio estuvo destinado a recolectar información sobre los requerimientos tecnológicos que deben ser adquiridos para la implementación y puesta en marcha del sistema en cuestión.

La propuesta del diseño del sistema de comunicación inalámbrico o red Mesh es factible debido a que existen los equipos necesarios y documentación respectiva para su estudio y posterior implementación, además de varias alternativas, que permitirá escoger el más apropiado y el que mejor se adapte a las necesidades de la Municipalidad y sus ciudadanos.

Como resultado de este estudio técnico se determinó que la propuesta a desarrollar, tomando en consideración los parámetros necesarios que garantice la seguridad en transmisión y recepción de información, son totalmente accesibles para el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **6.5.2. Factibilidad Operativa**

Desde el punto de vista operativo la propuesta es factible debido a que el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro cuenta con una infraestructura físicamente adecuada, además basándose en las encuesta y conversaciones sostenidas con directivos y personal involucrado se manifestó que estos no presentan ninguna oposición al proyecto, debido a que son conscientes de la necesidad de contar con un sistema que permita el intercambio de información, el libre acceso a los servicios digitales y de los beneficios que esta traerá a la Ciudad, por tal razón es factible y de suma importancia para la ciudadanía realizar esta propuesta.

### **6.5.3. Factibilidad Económica**

El alcalde, como la representante de redes del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Píllaro, ha demostrado un total interés en este proyecto. Es por ello que han manifestado que la propuesta de una red Mesh para el libre acceso a los servicios digitales en el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro si es factible económicamente con el nuevo presupuesto del año 2013, tomando institución el diseño como punto de partida para la justificación del gasto para el proyecto, es decir están dispuestos a brindar el apoyo económico necesario para la adquisición de los equipos y materiales que serán utilizados en una futura implementación del sistema de comunicación.

## **6.6. Fundamentación Científico – Técnica**

### **6.6.1. Arquitecturas y Protocolos en Redes Mesh**

#### **Características Generales de las Redes Inalámbricas Mesh**

Las redes inalámbricas Mesh (WMNs) es un tipo de red radical que marca la diferencia en relación con las tradicionales y centralizadas sistemas inalámbricos, tales como las redes celulares y las redes de área local (LAN).

Unas de las características de las redes Mesh es su inherente tolerancia a fallos cuando existe algún problema en la red, incluso cuando varios nodos fallan, la facilidad de implementación de este tipo de red, y una gran capacidad de ancho de banda.

Aunque las redes inalámbricas Ad Hoc son similares a WMNs, los protocolos y arquitecturas diseñados para las redes inalámbricas Ad Hoc funcionan mal cuando se aplican en redes WMNs. Además los criterios de diseño son diferentes para ambas redes. Estas diferencias de diseño se originan principalmente debido a los tipos de aplicación para cada red. Por ejemplo, una red Ad Hoc es generalmente diseñada para ambientes de alta movilidad, por otro lado una red WMNs está diseñada para ambientes de baja movilidad.

Factores como la ineficacia de los protocolos, las interferencias de fuentes externas, compartir el espectro electromagnético y su escasez reducen aún más la capacidad que pueden alcanzar las redes inalámbricas que funcionan en base a sistemas mono radio.

Con el fin de mejorar la capacidad de las redes Mesh y poder cubrir la cada vez más alta demanda de tráfico planteadas por las nuevas aplicaciones, las redes Mesh multi radio (MR-WMNs) están bajo intensa investigación. Los recientes avances en redes Mesh se basan principalmente en un enfoque multi radio.

Aunque MR-WMNs proveen de mayor capacidad en comparación con redes Mesh mono radio existen todavía inconvenientes y retos que resolver. Las siguientes secciones se enfocan en el estudio, para los dos tipos de redes Mesh.

### Comparación entre redes inalámbricas Ad Hoc y redes Mesh

Entre las redes Ad Hoc y las redes Mesh. Las principales diferencias entre estos dos tipos de redes son la movilidad de los nodos y topología de la red. Las redes Ad Hoc son redes de alta movilidad, donde la topología de la red cambia dinámicamente. Por otra parte una red WMNs tiene una topología relativamente estable con la mayoría de los nodos fijos. Por lo tanto la movilidad en redes Mesh es muy baja en comparación con las redes Ad Hoc.

CARACTERÍSTICA	RED AD HOC	RED MESH
<b>Topología De Red</b>	Altamente dinámica	Relativamente estática
<b>Movilidad De Los Nodos</b>	De media a alta	Baja
<b>Tiempo De Servicio</b>	Temporal	Semi permanente o permanente
<b>Tipo De Tráfico</b>	Tráfico de usuario	Típicamente tráfico de usuario y tráfico de control de red
<b>Ambientes De Aplicación</b>	Comunicaciones internas	Comunicaciones internas y externas
<b>Implementación</b>	Fácil	Requiere algo de planificación

**Tabla 6.1.** Comparación entre redes Ad Hoc y Redes Mesh  
**Elaborado por:** El Investigador

Como se puede apreciar en la tabla otra gran diferencia entre estos dos tipos de redes es el escenario de aplicación ya que las redes Mesh son diseñadas para

proveer servicios de comunicaciones a bajos costos como son: servicios de internet en zonas relativamente extensas como pueden ser ciudades, barrios, etc., mientras que las redes Ad Hoc se utilizan en ambientes pequeños.

### Desafíos en redes Mesh

Comúnmente las redes inalámbricas Ad Hoc y las redes Mesh se basan en un solo canal o en un solo interfaz de radio. Las redes Mesh con independencia de su sencillez y alta tolerancia a fallos, se enfrentan a una limitación en cuanto a la capacidad de la red.

Un enfoque para mejorar la capacidad de una red Mesh es usar múltiples interfaces de radio. Aunque el límite superior teórico de capacidad no se ve afectada ya que al utilizar múltiples interfaces de radios el ancho de banda se divide para el número de interfaces de radio. MR-WMNs provee varias ventajas como el aumento de la capacidad de la red, pero también este tipo de red se enfrenta a varios problemas y desafíos que se mencionan a continuación.

### Capacidad

La capacidad alcanzable por los nodos en una red Mesh se limita si utilizamos sistemas de un solo canal en comparación con sistemas multicanal. La tabla 1.2 muestra la variación del rendimiento en la capacidad de una red Mesh. Se puede apreciar que con más de un salto el rendimiento se degrada.

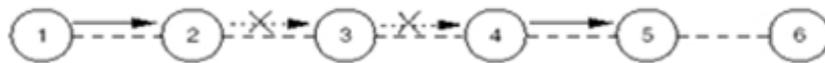
	1er salto	2do salto	3er salto	4to salto	5to salto	Más de 5 saltos
Rendimiento	1	0,47	0,32	0,23	0,15	0,14

**Tabla 6.2.** Variación del rendimiento en función del número de saltos en una red Mesh

**Elaborado por:** Víctor A. Perales Leigh, 1.997

Aunque hay varios factores que contribuyen a la degradación del rendimiento, como características del protocolo MAC, la tasa alta de error presente en canales inalámbricos y factores imprevisibles. Todos estos problemas se ven agravados en sistemas de un solo canal. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 1.1 cuando el nodo 1 transmite al 2 los nodos 2 y 3 no puede iniciar otra transmisión.

Ya que el nodo 2 se ve impedido de una transmisión simultánea con el nodo 3 ya que la mayoría de redes WMNs son half-duplex ya que está expuesto a la transmisión en curso con el nodo 1. Esto se conoce como el problema del nodo expuesto que contribuye a la degradación del rendimiento a lo largo de la ruta, hay que considerar que la degradación del rendimiento aumenta hasta llegar a los cinco saltos de ahí en adelante el rendimiento empieza a permanecer constante.



**Figura 6.1.** Un ejemplo del nodo expuesto en redes Mesh

**Elaborado por:** Víctor A. Perales Leigh, 1.997

### **Confiabilidad y robustez**

Una característica importante que motiva el uso de redes Mesh y sobre todo de las redes MR-WMNs se debe a que mejora la confiabilidad y la robustez de las comunicaciones. La topología en malla en una red Mesh proporciona una alta confiabilidad, en los sistemas de acceso inalámbrico los errores en el canal pueden ser muy elevados en comparación con las redes cableadas, por lo tanto se necesita una alta calidad de comunicación durante la transmisión cuando se utiliza un canal inalámbrico.

Esto es muy importante en una red Mesh que utiliza frecuencias sin licencia, para mejorar la confiabilidad de la comunicación se puede emplear la diversidad de frecuencia, mediante el uso de múltiples interfaces de radio, lo cual es difícil de

lograr en sistemas mono radio. Mientras que en redes MR-WMNs puede lograr mayor tolerancia a fallos en la comunicación, ya sea por cambio de las radios, los canales, o mediante el uso de radios múltiples simultáneamente.

### **Clasificación de arquitecturas en redes Mesh**

Una red inalámbrica Mesh (WMNs) puede ser diseñada basadas en tres diferentes arquitecturas de red:

- Arquitectura plana
- Arquitectura jerárquica
- Arquitectura híbrida

#### **Arquitectura plana**

En una red plana WMNs, la red está formada por los equipos cliente que actúan como host<sup>4</sup> y routers. En este caso, todos los nodos están al mismo nivel. Los nodos de los clientes inalámbricos coordinan entre sí para proporcionar enrutamiento, configuración de la red, provisión de servicios, y algún otro tipo de solicitud. Esta arquitectura es la más parecida a una red Ad Hoc y es el caso más simple entre los tres tipos de arquitecturas WMNs.

La principal ventaja de esta arquitectura es su sencillez, y sus desventajas incluyen la falta de escalabilidad y limitaciones de recursos. Los principales problemas a resolver en el diseño de esta arquitectura WMNs son: Esquema de direccionamiento, Enrutamiento, servicios. En una red plana, el direccionamiento es uno de los problemas que llegan a impedir la estabilidad.

---

<sup>4</sup> Aquel dispositivo de la red que ofrece servicios a otros ordenadores conectados a dicha red.  
Víctor A. Perales Leigh, 2007

## **Arquitectura jerárquica**

En una arquitectura jerárquica, la red tiene múltiples niveles jerárquicos en la que los nodos del cliente forma el nivel más bajo dentro de la arquitectura.

Estos nodos del cliente pueden comunicarse con la red que está formada por routers. En la mayoría de los casos, los nodos WMNs se dedican a formar un backbone de una red troncal WMNs. Esto significa que los nodos que forman el backbone no pueden originar o terminar el tráfico de datos como los nodos del cliente. La responsabilidad de auto-organizar y mantener la red troncal está a cargo de los routers WMNs, algunos de los cuales pueden tener interfaz externa a Internet y a esos nodos se los llama nodos pasarela.

## **Arquitectura híbrida**

Este es un caso especial de redes jerárquicas WMNs, donde la red WMNs utiliza otras redes inalámbricas para la comunicación. Por ejemplo, el uso de otras infraestructuras tales como las redes celulares, redes Wi-Max, o las redes satelitales.

Estas redes híbridas WMNs pueden utilizar múltiples tecnologías tanto para la implementación del backbone como para backhaul<sup>5</sup>. Dado que el crecimiento de WMNs depende en gran medida de cómo trabaja con otras soluciones de red inalámbrica, esta arquitectura se convierte en muy importante en el desarrollo de redes WMNs.

---

<sup>5</sup> Red de retorno: Conexión de baja, media o alta velocidad que conecta a computadoras u otros equipos de telecomunicaciones encargados de hacer circular la información. Los backhaul conectan redes de datos, redes de telefonía celular y constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación. Un Backhaul es usado para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas

## **Criterios de diseño en redes inalámbricas Mesh multi radio MR-WMNs**

Las principales ventajas de utilizar redes MR-WMNs son el aumento de la capacidad, escalabilidad, fiabilidad, robustez, y flexibilidad de implementación. A pesar de las ventajas de utilizar un sistema de multi radio para WMNs, existen muchos desafíos para el diseño de un sistema eficiente MR-WMNs.

En esta sección se examinan las cuestiones a tener en cuenta para el diseño de una MRWMNs. Las principales cuestiones pueden clasificarse en: Diseño de la arquitectura, diseño MAC, diseño de protocolos de enrutamiento y diseño de métricas, que se explican a continuación.

### **Protocolo de unificación multi radio [MUP]**

El MUP es una solución de capa de enlace para proporcionar una capa virtual que controla múltiples interfaces de radio a fin de optimizar el uso del espectro en una red MR-WMNs.

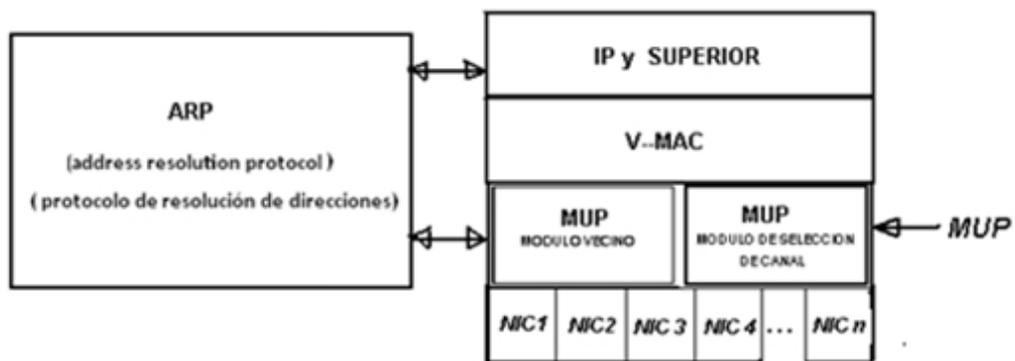
Los principales objetivos de diseño del protocolo MUP son los siguientes: (a) reducir al mínimo las modificaciones de hardware, (b) evitar hacer cambios en los protocolos de capa superior.

El MUP proporciona una única interfaz virtual a las capas superiores ocultando las múltiples interfaces físicas y canalizar mecanismos de selección para escoger un canal adecuado para la comunicación entre nodos.

MUP es implementado en la capa enlace y por tanto las capas superiores no necesitan experimentar ningún cambio para utilizar de forma eficiente múltiples interfaces de radio. El diagrama de arquitectura MUP se muestra en la figura 6.2.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Abolhasan, M.; Hagelstein, B.; and Wang, J. C.-P. Real-world performance of current proactive multi-hop mesh protocols. Real-world Performance of Current Proactive Multi-hop Mesh Protocols. 2009.



**Figura 6.2.** Una representación de la arquitectura MUP  
**Elaborado por:** Carnegie Mellon University, 2006

Una de las principales tareas que hace la capa MUP es vigilar la calidad del canal entre un nodo y sus vecinos de tal manera que el nodo puede elegir la mejor interfaz para comunicarse con un nodo vecino. Con el fin de virtualizar múltiples interfaces de radio con una dirección MAC diferente, MUP utiliza una dirección MAC virtual que oculta eficazmente las múltiples direcciones físicas que tiene cada tarjeta de red inalámbrica. Esto hace que la capa física aparezca para las capas más alta como una única interfaz.

MUP emplea dos diferentes esquemas para la selección de interfaces de radio, estos esquemas son llamados MUP-Random y MUP-Channel-quality. De acuerdo con el esquema MUP-Random que es el esquema básico, un nodo al azar elige una interfaz para la transmisión de un paquete hacia un nodo destino.

El esquema MUP-Channel-quality está diseñado para mantener la información del estado del canal (conocida también como calidad métrica del canal) este esquema escoge entre algunos nodos y elige el mejor canal basado en mensajes de sondeo de información del estado del canal. El uso de mensajes de sondeo permite a la capa MUP obtener información sobre el estado del canal.

MUP consta de dos módulos: a) módulo vecino y b) módulo de selección de canal. El módulo vecino proporciona tablas y el estado de los canales de nodos vecinos. El módulo MUP de selección de canal elige el canal más adecuado.

Cada nodo elige y mantiene la información de calidad del canal para todas las interfaces mediante el intercambio de mensajes de sondeo. El retardo del viaje de ida y vuelta experimentado por el mensaje de sondeo es utilizado como canal de observación de la calidad de la métrica.

Este retardo de viaje de ida y vuelta incluye el retardo debido al protocolo MAC de contención, la carga de tráfico, las interferencias en el canal, las colisiones de paquetes, y el retardo de procesamiento entre los nodos finales. Con el fin de reducir el retardo, que en general podría ser muy alto en un nodo que tiene gran carga, MUP proporciona una alta prioridad para los paquetes de sondeo ya sea colocando el paquete a la cabeza de los demás paquetes mediante el uso de mecanismos de prioridad definidos en los protocolos MAC tales como IEEE 802.11e.

Las ventajas de MUP son las siguientes:

- a) Puede trabajar con nodos que tengan una interfaz única o múltiples interfaces
- b) Aísla a las capas superiores de conocer los protocolos que manejan múltiples interfaces de radio
- c) Mejora la eficiencia del espectro y el rendimiento del sistema.

Algunas de las desventajas son las siguientes:

- a) La asignación de canales es ordinaria y, por lo tanto MUP no podrá hacer uso de los mejores canales disponibles
- b) La exigencia de prioridad para los paquetes de sondeo, hace a MUP inutilizable en redes WMNs basadas en estándares IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE802.11g, debido a que el protocolo MAC utilizado en estos estándares no permite el uso adecuado de múltiples interfaces

- c) MUP decide cual canal utilizar en un nodo local y este canal a veces puede que no sea el más óptimo sobre los otros canales disponibles, esto afecta en la utilización adecuada de los recursos globales de la red.

Otra cuestión con MUP es la asignación de canales para nuevos nodos que entran en funcionamiento en la red, para una red que tiene múltiples canales, se hace necesario el reinicio de todo el sistema, para determinar cuáles son los canales que se asignarán a las interfaces de los nuevos nodos con el fin que estos puedan comunicarse con el resto de la red.

### **6.6.2. Redes Mesh Multiradio Y Multicanal**

La relación costo-beneficio de las tecnologías de acceso inalámbrico tales como IEEE 802.11 ha cambiado las comunicaciones y la informática de manera importante. Su éxito es debido a su despliegue en el hogar y en la pequeña empresa, donde se tiene cobertura limitada y sirve a sólo unos pocos usuarios a la vez. Actualmente existe un considerable interés en la ampliación de redes IEEE802.11 a gran escala empresarial, para proporcionar una cobertura amplia y de banda ancha para el acceso a un número significativo de usuarios.

Esto requiere de una proliferación de puntos de acceso (AP) en el área de cobertura deseada, bajo el estándar IEEE 802.11 con conjuntos de servicios básicos (BSSs). Para aumentar el alcance de la red (por ejemplo, entre un cliente y AP) se basa en reutilizar el espacio de frecuencias, asignándoles un conjunto de canales ortogonales de manera sistemática. El valor de la señal de interferencia y ruido (SINR)( signal to interference noise ratio) en el extremo del BSS, junto con las propiedades inherentes del protocolo de la función de coordinación distribuida (DCF), determinan esencialmente el rendimiento obtenido en el BSSs.

La expansión de la red y el rendimiento global sobre el de área de cobertura se puede lograr mediante una combinación de enfoques como el uso de antenas

directivas; con esto lo más evidente que se logra es el aumento de la disponibilidad de ancho de banda en los sistemas (esto es equivalente a más canales ortogonales).

Actualmente, sólo un número limitado de este tipo de canales ortogonales están disponibles: 3 en IEEE 802.11b (2,4 GHz) y 12 en IEEE 802.11a (5 GHz), está claro que el aumento de ancho de banda para la ampliación no es una opción viable. Por consiguiente para aumentar el rendimiento de la red se requiere necesariamente de mejorar toda la pila de protocolos.

Una opción prometedora para ampliar la capacidad de una red de acceso inalámbrico es configurar la capa 2, que actualmente está previsto dentro del grupo de trabajo IEEE 802.11s. Esto implica una directa interconexión inalámbrica de un conjunto de nodos en malla para formar una red multihop<sup>7</sup>. Estos nodos forman parte de los APs que permiten el acceso directo de los clientes, así como " routers " los cuales retransmiten solo paquetes entre otros elementos de malla similar a una red Ad Hoc. Para el diseño de redes de mayor cobertura se debe modificar los mecanismos de topología, entre ellos el control de la energía y asignación de canales (CAs).

Tradicionalmente las redes inalámbricas multihop (históricamente denominado redes de paquete de radio) están compuestos casi exclusivamente de un solo radio, estas redes no están en condiciones de escala efectiva para explotar los crecientes sistemas de ancho de banda disponible. En consecuencia, el uso de nodos de múltiples radios en una red Mesh, parece ser una de las vías más prometedoras para la expansión de la red. Varios radios aumentan en gran medida el potencial para mejorar la selección del canal y la información de ruta, mientras la malla controla la interferencia y la topología de control permite controlar la potencia.

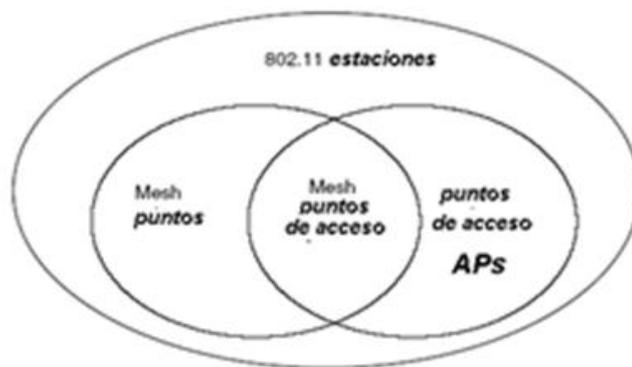
---

<sup>7</sup> Un terminal o nodo no es capaz de detectar la presencia de otro terminal en la red. Dado que en redes CSMA el método de acceso múltiple requiere la detección de portadora para determinar el estado del medio.

