



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño de un sistema de radio enlace en la generación de servicio de internet fijo al recinto Carrizal desde la Ciudad de Milagro**

AUTOR:

CARRILLO IBARRA, LEONARDO ROBERTO

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

9 de Marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Carrillo Ibarra, Leonardo Roberto** como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

TUTOR

---

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 9 del mes de Marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Carrillo Ibarra, Leonardo Roberto**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “**Diseño de un sistema de radio enlace en la generación de servicio de internet fijo al recinto Carrizal desde la Ciudad de Milagro**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

---

CARRILLO IBARRA, LEONARDO ROBERTO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

Yo, **Carrillo Ibarra, Leonardo Roberto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de un sistema de radio enlace en la generación de servicio de internet fijo al recinto Carrizal desde la Ciudad de Milagro**”, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, a los 9 del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

---

CARRILLO IBARRA, LEONARDO ROBERTO

# REPORTE URKUND

**URKUND**

**Documento** [TRABAJO TITULACION LEONARDO CARRILLO MOD 2.docx](#) (D25414827)

**Presentado** 2017-01-31 21:11 (-05:00)

**Presentado por** leonardo.carrillo1986@gmail.com

**Recibido** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

**Mensaje** revisión de trabajo [Mostrar el mensaje completo](#)

4% de esta aprox. 23 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 5 fuentes.

**Lista de fuentes** Bloques

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	▣
+	>	<a href="#">Titulacion.docx</a>	▣
+	■	<a href="#">1445464726_PRESENTACION-ATAHU...</a>	✓
+	■	<a href="#">http://www.radioenlaces.es/articulo...</a>	✓
+	■	<a href="#">http://www.aldeberan.com.ec/route...</a>	✓
+	■	<a href="#">https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra...</a>	✓

Reiniciar Exportar Compartir

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA  
EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO:

Diseño de UN SISTEMA de radio enlace EN LA  
GENERACIÓN DE servicio de INTERNET FIJO al recinto  
Carrizal desde la ciudad de Milagro

AUTOR: LEONARDO CARRILLO

Previa la obtención del Título INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, pilar fundamental de mi vida, mi Madre que es mi guía y consejera, mi Abuela que siempre cree en mí, mi tía Grace (+) que desde el cielo me sigue apoyando, mis tías, hermanos, hermanas y Padre que me brindan su apoyo. Este trabajo es para ellos es mi forma de decir gracias por confiar y nunca perder la esperanzas. Su dedicación es el legado que me han sabido dar y lo llevo muy presente en mi vida.

Gracias.

EL AUTOR

CARRILLO IBARRA, LEONARDO ROBERTO

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que me han apoyado durante la realización de este proyecto y el transcurso de este largo camino que ha sido el culminar la carrera. Agradezco a mi tutor por la ayuda y paciencia que ha mostrado para que logre completar esta meta.

EL AUTOR

CARRILLO IBARRA, LEONARDO ROBERTO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
TUTOR

f. \_\_\_\_\_

**HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO**  
COORDINADOR DE ÁREA DE TELECOMUNICACIONES



## Índice General

DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
Índice de Figuras .....	XI
Índice de Tablas.....	XIII
RESUMEN .....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO I: Descripción del Trabajo de Titulación. ....	2
1.1.  Introducción.....	2
1.2.  Antecedentes. ....	3
1.3.  Justificación del Problema.....	4
1.4.  Definición del Problema.....	5
1.5.  Objetivos. ....	5
1.5.1.  Objetivo General. ....	5
1.5.2.  Objetivos Específicos .....	5
1.6.  Hipótesis. ....	6
1.7.  Metodología de Investigación. ....	6
1.7.1.  Materiales utilizados .....	6
1.7.2.  Métodos.....	6
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1.  Sistemas de Comunicaciones .....	8
2.1.1.  Canales de Comunicación.....	10
2.1.2.  Medios Físicos de Comunicación.....	11
2.1.2.1.  Medios Guiados .....	11
2.1.2.2.  Medios No Guiados .....	17
2.2.  Tipos de Transmisión .....	21
2.3.  Problemas en la Transmisión de Señales.....	23
2.3.1.  Atenuación .....	23
2.3.2.  Ancho de banda y velocidad máxima de transmisión.....	25

2.3.3.	Ruido.....	25
2.4.	Fibra Óptica.....	27
2.4.1.	Clases de Fibra .....	29
2.4.2.	Enlaces punto a punto por fibra óptica. ....	33
2.5.	Radiofrecuencia .....	39
2.5.1.	Evolución de las telecomunicaciones .....	39
2.5.2.	Origen del Ethernet.....	41
2.5.3.	Redes inalámbricas: .....	43
2.5.1	Redes WIFI: .....	45
2.5.2	Antenas.....	49
CAPÍTULO III: SIMULACION Y PRESUPUESTO .....		53
3.1.	Análisis de Costo de Implementación con Fibra.....	53
3.2.	Simulación de Enlace Inalámbrico .....	56
3.3.	Análisis de Costo de Implementación con Radiofrecuencia .....	71
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		75
4.1.	Conclusiones.....	75
4.2.	Recomendaciones.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....		77

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Elementos que intervienen en el proceso de comunicación .....	8
Figura 2. 2: Ejemplo de señal analógica y digital .....	9
Figura 2. 3: Esquema proceso convención de señal analógica a digital .....	9
Figura 2. 4: Canales de Comunicación .....	11
Figura 2. 5: Cable para telefonía exterior .....	13
Figura 2. 6: Cable coaxial .....	14
Figura 2. 7: Cable de fibra óptica .....	14
Figura 2. 8: Recubrimiento de fibra óptica .....	16
Figura 2. 9: Cable UTP .....	17
Figura 2. 10: Radiofrecuencia Transmisión por Infrarrojos .....	19
Figura 2. 11: Enlace punto a punto .....	22
Figura 2. 12 Tipos de transmisión .....	23
Figura 2. 13: Recubrimiento de fibra óptica .....	29
Figura 2. 14: Modos de propagación en las fibras ópticas .....	31
Figura 2. 15 Apertura Numérica .....	36
Figura 2. 16: Atenuación de las fibras de Sílice .....	37
Figura 2. 17: Formas de conectores. ....	38
Figura 2. 18: Acople de conectores SC .....	38
Figura 2. 19: ALOHA .....	42
Figura 2. 20: Redes Inalámbricas .....	44
Figura 2. 21: Componentes WIFI .....	46
Figura 2. 22: Estándar Wi-Fi .....	47
Figura 2. 23: Línea de Vista .....	50
Figura 2. 24: Antena Ubiquiti Pico Station M2 HP .....	52

### Capítulo 3

Figura 3.1: Medición de fibra .....	54
Figura 3.2: Edificio Villavicencio .....	57
Figura 3.3: Terraza de Casa en Carrizal .....	58
Figura 3.4: Esquema de Enlace .....	58

Figura 3.5: Perfil de elevación de enlace .....	59
Figura 3.6: Ingreso de coordenadas .....	62
Figura 3.7: Ingreso de parámetros.....	64
Figura 3.8: Simulación de ubicación de las antenas en el terreno .....	64
Figura 3.9: Datos de simulación enlace .....	65
Figura 3.10: Ingreso de coordenadas enlace multipunto .....	66
Figura 3.11: Ingreso de parámetros enlace multipunto.....	67
Figura 3.12: Ubicación de Equipos Multipunto vista mapa geográfico.....	68
Figura 3.13: Ubicación de equipos multipunto vista mapa político.....	68
Figura 3.14: Simulación Unidad 3.....	69
Figura 3.15: Simulación Unidad 2.....	69
Figura 3.16: Vista general de Sistema de Radio enlace en Radio Mobile ...	70
Figura 3.17: Diagrama de Enlace Punto a Punto.....	71
Figura 3.18: Diagrama del Sistema de Radio completo.....	74

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2. 1: Bandas en comunicaciones .....	20
Tabla 2. 2: Bandas del espectro radioeléctrico .....	21
Tabla 2. 3: Protocolos .....	32
Tabla 2. 4: Fibras Comerciales .....	32
Tabla 2. 5: Valores Típicos Fibra Óptica .....	36
Tabla 2. 6: Valores Típicos Fuente de Luz Fibra Óptica .....	38
Tabla 2. 7: Valores Típicos Detector Óptico Fibra Óptica .....	39

### Capítulo 3

Tabla 3. 1: Presupuesto de Fibra.....	55
Tabla 3. 2: Presupuesto de radio Punto a Punto .....	72
Tabla 3. 3 Presupuesto de Radio Multipunto .....	73

## RESUMEN

El mundo actual se caracteriza por una marcada evolución en los campos de la ciencia y de la tecnología, los cuales se derivan los medios de comunicación o la informática llamada también (redes). Son los principales motores que dinamizan la nueva sociedad global entrelazada en todas las dimensiones; sin embargo, a pesar de sus múltiples ventajas existe una marcada carencia de este servicio en poblaciones urbano marginales o rurales, motivo por el cual surge el presente trabajo investigativo, por cuanto en pleno siglo XXI las empresas dedicadas a proveer de internet a toda la región ecuatoriana, no llegan con su cobertura a sitios donde sencillamente no les resulta un buen negocio. De ahí que a través de un estudio descriptivo, analítico y técnico se pone sobre el tapete la realidad de este fenómeno. El uso de técnicas y métodos de investigación permite en este trabajo señalar que no sólo se toma como referencia que alrededor de 400 habitantes se les priva del derecho constitucional del acceso a los medios de comunicación y de la información, sino que en la racionalización de los factores que no salen a la luz pública equivale a menoscabar el desarrollo de la población en el aspecto cultural, social, educativo, entre otros, al que todos tienen derecho. Finalmente, se canaliza la implementación de un sistema de datos transmitidos por radioenlace en la que por analogía dos antenas envían ondas electromagnéticas desde el punto A hasta el punto B.

Palabras Claves: RADIO ENLACE, ATENUACION, RUIDO, TRANSMISION DE DATOS, ANTENAS, BANDA ANCHA.

## **ABSTRACT**

The world today is characterized by a marked evolution in the fields of science and technology, which are derived from the media as communications or computer technology called (networks). They are the main engines that energize the new global society intertwined in all dimensions; However, in spite of its multiple advantages, there is a marked lack of this service in marginal urban or rural populations, which is why the present research work arises, since in the XXI century the companies dedicated to providing the Internet to all Ecuadorian region, do not arrive with their coverage to places where they simply do not find it a good business. Hence, through a descriptive, analytical and technical study, the reality of this phenomenon is put on the table. The use of investigative techniques and methods allows us to point out that not only does it take as reference that about 400 inhabitants are deprived of the constitutional right of access to the media and information, but also in the rationalization of Factors that do not come out in the public light is to undermine the development of the population in the cultural, social, educational, among others, to which everyone has a right. Finally, the implementation of a data system transmitted by radio link is channeled in which, by analogy, two antennas send electromagnetic waves from point A to point B.

Key Words: RADIO LINK, ATTENUATION, NOISE, DATA TRANSMISSION, ANTENN, BROADBAND.

## **CAPÍTULO I: Descripción del Trabajo de Titulación.**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de titulación plantea una solución a una problemática latente que involucra a un grupo social de la zona del recinto Carrizal del Cantón Milagro; la falta de servicios de internet fijo. Los factores que lo ocasionan y los beneficios, son analizados en el presente trabajo compuesto por cuatro capítulos que detallan el estudio, situación actual, análisis de factibilidad y equipamiento a ser empleado.

En el capítulo I se puntualiza la justificación de la presente investigación con el respectivo análisis de antecedentes y determinación del problema real que existe, esto es, la carencia de servicios de internet en el recinto El Carrizal.

En el capítulo II, se analizan los cimientos tecnológicos que se requieren para la implementación de un sistema de radio enlace punto a punto desde Milagro hacia el recinto Carrizal. Se comparó y analizó la viabilidad de otras metodologías de comunicación como: enlace por fibra óptica, análisis económico y la razón de la elección del enlace punto a punto.

En el capítulo III se realiza una simulación del sistema elegido para determinar los alcances y su aplicación en el campo. Para finalizar, en el capítulo IV se analizan las ventajas y desventajas del proyecto, así como los



cambios y ajustes necesarios para la ejecución y puesta en marcha del presente estudio.