## Arquitectura Mesh en 802.11

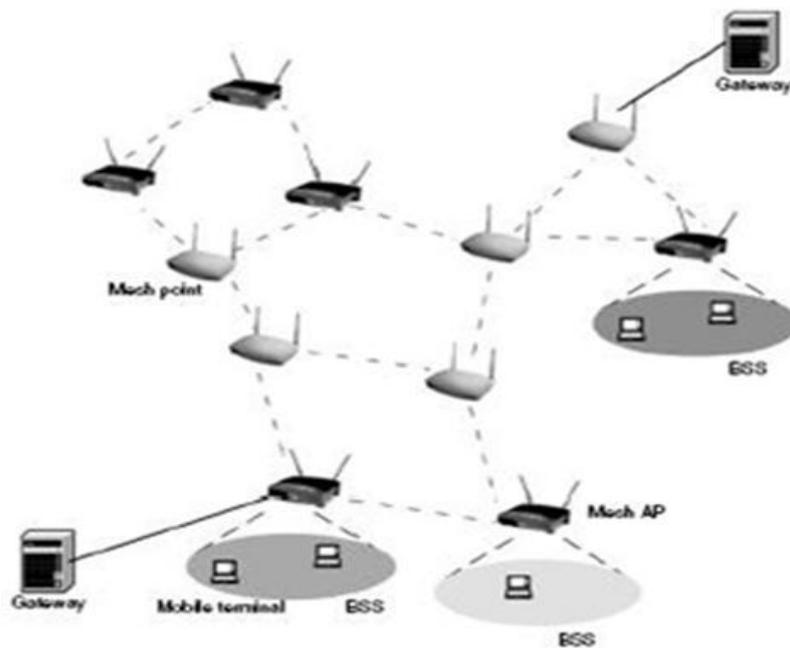
Se puede construir redes WMNs utilizando productos básicos de hardware IEEE 802.11. Sin embargo, antes de que esas redes pueden llegar a ser parte de los principales despliegues, se deben resolver algunas cuestiones como son: seguridad, QoS y gestión de redes. Muchos de estos problemas son propios de cualquier red WMNs y no sólo de redes WMNs en base a IEEE 802.11.

La creciente disponibilidad de radios multimodo, integrados en las tarjetas 802.11a/b/g, de los clientes y dispositivos de infraestructura, permitirá implementar nuevas arquitecturas en malla. Los nodos en una malla para una red de acceso consta de dos tipos como se muestran en las figuras 1.5.a/b, un ligero predominio de puntos Mesh cuya única función es el enrutamiento de los paquetes de forma inalámbrica a los nodos vecinos y a otros subconjuntos de nodos Mesh APs que permiten la conexión directa con el cliente. Una pequeña fracción de estos nodos Mesh APs estarán conectados por el cable del backbone<sup>8</sup> y sirven como puertas de entrada o de enlace para el tráfico de ingreso / salida.



**Figura 6.3.** Representación esquemática de los dos tipos de nodos Mesh: APs y puntos Mesh.  
**Elaborado por:** Pablo Neira Ayuso, Universidad de Sevilla

<sup>8</sup> El término es usado para indicar que la fuente de información conectada a un nodo origen es transportada a través de la red hasta el nodo destino utilizando paquetes de datos que pueden ser reenviados a través nodos intermedios



**Figura 6.4.** Dos niveles de arquitectura de red Mesh  
**Elaborado por:** Pablo Neira Ayuso, Universidad de Sevilla

### Redes Mesh Multicanal de un solo radio

Cualquier ruta de extremo a extremo en una red multihop deben utilizar todos los canales ortogonales disponibles, una manera de mejorar el rendimiento de la red es maximizar la reutilización espacial, es decir, maximiza el número de transmisiones simultáneas en el área de la red. Desafortunadamente existe una limitación en los dispositivos inalámbricos de un solo radio y es que operarán solamente en modo half-duplex, y por lo tanto no puede transmitir y recibir simultáneamente, incluso si múltiples canales están disponibles.

Un posible enfoque multihop es la formación de rutas para todos los nodos que utilizan el mismo canal, aunque varios canales están disponibles, sin embargo, evita el inconveniente de los grandes retardos de extremo a extremo cuando los nodos adyacentes utilizan diferentes canales de comunicación.

Esta última requiere el escaneo de canales para realizar la conmutación y un radio activa tal que dos nodos adyacentes comparten un mismo canal, lo que

retarda la conmutación por nodo. Por ejemplo, el retardo de conmutación varía para el hardware en IEEE 802.11 desde unos pocos milisegundos a unos cientos de microsegundos. Esta frecuencia de conmutación de canales puede considerarse como una vía eficaz debido a que el retardo de conmutación se manifiesta como un salto virtual a lo largo de la ruta. De ahí que, aprovechando los múltiples canales ortogonales claramente se mejora el rendimiento global con respecto a la hipótesis de un solo canal, pero a costa de aumentar el retardo de extremo a extremo.

Por todas estas razones las red Mesh Multiradio introducen varios y nuevos grados de libertad con respecto a la limitación de dispositivos inalámbricos de un solo radio, se espera que los dispositivos Multiradio sean un componente clave en lograr escalabilidad y adaptabilidad (como un software definido para las múltiples radios) para las futuras redes inalámbricas.

### **Redes Mesh Multiradio**

Los nodos con múltiples radios son efectivamente full dúplex, es decir, que puedan recibir en el canal C1 en una interfaz mientras simultáneamente se transmite en el canal C2 en otra interfaz, con lo que se duplica el rendimiento en el nodo.

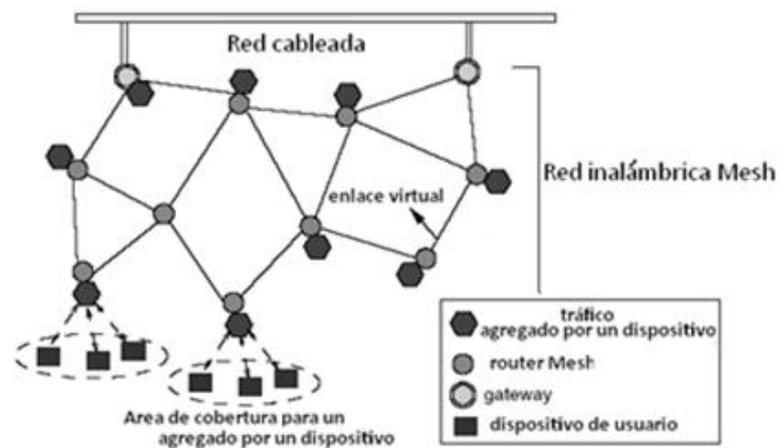
La asignación de canales tiene una gran influencia en el rendimiento de extremo a extremo, al igual que la elección de métricas de enrutamiento para la formación de ruta. En resumen con buen diseño de las capas 1, 2, 3, aumenta el rendimiento de redes Mesh Multiradio así como su tamaño.

#### **6.6.3. Redes Mesh Basadas En IEEE 802.11**

IEEE 802.11 se ha convertido en el estándar de facto para el hogar, empresa y el despliegue de redes de área local inalámbricas (WLANs). La mayoría de estos despliegues operarán en el modo de infraestructura, donde un conjunto de puntos

de acceso (AP) sirven de centros de comunicación para estaciones móviles y proporcionan puntos de acceso a Internet.

El papel actual de IEEE 802.11 se limita a los clientes móviles que se comunican a través de AP. Las economías de escala hacen que IEEE 802.11 sea una alternativa deseable incluso para interconectar estos APs en forma de una malla de red inalámbrica (WMN) como se muestra en la Figura 6.5



**Figura 6.5.** Núcleo de una red MESH

**Elaborado por:** Pablo Neira Ayuso, Universidad de Sevilla, 2.011

El núcleo de la red Mesh al cual está conectada una red cableada a través de un conjunto de gateways. Cada nodo WMNs tiene un radio interface que es usado para comunicarse con otros nodos WMNs a través de enlaces como se muestra. Un nodo WMNs es equipado con un dispositivo (similar a un Access Point) que interactúa con las estaciones móviles individuales. Las estaciones móviles retransmisoras WMNs agrega tráfico de datos hacia y desde la red cableada

Para satisfacer aplicaciones, IEEE 802.11 soporta dos modos de funcionamiento: el modo Ad Hoc que con un solo salto en la red los nodos Ad Hoc se comunican entre sí directamente, sin la utilización de un AP. EL segundo modo es el sistema de distribución inalámbrica (WDS), modalidad para la formación de transmisión punto a punto donde cada AP no sólo actúa como una estación base, sino

también como un nodo retransmisor inalámbrico. Sin embargo, una red IEEE 802.11 pueden utilizarse para formar una eficaz red WMNs.

El rendimiento, la seguridad y la gestión son cuestiones que deben ser abordadas. Desde el punto de vista de rendimiento, el rendimiento bajo de extremo a extremo es un problema común en redes WMNs basados IEEE 802.11.

## **Problemas de rendimiento y sus causas**

### **Capacidad limitada**

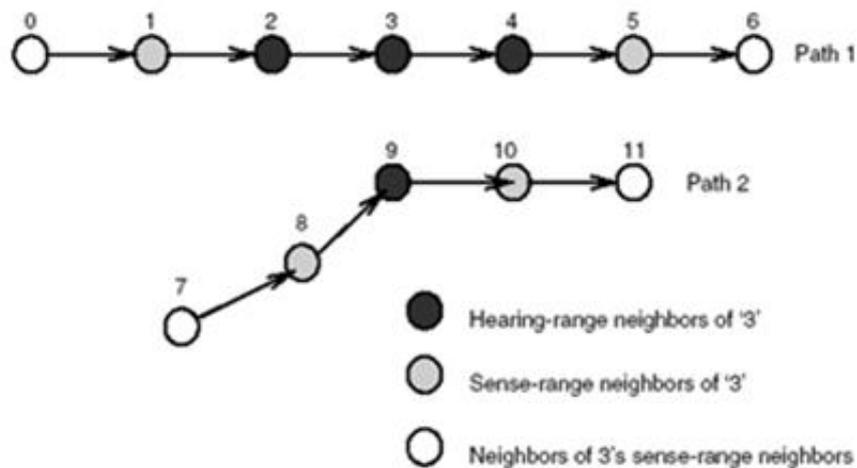
A pesar de los muchos avances de la tecnología para la capa física (inalámbrica), la limitada capacidad sigue siendo una cuestión apremiante, incluso para redes WLAN de un solo salto. La publicidad de 54 Mbps de ancho de banda para el hardware IEEE 802.11a/g es el pico de velocidad de transmisión de datos. Además, la máxima velocidad de transmisión en la capa enlace decrece rápidamente al aumentar la distancia entre el transmisor y el receptor.

### **La interferencia intraflujo e interflujo**

La cuestión del ancho de banda es aún más grave para redes WMNs donde con el fin de mantener la red conectada a todos los nodos opera sobre el mismo canal de radio. Esto resulta en una interferencia sustancial de las transmisiones entre nodos adyacentes en la misma ruta, así como en las rutas adyacentes la reducción de la capacidad de extremo a extremo de la red. Figura 6.6 representa un ejemplo de tal interferencia.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Hiertz G. R., Max S., Zhao R., Denteneer D., Berlemann L. Principles of IEEE 802.11s Computer Communications and Networks, Honolulu. 2007.



**Figura 6.6.** Interferencia intraflujo y interflujo  
**Elaborado por:** Akyildiz I. F., Wang X., Wang W, 2005

Interferencia intraflujo y interflujo en un solo canal en una red Ad Hoc. Los nodos 1, 2, 4 y 5 están en el rango de interferencia nodo 3, y por tanto, no puede transmitir/recibir cuando el nodo 3 se activa.

Los nodos 8, 9, y 10 que pertenecen a otra ruta también entran en el rango de interferencia del nodo 3. Por lo tanto ninguno de los enlaces inalámbricos que se muestra en la figura puede operar simultáneamente cuando el nodo 3 transmite al nodo 4.

### **Selección efectiva de ruta**

La más simple métrica de enrutamiento para redes WMNs, es la métrica de contar los saltos. Sin embargo, el uso de esta métrica de contar los saltos conduce a una selección no fiable de ruta. En primer lugar, contar los pequeños saltos se traduce en más tiempo y por tanto tendencia a más errores de salto individual. En segundo lugar esta métrica no hace nada para equilibrar la carga de tráfico a través de la red. Esto reduce la capacidad efectiva de la red WMNs.

## **Control del overhead<sup>10</sup> en TCP**

El problema de la limitada capacidad se agrava por el protocolo de control de transmisión (TCP) que no utiliza eficazmente el ancho de banda disponible.

Primero dado las características de TCP obliga a enviar un paquete de reconocimiento con cualquier clase de paquete, estos paquetes consumen ancho de banda considerable (hasta el 20%) debido al alto y fijo overhead por paquete en redes inalámbricas IEEE 802.11.

En segundo lugar, cuando un paquete se pierde entre los saltos, la estrategia de TCP de extremo a extremo es la retransmisión del paquete por todo el camino de nuevo. Esto conduce a un desperdicio del ancho de banda.

## **Ineficaz control de congestión**

La congestión en TCP se basa en eliminar paquetes perdidos para detectar la congestión de la red. En las redes inalámbricas, sin embargo, los paquetes también se eliminan debido a errores. TCP no distingue entre estos errores poco frecuentes y los paquetes que producen la verdadera congestión. Según la condiciones del canal este puede dar lugar a una importante caída de rendimiento de la red.

## **El problema del terminal oculto**

Es bien conocido que la capa MAC IEEE 802.11 exhibe el problema del nodo oculto que causa un enlace inalámbrico de transmisión sea rechazado por otro enlace de utilidad para la transmisión.

---

<sup>10</sup> Bytes adicionales que retransmiten por cada paquete como son: bytes de direccionamiento, control etc. Y que se ve reflejado en más tiempo de cálculo, consumo de ancho de banda. Joshi A., Gossain H., Jetcheva J., Audeh M., Bahr M., Kruys J., Lim A., Rahman S., Kim J., Conner S., Strutt G., Liu H., Hares S. HWMP Specification IEEE. 2006.

Mientras los mensajes RTS/CTS en el protocolo MAC 802.11 efectivamente detiene un nodo oculto que interfiere con una comunicación permanente en curso, no puede impedir que el nodo oculto inicie secuencias de mensajes RTS/CTS en tiempos inoportunos sufre largos tiempos de retardo debido a la ejecución del algoritmo de back-off. TCP agrava este problema de flujo porque el remitente TCP promueve el algoritmo de back-off cuando sus paquetes tardan mucho tiempo en llegar a través de los enlaces inhibidos. Como resultado, un flujo TCP que atraviesa por un enlace y puede ser totalmente suprimido en el peor de los casos.

### **El problema de compartir el canal**

Los protocolos de transporte existentes hacen el mejor intento de asignar un canal de radio con un ancho de banda específico, entre los flujos de un solo nodo, en lugar de entre todos los flujos de todos los nodos que comparten el canal de radio. Como resultado, un flujo emana de un nodo con menos densidad y con un ancho de banda de canal grande.

La equidad de TCP depende en gran medida del tiempo de ida y vuelta (RTT) de los flujos involucrados, cuando dos flujos multi salto TCP comparten el mismo enlace inalámbrico, los flujos que atraviesa un número de saltos, tiende a adquirir más de ancho de banda. Si bien esto es cierto incluso para las operaciones de TCP en la internet por cable, el problema es mucho más frecuente en una red WMNs. En una red WMNs la mayor parte del tráfico se dirige hacia y desde los nodos gateway (nodos de puertas de enlace) que conectan una red WMN al Internet por cable.

### **Redes Mesh multicanal**

El estándar IEEE 802.11b/g y el estándar IEEE 802.11a proporcionan 3 y 11 canales, respectivamente, que podrían ser utilizados simultáneamente con un nodo adyacente. La posibilidad de utilizar múltiples canales aumenta

sustancialmente la eficacia del ancho de banda disponible para los nodos de la red inalámbrica. Sin embargo, una arquitectura convencional WMNs equipa cada nodo con una sola interfaz, que siempre está sintonizada a un canal único con el fin de preservar la conectividad.

Para utilizar múltiples canales dentro de la misma red, cada nodo necesita tener capacidad de conmutación de canal o estas necesitan múltiples interfaces, cada uno sintonizado, para operar en un canal diferente. La conmutación de canal requiere de una eficaz sincronización entre los nodos en el momento en que cualquier nodo transmite o recibe en un canal en particular.

Un posible esquema es tener a todos los nodos de conmutación entre todos los canales disponibles en algún orden predeterminado. Aquí una interfaz cambia entre los canales disponibles en diferentes slots de tiempo, de forma aleatoria. Los nodos que deseen comunicarse esperan una ranura de tiempo donde sus interfaces están en el mismo canal.

Estas secuencias no son fijas y pueden alterarse. La ventaja de este sistema es que el tráfico de carga es equilibrada en todos los canales disponibles en general logra la reducción de interferencias. Sin embargo, dicha sincronización es difícil de conseguir sin modificar la capa MAC 802.11. Por lo tanto, utilizar routers WMNs multiradio es un enfoque más prometedor para formar redes WMNs multicanal basadas en IEEE 802.11.

La asignación de canales para interfaces de radio juega un papel importante en el aprovechamiento de la capacidad de ancho de banda de esta arquitectura multiradio. Por ejemplo, una idéntica asignación de canal para todos los nodos limita sustancialmente el rendimiento que es posible alcanzar para arquitecturas de un solo radio.

El objetivo de canalizar la asignación del canal es reducir las interferencias

mediante la utilización de tantos canales como sea posible, manteniendo al mismo tiempo la conexión entre nodos. En esta sección, se discuten las diferentes técnicas propuestas para llevar a cabo la asignación inteligente de canal.

#### **6.6.4. Protocolos En Las Redes Mesh**

Según los modelos de la capa OSI y TCP/IP, la funcionalidad de la asignación de ruta está localizada en la capa 3, la capa de gestión de redes que normalmente usa el protocolo de Internet (IP). Hay esfuerzos para desarrollar protocolos de asignación de ruta para las redes Mesh en la capa 2. Aunque esto “viola” el concepto de la capa red actual, se espera obtener los siguientes beneficios: acceso más rápido y a más información del estado de la capa 2 y de la capa física.

El enrutamiento en capa 2 es más difícil de llevar a cabo, la información adicional sobre la estructura de la red, las direcciones IP no están disponibles en las direcciones MAC<sup>11</sup>, y es más difícil de hacer entre redes heterogéneas. No obstante, las ventajas del acceso a las capas más bajas aumentarán la fiabilidad de las redes Mesh inalámbricas debido a las reacciones más rápidas y apropiadas a los cambios del ambiente de los radio canales.

Los conceptos para la selección de la ruta son los mismos, tanto para la capa 3 o la capa 2. El último sólo usa las direcciones MAC. También significa que algunos mecanismos, hasta ahora desconocidos en capa 2, tengan que ser introducidos: tiempo de vida útil (TTL), dirección de la fuente y destino como los saltos a través de la ruta inalámbrica multihop.

#### **Requisitos de Enrutamiento en las Redes WMNs**

Un protocolo de asignación de ruta óptimo para redes WMNs debe cumplir con lo siguiente:

---

<sup>11</sup> Medium Access Control. Control de Acceso al Medio. En redes de emisión (broadcast), es el método para determina que dispositivo tiene acceso al medio de transmisión en un tiempo dado.

- Tolerancia a fallos: un problema importante en las redes es la supervivencia, que es la capacidad de la red para funcionar en caso de que un nodo falle. De la misma manera los protocolos de enrutamiento también deberían permitir una nueva selección de ruta en caso de fallas.
- Balanceo de carga: los routers inalámbricos Mesh son recomendados en el balanceo de carga porque ellos pueden escoger la ruta más eficaz para los datos.
- La reducción del Enrutamiento overhead: la conservación del ancho de banda es indispensable en el éxito de cualquier red inalámbrica. Es importante reducir la asignación de ruta overhead, sobre todo el causado por la retransmisión.
- Escalabilidad: una red mallada es escalable y puede ocuparse miles de nodos, ya que el funcionamiento de la red no depende de un punto mando central.
- QoS: debido a la limitada capacidad del canal, la interferencia es un factor muy importante, el gran número de usuarios y las aplicaciones multimedia en tiempo real, apoyada por la calidad de servicio (QoS) se ha vuelto un requisito indispensable en redes de computadoras.

### **Enrutamiento Multi camino para balanceo de carga y Tolerancia A Fallos**

Una red mallada se basa en caminos múltiples entre los nodos de la red ya que es más robusta contra alguna falla de un nodo o varios nodos. Pueden agregarse más nodos a la malla para aumentar la redundancia.

La selección de caminos múltiples entre el nodo fuente y el nodo destino, ayuda, por ejemplo, cuando un enlace está roto y la información que cruzaba por este enlace puede atravesar por otra ruta sin esperar un nuevo enrutamiento esto reduce notablemente retardo de extremo a extremo y aumenta el rendimiento.

También ayuda equilibrar la carga para prevenir la congestión y el tráfico alrededor de los nodos congestionados.

#### **6.6.5. Enrutamiento con QoS**

El enrutamiento de las redes inalámbricas multihop con QoS, necesita mantener un ancho de banda que garantice los requerimientos de la conexión y sin que la ruta se sienta afectada por la interferencia de otras rutas en la red.

Hay dos tipos diferentes de interferencia en una red multihop inalámbrica: la interferencia interflujo y la interferencia intraflujo. Para una ruta P, la interferencia interflujo ocurre cuando un enlace de P usa el mismo canal con otro enlace que no es de P dentro de su rango de interferencia; y la interferencia intraflujo ocurre cuando dos enlaces de P dentro de su rango de interferencia utilizan el mismo canal.

#### **Clasificación**

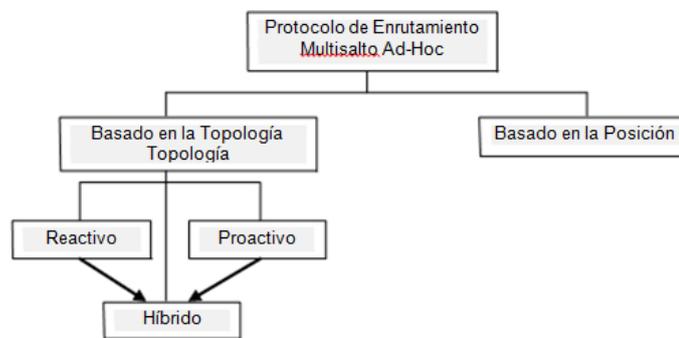
La tarea principal del protocolo de enrutamiento es la selección de la ruta entre el nodo fuente y el nodo destino. Esto tiene que ser hecho fiablemente, rápido, y con mínimo overhead.

En general, los protocolos de enrutamiento pueden ser clasificados según la topología y la posición, como se puede apreciar en la figura 1.10. Los protocolos según la topología seleccionan la ruta basada en la información tales como el estado de los enlaces entre nodos, mientras que los protocolos de enrutamiento según la posición se basan en la información geográfica con algoritmos geométricos.

Los protocolos de enrutamiento según la topología se dividen en reactivo, proactivo e híbridos. El protocolo reactivo (AODV) sólo selecciona una ruta cuando se necesita, esto reduce el control overhead pero introduce un tiempo

de latencia<sup>12</sup> para el primer paquete en ser enviado. En la asignación de ruta proactivo (OSPF, OLSR), cada nodo tiene su ruta establecida durante todo el tiempo de transmisión, no hay ninguna latencia, pero el mantenimiento permanente de rutas incrementa el control de overhead.