## **1.2. Antecedentes.**

Existen muchos sectores rurales que por su baja densidad poblacional o geografía poco accesible han quedado excluidos del servicio de internet Fijo como es el caso de estudio del recinto Carrizal ubicado en la parroquia Mariscal Sucre perteneciente al cantón Milagro.

El recinto Carrizal consta de un número reducido de población siendo aproximadamente 400 habitantes, lo que no representa para las compañías un mercado atractivo para la inversión. Esto da como resultado que según el último censo realizado por el GAD parroquial de Mariscal Sucre, de cada 100 habitantes del sector, solo 3 poseen una computadora en casa.

En vista de las limitantes de acceso al servicio de internet fijo, se plantea brindar una solución de datos, para lo cual, se analizó la alternativa viable económicamente que pueda ser puesta en marcha por entidades privadas; otorgando de esta manera la oportunidad a los habitantes del recinto El Carrizal de involucrarse en la tecnología actual para desarrollarse acorde a las necesidades del mundo globalizado en que vivimos hoy.

### **1.3. Justificación del Problema.**

En la actualidad, la necesidad de conectividad a nivel mundial ha convertido al Internet en una plataforma indispensable como medio de comunicación, de búsqueda de información, de gestión de negocios, de desarrollo académico.

Se puede establecer la disposición emanada por el Ministerio de Educación del Ecuador en la que pone en marcha el proyecto de “Unidades Educativas del Milenio” que pretende lograr el acceso igualitario de niños y niñas a la educación construyendo escuelas con alta tecnología, el cual ya tiene 59 obras terminadas, 54 en construcción, y 212 por construirse.

Esta iniciativa del gobierno no abarca el sector de estudio sin embargo, basados en que la educación es la base del desarrollo económico y social de la población la implementación de este proyecto, permitirá en primera instancia mejorar la calidad de la educación de los habitantes del sector El Carrizal, además de la importancia de cobertura de Internet, este sector accederá a la investigación, información y entretenimiento de los habitantes en general no sólo de los estudiantes.

Es relevante, porque es una solución para la población, que en cuestión de segundos ahorrará tiempo, recursos y distancia; al tener un enlace que sirva para transmitir por medio de ondas la señal hasta el recinto El Carrizal. Así mismo, es importante justificar que el factor económico no

excederá gastos dado que se emplea una técnica que está al alcance de la empresa privada.

Sea esta la oportunidad para poner en manos de las personas la tecnología que exige el siglo XXI mediante este diseño.

#### **1.4. Definición del Problema.**

¿De qué manera se puede realizar la implementación de un sistema de datos de radioenlace mediante la instalación de antenas análogas que provea de servicio de Internet fijo al recinto El Carrizal perteneciente al cantón Milagro de la provincia del Guayas-Ecuador?

#### **1.5. Objetivos.**

##### **1.5.1. Objetivo General.**

Diseñar un sistema de radioenlace para la generación de servicio de Internet fijo con cobertura al recinto Carrizal desde el cantón Milagro.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Analizar que tecnología permite una implementación más económica.
- Definir una ubicación técnicamente viable para los equipos que a su vez ahorre costos en la implementación.
- Realizar una simulación mediante el programa Radio Mobile que permita ver el área de cobertura y la viabilidad del estudio.

## **1.6. Hipótesis.**

Un sistema de radioenlace generaría el servicio de Internet fijo con cobertura al recinto Carrizal del cantón Milagro.

## **1.7. Metodología de Investigación.**

Por la naturaleza del fenómeno investigado, se utilizaron los siguientes materiales generales y particulares que requiere esta clase de trabajos de orden superior:

### **1.7.1. Materiales utilizados**

La presente investigación se definió con la utilización de material bibliográfico, entre otras fuentes relacionadas con el tema que se estudia, así mismo la utilización de revistas, manuales e internet, entre otros, con los que se pudo concretar los marcos correspondientes al argumento teórico. Además, se empleó material de escritorio, hojas A4, Memory flash. Entre los recursos técnicos como computador, impresora, copiadora, etc.

### **1.7.2. Métodos**

Dentro del proceso de investigación, se aplicó el método inductivo y deductivo, lo cual permitió delinear la vía para dirigir hacia el estudio científico de la necesidad que tiene la localidad, de internet fijo. Asimismo apoyado del análisis teórico y de las manifestaciones objetivas del problema para determinar el argumento que da origen al diseño de un sistema de radiodifusión, guiado de la observación como síntesis y definir así la

estrategia que permita concluir que es posible ampliar la cobertura del internet.

Además, se utilizó el método empírico analítico y dentro de este método se enumera lo siguiente: Se procedió a investigar las diferentes tecnologías posibles de implementación con esto se analizó la mejor opción que satisface calidad, objetivos y precio.

Para comprobar esta hipótesis se procedió a experimentar con simulaciones en el software Radio Mobile el cual permite comprobar cualitativamente que debido al área de cobertura y la línea de vista presente se puede emplear radiofrecuencia.

## CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Sistemas de Comunicaciones

La sociedad actual está inmersa en un mundo de comunicaciones, diariamente. Consumimos y demandamos información ya sea por televisión, celular, internet, etc. lo que la hace una parte fundamental del diario vivir. Según Valverde (2011) un sistema de comunicación es: "Un conjunto de dispositivos interconectados que realizan acciones las cuales permiten la transferencia e intercambio de información". En la figura 2.1 se puede observar los elementos básicos en un sistema de comunicaciones, que son:

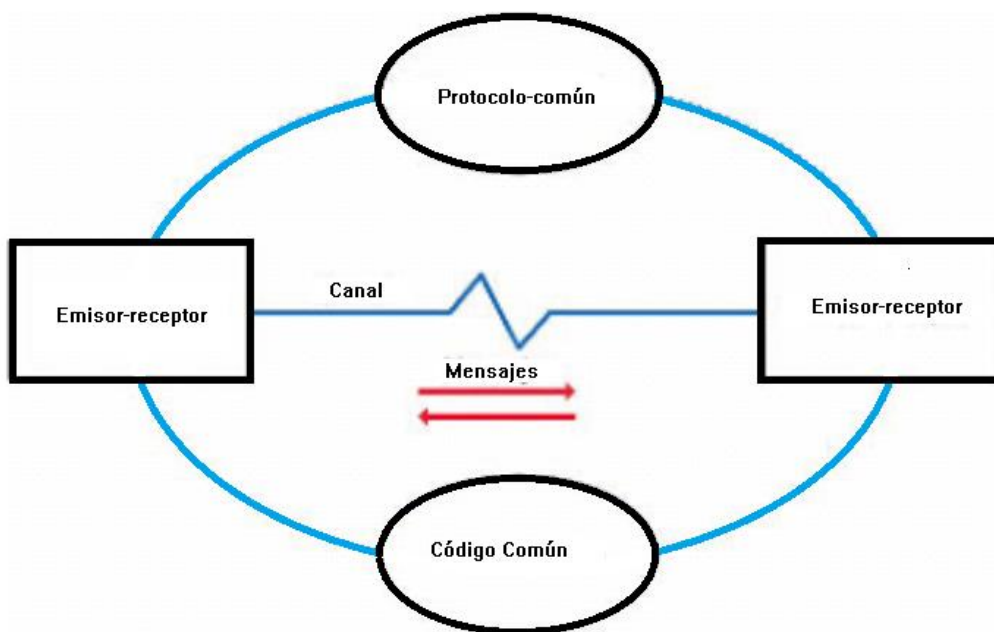


Figura 2. 1: Elementos que intervienen en el proceso de comunicación  
Fuente: (Gallardo Vázquez, 2015)

La información puede transmitirse como señales analógicas como todas las procedentes de la naturaleza que varían gradualmente o de forma continua a lo largo del tiempo y señales digitales que presentan una

variación discontinua en el tiempo y tienen valores discretos y limitados., tal como se muestra en la figura 2.2.

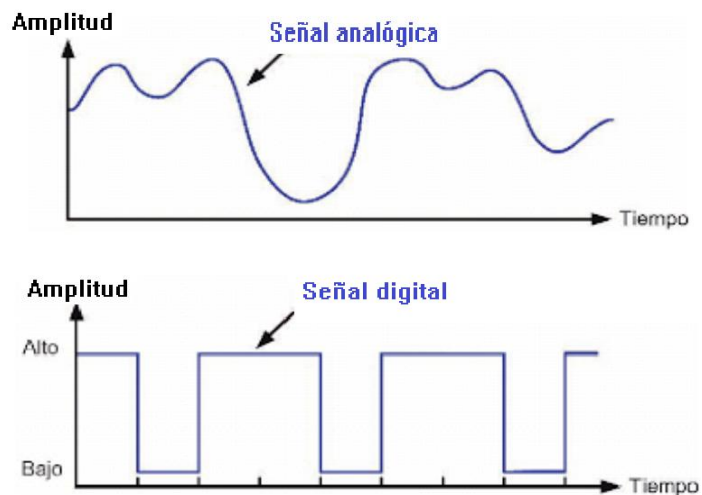


Figura 2. 2: Ejemplo de señal analógica y digital  
Fuente: (Gallardo Vázquez, 2015)

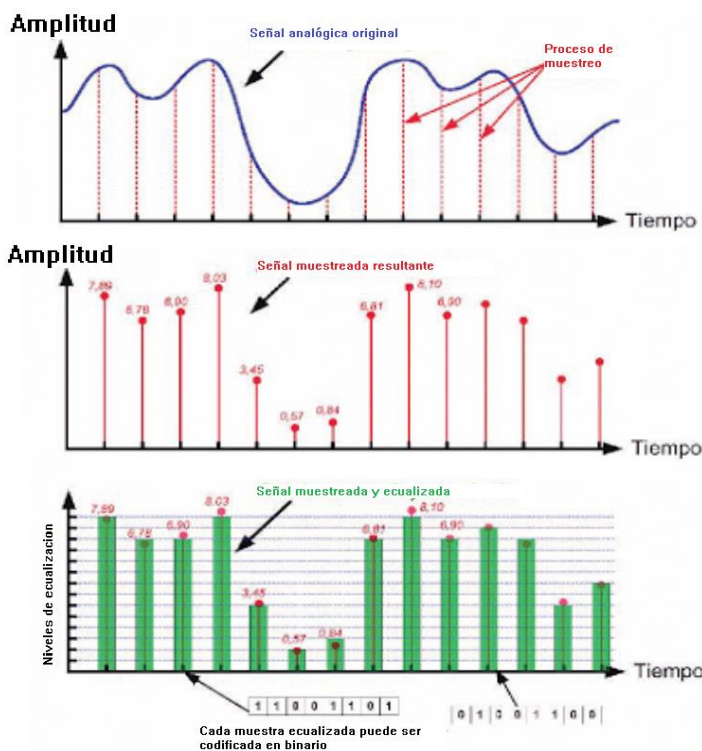


Figura 2. 3: Esquema proceso convención de señal analógica a digital  
Fuente: (Gallardo Vázquez, 2015)

En la práctica muchos de los equipos electrónicos que se usan convierten estas señales analógicas, por ejemplo, en la figura 2.3 se muestran las grabaciones de sonido o las cámaras fotográficas en señales digitales.

### **2.1.1. Canales de Comunicación**

Analizar el tema de los canales de comunicación es importante en el sentido de determinar los medios que se requieren para mover información de un lugar a otro.

Según Kuhlmann & Choncheiro (2013) manifiesta que:

“Un canal de comunicaciones es el medio físico a través del cual viaja la información de un punto a otro. Las características de un canal son de fundamental importancia para una comunicación efectiva, ya que de ellas depende en gran medida la cantidad de información que se transmite”

Es decir, es el medio por el cual se puede transmitir una señal cargada de información, para lo cual se necesita de los medios y un par de extremos para recibir y emitir la onda. Estas pueden ser:

- Simplex si la transmisión se efectúa en un solo sentido es decir desde la estación emisora hacia la receptora un ejemplo sería una emisora de radio la cual solo transmite hacia los receptores.
- Half Duplex si ambas estaciones pueden transmitir, pero no al mismo tiempo; un ejemplo, el sistema de radio trunking.



- Dúplex cuando las estaciones pueden transmitir de forma simultánea y en ambos sentidos. Como por ejemplo la comunicación telefónica.

En la figura 2.4 observamos algunos ejemplos de los tipos de comunicación en la vida cotidiana.

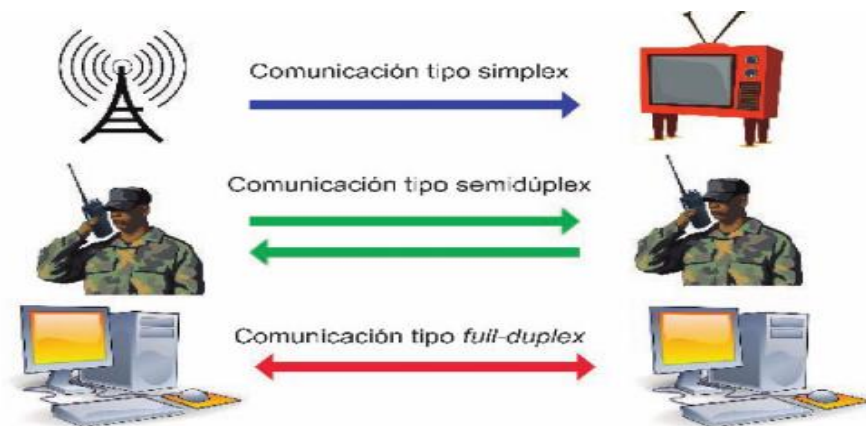


Figura 2. 4: Canales de Comunicación  
Fuente: (Gallardo Vázquez, 2015)

## 2.1.2. Medios Físicos de Comunicación

Existen dos medios físicos de transmisión de datos, el medio guiado y el no guiado.

### 2.1.2.1. Medios Guiados

Este medio involucra cables que transportan las señales (datos) desde un punto a otro. Depende del tipo de conductor empleado, la velocidad de transmisión, la facilidad de instalación, el costo, la interferencia y las distancias máximas de transmisión entre repetidores. Se destacan los de tipo eléctrico como el cable coaxial, par trenzado y de tipo óptico como la fibra óptica.

## **Par Trenzado**

El cable de par trenzado, según Gil Vázquez, Pomares Baeza, & Candelas Herias, (2010) indican que:

“Es el medio más utilizado actualmente. Constituido por dos cables de cobre entrecruzados en forma de espiral recubiertos por un aislante. Cada par de hilos transporta una señal independiente del resto de pares. La señal que transporta un par se mide como la diferencia de potencial entre los dos hilos que constituye un par. Al ser trenzado está más protegido al ruido y a la atenuación, a mayor cantidad de torsiones por cm se consigue un aumento de la robustez del medio a las interferencias electromagnéticas, siendo así un cable de mayor calidad para la transmisión”.

Un cable de par trenzado está formado por un grupo de pares trenzados, habitualmente cuatro, recubiertos de una envoltura protectora.

Cada par está identificado por un color asignado de la siguiente forma:

- Par 1: Blanco- Azul/ Azul
- Par 2: Blanco-Naranja / Naranja
- Par 3: Blanco-Vede / Verde
- Par 4: Blanco-Café / Café

También existen, dentro de la denominación de par trenzado, los multipares para exteriores, los cuales van de los 10 pares a 1800 pares, están recubiertos de polietileno y unos cuentan con un cable acerado que sirve para el tendido de este vía aérea.

## **Multipar Telefonía Exterior – Auto suspendido**

Cable Coaxial: El cable Coaxial consiste en un cable conductor cilíndrico interno por el que se envía el voltaje (información a enviar) separado por una capa aislante sólida de una malla cilíndrica conductora recubierta por aislante, así como se observa en la figura 2.5. Su costo es mayor al cable trenzado sin embargo se utiliza en distancias más largas, a mayor velocidad y con menor interferencia. Este cable se lo utiliza mayormente en el campo de la televisión, para transmitir señales digitales y análogas y posee un gran ancho de banda (500MHz).



Figura 2. 5: Cable para telefonía exterior  
Fuente: Cables Epuyen S.R.L. (2013)

El cable coaxial constituye un recurso empleado para conectar, se conoce que la desventaja principal es la falta de flexibilidad y dificultad de manipulación. El beneficio de este tipo de cable es que es compatible con la mayoría de electrónicos.

En la figura 2.6 se observa cada parte como: A: cubierta protectora de plástico, B: malla de cobre conductor blindado de trenza de aluminio recubierta de cobre. C: aislante, dieléctrico de espuma y D: conductor central o núcleo de cobre.

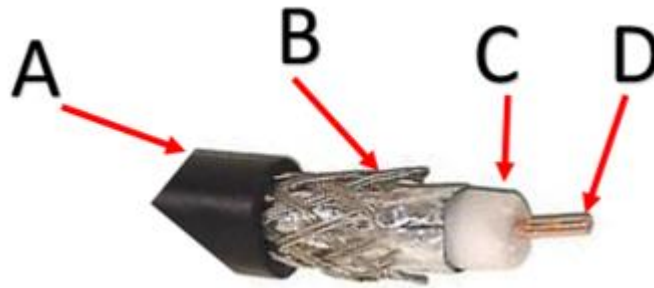


Figura 2. 6: Cable coaxial  
Fuente: Cables Epuyen S.R.L.(2013)

Cable de Fibra Óptica: la fibra óptica consiste en un núcleo formado por una o varias fibras delgadas de cristal de silicio o de plástico, como se detalla en la figura 2.7 por el que se transmite luz, un revestimiento de cristal o plástico con propiedades diferentes al núcleo, rodeado por una cubierta plástica para protección del ambiente.



Figura 2. 7: Cable de fibra óptica  
Fuente: Blog Radiofrecuencia & Fibra Óptica (2013)

A pesar de tener un costo más elevado, este cable tiene una mejor precisión, calidad y rendimiento al momento de transmitir datos, es más delgado que los otros conductores y mucho más liviano. El empleo de estos medios depende de las frecuencias de las señales que se va a transmitir.

Desde su creación Ranchal, (2016) considera que:

“Kao, considerado el padre de la comunicación por fibra óptica y premiado por ello con el Nobel de Física en el 2009, propuso el uso de fibras de vidrio y de luz en lugar de electricidad y conductores metálicos para la transmisión de mensajes telefónicos”.