Los protocolos de asignación de ruta híbridos (HWMP) intentan combinar las ventajas de ambas filosofías: el proactivo se usa para nodos cercanos, mientras el reactivo se usa más para nodos distantes.



**Figura 6.7.** Clasificación de los protocolos de enrutamiento  
**Elaborado por:** Chroboczek J. 2011

En principio, las redes Mesh pueden emplear cualquier protocolo de asignación de ruta de cualquiera de las clases descrito antes. Sin embargo no todos los protocolos trabajan bien en este tipo de redes. La selección de un protocolo de enrutamiento que asigne la ruta conveniente depende del entorno de aplicación y de los requerimientos de rendimiento de la red.

Las redes WMNs, no dependen de infraestructura física por lo que la comunicación viene dada por los sistemas de radio de los equipos. Para que se produzca esta comunicación entre los equipos, estos deben trabajar como routers<sup>13</sup>, pero este enrutamiento es mucho más complejo que en las redes fijas. Este problema se intenta resolver mediante un gran número de algoritmos y protocolos de enrutamiento.

<sup>12</sup> Retraso de los paquetes a lo largo de su camino.

<sup>13</sup> Dispositivo de hardware para interconexión de red de computadoras.

Chroboczek J. The Babel Routing Protocol Internet Engineering Task Force (IETF). 2011.

Hay un gran número de algoritmos dado que esta tecnología está aún en investigación y se buscan soluciones desde vías muy diferentes, lo que da como resultado la aparición de un gran número de protocolos, los cuales se definen con características muy diferentes entre sí.

### **Canal único/Multicanal**

Esta es una propiedad de capa 2. Hay protocolos en los que todos los nodos comparten el mismo canal de comunicación. Lo que significa que todas las comunicaciones pasan por el mismo canal disminuyendo la velocidad de la red. El control acceso al medio en IEEE802.11 utiliza el protocolo CSMA/CA con reconocimiento y un tiempo de back off aleatorio que sigue una condición de medio ocupado.

El protocolo CSMA/CA de 802.11 se diseñó para reducir la probabilidad de colisión entre los múltiples intentos de acceso al medio. Las múltiples estaciones están esperando que el medio este libre y cuando lo está todas las estaciones intentan acceder al mismo tiempo. Por lo tanto se utiliza una distribución back off aleatoria para poder minimizar los conflictos en el medio. Hay protocolos que especifican el canal de comunicación como: AODV, OLSR.

En cambio, otros protocolos utilizan CDMA, FDMA o TDMA para poder especificar el canal. En este caso la comunicación es mucho más eficiente porque se puede trabajar con velocidades más altas pero en contra se tiene que controlar mediante las estaciones la asignación de canales.

### **Uniforme/No uniforme**

Esta característica básicamente nos permite indicar si todos los nodos de la red tienen las mismas especificaciones, características y roles, en cuyo caso es uniforme. Un protocolo no uniforme indica que hay nodos de la red con características distintas, lo cual significa que hay nodos con roles distintos.

Estos roles pueden venir dados por el hecho de que la red esté dividida en diferentes clústers<sup>14</sup> y hay un nodo de este clúster que es el principal o incluso hay un nodo gateway<sup>15</sup>, como por ejemplo el protocolo OLSR.

### **Topología jerárquica/Enrutamiento con Clúster**

La idea de utilizar clúster en las redes es para intentar dar una estructura a este tipo de redes. Estos clúster habitualmente tienen un nodo principal dedicado, que es el encargado de indicar a los nodos cercanos a qué clúster pertenecen y de este modo estructurar la red. Estos nodos principales aparte de ser informados de la conexión y desconexión de nodos también se encargan de ser las puertas de unión entre los diferentes clúster. Se debe mencionar que en muchos casos los clúster tienen diferentes capas jerárquicas, en este tipo de protocolos se envía información más frecuentemente a los nodos que se mueven rápidamente o a los que están más cerca.

El problema de los clúster es que el nodo principal y el gateway tienen que trabajar con mucha información y se pueden convertir en el cuello de botella de la red, ya que si todos los nodos de la red pretenden enviar información a otro nodo, toda esta información tratará de salir por el mismo nodo. Además de reanudar la comunicación, estos nodos también gastarán mucha más energía que los otros, lo que puede suponer un problema en nodos que trabajen con fuentes autónomas de alimentación.

### **Protocolos basados en posicionamiento**

Estos protocolos se basan en la idea de que no es necesario mantener tablas de enrutamiento y por lo tanto no es necesario el overhead debido al mecanismo de descubrimiento o mantenimiento de rutas. En cambio, necesitan saber la posición de los destinatarios de la información, ya sea mediante un protocolo interno de

---

<sup>14</sup> Grupo de múltiples computadores unidos mediante una red de alta velocidad.

<sup>15</sup> Dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación.

descubrimiento, o por un servicio de localización externo que obligará a mantener información de posicionamiento.

Otro tipo de protocolos son los que se basan en inundación, en los que se debe conocer aproximadamente la zona del nodo destino y entonces se envían los paquetes a todos los nodos que estén en la dirección de la zona destinataria, de este modo no se tienen que enviar los mensajes a todos los nodos vecinos. Cabe mencionar que hay protocolos híbridos que para distancias largas utilizan enrutamiento direccional, es decir, se basan en conocer la dirección en la que se encuentra el nodo y se transmite en esa dirección. Pero para los nodos cercanos no se utiliza ningún mecanismo basado en localización.

### **Proactivo/Enrutamiento bajo demanda**

Un protocolo de enrutamiento puede mantener la información bajo demanda (reactiva), es decir, actualiza su información de enrutamiento a medida que es necesaria. Este tipo de protocolo no necesita que todos los nodos tengan la información de enrutamiento en todo momento, sino que la actualizará a medida que la necesita. Lo que se pretende conseguir es que la red inalámbrica no tenga una gran carga de señalización innecesaria. Se puede considerar muy útil cuando la información viaja a menudo por rutas muy parecidas.

Estos protocolos necesitan saber al menos el primer salto que deben hacer, si no lo conocen se debe hacer un broadcast<sup>16</sup> hacia todos los nodos vecinos, esta estrategia sólo se puede utilizar en los primeros saltos, si se utilizara en exceso se inundaría la red, lo que no es conveniente. Los paquetes no se empiezan a enviar hasta que la ruta no está especificada, esto supone un retraso en el envío de los primeros paquetes. Una vez la ruta está finalizada, se debe guardar en caché la tabla de enrutamiento durante un período de tiempo, una vez que pasa este tiempo la ruta se invalida.

---

<sup>16</sup> Es cuando la información llega a todos los nodos  
Clausen T., Jacquet P. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) Internet Engineering Task Force (IETF). Octubre 2003.

Los protocolos proactivos, al contrario que los reactivos (bajo demanda), intentan mantener toda la información de enrutamiento correcta en todos los nodos de la red en cada momento. Estos protocolos también se pueden dividir en dos clases: los que tratan eventos y los que se actualizan de manera regular.

Los que trabajan con eventos no envían paquetes de actualización hasta que no hay un cambio en la topología de la red. En cambio, en el caso de actualización regular, la información se retransmite cada cierto tiempo. La ventaja de este tipo de protocolos es que no necesitan un tiempo para crear la ruta, por el contrario añaden mucha más carga a la red.

#### **6.6.6. AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector)**

Este protocolo permite el enrutamiento dinámico, autoarranque y multihop entre todos los nodos móviles que participan en la red. AODV permite a todos los nodos obtener las rutas rápidamente para nuevos destinos y no requiere que los nodos mantengan las rutas hacia los destinos que no están activos en la comunicación.

El protocolo de enrutamiento está diseñado para redes móviles ad hoc con gran cantidad de nodos y con distintos grados de movilidad. Este protocolo se basa en que todos los nodos tienen que confiar en los otros para transportar sus datos, utilizando mecanismos para evitar la participación de nodos intrusos.

Una característica distintiva de este protocolo es el uso del número de secuencia para cada ruta. Este número de secuencia es creado por el destino para ser incluido con la información necesaria para los nodos que requieren la información.

El uso de estos números de secuencia implica que no se creen bucles<sup>17</sup> y facilita la programación.

---

<sup>17</sup> Sentencia que se realiza repetidas veces a un código.

Este protocolo define tres tipos de mensajes: Route Requests (RREQs), Route Replies (RREPs) y Route Errors (RERRs). Estos mensajes se reciben vía UDP<sup>18</sup>. Mientras todos los nodos tengan las rutas correctas de cada nodo, el protocolo no intercambia mensajes ni tiene ninguna otra función.

Cuando una ruta hacia un nuevo destino es necesaria, el nodo que la necesita envía un mensaje broadcast RREQ que llega al destino, o a un nodo intermedio que tiene una ruta suficientemente “fresca” hacia el destino. Una ruta es “fresca” cuando el número de secuencia hacia el destino es como mínimo tan grande como el número que contiene el RREQ. La ruta se considera disponible para él envió de un mensaje RREP hacia el nodo que originó el RREQ.

Los nodos monitorean el estado de las conexiones de los nodos. Cuando una conexión se rompe en una ruta activa, se envía un mensaje RERR para notificar a los otros nodos la pérdida de la conexión.

Este protocolo tiene una tabla de rutas. La información de la tabla de rutas debe guardarse incluso para las rutas de corta vida. Los campos que tiene cada entrada de la ruta son los siguientes:

- IP de destino.
- Número de secuencia de destino.
- Interfaz de red.
- Contador de saltos.
- Salto siguiente.
- Listado de precursores.
- Tiempo de vida.

---

<sup>18</sup> UDP no ofrece una comunicación fiable, pero es un protocolo sencillo, con poca carga de cabecera, aporta una buena funcionalidad para aplicaciones en tiempo real.

### **6.6.7. OSPF (Open Shortest Path First)**

El protocolo OSPF (Iniciar con la primera ruta más corta), propone el uso de rutas más cortas y accesibles mediante la construcción de un mapa de la red y el mantenimiento de bases de datos con información sobre sistemas locales y vecinos. De esta manera es capaz de calcular la métrica para cada ruta, entonces se eligen las rutas de encaminamiento más cortas.

Todos los routers de OSPF tienen una base de datos detallada con la información necesaria para construir un árbol de encaminamiento del área, con la descripción de las interfaces, conexiones y métricas de los routers. Además de todas las redes de multi acceso y una lista de todos los routers de la red.

Los routers envían periódicamente mensajes de saludo (Hello), para que el resto de los routers sepan que siguen activos. También envían mensajes de saludo al otro extremo de un enlace punto a punto o un circuito virtual para que estos vecinos sepan que siguen atentos.

Una de las razones por las que funcionan los mensajes de saludo es que un mensaje contiene la lista de todos los identificadores de los saludos cuyos vecinos escucharán el emisor, así los routers conocen si se les está escuchando en la red.

### **6.6.8. OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)**

Este protocolo de enrutamiento para enlaces optimizados, está desarrollado para redes móviles ad hoc, opera en modo proactivo. Cada nodo selecciona un grupo de nodos vecinos como “multipoint relay” (MPR), en este caso sólo los nodos seleccionados como tales son responsables de la retransmisión de tráfico de control. Estos nodos también tienen la responsabilidad de declarar el estado del enlace a los nodos que los tienen seleccionados como MPR.

Es muy útil para redes móviles densas y grandes, porque la optimización que se consigue con la selección de los MPR trabaja bien en estos casos. Cuanto más grande y densa sea una red mejor es la optimización que se consigue con este protocolo. OLSR utiliza un enrutamiento salto-a-salto, es decir, cada nodo utiliza su información local para enrutar los paquetes.

La selección de los nodos MPR (retransmisores multi-punto) reduce el número de retransmisiones necesarias para enviar un mensaje a todos los nodos de la red. OLSR optimiza la reacción a cambios en la topología reduciendo el intervalo de transmisión de los mensajes periódicos de control. Como este protocolo se mantiene rutas hacia todos los destinos de la red trabaja muy bien en redes donde el tráfico es aleatorio y esporádico entre un gran número de nodos.

OLSR trabaja de manera distribuida sin ninguna entidad central. Este protocolo no requiere transmisiones seguras de mensajes de control porque los mensajes son periódicos, y se pueden permitir algunas pérdidas. Tampoco necesita una recepción de mensajes secuencial, se utiliza números de secuencia incrementales para que el receptor sepa que información es más reciente.

## **Funcionamiento**

OLSR está modulado para tener un núcleo de funcionalidades, que siempre es requerido, y un grupo de funcionalidades auxiliares.

### **Funcionamiento núcleo**

El núcleo especifica el comportamiento de un nodo que tiene interfaces OLSR.

Se basa en las siguientes funcionalidades:

- **Formato de paquete y retransmisión:** OLSR se comunica mediante un formato de paquete unificado para todos los datos del protocolo. El

propósito de esto es facilitar la extensión del protocolo, estos paquetes se envían como datagramas UDP.

- Cuando recibimos un paquete básico, un nodo examina el mensaje, y basándose en un campo donde se indica el tipo de mensaje determinará el procesamiento del mensaje que seguirá los siguientes pasos:
  - Si el paquete no contiene mensaje (el tamaño es demasiado pequeño) se descarta.
  - Si el valor del TTL <sup>19</sup> es menor o igual que 0 también se descarta.
  - Condiciones de proceso. Si es un mensaje es duplicado (la dirección de origen y la número de secuencia ya se han tratado) no se procesa. En caso contrario el paquete es tratado de acuerdo al tipo de mensaje que haya llegado.
  - Condiciones de retransmisión. Si es un mensaje duplicado no se retransmite, si no es duplicado se retransmite el mensaje siguiendo el algoritmo del tipo de mensaje.
  
- **Percepción de enlace:** se consigue saber el estado del enlace mediante el envío de mensajes “HELLO”. El propósito de esta funcionalidad es que cada nodo tenga asociado un estado en el enlace a cada uno de sus vecinos. El estado puede ser simétrico (enlace verificado es bidireccional) y asimétrico indica que los mensajes “HELLO” se han escuchado pero no podemos asegurar que este nodo escuche las respuestas.
  
- **Detección de vecino:** dada una red de nodos con sólo una interfaz, un nodo debe deducir los vecinos que tiene mediante la información intercambiada durante la percepción de enlace. Cada nodo debe tener guardados su grupo de vecinos. Cada vecino debe tener asociado el estado del enlace.

---

<sup>19</sup> Contador de tiempo de vida que decrece con cada salto o por esperar en la cola.  
Johnson D., Hu Y., Maltz D. The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4 Internet Engineering Task Force (IETF). 2007.

- Cuando se detecta la aparición de un nuevo enlace, se debe crear una entrada con un vecino que tiene un enlace asociado, en esta entrada también se debe guardar el estado de este enlace. Se debe tener en cuenta que cada vez que varía el estado del enlace se debe comprobar en la tabla que el cambio se lleva a cabo. Si no se recibe información de un enlace durante un tiempo establecido se debe borrar el enlace en cuestión y el vecino asociado.
  
- **Selección de MPR y señalización MPR:** la selección de los MPR sirve para seleccionar los nodos vecinos que se quiere que hagan broadcast de los mensajes de control. La señalización viene dada mediante mensajes “HELLO”. Cada nodo elige uno o más MPRs de manera que se asegura que a través de los MPRs seleccionados, cada nodo llega a todos los vecinos a dos saltos.
  
- **Difusión de mensajes de control de topología:** estos mensajes se difunden con el objetivo de dar a cada nodo de la red la información necesaria para permitir el cálculo de rutas, son llamados mensajes TC (Topology Control). Estos mensajes que retransmite un nodo hacia sus vecinos seleccionados como MPR, tienen la información de todos sus enlaces para que los otros nodos conozcan los vecinos a los que puede llegar.
  
- **Cálculo de rutas:** dada la información del estado del enlace que se adquiere mediante el intercambio de mensajes periódicos. Cada nodo mantiene una tabla de enrutamiento que permite encaminar los paquetes de datos destinados a otros nodos. Esta tabla está basada en la información contenida en las bases de información de enlace y de la topología. Esta tabla se actualiza cuando se detecta algún cambio en estos campos:

- El enlace<sup>20</sup>
- El vecino<sup>21</sup>
- El vecino de dos saltos
- La topología

### Funciones auxiliar

Hay situaciones donde funcionalidades auxiliares son necesarias, como por ejemplo un nodo con múltiples interfaces, donde algunas de ellas participan en el otro dominio de enrutamiento.

- **Interfaces no OLSR:** hay nodos que pueden tener interfaces que no son OLSR, estas interfaces pueden ser conexiones punto a punto o conectar con otras redes. Para poder tener conectividad entre las interfaces OLSR y estas otras el router debe ser capaz de introducir información externa de encaminamiento a la red. Para esto las interfaces no OLSR crean un mensaje Host and Network Association (HNA) que contiene información suficiente para poder crear nuevas rutas con esta información.
- **Notificación capa enlace:** OLSR no trabaja con información de capa enlace. Sin embargo, si la información de esta capa está disponible, esta información se utiliza además de la información de los mensajes “HELLO”, para mantener información de los vecinos y los MPR. Por ejemplo: la pérdida de conectividad de la capa de enlace se puede deber a la ausencia de reconocimientos de capa de enlace.
- **Información redundante de topología:** para poder proveer redundancia a la información de topología, la información de anuncio que emite el nodo ha de tener información de enlaces hacia nodos vecinos que no necesariamente tengan a este nodo como MPR. El mensaje de anuncio publica información de todos los enlaces de los nodos vecinos. Hay tres posibles niveles de redundancia:

---

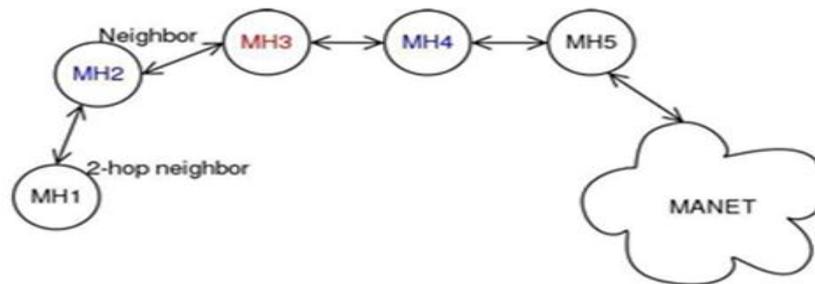
<sup>20</sup> Pareja de interfaces OLSR sensibles a “escuchar” el otro. Los enlaces pueden ser simétricos (enlace bidireccional), asimétricos (sólo verificados en un sentido).

<sup>21</sup> Un nodo X es vecino de otro nodo Y, si el nodo Y puede escuchar nodo X. Existe un enlace entre los dos nodos. Dos nodos son vecinos si ambos se encuentran dentro del área de cobertura del otro.

- Sin redundancia: sólo se emite información del grupo que ha elegido a este nodo como MPR.
  - Redundancia media: se emite información del grupo que ha elegido el nodo como MPR y también información de los nodos que este ha elegido como MPR.
  - Redundancia alta: se emite información de todos los enlaces hacia los vecinos.
- **MPR redundante:** esta funcionalidad especifica la habilidad del nodo de seleccionar MPR redundantes. Aunque la redundancia crea mucho más tráfico y pierde eficiencia el mecanismo de MPR, tiene una gran ganancia al asegurar la llegada de los paquetes a sus destinos. Esta funcionalidad es útil para situaciones en que la red tiene mucha movilidad y mantener una buena cobertura con los MPR.

### Ejemplo de utilización

En la figura 1.14: vemos una red con 5 nodos colocados de manera estratégica para que todos ellos tengan un vecino a cada lado, como se puede tomar el nodo 3 (MH3) tiene sus vecinos el MH2 y el MH4, y tiene sus vecinos a dos saltos<sup>22</sup> el MH1 y MH5.



**Figura 6.8.** Topología de la red

**Elaborado por:** Neumann A., Aichele C., Lindner M., Wunderlich S., 2008

En la siguiente tabla podemos ver un ejemplo de la tabla de enrutamiento del nodo MH3, aquí podemos ver que los vecinos pueden estar en dos estados como enlace

<sup>22</sup> un nodo “escuchado” por un vecino. Nodo, no vecino, que está dentro del área de cobertura de un nodo vecino.

asimétrico o simétrico según la calidad de los enlaces en el momento en el que llegan los paquetes. Cada una de las columnas de la tabla indica un momento del proceso de recepción de paquetes de señalización. En la tercera columna se puede observar que ya ha llegado a converger la red. En cambio en las dos primeras columnas había nodos que no se habían detectado o incluso algunos que se habían detectado pero no se había comprobado la comunicación en ambos sentidos. También se puede ver en esta tabla como los vecinos a dos saltos son aquellos que son vecinos de algún nodo que tenemos en el estado de enlace simétrico.

		1	2	3
<b>MSH2</b>	Enlace Asimétrico		MSH3	
	Enlace Simétrico	MSH1	MSH1	MSH1, MSH3
	Vecino a 2 saltos			MSH4
<b>MSH3</b>	Enlace Asimétrico		MSH2, MSH4	
	Enlace Simétrico			MSH2, MSH4
	Vecino a 2 saltos			MSH1, MSH5
<b>MSH4</b>	Enlace Asimétrico		MSH3	
	Enlace Simétrico	MSH5	MSH5	MSH3, MSH5
	Vecino a 2 saltos			MSH2

**Tabla 6.3.** Enrutamiento del nodo MH3

**Elaborado por:** El Investigador

### 6.6.9. Seguridad

#### Tecnologías en Seguridad

El potencial de una red WMNs no puede ser explotada sin considerar la seguridad. Las WMN se exponen a las mismas amenazas básicas comunes de las redes cableadas e inalámbricas: Los mensajes pueden ser interceptados,

modificados, duplicados, etc. Una red que posee recursos importantes, se podría acceder sin autorización.

Los servicios de seguridad que por lo general tratan de combatir estas amenazas son:

- **Confidencialidad:** Los datos se revelan solamente en las entidades o personas interesadas.
- **Autenticación:** Una entidad tiene de hecho la identidad que demanda tener, es decir, reconocimiento de los usuarios dueños del servicio.
- **Control de acceso:** Se asegura de que solamente las acciones autorizadas puedan ser realizadas.
- **No negación:** Protege las entidades que participan en un intercambio de la comunicación puede negar más adelante algo falso que ocurrió el intercambio.
- **Disponibilidad:** Se asegura de que las acciones autorizadas puedan tomar lugar.

Los Servicios de seguridad en el futuro serán mucho más restringidos buscando para el usuario privacidad y la confidencialidad del tráfico. La protección del tráfico de datos implica: la confidencialidad (cifrado), la autenticación de los socios de la comunicación, así como la protección de la integridad y de la autenticidad de mensajes intercambiados. La protección de la integridad se refiere no sólo a la integridad del mensaje, sino también al orden correcto de los mensajes relacionados (reenvío, el reordenamiento, o cancelación de mensajes).

Esta sección describe los mecanismos utilizados para la protección del tráfico de la comunicación. Estas tecnologías pueden también ser utilizadas dentro de una red Mesh para autenticar los nodos Mesh (MNs) y para establecer las claves de la sesión que protegen la confidencialidad y la integridad del tráfico intercambiado entre MNs.

Los datos pueden ser protegidos por diversas capas (capa de enlace, capa de red, capa de transporte y capa de aplicación): especialmente en sistemas inalámbricos, (IEEE 802.11 WLAN, Bluetooth, 802.16 WiMax), que incluye medios de proteger el enlace inalámbrico.

Éstos utilizan diversos esquemas de encapsulación de tramas, diversos protocolos de autenticación, y diversos algoritmos criptográficos. Ya sea una llave compartida es configurada en los dispositivos WLAN (la llave pre compartida PSK)

Las Redes de área local inalámbricas (WLAN) basada en IEEE 802.11i (WPA<sup>23</sup>, WPA2) soporta dos modos de seguridad: puede ser shared key (clave compartida) que es configurada en los dispositivos WLAN ([PSK = preshared key] claves pre-compartidas), que es de uso frecuente en las redes domésticas, los usuarios pueden ser autenticados con un servidor autenticado (servidor AAA).

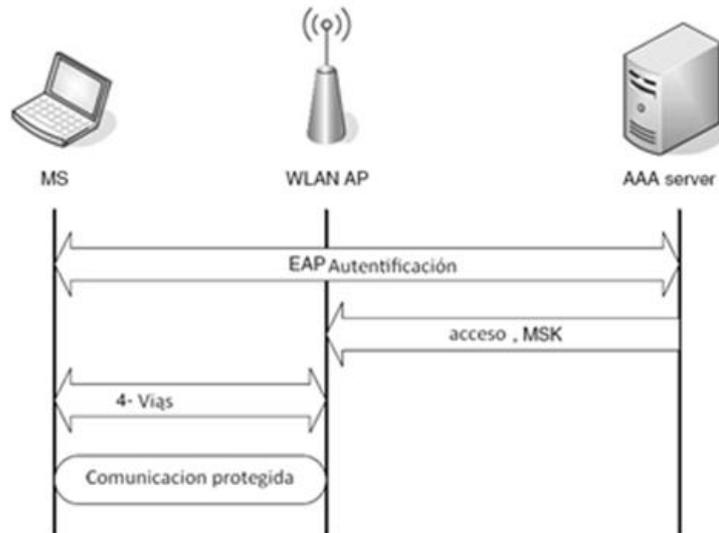
Para este propósito, se utiliza el protocolo extensible de autenticación (extensible authentication protocol) (EAP). La autenticación real ocurre entre la estación móvil (MS) y el servidor AAA.

Usando EAP como lo muestra la Figura 1.15. El EAP es transportado entre el MS y el punto de acceso (AP) que usan EAPOL (encapsulación EAP sobre LAN), y entre el AP y el servidor AAA por el protocolo RADIUS<sup>24</sup>. Si es habilitado el nodo, una sesión maestra de claves (MSK) es utilizada, el cual se envía desde el servidor de la autenticación (AS) al WLAN AP. Se utiliza como entrada al WLAN.

---

<sup>23</sup> WPA (Wi-Fi Protected Access = acceso protegido Wi-Fi)

<sup>24</sup> Remote Authentication Dial-In User Server, es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP. Utiliza el puerto 1813 UDP para establecer sus conexiones.



**Figura 6.9.** Acceso a WLAN basada en EAP  
**Elaborado por:** Perkins C., Belding-Royer E., Das S., 2003

Hay 4 maneras de establecer una sesión de clave temporal para proteger el enlace inalámbrico. Esta clave se utiliza realmente para proteger el tráfico del usuario, usando cualquier protocolo de integridad de clave temporal (TKIP), que es parte de WPA) o AES-basado en CCMP (CTR con el protocolo de CBC-MAC, parte de WPA2). Los varios métodos de EAP existen para una autenticación basada en los certificados digitales, las contraseñas, o los protocolos móviles reusing de la autenticación de la red (EAP-SIM, EAP-AKA).

El acceso EAP-basado en WLAN se utiliza particularmente para las redes de la empresa y los hot-spots públicos donde está disponible una base de datos del usuario. El tráfico de la comunicación se puede también proteger en la capa enlace. IPsec protege tráfico IP en la capa de la red (IP).

La arquitectura de IPsec especifica dos protocolos de seguridad: ENCAPSULATION SECURITYPAYLOAD (ESP) y AUTHENTICATION HEADER (AH). En el caso de ESP, ella encapsula solamente la carga útil (payload) del paquete del IP (modo del transporte) o del paquete entero del IP (modo del túnel).

Una IPsec security association (SA) define las claves (keys) y los algoritmos criptográficos para utilizar. Un SA es identificado por 3 cosas consistentes en: un IP address de la destinación, un identificador del protocolo (AH o ESP), y un índice del parámetro de la seguridad. Este SA unidireccional se puede configurar explícitamente, o puede ser establecido dinámicamente, por ejemplo, por el protocolo del Internet key Exchange (IKEv2). Un uso común de IPsec son las redes privadas virtuales (VPN) para tener acceso con seguridad a un Intranet de la compañía.

El tráfico de la comunicación se puede proteger en la capa de transporte usando el protocolo de la seguridad de la capa de transporte (TLS), que se basa en el encendido y es muy similar al secure socket layer (SSL). Su uso principal está para proteger El HTTP sobre TLS/SSL (https), pero esta puede también ser utilizada como protocolo independiente. Los protocolos TLS/SSL28 incluyen la autenticación y el establecimiento de la clave basada en certificados digitales.

La ayuda para preshared o compartir las llaves (PSK-TLS) también fue introducida. Es también posible proteger el tráfico en capas más altas. Esto permite realizar operaciones y aplicaciones específicas de la seguridad. Por ejemplo, los E-mails pueden ser encriptados (protección a la confidencialidad) y/o ser señalados como (autenticación, la integridad, y no compartido del origen) que usa S/MIME o el PGP.

#### **6.6.10. Nuevas Aplicaciones y Escenarios**

Tenemos escenarios conceptuales directamente aplicables a las nuevas WLAN Mesh, que se resumen a continuación:

##### **Acceso a Internet de Banda Ancha**

Los despliegues de redes de acceso con infraestructura cableada (última milla y nodos finales) resultan en muchas ocasiones impracticables en términos de

costes en zonas rurales y suburbios metropolitanos. Los operadores encuentran las siguientes barreras de inversión en estos casos:

- Coste capital del equipamiento.
- Operación y mantenimiento de un número elevado de nodos.
- Despliegue de cableado en terrenos no urbanizados y de larga distancia.

A pesar de que las redes inalámbricas disminuyen considerablemente el coste de inversión en la última milla de los operadores y proveedores de acceso a Internet, Las redes Mesh solucionan esta situación, mejorando tanto el ancho de banda como los alcances mediante radioenlaces más cortos y de mayor densidad.

### **Red Mesh Comunitaria**

Potenciando la idea de mejorar las relaciones entre comunidades vecinas y áreas poblacionales más desfavorecidas a través de la tecnología, algunas ciudades están llevando a cabo proyectos de acceso a Internet de bajo costo, vigilancia contra la delincuencia y redes de información vecinal mediante redes Mesh.

En estos escenarios, los participantes son generalmente dueños del equipamiento y de la red Mesh y se benefician de la compartición de accesos a través de diferentes tecnologías (cable, xDSL, WxAN...), la redundancia de accesos y el reparto del costo de tarificación.

### **Hogar Mesh**

La nueva convergencia fijo-móvil fomenta desarrollos paralelos en la electrónica del hogar; mediante la migración de funcionalidades Mesh a dispositivos cotidianos, pudiéndose establecer redes residenciales auto-configurables.

Los dispositivos podrían descubrirse automáticamente de manera similar a la tecnología plug-and-play, capaces de establecer redes Mesh en el hogar, como: Equipos de audio y vídeo (cámaras, TV, DVD, receptores de cable o satélite),

teléfonos móviles y fijos, PDAs, Domótica del hogar (interruptores inteligentes, sistemas de inteligencia ambiental, etc.).

### **Oficina Inalámbrica**

Las redes Mesh permiten establecer comunicaciones seguras y eficientes en entornos interiores de oficina, como lo son multitud de comercios. Si cada PC tuviese una tarjeta Wi-Fi Mesh se permitiría un despliegue rápido y de bajo coste, eliminando cables, switches y puntos de acceso adicionales.

Esta opción representa una buena alternativa cuando la inversión en infraestructura cableada resulta demasiado alta (por ejemplo, negocios que dispongan de alrededor de 100 computadoras).

### **Mesh Espontánea**

La red Mesh espontánea se define como el despliegue temporal de una red inalámbrica para la provisión de servicios de voz, datos y vídeo, con el objetivo de colaborar activamente en una situación local distribuida cuando no exista control centralizado ni infraestructura planificada previa.

### **Campus Mesh**

Por sus características, existe otro escenario de aplicación que combina algunas de las peculiaridades de los anteriores. Se trata de los despliegues de redes Mesh en entornos campus, ya sean parques tecnológicos, campus universitarios, etc.

#### **6.6.11. Estandarización de Mesh IEEE 802.11s**

Estas nuevas tecnologías se encuentran en proceso de estandarización por parte del IEEE para su aplicación directa en redes inalámbricas con tecnología 802.11. La norma que agrupará las actuales líneas de trabajo se define en IEEE 802.11s,

cuyo primer borrador fue publicado en noviembre de 2006, y la versión final del mismo está prevista para finales de 2008

El grupo de trabajo que desarrolla dicho estándar (IEEE Task Group TGs) define la arquitectura de red y el protocolo necesarios a partir de las especificaciones del IEEE 802.11, con el objetivo de crear una topología de red auto-configurable que soporte la transmisión broadcast/multicast y unicast (topologías multihop o de varios saltos), todo ello manteniendo la latencia y la degradación del throughput dentro de unos márgenes tolerables para la transmisión de voz con requerimientos de tiempo real, y datos con requerimientos de anchos de banda elevados.

A pesar de que fueron quince las primeras propuestas recibidas en junio de 2005, para septiembre de 2005 habían sido reducidas a cuatro. Hasta fecha reciente las dos principales propuestas que recibieron la mayoría de votos en las reuniones de julio, septiembre y noviembre de 2005 eran las siguientes:

### **Propuesta Wi-Mesh**

La “Wi-Mesh Alliance” (WiMax), cuyos miembros son Nortel, Philips, Accton, ComNets, InterDigital, NextHop, Extreme Networks, Laboratorio de Investigación de la Marina Estadounidense, Swisscom Innovations y Thomson, ofreció una propuesta que permitía a usuarios de tecnología inalámbrica comunicaciones seamless, esto es, independencia de las aplicaciones de los procesos de traspaso de coberturas radio, y sus características son:

- Solución completa que permita todos los modelos de uso de IEEE 802.11s
- Soporte de configuración mono radio y multi radio.
- Eficiente en términos de calidad de servicio (QoS).
- Auto configurable y fácil de operar.
- Ha de ser flexible y segura.
- Soporte de enrutamiento dinámico.
- Soporte de múltiples algoritmos de enrutamiento.

- Integración de la seguridad y enrutamiento.

Todas estas características proporcionan flexibilidad operacional para el despliegue de redes con equipos de diferentes fabricantes.<sup>25</sup>

## **6.7. Metodología**

El proyecto de red Mesh para el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro, propone un diseño completo en el que puedan coexistir los dos sistemas respetando en todo momento los estándares y normatividad al respecto. Siendo primordial realizar un análisis de las necesidades y los requerimientos de la ciudadanía, para de esta manera poder determinar los parámetros necesarios para realizar el proyecto.

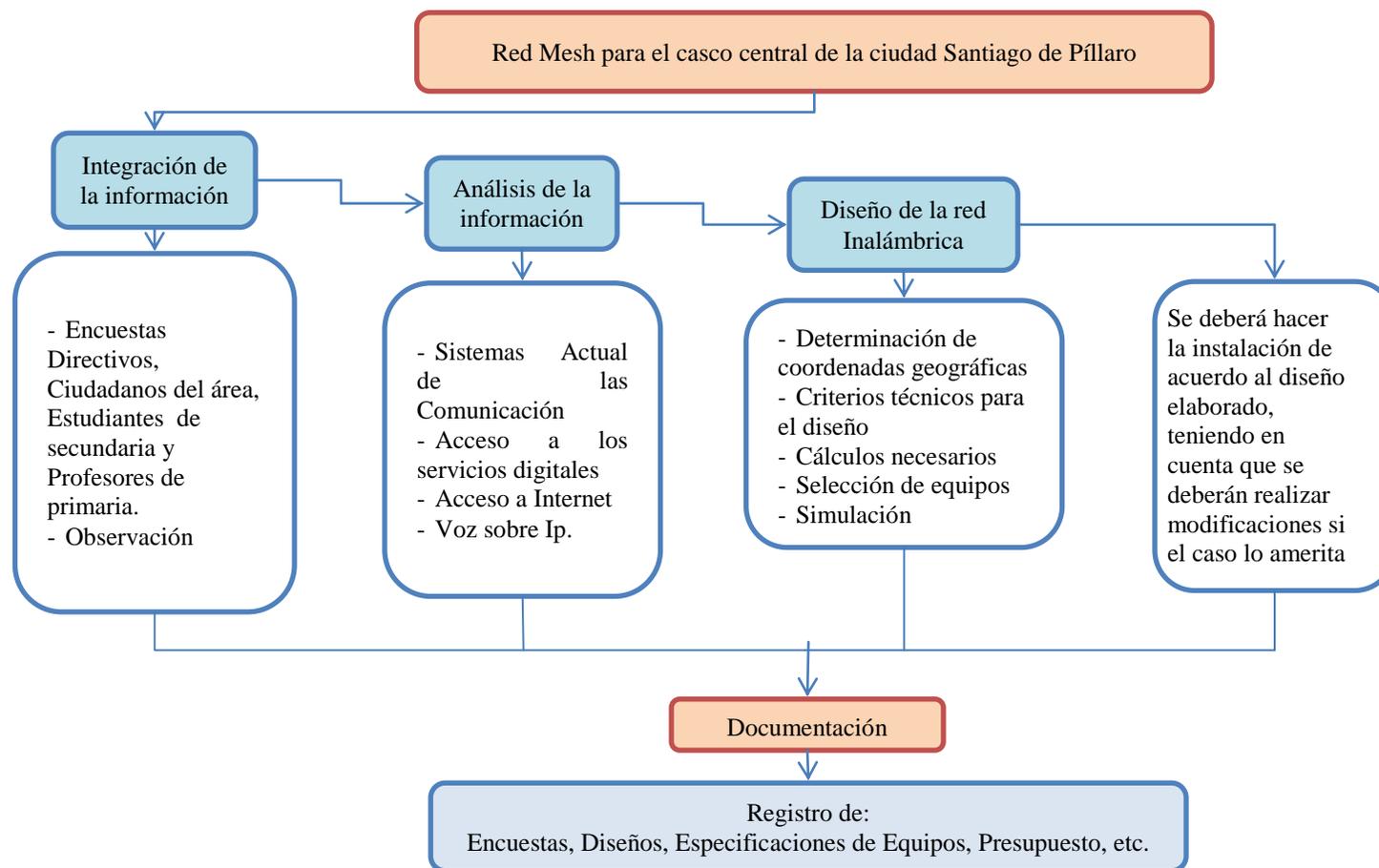
Partiendo de estos antecedentes se ejecutará el diseño del radioenlace entre los diferentes puntos estratégicos que abarquen la mayoría de lugares concurridos por los ciudadanos para esto nos ayudaremos del software LINKPLANNER de Motorola donde se realiza una simulación de los radioenlaces para verificar los resultados de los cálculos que se realizarán.

También se analizarán y escogerán los equipos necesarios para una futura implementación de los sistemas, tomando en cuenta sus características para que soporten las aplicaciones necesarias.

En la Figura N° 6.10 se describe la metodología a utilizar:

---

<sup>25</sup> Thomas Heide Clausen The optimized link state routing protocolo version 2| <http://www.ietf.org/proceedings/63/slides/manet-5.pdf>



**Figura 6.10.** Esquema de Trabajo

**Elaborado por:** El Investigador

## **6.8. Modelo Operativo**

Diseño del radioenlace entre los diferentes puntos más concurridos por los ciudadanos de la ciudad Santiago de Píllaro.

### **6.8.1. Descripción**

Píllaro es una localidad del centro de Ecuador, al norte de la provincia de Tungurahua. Es la cabecera del cantón Píllaro. Está localizada cerca de la ciudad de Ambato, Se encuentra a una altura de 2.803 msnm, y posee una temperatura media de 13 °C.

Según el VI° Censo de población y vivienda de 2001 tiene una población de 34.925 habitantes. Cuenta con 2 parroquias urbanas: Ciudad Nueva y Píllaro además 7 parroquias rurales: Baquerizo Moreno, Emilio María Terán (Rumipamba), Marcos Espinel (Chacata), Presidente Urbina (Chagrapamba-Patzucul).<sup>3</sup> San Andrés, San José de Poaló y San Miguelito.

Los sistemas microondas permiten reducir problemas de transmisión de datos que tienen que ver con dispositivos, componentes y sistemas que trabajen en el rango de frecuencia muy amplio que va desde 300 MHz hasta 300 GHz. Debido a tan amplio margen de frecuencias, tales componentes encuentran aplicación en diversos sistemas de comunicación, por ejemplo enlace de Radiocomunicaciones terrestre, sistemas de comunicación por satélite, sistemas radar y sistemas de comunicación móviles.

El proyecto será desarrollado con tecnología Spread Spectrum debido a que reduce la interferencia entre la señal procesada y otras señales ajenas al sistema, además que intercambia eficiencia en ancho de banda por confiabilidad, integridad y seguridad.

## 6.8.2. Determinación de Requerimientos

### Ancho de Banda por aplicaciones

Al hablar de ancho de banda se hace referencia a la capacidad disponible en una ruta sin enlaces rotos, esta debe estar disponible para permitir el uso de varios servicios como datos, voz, video etc.

- **Acceso a Internet**

Para utilizar este servicio se ha considerado que una página web tiene un peso aproximado de 25 Kbyte, incluyendo texto e imágenes medianas, además se ha estimado que un usuario accederá a 1 página Web en 30 segundos, debido a que se brindará Internet de banda ancha. Considerando estos factores se tiene la siguiente ecuación:

$$AB_{\text{int}} = \frac{25\text{Kbytes}}{\text{página}} \times \frac{8\text{bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ página}}{30 \text{ segundos}} = 6,66 \text{ Kbps}$$

$$AB_{\text{int}} = 6,66 \text{ Kbps} \times 0,5 \times 30 \text{ usuarios} \approx 100 \text{ Kbps}$$

- **Correo Electrónico**

La información que se intercambia por el correo electrónico, corresponde a documentos de solo texto con aproximadamente un tamaño de 20 Kbytes o documentos gráficos de tamaño aproximado 400 Kbyte, se considera por lo tanto que el tamaño promedio de los archivos que se envían es de 500 Kbyte.

Para el acceso al correo electrónico, se ha estimado que cada usuario revisa un promedio de dos correos en una hora. Tenemos así que el tráfico que maneja un correo electrónico para un usuario es:

$$AB_{\text{Correo}} = \frac{500 \text{ Kbytes}}{\text{correo}} \times \frac{8\text{bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{2 \text{ correos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} = 2,22 \text{ Kbps}$$

Considerando que estarán enlazados unos 30 usuarios, que utilizan cerca del 16 por ciento del ancho de banda, se realiza el siguiente análisis:

$$AB_{\text{Correo}} = 2,22 \text{ Kbps} \times 0,1666 \times 30 \text{ usuarios} \approx 11,09 \text{ Kbps}$$

- **Voz por Internet**

Para transportar la voz por Internet (VPI), se requiere un ancho de banda de 13 Kbps por cada usuario potencial del servicio.

- **Vídeo sobre IP**

Para utilizar los servicios que proporciona el Vídeo sobre IP, como el Vídeo Broadcast se requiere un ancho de banda de 128 Kbps (VoIP).

La capacidad total se obtiene de las sumas parciales del ancho de banda para cada aplicación como son: el servicio de correo electrónico, el tráfico generado por el servicio de voz por Internet (VPI) y Vídeo sobre IP (VoIP) y la capacidad para ofrecer servicios adicionales (cerca de 2000kbps).

$$AB_T = 100\text{Kbps} + 11,09\text{Kbps} + 2000\text{Kbps} = 2111,09\text{Kbps} \approx 2\text{Mbps}$$

De acuerdo con este resultado el I.S.P (proveedor de servicios de internet) debe ofrecer este ancho de banda para la red.

### 6.8.3. Determinación de coordenadas geográficas

Las coordenadas de los puntos a enlazar se describen en la Tabla N° 6.1.

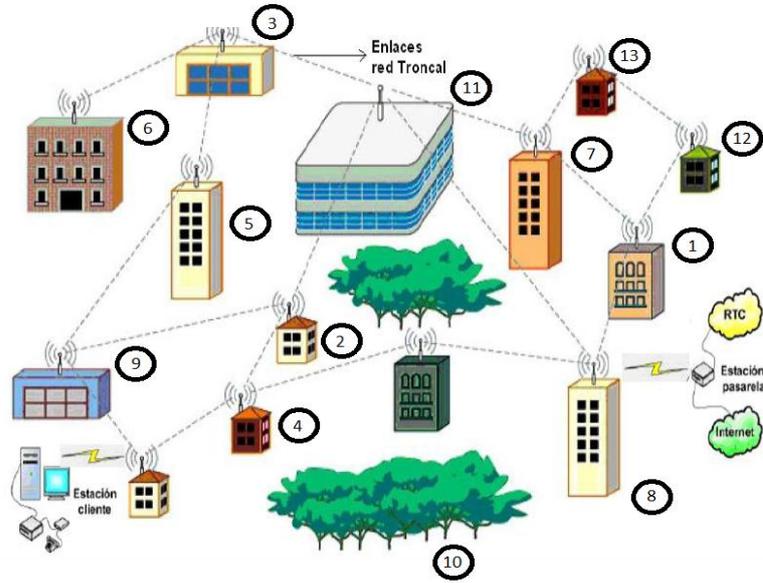
n	Ubicación	Latitud	Longitud
1	Mercado San Juan	1° 10` 23,28`` S	78° 32` 36,75`` W
2	Mercado San Luis	1° 10` 28,64`` S	78° 32` 33,00`` W
3	Mercado 24 de Mayo	1° 10` 18,33`` S	78° 32` 27,07`` W
4	San Luis	1° 10` 28,49`` S	78° 32` 35,61`` W
5	Escuela Mariscal Sucre	1° 10` 14,80`` S	78° 32` 33,57`` W
6	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	1° 10` 14,66`` S	78° 32` 28,91`` W
7	Escuela Isabela Católica	1° 10` 25,86`` S	78° 32` 30,11`` W
8	Escuela Unión Nacional de Periodistas	1° 10` 09,42`` S	78° 32` 30,60`` W
9	Coliseo de deportes	1° 10` 18,74`` S	78° 32` 34,00`` W
10	Parque Central	1° 10` 22,47`` S	78° 32` 33,35`` W
11	Municipio	1° 10` 19,36`` S	78° 32` 30,24`` W
12	Bomberos	1° 10` 17,46`` S	78° 32` 14,3`` W
13	San Bartolomé	1° 10` 29,37`` S	78° 32` 20,78`` W

**Tabla 6.4.** Coordenadas de los puntos a enlazar

**Elaborado por:** El Investigador

La frecuencia con la que se realizará el diseño es 5.8 GHz para los radioenlaces de la red Mesh, pero la zona wifi que brindara cada punto enlazado se trabajara a 2.4 GHz, que son una frecuencias libres, de esta manera se logrará reducción de costos, ya que el arrendamiento de frecuencias es muy costoso.