A partir de esta premisa destacamos la importancia de avanzar en el uso de materiales y técnicas de fabricación en el nuevo siglo, el mismo que constituye el paso a la era de la conectividad total en que se vive.

La Fibra Óptica tiene las siguientes ventajas:

- Mucho menos peso que los cables de cobre
- Gran ancho de banda.
- Baja Atenuación
- Inmune frente a las interferencias electromagnéticas, diafonía y otros fenómenos electromagnéticos.
- Su instalación supone la disponibilidad de un medio de transmisión de baja degradación que presenta una vida media estimada superior a los 20 años.

Está constituida por materiales conductores de vidrio para conseguir que la velocidad que se alcance sea la de la luz. Un cable de Fibra Óptica tiene varios recubrimientos como muestra la figura 2.8. En la estructura holgada tiene por característica que el recubrimiento secundario es muy

grande y está relleno de un gel ignífugo. Se suele usar para tendidos exteriores y son más insensibles al curvado de la fibra por lo que tiene menos pérdidas, sin embargo, son más difíciles de manejar. En la estructura ajustada se refuerza el núcleo y el revestimiento con un recubrimiento de silicona o acrilato que le da resistencia mecánica se lleva un grosor de 250um o 500um, después hay una protección secundaria que le da mayor robustez mecánica y elasticidad se llega a 900um. Se usan estos cables para instalaciones de interior y tendidos verticales, son más sensibles al radio de curvatura que los de estructuras holgadas.

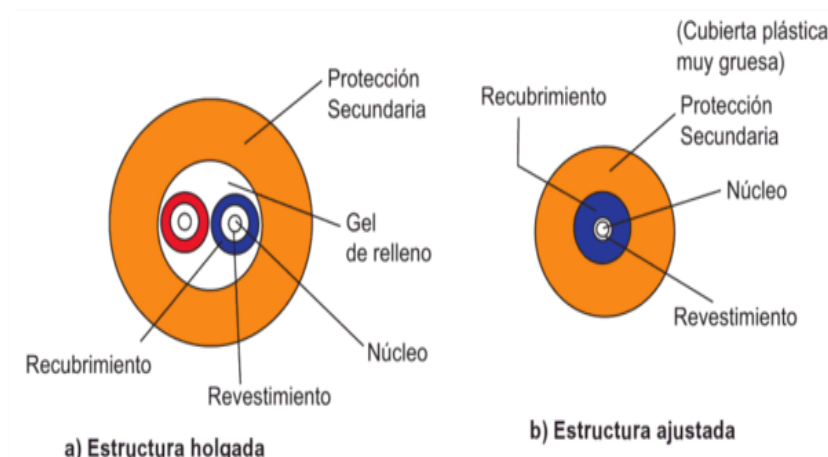


Figura 2. 8: Recubrimiento de fibra óptica  
Fuente: Fernández García & Barbado Santana,(2012)

Sobre este tipo de cables Fernández García & Barbado Santana, (2012) indica que:

“A partir de una de las dos estructuras, se construye el cable de fibra óptica. Consta de varios cables holgados o ajustados, dispuestos alrededor de un miembro de refuerzo central que sirve para traccionar la fibra. Estas se protegen con Aramida constituido

por Kevlar y en forma de malla de hilos y con varias capas de recubrimientos de PVC, malla metálica anti roedores, etc.”.

En cuanto al criterio del autor la fibra óptica es un cable compuesto de varios hilos y recubiertos con plástico que lo hace resistente.

**Cable UTP:** Acrónimo de Unshielded Twisted Pair o cable trenzado sin apantallar que se utilizan para diferentes tecnologías de red local, este es un cable de cobre que consta de uno o más pares trenzados, ninguno apantallado, como se aprecia en figura 2.9 se emplea para la transmisión de alta velocidad se utiliza en telecomunicaciones en redes. Otra de sus características es que es más económico que los demás tipos de medios de networking.



Figura 2. 9: Cable UTP  
Fuente: Cables Epuyen S.R.L (2013)

#### **2.1.2.2. Medios No Guiados**

Los medios no guiados transmiten sin necesidad de recurrir a una conexión eléctrica u óptica. Sin embargo, la atmósfera no es un medio conductor por lo que se envía las señales eléctricas desde una antena

emisora en forma de energía electromagnética hacia las antenas receptoras que la convierten nuevamente en energía eléctrica.

Sobre este tema Aldazoro,( 2013) señala que:

“Es el propio medio el que determina principalmente las limitaciones de la transmisión: velocidad de transmisión de los datos, ancho de banda que puede soportar y espaciado entre repetidores. Sin embargo, al utilizar medios no guiados resulta más determinante en la transmisión el espectro de frecuencia de la señal producida por la antena que el propio medio de transmisión. El medio solo proporciona un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las guía”

Esta transmisión de señales en un medio que no es el vacío tiene efectos de reflexión, refracción y difracción. Puede existir radiación direccional y omnidireccional:

- **Direccional:** la antena emisora y transmisora debe estar alineada para poder transmitir datos.

- **Omnidireccional:** La antena emisora puede irradiar las ondas en todas las direcciones y varias antenas pueden recibir la señal emitida.

Al transmitir por un medio no guiado puede llegar a ser un problema los obstáculos que existan en el medio como los árboles, edificios, etc. Según la frecuencia en la que se transmitan las ondas pueden ser:

- **Transmisión por radiofrecuencia**

Emplean ondas electromagnéticas para la propagación de las señales. Son una solución para los sistemas que necesitan movilidad debido a que



son flexibles y facilitan las instalaciones. Es utilizada para transmisiones de radio, televisión, telefonía móvil, radar como se detalla en la figura 2.10.