#### 6.8.4. Diseño físico.



**Figura 6.11.** Diagrama General del Radio Enlace.

**Elaborado por:** El Investigador

Tal como se muestra en la Figura N° 6.9., los puntos están ubicados estratégicamente para que abarque a la mayor población y los lugares más concurridos.

##### **a. Determinación de la longitud del enlace.**

La longitud de separación entre los puntos a interconectar se puede determinar con la fórmula:

$$d = \sqrt{(\Delta\text{Long} \times 111,32)^2 + (\Delta\text{Lat} \times 111,32)^2 + (\Delta h)^2} [\text{Km}]$$

Dónde:

$\Delta h$  = Diferencia de alturas de Tx y Rx en Km.

$\Delta\text{Long}$  y  $\Delta\text{Lat}$  = Diferencia entre longitudes y latitudes respectivamente en grados.

Los tramos correspondientes entre los diferentes puntos tienen las siguientes distancias que se especifican en la tabla 6.2:

N.-	Radioenlace			Distancia
	Tx		Rx	
1	Bomberos	a	Mercado 24 de Mayo	0.396 Km
2	Escuela Unión Nacional de Periodistas	a	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	0.169 Km
3	Escuela Unión Nacional de Periodistas	a	Escuela Mariscal Sucre	0.189 Km
4	Escuela Mariscal Sucre	a	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	0.144 Km
5	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	a	Mercado 24 de Mayo	0.126 Km
6	Mercado 24 de Mayo	a	San Bartolomé	0.391 km
7	Mercado San Luis	a	San Bartolomé	0.378 Km
8	San Luis	a	Escuela Isabela Católica	0.188 Km
9	Mercado San Luis	a	Escuela Isabela Católica	0.124 Km
10	San Luis	a	Mercado San Luis	0.081 km
11	Escuela Isabela Católica	a	San Bartolomé	0.308 Km
12	Municipio	a	San Bartolomé	0.424 Km
13	Coliseo de deportes	a	San Bartolomé	0.523 Km
14	Parque Central	a	Municipio	0.136 Km
15	Parque Central	a	Mercado San Juan	0.108 Km
16	Mercado San Juan	a	Coliseo de deportes	0.163 Km
17	Coliseo de deportes	a	Parque Central	0.116 Km
18	Coliseo de deportes	a	Escuela Mariscal Sucre	0.122 Km
19	Coliseo de deportes	a	Municipio	0.118 Km
20	Municipio	a	Mercado 24 de Mayo	0.103 Km

**Tabla 6.5.** Distancias de los diferentes radioenlaces

**Elaborado por:** El Investigador

### **b. Altura de abultamiento (m)**

Este parámetro es necesario calcularlo para tomar en cuenta los obstáculos existentes, ya que de este valor depende el cálculo de las alturas a las que se debe colocar las respectivas antenas. Se puede determinar el valor de la altura de abultamiento de la Tierra en un punto del enlace mediante:

$$H_{ab} = \frac{d_1 * d_2}{2Ka} * 1000[m]$$

Dónde:

d1= distancia desde el cerro Tx (Km)

d2= distancia total (Km) - distancia1 (Km)

K= 4/3; expresa el grado de curvatura del rayo a lo largo de una trayectoria.

a= 6370 Km

### **c. Perfil corregido (m):**

Para realizar la corrección del perfil del terreno es necesario sumar, a las alturas tomadas la altura de abultamiento, para ello se toman alturas cada dos kilómetros desde el transmisor hacia el receptor.

$$P. \text{ corregido} = \text{altura} + H_{ab}[m]$$

### **d. Radio de la 1ra Zona de Fresnel (m):**

La primera zona de Fresnel se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$r_f = 31,6 \times \sqrt{\frac{\lambda \times d_1 \times d_2}{d_{total}}}$$

Dónde:

$d_1$  = distancia desde el cerro Tx (Km)

$d_2$  = distancia total - distancia 1

$d_{total}$  = distancia total del enlace

$\lambda$  es igual a:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 * 10^8}{5,8 * 10^9} = 0,0517 \text{ m}$$

**e. Línea de vista:**

$$x = \frac{h_1 - h_2}{d * 1000} = [x * (d - d_1) * 1000] + h_2$$

Dónde:

$h_1$  = altura del cerro Tx (m)

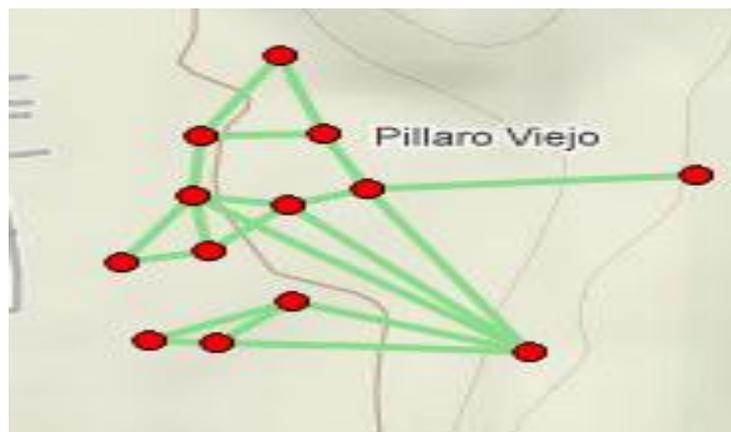
$h_2$  = altura del cerro Rx (m)

$d_1$  = distancia desde el cerro Tx (Km)

$d$  = distancia total del tramo (Km)

### **6.8.5. Desarrollo en programa de simulación**

Con el fin de apoyar los resultados obtenidos en el estudio del radioenlace, se utiliza un simulador de radioenlaces, de esta forma se obtendrá gráficas y datos adicionales a los calculados en las secciones anteriores. El programa que se utilizó fue el simulador PTP LINKPlanner v 3.3.1



**Figura 6.12.** Diagrama del enlace completo realizado con PTP LINKPlanner  
**Elaborado por:** El Investigador

El LINKPlanner es una herramienta personalizada para el diseño y configuración de punto a punto enlaces.

Disponibles para apoyar la amplitud de la cartera de Cambium, la aplicación permite a los operadores determinar las características de rendimiento del enlace de la Serie PTP 800 con licencia Ethernet de microondas y para el PTP 300, 500 y 600 series de puentes inalámbricos sin licencia y compartido.

El LINKPlanner, disponible para PC y Mac, le permite realizar "what if" escenarios, basados en la geografía, distancia, altura de la antena, la potencia de transmisión y otros factores, para optimizar el rendimiento del sistema antes de la compra.

LINKPlanner es Cambium del enlace siguiente generación de herramientas de planificación. Con su diseño elegante enlace y la inteligencia, la nueva y mejorada herramienta sigue creciendo en popularidad como el más grande e intuitiva herramienta de planificación RF eslabón de la industria.

Decenas de miles de enlaces se han desplegado con éxito en todo el mundo mediante el LINKPlanner. Quick Start Sendero información del perfil proviene

directamente de los servidores de Redes Cambium "- sin formulario web para completar - y se envía como un correo electrónico, al ser importados en la herramienta LINKPlanner.

Visualización gráfica optimizar un enlace antes de la implementación mediante el cambio de los datos de entrada para ver el efecto en el rendimiento y la productividad.

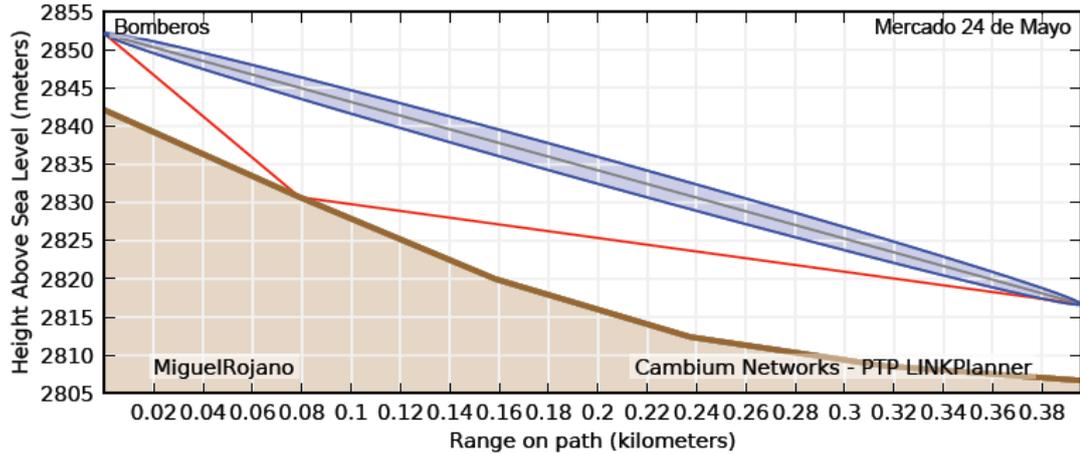
Por ejemplo, si un cálculo de enlace indica un bajo rendimiento, a continuación, una serie de factores (tipo de producto, frecuencia, ancho de banda de canal, altura de la antena, etc. tamaño de la antena) se puede cambiar para ver la mejora en el rendimiento del enlace.

Oportunidad y Reporting Típicamente, la planificación de enlace proceso toma aproximadamente una hora, y el informe resultante proporciona detalle gráfico y textual de la ruta y su rendimiento proyectado. LINKPlanner es un software de la marca de Motorola

**6.8.6. Perfiles de los terrenos de los Radioenlaces (Software PTP LINKPlanner (3.3.1))**

- **Bomberos a Mercado 24 de Mayo**

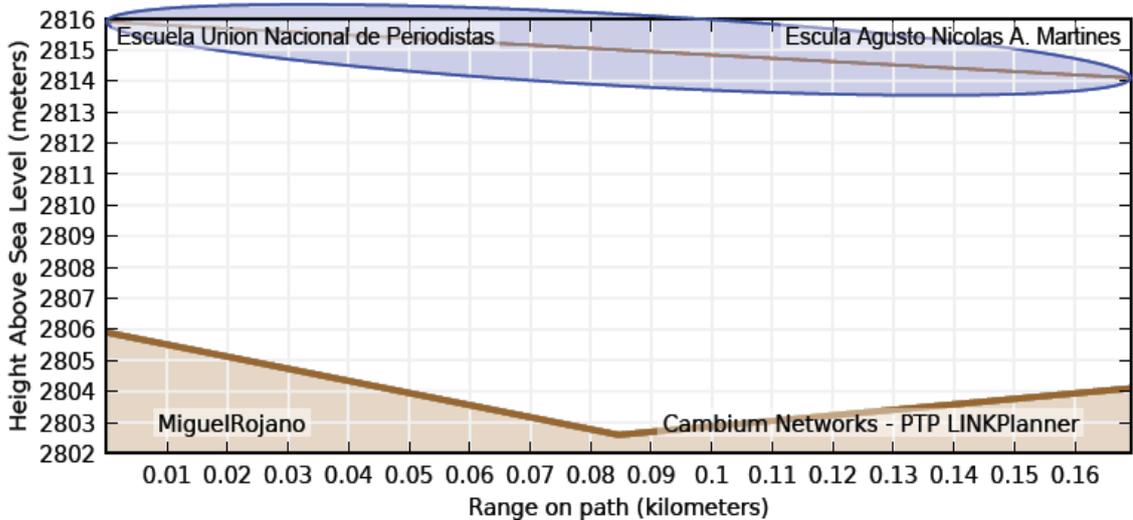
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.20.



**Figura 6.13.** Perfil del terreno Bomberos a Mercado 24 de Mayo  
Elaborado por: El Investigador

- **Escuela Unión Nacional de Periodistas a Escuela Augusto Nicolás A. Martínez**

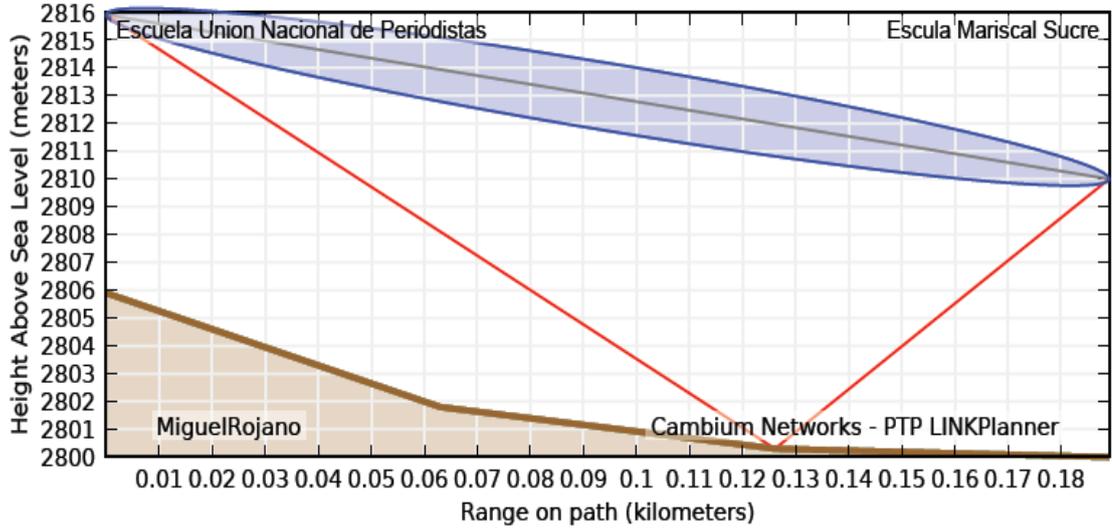
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.21.



**Figura 6.14.** Perfil del terreno Esc. Unión Nac. De Periodistas a Esc. Aug. Nicolás A. Martínez  
Elaborado por: El Investigador

- **Escuela Unión Nacional de Periodistas a Escuela Mariscal Sucre**

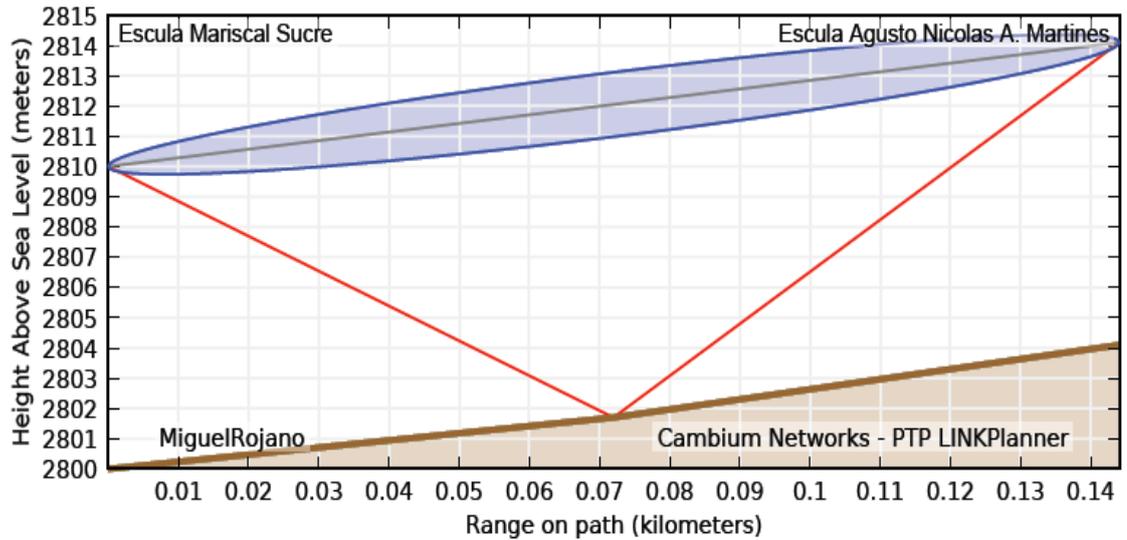
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.22.



**Figura 6.15.** Perfil del terreno Esc. Unión Nac. de Periodistas a Esc. Mariscal Sucre  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Escuela Mariscal Sucre a Escuela Augusto Nicolás A. Martínez**

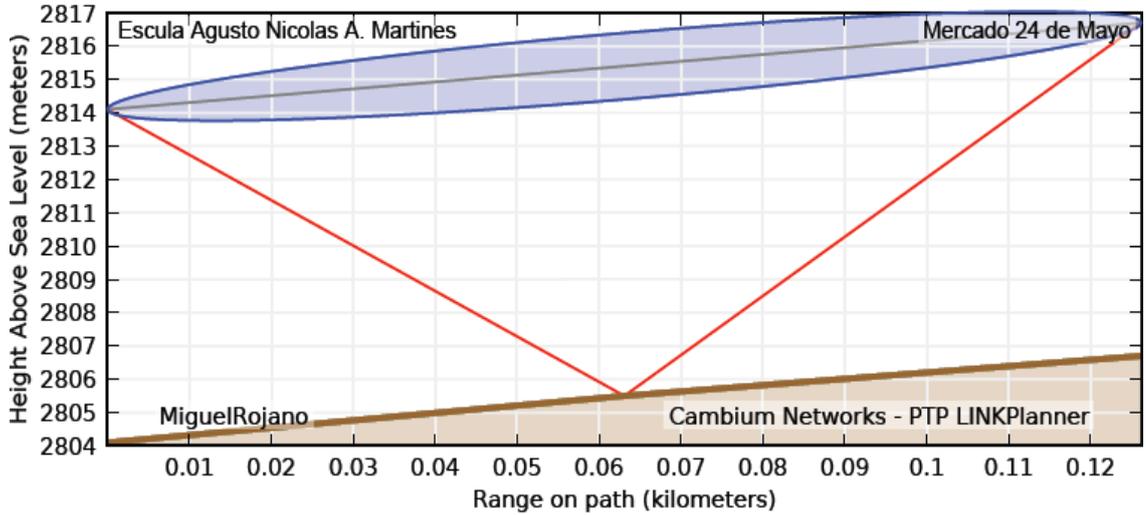
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.23.



**Figura 6.16.** Perfil del terreno Esc. Mariscal Sucre a Esc. Aug. Nicolás A. Martínez  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Escuela Augusto Nicolás A. Martínez a Mercado 24 de Mayo**

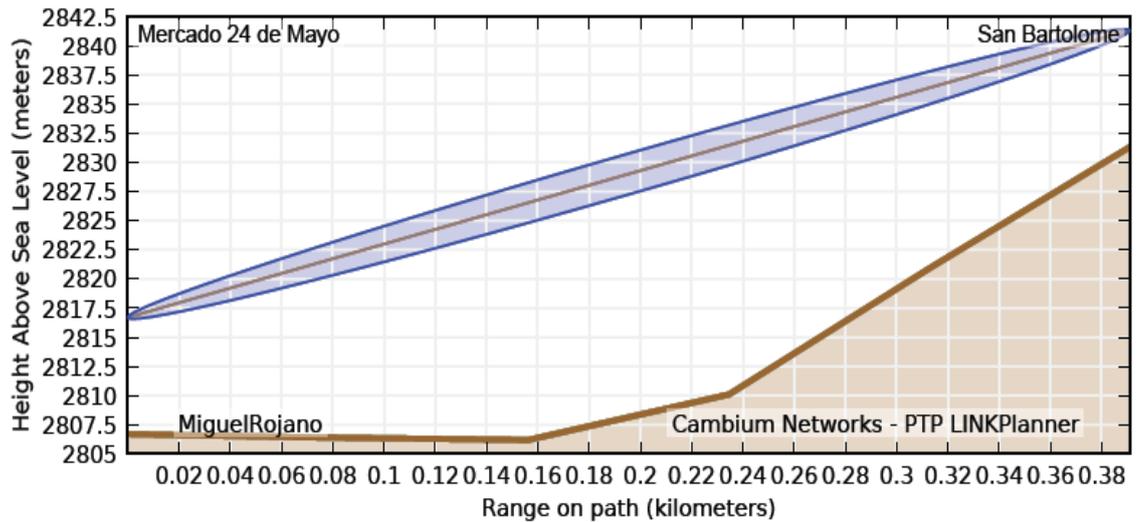
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.24.



**Figura 6.17.** Perfil del terreno Esc. Aug. Nicolás A. Martínez a Mercado 24 de Mayo  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Mercado 24 de Mayo a San Bartolomé**

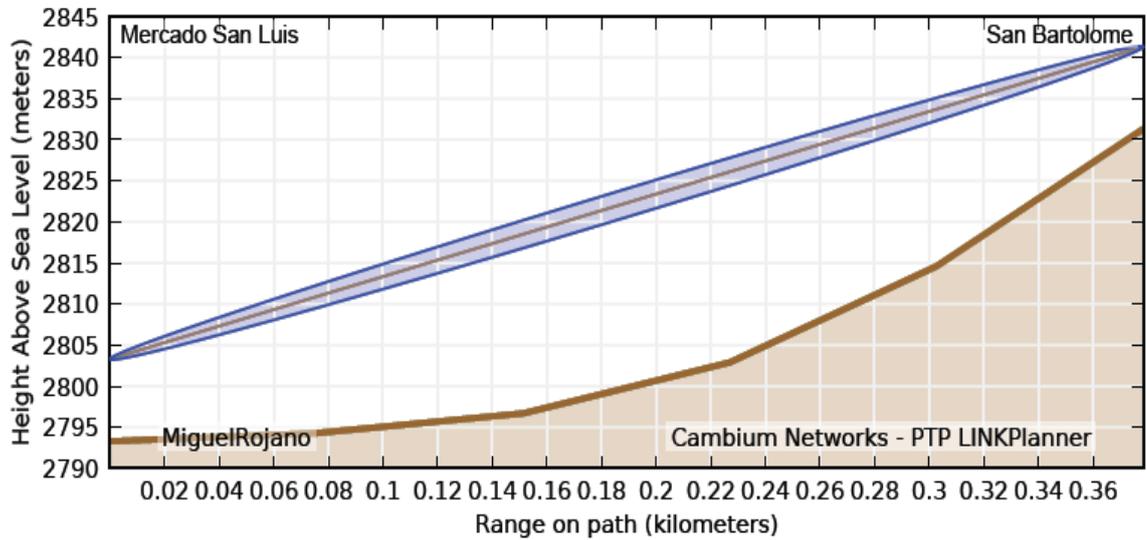
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.25.