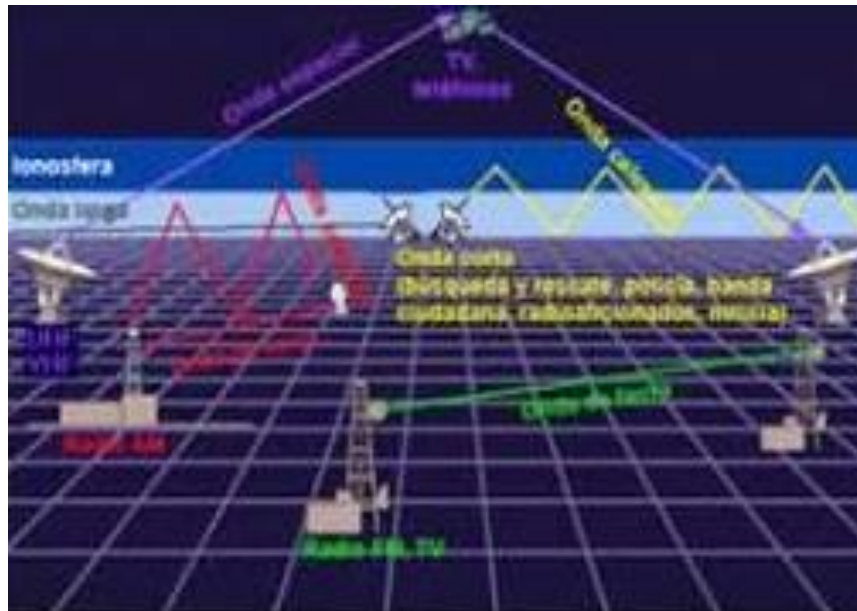


Figura 2. 10: Radiofrecuencia Transmisión por Infrarrojos  
Fuente: Radiofrecuencia - EcuRed (2014)

El nombre infrarrojo significa “por debajo del rojo” proviene de que fue observada por primera vez al dividir la luz solar en diferentes colores por medio de un prisma que separa la luz en un espectro de manera que a ambos extremos aparecen visibles las componentes al rojo. Estos enlaces los limitan los obstáculos y el espacio. Su longitud de onda es corta de 850 a 900 nm.

Serna Ruiz, Ros García, & Rico Noguera (2010) indica que:

“La radiación infrarroja, radiación térmica o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible. Por consecuencia, tiene mayor frecuencia que la luz visible y mayor que la microondas”

En conclusión tiene una ventaja con respecto a las de radio ya que en frecuencias bajas tiene una limitante de ancho de banda. Al hablar de comunicación inalámbrica lo primero que se piensa es en señales de radio. Sin embargo, la comunicación habitual con equipos electrónicos utilizando una tecnología que se ha vuelto muy común, extremadamente sofisticada y eficaz. Este tipo de comunicaciones mediante infrarrojos se dan por ejemplo en el uso del control remoto, lo que hace es comunicarse por medio de luz en la gama de los infrarrojos La tabla 2.1 hace referencia a las bandas de frecuencias y su longitud de onda.

Tabla 2. 1: Bandas en comunicaciones

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12}$	$> 30,0 \times 10^{18}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9}$	$> 30,0 \times 10^{15}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9}$	$> 1,5 \times 10^{15}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9}$	$> 7,89 \times 10^{14}$
Luz visible	$< 780 \times 10^{-9}$	$> 384 \times 10^{12}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6}$	$> 120 \times 10^{12}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6}$	$> 6,00 \times 10^{12}$
Infrarrojo lejano/ submilimétrico	$< 1 \times 10^{-3}$	$> 300 \times 10^9$
Microondas	$< 10^{-2}$	$> 3 \times 10^8$
Ultra alta frecuencia - Radio	$< 1$	$> 300 \times 10^6$
Muy alta frecuencia - Radio	$< 10$	$> 30 \times 10^6$
Onda corta - Radio	$< 180$	$> 1,7 \times 10^6$
Onda media - Radio	$< 650$	$> 650 \times 10^3$
Onda larga - Radio	$< 10 \times 10^3$	$> 30 \times 10^3$
Muy baja frecuencia - Radio	$> 10 \times 10^3$	$< 30 \times 10^3$

Fuente: Gallardo Vázquez, (2015)

- **Ultrasonidos**

El ultrasonido es una señal de audio que no puede ser captada por el oído humano. Utilizan ondas de presión al igual que el sonido pero en una frecuencia imperceptible por el oído humano. Este medio no es muy utilizado

en los sistemas de telecomunicaciones pero si se utiliza en sensores para autos para detectar obstáculos al momento de estacionar.

Según la UIT que es el organismo encargado de la gestión del espectro radioeléctrico define las siguientes bandas de frecuencia para comunicación, las que se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2: Bandas del espectro radioeléctrico

Nombre	Abreviatura	Banda UIT	Frecuencias	Longitud de onda
			< 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30 Hz	100.000-10.000 km
Súper baja frecuencia	SLF	2	30-300 Hz	10.000-1000 km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300-3000 Hz	1000-100 km
Muy baja frecuencia	VLF	4	3-30 KHz	100-10 km
Baja frecuencia	LF	5	30-300 KHz	10-1 km
Media frecuencia	MF	6	300-3000 KHz	1 km - 100 m
Alta frecuencia	HF	7	3-30 Mhz	100-10 m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30-300 Mhz	10-1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300-3000 Mhz	1 m - 100 mm
Súper alta frecuencia	SHF	10	3-30 Ghz	100-10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300 Ghz	10-1 mm
			> 300 Ghz	< 1 mm

Fuente: Gallardo Vázquez (2015)

Debido a la distancia, al medio y por lo antes descrito se pueden utilizar en este caso Fibra Óptica y Radiofrecuencia.

## 2.2. Tipos de Transmisión

- Transmisión Punto a Punto

Espinosa de los Monteros, López Gómez, & García (2012) indica que:

“En un sistema de enlaces punto a punto cada uno de los dispositivos están conectados directamente con todos los demás de manera independiente”.

Entendemos de este concepto que las redes punto a punto manejan una arquitectura en la cual se comunican de dos modos. Su ventaja radica en lo fáciles de operar e instalar, su desventaja es que entre más dispositivos contenga su eficiencia disminuye. Básicamente un enlace punto a punto se muestra como en la figura 2.11.