**Figura 6.18.** Perfil del terreno Mercado 24 de Mayo a San Bartolomé  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Mercado San Luis a San Bartolomé**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.26.

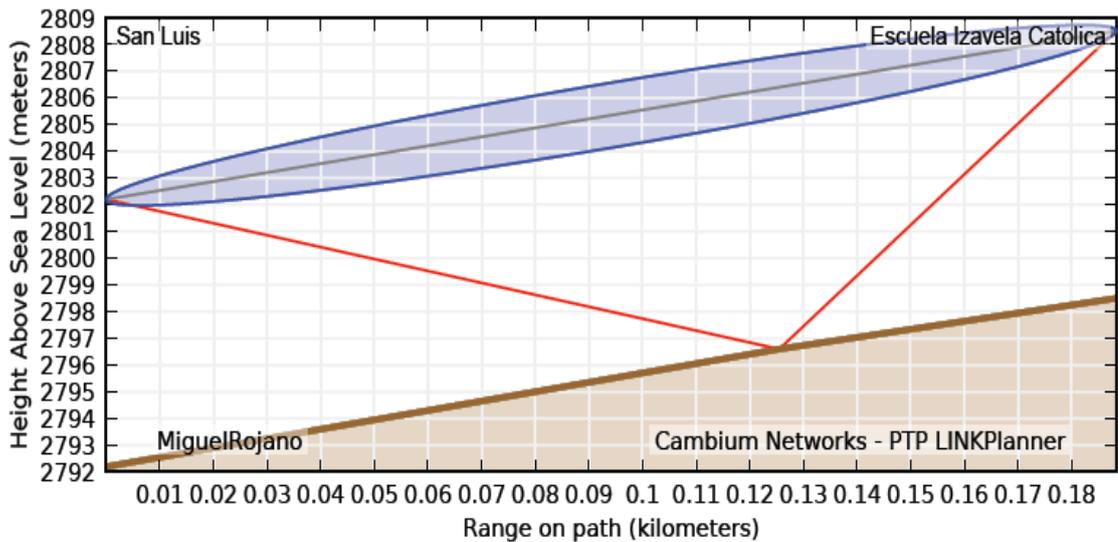


**Figura 6.19.** Perfil del terreno Mercado San Luis a San Bartolomé

**Elaborado por:** El Investigador

- **San Luis a Escuela Isabela Católica**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.27.

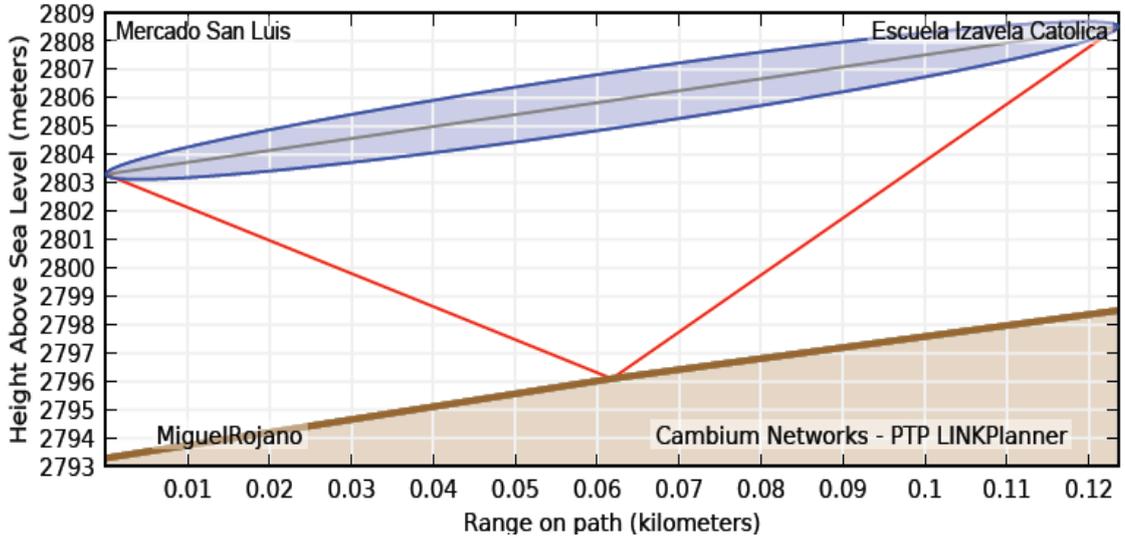


**Figura 6.20.** Perfil del terreno San Luis a Escuela Isabela Católica

**Elaborado por:** El Investigador

- **Mercado San Luis a Escuela Isabela Católica**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.28.

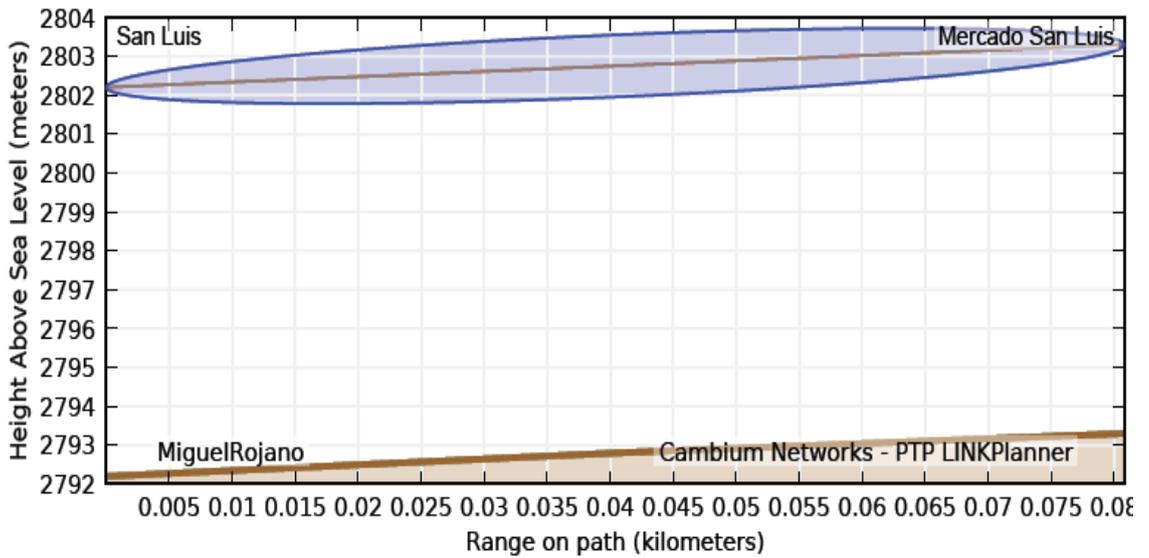


**Figura 6.21.** Perfil del terreno Mercado San Luis a Escuela Isabela Católica

**Elaborado por:** El Investigador

- **San Luis a Mercado San Luis**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.29.

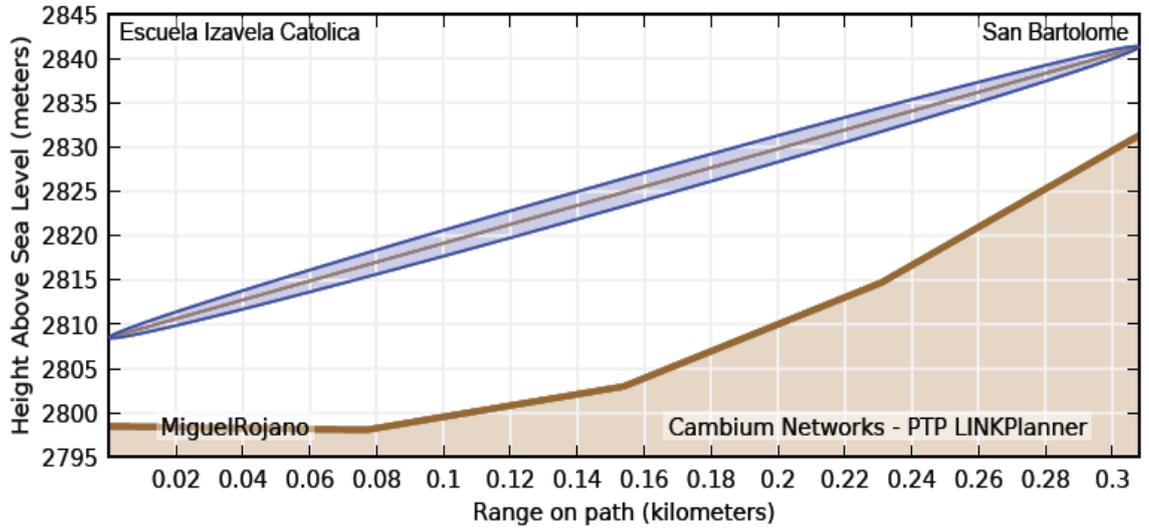


**Figura 6.22.** Perfil del terreno San Luis a Mercado San Luis

**Elaborado por:** El Investigador

- **Escuela Isabela Católica a San Bartolomé**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.30.

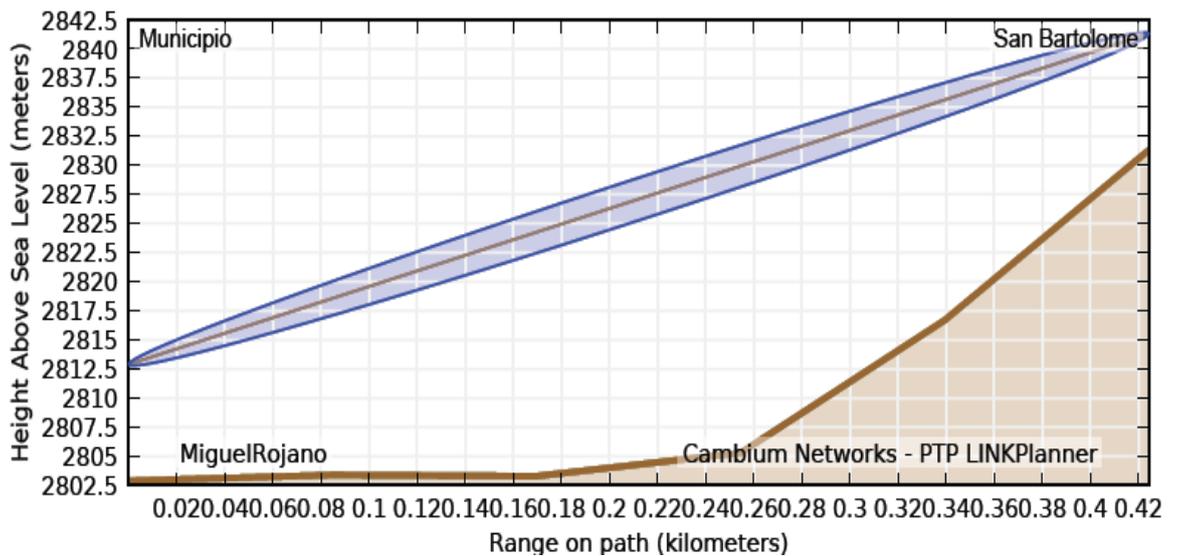


**Figura 6.23.** Perfil del terreno Escuela Isabela Católica a San Bartolomé

**Elaborado por:** El Investigador

- **Municipio a San Bartolomé**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.31.

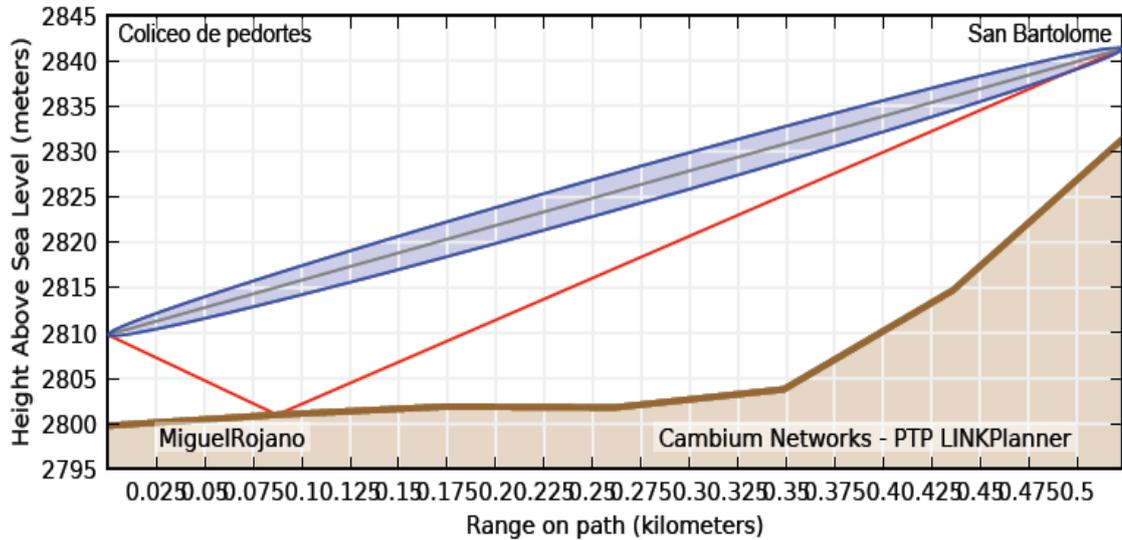


**Figura 6.24.** Perfil del terreno Municipio a San Bartolomé

**Elaborado por:** El Investigador

- **Coliseo de deportes a San Bartolomé**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.32.

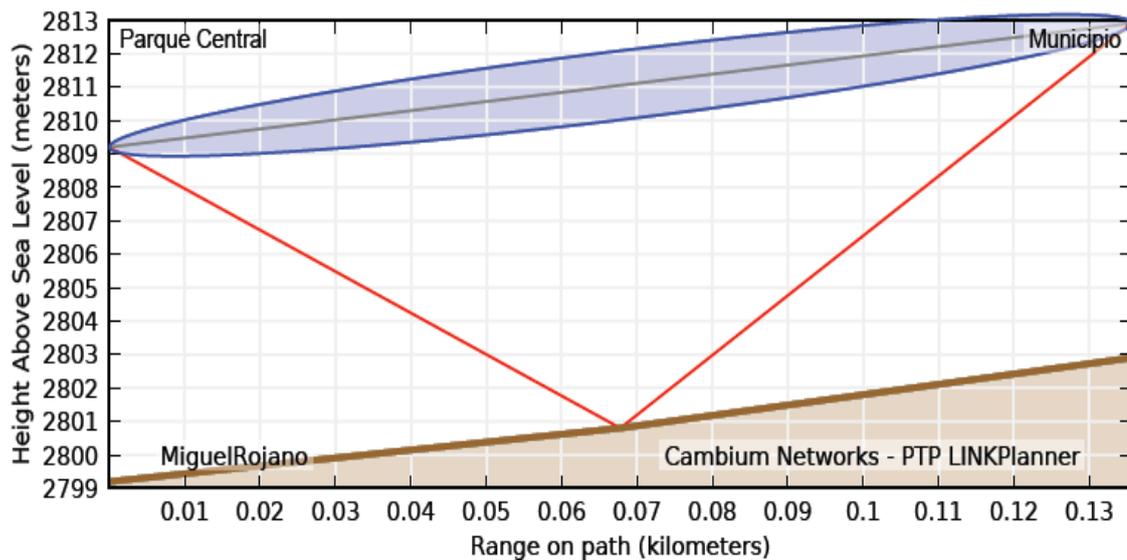


**Figura 6.25.** Perfil del terreno Coliseo de deportes a San Bartolomé

**Elaborado por:** El Investigador

- **Parque Central a Municipio**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.33.

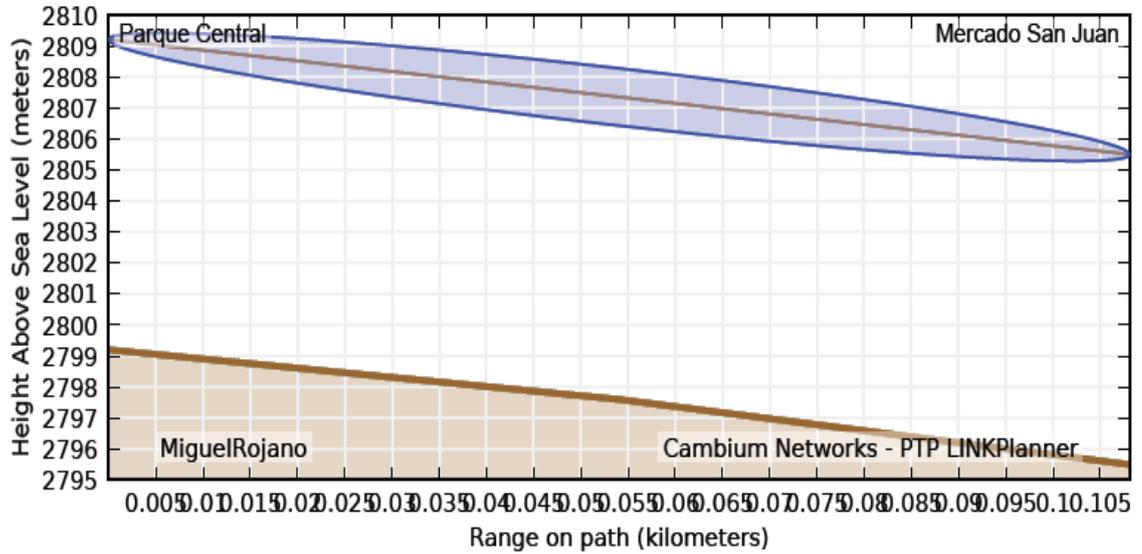


**Figura 6.26.** Perfil del terreno Parque Central a Municipio

**Elaborado por:** El Investigador

- **Parque Central a Mercado San Juan**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.34.

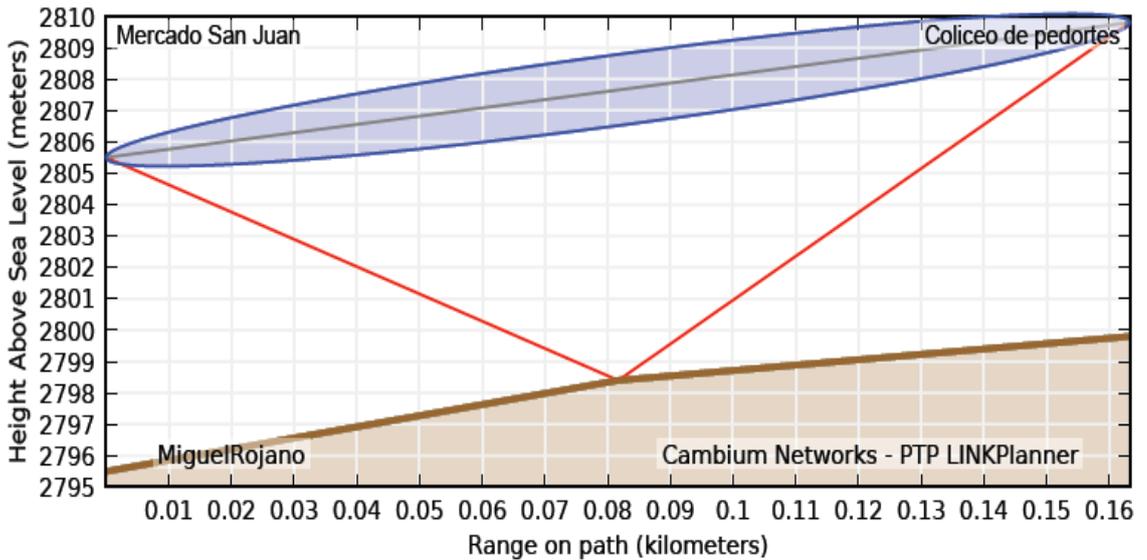


**Figura 6.27.** Perfil del terreno Parque Central a Mercado San Juan

**Elaborado por:** El Investigador

- **Mercado San Juan a Coliseo de deportes**

El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.35.

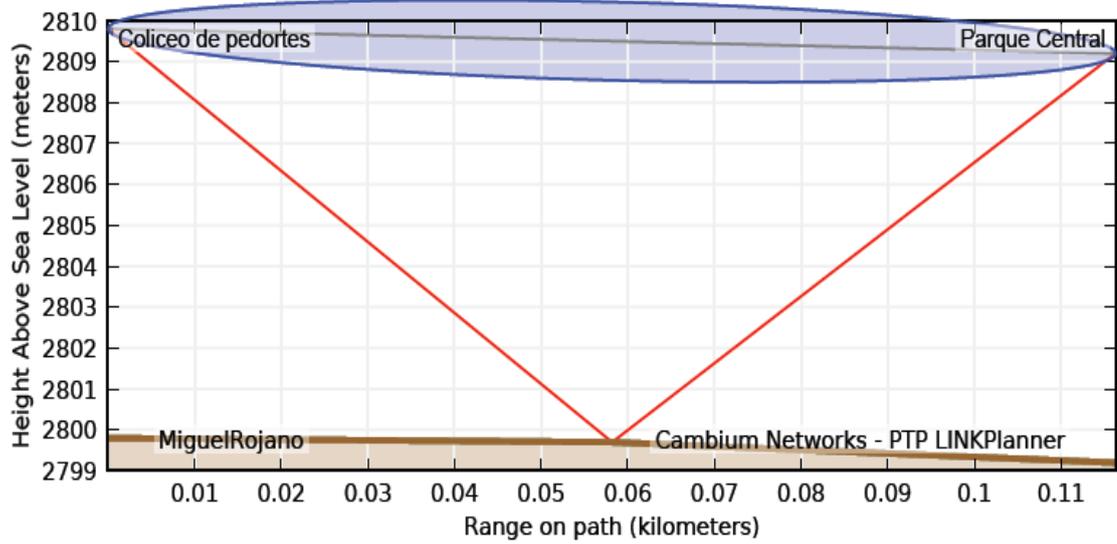


**Figura 6.28.** Perfil del terreno Mercado San Juan a Coliseo de deportes

**Elaborado por:** El Investigador

- **Coliseo de deportes a Parque Central**

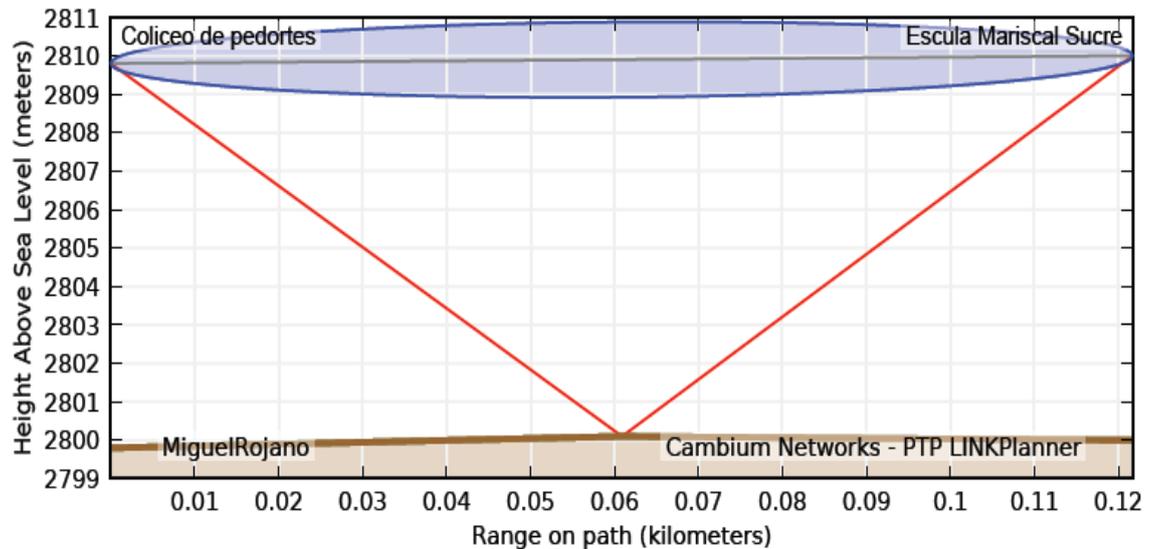
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.36.



**Figura 6.29.** Perfil del terreno Coliseo de deportes a Parque Central  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Coliseo de deportes a Escuela Mariscal Sucre**

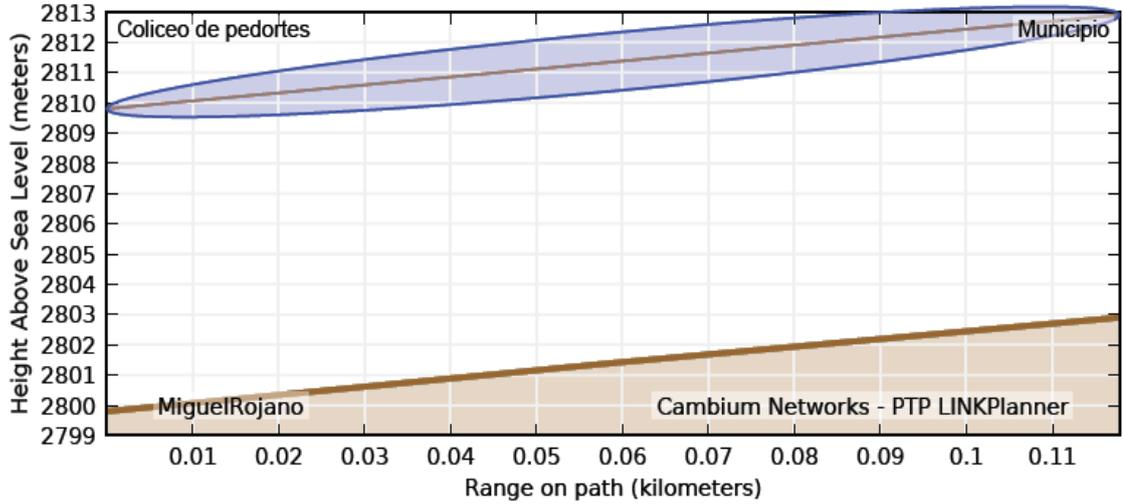
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.37.



**Figura 6.30.** Perfil del terreno Coliseo de deportes a Escuela Mariscal Sucre  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Coliseo de deportes a Municipio**

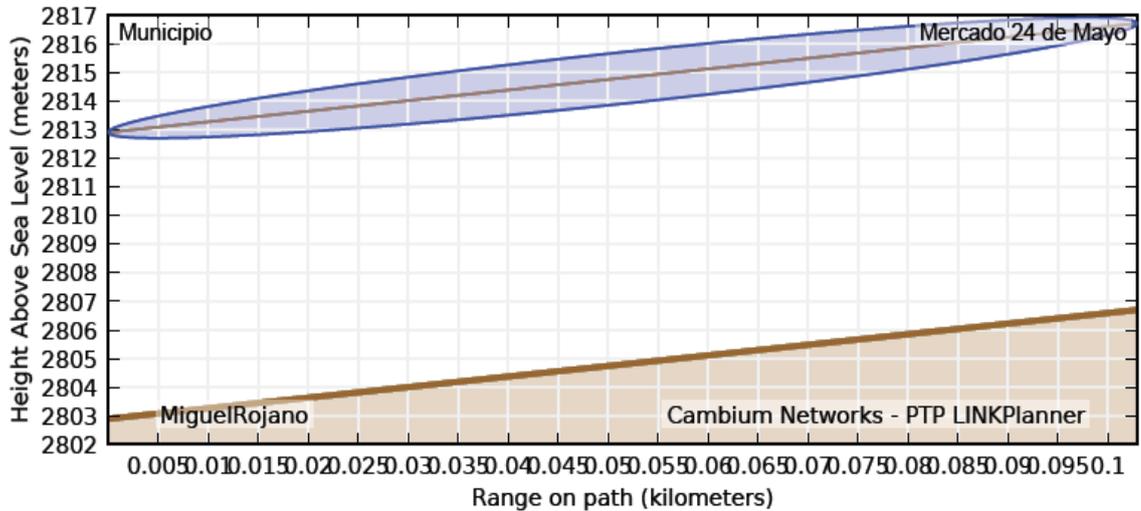
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura N° 6.38.



**Figura 6.31.** Perfil del terreno Coliseo de deportes a Municipio  
**Elaborado por:** El Investigador

- **Municipio a Mercado 24 de Mayo**

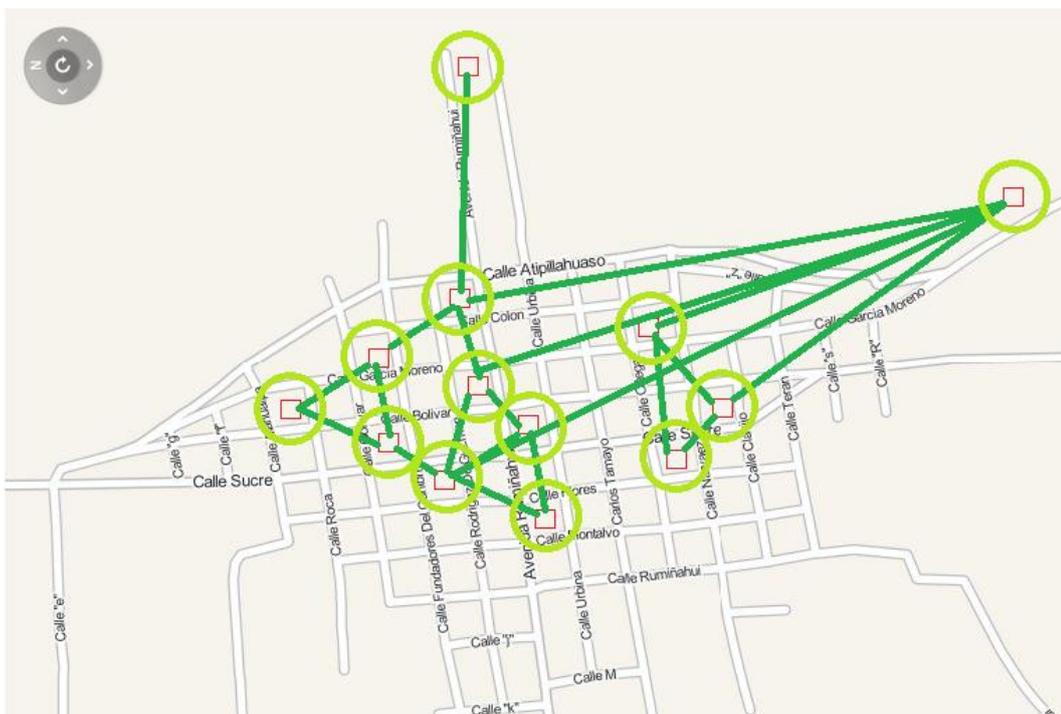
El perfil del terreno del radioenlace se presenta en la Figura 6.39.



**Figura 6.32.** Perfil del terreno Municipio a Mercado 24 de Mayo  
**Elaborado por:** El Investigador

## 6.9. Área de cobertura

El área de cobertura está limitada en el casco central y abarca las zonas de mayor concentración poblacional en la ciudad como se muestra en la figura 6.50.



**Figura 6.33.** Diagrama del área de cobertura en el casco central de la ciudad.

**Elaborado por:** El Investigador

Como se puede apreciar en la gráfica el nodo principal está en la colina de San Bartolomé, se lo ha escogido por su altura ya que desde su cima se aprecia y se tendrá línea de vista directa a los demás puntos o saltos de nuestra red, por lo cual en esta ubicación se colocara un radio y una antena sectorial de las especificaciones mencionadas anteriormente.

Convirtiéndose en el punto central de nuestro radio enlace, así se ha dispuesto en el diseño de dos nodos más que enlazan a los puntos de mayor concentración poblacional este tipo de diseño es muy importante ya que si por cualquier razón se pierda o exista una alta congestión de datos en un punto o nodo la comunicación buscará una nueva ruta de seguimiento para mejorar en un 100% la comunicación.

### 6.9.1. Cálculo de atenuaciones

#### Atenuación en el Espacio Libre

Las ondas de radio al momento de propagarse en el espacio experimentan pérdidas (atenuación), conforme se aumenta la trayectoria entre dos antenas, es decir se provoca una dispersión de la señal según se aleja el transmisor. La ecuación que permite establecer el valor de la atenuación es la siguiente:

$$\alpha_{el} \text{ (dB)} = 92,45 + 20\log_{10}F_{\text{GHz}} + 20\log_{10}D_{\text{Km}}$$

Dónde:

D = Distancia total del tramo (Km)

F = Frecuencia a la que se está trabajando (GHz)

#### Atenuación por Absorción

Para calcular la atenuación por absorción se debe tomar en cuenta diferentes factores. Se toma en cuenta que para atenuación por lluvia se consideran alturas de entre 2200m y 2900m, y para atenuación por neblina alturas de más de 2900m. De las alturas obtenidas previamente, se deduce que para los enlaces del proyecto existen ambos tipos de atenuación. La ecuación que permite obtener el valor de atenuación por absorción es la siguiente:

$$\alpha_{abs} \text{ (dB)} = \alpha_{\text{lluvia}} + \alpha_{\text{neblina}}$$
$$\alpha_{abs} \text{ (dB)} = \gamma_{\text{lluvia}}(d) + \gamma_{\text{neblina}}(d)$$

Dónde:

d = distancia del enlace en Km.

$\gamma$  = coeficiente de absorción.

$$\gamma_{\text{Lluvia}} = 0,05 \frac{\text{dB}}{\text{km}}$$

$$\gamma_{\text{Neblina}} = 0,032 \frac{\text{dB}}{\text{km}}$$

En la tabla 6.3. Se muestran los resultados obtenidos por los cálculos de la atenuación y ganancia del sistema de radioenlaces entre los diferentes puntos a enlazar.

N.-	Radioenlace			Atenuación por absorción	Pérdida total del Enlace	Ganancia del sistema	Margen de ganancia del sistema
	Tx		Rx				
1	Bomberos	a	Mercado 24 de Mayo	0,03	93,23 dB	146,33 dB	53,10 dB
2	Escuela Unión Nacional de Periodistas	a	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	0,01	92,27 dB	145,33 dB	53,07 dB
3	Escuela Unión Nacional de Periodistas	a	Escuela Mariscal Sucre	0,02	93,23 dB	146,33 dB	53,10 dB
4	Escuela Mariscal Sucre	a	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	0,01	90,87 dB	143,33 dB	52,46 dB
5	Escuela Augusto Nicolás A. Martínez	a	Mercado 24 de Mayo	0,01	89,72 dB	142,33 dB	52,61 dB
6	Mercado 24 de Mayo	a	San Bartolomé	0,03	99,54 dB	147,33 dB	47,79 dB
7	Mercado San Luis	a	San Bartolomé	0,03	99,26 dB	147,33 dB	48,07 dB
8	San Luis	a	Escuela Isabela católica	0,02	93,19 dB	146,33 dB	53,14 dB
9	Mercado San Luis	a	Escuela Isabela católica	0,01	89,54 dB	142,33 dB	52,80 dB
10	San Luis	a	Mercado San Luis	0,01	85,85 dB	138,33 dB	52,49 dB
11	Escuela Isabela católica	a	San Bartolomé	0,03	97,47 dB	147,33 dB	49,87 dB
12	Municipio	a	San Bartolomé	0,03	100,25 dB	147,33 dB	47,08 dB
13	Coliseo de deportes	a	San Bartolomé	0,04	102,07 dB	147,33 dB	45,26 dB
14	Parque Central	a	Municipio	0,01	90,34 dB	143,33 dB	52,99 dB
15	Parque Central	a	Mercado San Juan	0,01	88,37 dB	141,33 dB	52,97 dB
16	Mercado San Juan	a	Coliseo de deportes	0,01	91,96 dB	145,33 dB	53,37 dB
17	Coliseo de deportes	a	Parque Central	0,01	89,01 dB	142,33 dB	53,32 dB
18	Coliseo de deportes	a	Escuela Mariscal Sucre	0,01	89,41 dB	142,33 dB	52,93 dB
19	Coliseo de deportes	a	Municipio	0,01	89,12 dB	142,33 dB	53,21 dB
20	Municipio	a	Mercado 24 de Mayo	0,01	87,95 dB	141,33 dB	53,38 dB

**Tabla 6.6.** Distancias de los diferentes radioenlaces

**Elaborado por:** El Investigador

## 6.9.2. Selección de los equipos para el radio enlace

En la actualidad varias compañías se dedican a la fabricación de equipos de telecomunicaciones y están dirigiendo sus estudios e inversiones a las soluciones Mesh.

A continuación se presentan las características principales de los fabricantes más importantes que tienen productos para implementar una red Mesh:

FABRICANTE	TIPO DE ANTENA	NUMERO MAXIMO DE NODOS	NUMERO MAXIMO DE SALTOS	EQUIPOS UTILIZADOS	ALCANCE	INTERFACES RADIO
	Indoor/Outdoor	20 nodos/2km	3 a 4	Routers Gateway Routers Clientes	7 metros entre routers y usuarios	2 radios, 2.4GHz y 5GHz
	Outdoor	3-4 conectados al BackBone	5	BelAir200 Mesh Ap + Access AP BelAir200	-	2 o más radios, 2.4GHz y 5GHz
	Indoor/Outdoor	11 nodos/2km	4 a 5	SkyGateway SkyConnector SkyExtender SkyExtenderDual	12 a 16 km entre nodos	2 radios, 2.4GHz y 5GHz
	Indoor/Outdoor	-	10	OWS Strix	50 metros entre nodos	2 radios, 2.4GHz y 5GHz
	Outdoor	-	-	WLAN Controller + Cisco Aironet 1510	-	-
	Indoor/Outdoor	-	-	Punto de Acceso Inteligente MotoMesh+ Enrutador Inalambrico	500 metros entre nodos	2 o más radios, 2.4GHz y 5GHz
	Indoor/Outdoor	90/Gateway	3	NOSS Server+ Wireless Gateway + AP7220	200 a 800 metros en Aps	2 radios, 2.4GHz y 5GHz
	Indoor/Outdoor	120	4 a 5	MR66 MR62 MR12 MR16 MR24	200 a 350 metros entre nodos	2 o más radios, 2.4GHz y 5GHz

**Tabla 6.7.** Características principales de equipos Mesh.

**Elaborado por:** El Investigador

Cabe resaltar que la mayoría de los fabricantes utiliza en sus equipos Mesh dos radios uno para el enlace de tránsito (comunicación entre nodos, 802.11a, 5GHz) otro para el enlace de acceso (para ofrecer el servicio, 802.11b/g, 2.4GHz).

## **Requisitos básicos de equipos para la red Mesh.**

Un radioenlace está compuesto por los equipos de transmisión, de recepción y el medio de propagación o canal aéreo entre transmisor y receptor. Por lo general para un radio enlace los elementos son los siguientes:

- Punto de acceso y Antena.
- Cable para conexión exterior. (FTP)
- Cable pigtail.
- Inyector POE.
- Protector de sobretensión.

Para seleccionar los equipos a utilizar, se ha realizado un análisis técnico y de costos según los catálogos obtenidos de las direcciones electrónicas de las empresas que proveen equipos de comunicación inalámbrica, de los cuales se ha seleccionado la mejor alternativa.

Para la red Mesh se van a necesitar los siguientes equipos y elementos:

- ROUTERBOARD 411 (Incluye accesorios de conectotización y sujeción)
- ROUTERBOARD 433(Incluye accesorios de conectotización y sujeción)
- Radio Mikrotik R52HN
- Antena Sectorial 120° Airmax ubiquiti
- Caja de aluminio para exteriores (tarj Mik)
- MR16 Dual-Radio 802.11n Access Point
- Fuente POE 12w
- Fuente POE 50w
- Pigtail
- UPS APC BR1500G

## **ROUTERBOARD 433(Incluye accesorios de conectotización y sujeción**

Tres ranuras miniPCI y tres puertos Ethernet que proporcionan opciones de conectividad suficiente para usar el RB433 como la parte central de la red, la versión AH añade más memoria RAM y nuestro popular de alta velocidad Atheros CPU 680MHz haciendo de esta la opción perfecta para las redes universales graves. Una tarjeta microSD le da la posibilidad de añadir más capacidad de almacenamiento para la memoria caché Web proxy, troncos, o Metarouter máquinas virtuales.



**Figura 6.34.** Router Board RB433AH  
**Fuente:** Mikrotik Tm Routers and wireless, 2009

En la siguiente tabla se muestran las principales características del Router Board RB433AH.

<b>Código del producto</b>	<b>RB433AH</b>
<b>Monitor de corriente</b>	No
<b>Velocidad del procesador</b>	680MHz
<b>RAM</b>	128MB
<b>Arquitectura</b>	MIPS-BE
<b>Puertos LAN</b>	3
<b>MiniPCI</b>	3
<b>Inalámbrica integrada</b>	0
<b>USB</b>	0
<b>Tarjetas de memoria</b>	1
<b>Memoria Tipo de tarjeta</b>	microSD
<b>Power Jack</b>	10-28V
<b>Soporte 802.3af</b>	No
<b>PoE</b>	10-28V
<b>Monitor de voltaje</b>	Sí
<b>PCB monitor de temperatura</b>	No
<b>CPU monitor de temperatura</b>	No
<b>Rango de temperatura</b>	-30C a +60 C
<b>Licencia RouterOS</b>	Level5

**Tabla 6.7.** Especificaciones del RouterBoard433AH.

**Fuente:** Mikrotik Tm Routers and wireless, 2009

### **Radio Mikrotik R52HN**

RouterBOARD R52Hn miniPCI adaptador de red 802.11a/b/g/n proporciona un rendimiento líder en las bandas de 2 GHz y 5 GHz, tanto, que soporta hasta 300 Mbps velocidad de datos físicos y hasta 200Mbps de rendimiento para el usuario actual, tanto en el enlace ascendente y descendente. 802.11n en su dispositivo inalámbrico proporciona una mayor eficiencia en las actividades diarias, tales

como locales de las transferencias de archivos de red, navegación por Internet y streaming de medios de comunicación. R52Hn tiene un transmisor de alta potencia, con lo que amplía aún más. La tarjeta tiene dos conectores MMCX para antena externa



**Figura 6.45.** Router Board RB52Hn

**Fuente:** Mikrotik Tm Routers and wireless, 2009

En la siguiente tabla se muestran las principales características del RouterBoard RB52Hn.

<b>Código del producto</b>	<b>R52Hn</b>
<b>802.11<sup>a</sup></b>	Sí
<b>802.11b</b>	Sí
<b>802.11g</b>	Sí
<b>802.11n</b>	Sí
<b>Conector</b>	MMCX
<b>Formato</b>	miniPCI
<b>Chipset</b>	AR9220
<b>Potencia de salida</b>	25dBm
<b>2 GHz</b>	Sí
<b>5 GHz</b>	Sí
<b>802,11 compatibilidad con el modo Turbo</b>	No
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-50 °C a +70 °C
<b>RouterOS compatibilidad</b>	v4

**Tabla 6.8.** Especificaciones del RouterBoard RB52Hn

**Fuente:** Mikrotik Tm Routers and wireless, 2009

### **Antena Sectorial 120° Airmax Ubiquiti.**

Tecnología de próxima generación que logra ganancia, mezcla poli-aislamiento y características que rivaliza con las estaciones base y antenas celulares de mayor calidad en el mundo.

Al instante se crea un vínculo con Rocket M5 para crear una potente estación base AirMax 2x2 MIMO PtMP. Rocket se puede montar y es resistente a la intemperie de puentes RF incluidos.



**Figura 6.36.** Antena AirMax Sector.

**Fuente:** Ubiquiti Network, 2010

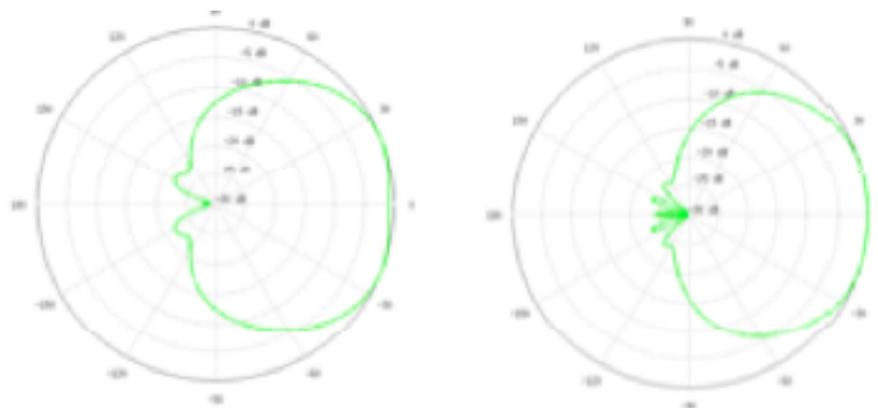
La tabla N° 6.9., muestra las especificaciones de la antena seleccionada para el proyecto.

<b>Rango de Frecuencia</b>	<b>5.15 - 5.85 GHz</b>
<b>Ganancia</b>	18.6 - 19.1 dBi
<b>Polarización</b>	Doble Alineación
<b>Cross-pol Isolation</b>	28db min
<b>Max VSWR</b>	1.5 : 1
<b>Hpol Beamwidth (6dB)</b>	123 deg
<b>Vpol Beamwidth (6dB)</b>	123 deg
<b>Ancho del haz de elevación</b>	4 deg
<b>Dimensiones</b>	700x145x79 mm
<b>Peso</b>	5.9 Kg
<b>Windloading</b>	160 mph

**Tabla 6.9.** Especificaciones AntenaAirMax Sector.

**Fuente:** Ubiquiti-Networks, 2010

En la Figura N° 6.37., se observa el patrón de radiación que ofrece esta antena, tanto para polarización Horizontal como Vertical.



**Figura 6.37.** Patrón de radiación de la antena AirMax Sector.

**Fuente:** Ubiquiti-Networks, 2010

## MR16 Dual-Radio 802.11n Access Point

Meraki construye inteligente, y da soluciones de red que simplifican las redes empresariales. Ya sea asegurar iPads en una empresa o cubriendo un campus con WiFi, redes Meraki simplemente funciona. Meraki se formó en 2006 por los candidatos de doctorado de MIT, y fue financiado por Sequoia Capital y Google.

Hoy en día, Meraki ofrece una nube completa familia de productos gestionado como LAN inalámbrica, switches Ethernet y dispositivos de seguridad. Meraki es una de las compañías de más rápido crecimiento en la industria con más de 20.000 despliegues de clientes en todo el mundo.

El significado de Meraki (mayo-rah-kee) es una palabra griega que significa hacer algo con la pasión y el alma.



**Figura 6.38.** Antena meraki MR16.

**Fuente:** Meraki, 2011

La tabla N° 6.10. Se muestra las especificaciones de la antena meraki seleccionada para el proyecto.

<b>Uso</b>	<b>Orientada hacia el rendimiento WLAN Enterprise, campus, la atención sanitaria</b>
<b>Radio especificación</b>	2 × radio 802.11b/g/n 600 Mbit / s Velocidad máxima de 2x2 MIMO, la formación de haz
<b>Interfaz</b>	1 x puerto Gigabit Ethernet
<b>Poder</b>	802.3af Power over Ethernet adaptador de alimentación de CC
<b>El diseño físico</b>	De bajo perfil de la pared de diseño industrial, de escritorio, y la caída de techo de montaje (UL2043 plenum)
<b>Las características de rendimiento</b>	Voice Priority, Power Save (802.11e/WMM) de nivel empresarial CPU acelerado por hardware de encriptación de alta densidad apoyo de dirección de banda
<b>Mesh de red</b>	Alto rendimiento multi-radio malla

**Tabla 6.10.** Especificaciones Antena meraki MR16.

**Fuente:** Meraki, 2011

### **Caja de aluminio para exteriores (tarj Mik)**

Es una caja para interior de aluminio negro compatible con los modelos RouterBoard RB433, RB433AH y RB433UAH.

Como se observa en la Figura N° 6.39., el gabinete tiene las siguientes características

- 1 agujero para puerto serie.
- 1 agujero para Fuente de alimentación.
- 3 agujeros para puertos Ethernet (incluido puerto POE).
- 1 agujero para 2 conectores USB.



**Figura 6.39.** Caja para el RouterBoard RB433AH  
**Fuente:** Aire Network and Solutions, 2008

### Fuente POE 12w

Ubiquiti Networks diseña, desarrolla y comercializa revolucionarios y compactos equipos inalámbricos de banda ancha, ideales para operadores de red, proveedores de acceso inalámbrico a Internet, etc. Los productos de Ubiquiti Networks cumplen con los estándares de banda ancha de la industria, incluidos WiMax y Wi-Fi.

En la Figura N° 6.40 se puede observar el modelo del inyector POE.



**Figura 6.40.** Inyector POE de Ubiquiti Networks.  
**Fuente:** Aire Network and Solutions,

La tabla N° 6.11., muestra las especificaciones del inyector POE de Ubiquiti.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>UBIQUITI NETWORKS</b>
<b>Salida de tensión</b>	24 VDC a 1.0 A
<b>Tensión de entrada</b>	90–260VAC a 47–63Hz
<b>Corriente de entrada</b>	0.3A a 120VAC, 0.2A a 230VAC
<b>Corrientes máximas</b>	< 15A pico a 120 VAC, < 30A pico a 230VAC
<b>Eficiencia</b>	70 %
<b>Frecuencia de conmutación</b>	20 MHz
<b>Temperatura de Operación</b>	10°C - +60°C
<b>Dimensiones(L x W x H)</b>	(85 x 43 x 30) mm
<b>Peso</b>	100 gramos
<b>Datos IN / POE</b>	Conector RJ45 blindados
<b>Protección de voltaje residual</b>	11V datos, 77.5V Energía
<b>Máxima descarga</b>	1200A (8/20uS) Energía
<b>Pico de corriente</b>	36A (10/1000uS) Datos
<b>Capacitancia</b>	<5pf datos
<b>Tiempo de respuesta</b>	< 1ns

**Tabla 6.11.** Especificaciones del inyector POE

**Fuente:** Aire Network and Solutions,

## Ups Apc Br1500g

La familia Back-UPS Pro ofrece protección de energía garantizada para sistemas informáticos de alto rendimiento, routers/módems, dispositivos de almacenamiento externo, consolas para juegos y otros dispositivos electrónicos en su hogar o su empresa.

Estos modelos suministran un abundante respaldo por baterías durante interrupciones en la alimentación eléctrica y estabilizan los niveles de tensión inseguros. Brindan protección contra sobretensiones transitorias y prolongadas que pueden causar daños, y posibilitan el uso de software de administración para que pueda sacar el mayor provecho de la unidad.

Las características premium de esta familia incluyen Regulación automática de tensión (AVR), pantalla LCD y funciones de ahorro de energía que reducen el uso de electricidad. Junto con las demás características estándar de las unidades Back-UPS Pro, son la opción perfecta para proteger sus datos y mantener la disponibilidad de su sistema.



**Figura 6.41.** APC de 1300 watts  
**Fuente:** Apc Schneider Electric, 2010

A continuación se detallan las características principales del Upc.

<b>Capacidad de Potencia de Salida</b>	<b>780 Vatios / 1300 VA</b>
<b>Tensión de salida nominal</b>	120V
<b>Eficiencia con carga completa</b>	87.0%
<b>Frecuencia de salida</b> <b>(sincronizada a red eléctrica principal)</b>	50/60 Hz +/- 3 Hz ajustable por el usuario +/- 0,1
<b>Tipo de forma de onda</b>	Aproximación acompañada de una onda sinusoidal (5) NEMA 5-15R (Respaldo de batería)
<b>Conexiones de salida</b>	(5) NEMA 5-15R (Protección contra sobretensiones)
<b>Eficiencia a media carga</b>	86%
<b>Entrada de voltaje</b>	120V
<b>Frecuencia de entrada</b>	50/60 Hz +/- 3 Hz (auto sensible)
<b>Longitud del cable</b>	1.83 metros
<b>Clasificación de energía de sobrecarga (Joules)</b>	354 Joules

**Tabla 6.12.** Especificaciones del inyector POE

**Fuente:** Apc Schneider Electric, 2010

## **Pigtail**

La Figura N° 6.15 muestra el conector MMCX el cual se usa en determinados componentes wireless, como pueden ser routers y puntos de acceso, en todos estos dispositivos, evidentemente el conector incorporado en ellos es del tipo hembra.

### **Características:**

- Compatible con la tarjeta miniPCI R52nM, R52HN, UB-XR5, UB-XR5, EMP-86.3, etc.
- Pigtail MMCX A N macho, Cable de baja pérdida
- 50cm de longitud



**Figura 6.42.** Pigtail Mmcx

**Fuente:** Seguridad Wireless, 2009

### **6.10. Análisis económico del radioenlace**

Este punto hace referencia al estudio de los costos necesarios para llevar a cabo el diseño planteado, es importante tomar en consideración cada uno de los materiales y recursos utilizados en el esquema de comunicaciones propuesto, con el fin de obtener un costo estimado de implementación. Después se describen los equipos

utilizados en el diseño de la red con su respectivo precio, se toma en consideración que cumplan con las características necesarias del diseño de la Red.

<b>CANT</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>V. UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
12	MERAKI MR16	\$ 649	\$ 7788,00
1	ROUTERBOARD 433(Incluye accesorios de conectotización y sujeción)	\$ 430	\$ 430,00
1	Radio Mikrotik R52HN	\$ 160	\$ 160,00
1	Antena Sectorial 120° Airmax ubiquiti	\$ 450	\$ 450,00
1	Caja de aluminio para exteriores (tarj Mik)	\$ 150	\$ 150,00
12	Fuente POE 12w	\$ 64,99	\$ 779,88
1	Fuente POE 50w	\$ 85	\$ 85,00
2	Pigtail	\$ 35	\$ 70,00
13	UPS APC BR1500G	\$ 300	\$ 3900,00
13	Brazos o poste (2 metros.)	\$ 90	\$ 1170,00
13	Conexión a tierra	\$ 150	\$ 1950,00
13	Punto de Alimentación eléctrica	\$ 50	\$ 650,00
1	Instalación y Configuración de software de Administración	\$ 600	\$ 600,00
1	Instalación y Configuración del Router	\$ 300	\$ 300,00
1	Instalación y configuración de los enlaces	\$ 1800	\$ 1800,00
1	Capacitación	\$ 300	\$ 300,00
		<b>SUBTOTAL</b>	\$ 20582,88
		<b>IVA 12%</b>	\$ 2469,95
		<b>TOTAL</b>	\$ 23052,83

**Tabla 6.13.** Valores de equipos, instalación y configuración de la red Mesh.

**Elaborado por:** El Investigador.

## 6.11. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.11.1. Conclusiones

- Una de las características de las redes Mesh radica en su gran tolerancia a fallos cuando existe algún problema en la red. Por ejemplo si uno o más nodos salen de servicio, el protocolo de enrutamiento pueden re direccionar el flujo de información a otros nodos de la red.
- A pesar que en el mercado se encuentra ya a disposición equipos Mesh, es también posible modificar ciertos equipos inalámbricos para que trabajen como nodos Mesh. Esto se logra siempre y cuando su software interno sea modificable. Mediante la reprogramación de su firmware se puede lograr que trabajen como equipos Mesh.
- Es importante considerar el rendimiento efectivo de la redes WIFI que puede ir del 50% al 70% cuando la red está operando en condiciones ideales, este rendimiento efectivo va disminuyendo proporcionalmente con la distancia razón por la cual algunos enlaces entre estaciones repetidoras no fueron tomados en cuenta para el diseño ya que afectarían directamente al rendimiento de la red.
- Existe una estrecha relación entre las capas física, Mac, y los protocolos de encaminamiento, relación que se acentúa más al emplear varios canales de radio que requieren de mayor coordinación entre las capas y nuevos mecanismos que se encargan de optimizar el uso del ancho de banda (antenas adaptivas, inteligente, etc.) y minimizar las interferencias.
- Es importante considerar la calidad de servicio en el diseño de la red, pues este permite a la red diferenciar entre diferentes flujos de tráfico, dándole prioridad a la voz y video sobre los datos, ya que la voz y el video no pueden soportar grandes pérdidas o retrasos en la transmisión. Mientras

que los datos pueden soportar pérdidas pequeñas o retraso en la transmisión sin que se afecte notablemente su calidad, por su parte el aumento del retardo o pérdidas en las transmisiones de voz y video hace que la respuesta de la red sea tan deficiente, convirtiéndola algunas veces en una red de baja calidad o incluso que esta no esté disponible en determinados momentos, afectando de esta manera a los usuarios de la red.

- Como cualquier tecnología, hay asuntos y limitaciones en las redes Mesh, la mayoría basadas en escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. Son tópicos que no se resuelven completamente pero se siguen haciendo estudios para resolver estos problemas.

#### **6.11.2. Recomendaciones**

- Se recomienda establecer algún software de administración de red con la finalidad de tener un control más riguroso de la red, preferiblemente este software debería ser en sistema operativo Linux para eliminar los costos que se tendrían que pagar por concepto de licencias.
- Se recomienda aplicar políticas de manejo de la red en caso de ser implementada. Principalmente esta política deberá estar encaminada a entrenar al personal en el manejo de Linux. Ya que este proyecto al ser de carácter social se requiere el máximo ahorro de recursos, e implementado software libre se evitará correr con costos por concepto de licencias, el problema radica en que Linux no es un sistema operativo ampliamente utilizado en el Ecuador por lo que se requiere de capacitación al personal en su manejo.
- Se debe implementar Políticas de Seguridad, debido a que la tecnología Mesh permite que un equipo inalámbrico pueda tener acceso a la red sin mayor problema se hace necesario políticas de configuración de los equipos, políticas de acceso remoto, políticas de contraseñas, etc. Que son

necesarios para reducir en la medida de lo posible el ingreso a la red de usuario no deseados.

- Se recomienda hacer un análisis de tráfico para este tipo de redes, ya que dicho análisis escapa del alcance de esta tesis, pero que sin embargo es importante realizar dicho análisis, pues este análisis permite tener una idea más clara del comportamiento de la red, y poder realizar modificaciones en el diseño antes que la red se implemente físicamente.
- Se recomienda hacer un estudio más profundo sobre la aplicación de los estándares IEEE802.11 a/b/g/s para enlaces de larga y corta distancia, y en especial el estándar IEEE802.11 s que es primordial para el correcto funcionamiento de las redes Mesh.
- Las frecuencias de operación a las que trabaja la red diseñada en este proyecto utiliza un espectro de frecuencia sin licencia concretamente la de 5.4Ghz. y es perfectamente aplicable por su mayor rapidez de transmisión en entornos rurales ya que en estas zonas no existe el problema de interferencias de otros sistemas de comunicaciones que trabajen en el mismo rango de frecuencias, no es recomendable implementar este tipo de redes en zonas urbanas con la frecuencias de 2.4Ghz ya que en estas zonas el espectro de frecuencias de 2.4 GHz está saturado lo que reduciría el rendimiento de la red

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Bibliografía de Libros:**

- TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Primera edición. España. Editorial Prentice Hall. 1996.
- BADES, Regis J. Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha. Primera edición. McGraw-Hill Interamericana editores. Madrid. 2003.
- REID, Neil. SEIDE, Ron. Manual de Redes Inalámbricas. Primera edición. McGraw-Hill Interamericana editores. México. 2004.
- ROLDAN, David. Comunicaciones Inalámbricas. Primera edición. Alfaomega grupo editor. Madrid. 2005.

### **Linkografía:**

- MARTINEZ, Evelio. SISTEMA DE COMUNICACIONES. Publicado el lunes 09 de Julio de 2007. <http://www.eveliux.com/mx/modelo-de-un-sistema-de-comunicaciones.php>
- MENDIBURU, Henry. TELECOMUNICACIONES Y TELEFONÍA CELULAR. Publicado en mayo de 2007. <http://www.monografias.com/trabajos16/telecomunicaciones/telecomunicaciones.shtml>
- Publicado el 15 DE mayo del 2009. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. <http://www.vidadigitalradio.com/el-espectro-radioelectrico/>
- JOSKOWIC, José. REDES DE DATOS. Publicada en agosto del 2008. <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/redcorp/material/2008/Redes%20de%20Datos%202008.pdf>
- Wikipedia. RADIOCOMUNICACIÓN. Actualizada el 20 junio del 2011. <http://es.wikipedia.org/wiki/Radiocomunicaci%C3%B3n>

- DOBLADEZ, Maximiliano. NUEVA R52HN DE MIKROTIK. Escrito el 18 de enero del 2011. <http://mikrotikexpert.com/noticias/nueva-r52hn-de-mikrotik/>
- TECTEL, Servicios en tecnología y telecomunicación. HYPERLINK 5.8 GHZ 27 DBI GRID ANTENNA. Publicada el 15 de abril del 201. [http://tectelbo.com/product.php?id\\_product=46](http://tectelbo.com/product.php?id_product=46)
- IEEE 802.11s Task Group IEEE P802.11s/D0.01. Draft STANDARD for Information Technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metro- politan area networks. Specic requirements. Part 11: Wire- less LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specications. Amendment 10: Mesh Networking IEEE 802.11s Draft 0.01 Marzo de 2006
- C. Perkins Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Rou-ting Draft 00 Draft IETF MANET AODV 00 Noviembre de 1997
- J. Broch, D. Johnson y D. Maltz The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks Draft IETF MANET DSR 00 Marzo de 1998.
- P. Jacquet, P. Muhlethaler y Amir Qayyum Optimized Link State Routing Protocol Draft IETF MANET OLSR 00 Noviembre de 1998
- Juliusz Chroboczek The Babel routing protocol draft- chroboczek-babel-routing-protocol-00 Abril de 2009
- Francisco Javier Campos Berga Anonimato en redes ad-hoc mediante integracion de los protocolos HIP y OLSR Julio de 2009
- Jordi Chameta Ugas Estudio y análisis de prestaciones de re-des móviles Ad Hoc mediante simulaciones NS-2 para validar modelos analíticos Proyecto Fin de Carrera de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona Noviembre de 2009
- Qamar Abbas Tarar Optimized link state routing protocol for ad-hoc networks University of Cyprus, Computer Science Departament
- Capacity of Wireless Networks. <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/18/17872/00825799.pdf> IEEE.

- Capacity of Ad-Hoc Wireless Network.  
<http://pdos.csail.mit.edu/papers/grid:mobicom01/paper.pdf> Massachusetts  
Institute of Technology.

# ANEXOS

**ANEXO A** - Encuesta realizada a los ciudadanos del casco central de la ciudad  
Santiago de Píllaro

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL (FISEI)**

**Encuesta dirigida para los habitantes del casco central de la ciudad Santiago  
de Píllaro.**

**OBJETIVO:**

Recolectar información sobre la actual condición de las comunicaciones  
entre los habitantes del casco central de la ciudad Santiago de Píllaro.

**INSTRUCTIVO:**

- Procure ser lo más objetivo y veras
- Marque con una X en el paréntesis la alternativa que usted eligió.

**1. ¿Actualmente el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro cuenta  
con algún sistema de comunicación para el libre acceso a internet?**

Si ( )

No ( )

**2. ¿Le gustaría que el casco central de la ciudad Santiago de Píllaro  
adopte un sistema de comunicación para la transmisión de datos entre  
los habitantes de la misma?**

Si ( )

No ( )

**3. ¿Cree Ud. que el diseño de un sistema de comunicación para el casco central de la ciudad facilitará el acceso a tecnologías de la información?**

Si ( )

No ( )

**4. ¿Qué beneficios traerá la implementación de la red?**

Mejorar el desarrollo educacional y cultural de la ciudadanía ( )

Elevar la calidad de servicios hacia los habitantes ( )

Todas las anteriores ( )

**5. ¿Posee la municipalidad de la ciudad personal calificado para administrar la red?**

Si ( )

No ( )

**6. ¿Considera Ud. que la municipalidad de la ciudad dispone del presupuesto para implementar esta red?**

Si ( )

No ( )

¡Agradecemos cordialmente su colaboración!

## ANEXO B - Glosario de Términos Utilizados

- **AES:** Advanced Encryption Standard
- **Ancho de banda:** Es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período dado.
- **Atenuación:** Atenuación es la reducción de nivel de una señal, cuando pasa a través de un elemento de un circuito, o la reducción en nivel de la energía de vibración, cuando pasa a través de una estructura.
- **ATM:** Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona). Es una tecnología de telecomunicaciones desarrollada para la provisión de una gran cantidad de servicios y aplicaciones.
- **Conmutación:** Es la conexión que realizan los diferentes nodos que existen en distintos lugares y distancias para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones.
- **Db:** El decibelio (símbolo dB) es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.
- **DES:** Data Encryption Standard. El Estándar de encriptación de Datos se adoptó ampliamente en la industria para usarse con productos de seguridad.
- **ESP:** Encapsulating Security Payload. El protocolo ESP proporciona autenticidad de origen, integridad y protección de confidencialidad de un paquete de datos.
- **Encriptación:** La encriptación es el proceso para volver ilegible información que considera importante, manteniendo su autenticidad, integridad, confidencialidad y el no repudio de la misma entre otros aspectos.
- **Erlangs:** Es una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico.
- **Ethernet:** Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección

de Portadora) con Detección de Colisiones, es una técnica usada en redes es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones

- **Extranet:** Es una red privada que utiliza protocolos de Internet, protocolos de comunicación y probablemente infraestructura pública de comunicación para compartir de forma segura parte de la información u operación propia de una organización con proveedores, compradores, socios, clientes o cualquier otro negocio u organización.
- **Firewall:** Un firewall es un dispositivo que funciona como cortafuegos entre redes, permitiendo o denegando las transmisiones de una red a la otra.
- **FTP:** File Transfer Protocol, (Protocolo de Transferencia de Archivos, es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Transmission Control Protocol), basado en la arquitectura cliente-servidor.
- **FXO:** Origen Exchange Office, es un dispositivo de computador que permite conectar éste a la Red Telefónica Conmutada, y mediante un software especial, realizar y recibir llamadas de teléfono.
- **FXS:** Foreign Exchange Station, es el conector en una central telefónica o en la pared de nuestro hogar, que permite conectar un teléfono analógico estándar.
- **Gateway:** es un dispositivo, que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación.
- **H.323:** Es un conjunto de estándares de ITU-T, los cuales definen un conjunto de protocolos para proveer comunicación visual y de audio sobre una red de computadores.
- **HTTP:** Hypertext Transfer Protocol. Es el método más común de intercambio de información en la world wide web, mediante el cual se transfieren las páginas web a un ordenador.
- **Impedancia:** La impedancia es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente.

- **Intranet:** Una intranet es un conjunto de servicios de Internet (por ejemplo, un servidor Web) dentro de una red local, es decir que es accesible sólo desde estaciones de trabajo de una red local o que es un conjunto de redes bien definidas invisibles (o inaccesibles) desde el exterior.
- **ISP:** Internet Service Provider. Es una empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes.

## ANEXO C Catálogos