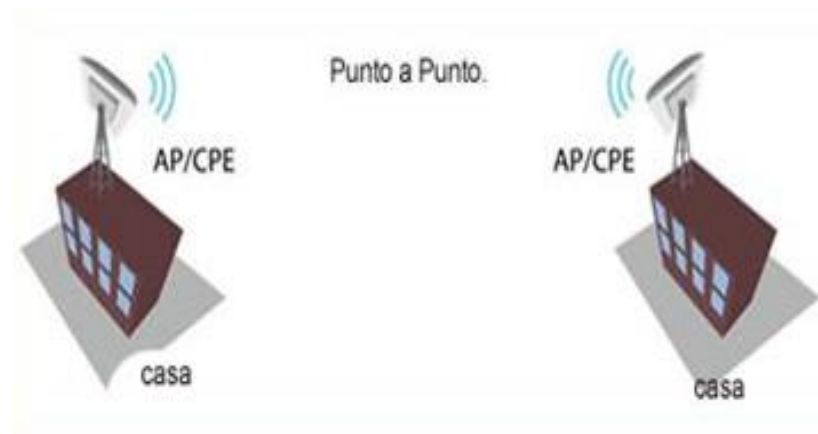
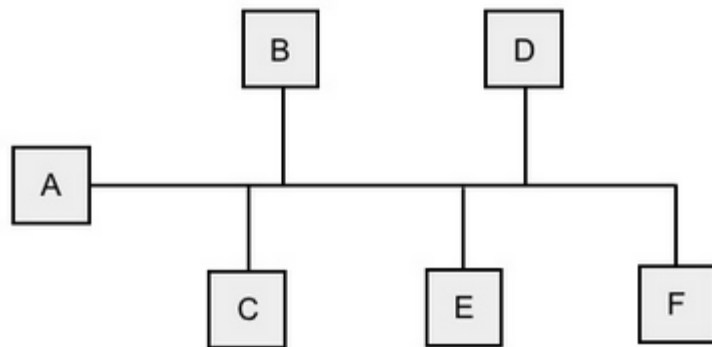


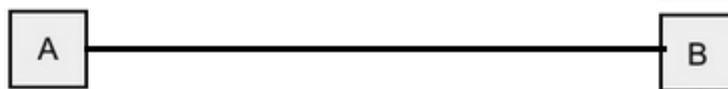
Figura 2. 11: Enlace punto a punto  
Fuente: Enlaces Inalámbricos Punto a Punto y Punto Multipunto (2013)

- Transmisión Multipunto

Se denomina multipunto si el medio en sí, se comparte con más de dos estaciones. Deben ser supervisadas para determinar la asignación y uso compartido de la misma. Las sesiones deben intercalarse y se establece prioridades para las sesiones más importantes. Este tipo de telecomunicación es el más típico, utilizando en conexión inalámbrica a internet a través de radiofrecuencias en gigahercios (véase figura 2.12).



**Multipunto**



**Punto a Punto**

Figura 2. 12 Tipos de transmisión  
Fuente: SMC Networks Europe (2014)

### 2.3. Problemas en la Transmisión de Señales

Durante la transmisión de cualquier tipo de señal, sea esta analógica o digital, se presentarán diferentes inconvenientes, los cuales degradarán la calidad de la información que se transmite, resultando que parte o toda de la información que se transmite no llegue de manera correcta a su destino.

#### 2.3.1. Atenuación

En las comunicaciones se tiene presente, que todo medio por el cual se transmite una señal causa una atenuación o disminución de la energía de ésta, desde el momento que sale del transmisor hasta que llega al receptor,

básicamente el factor que siempre se repite es la distancia ya sea en medios guiados como no guiados.

De acuerdo a Gallardo Vázquez (2015) manifiesta que:

“La atenuación en un canal de comunicación son las pérdidas que se producen en la amplitud de la señal transmitida cuando la señal se propaga a lo largo del medio. Las pérdidas pueden ser homogéneas para todas las frecuencias que se transmiten, en cuyo caso son canales sin distorsión por atenuación o distintas para todas las frecuencias a lo que se le denomina distorsión por atenuación”.

Esto quiere decir que los medios guiados, por lo general la atenuación, es un número constante que será expresado en decibelios/distancia (db/km). En los medios no guiados adicional de la distancia dependerá de aspectos atmosféricos. La disminución de la onda causa que la amplitud decaiga hasta cierto nivel en el que el receptor no puede interpretar la señal recibida ya sea digital o analógica, resultando en el primer caso que interprete 0 o 1 erróneos y el segundo una señal diferente de la original. Otro aspecto que se ve alterado es la frecuencia, siendo directamente proporcional al ruido.

Una de las soluciones implementadas es aumentar la potencia de transmisión y agregar amplificadores en la recepción, puesto que la señal analógica tiene una limitante debido a que también amplifica la distorsión que ingresa, por lo que adicional se utiliza ecualizadores que actúen sobre bandas de frecuencia específica. Por otro lado, en la señal digital se procede

a la colocación de regeneradores, los mismos que como su nombre lo indica realizarán una señal nueva a partir de la señal recibida.

### **2.3.2. Ancho de banda y velocidad máxima de transmisión**

El ancho de banda de un canal de comunicación se define como el rango de frecuencias que el canal permite transmitir a través de él. Está asociado a transmisiones analógicas donde las señales a enviar tienen un espectro ya determinado y el ancho de banda del canal debe abarcar el espectro de la señal para que se transmita sin perder ninguna información.

La velocidad máxima de transmisión de un canal es mayormente utilizada en los sistemas de comunicaciones digitales donde la información es binaria y la señal transmitida se codifica en forma de transiciones discretas. Se denomina Baudio al número de transiciones por unidad de tiempo de las señales y es una magnitud empleada para caracterizar la velocidad máxima de transmisión de señales digitales por el canal de comunicación. Gallardo Vázquez (2015)

### **2.3.3. Ruido**

En la transmisión de datos la onda no solo se ve afectada por las distorsiones que alteran los componentes de la señal sino que se ve sometida a la ingreso de otras señales que en algún punto entre el transmisor y receptor se insertan, son éstas a la que se las denomina ruido.

Este denominado ruido afecta directamente el rendimiento de los sistemas de transmisión. Existen cuatro tipos de ruido:

**Ruido térmico:** Se produce por la agitación de los electrones en los componentes electrónicos que constituyen el sistema de transmisión, hablese de emisor y receptor. El ruido es directamente proporcional a la temperatura de los componentes y es factor que no se puede eliminar, se le denomina ruido blanco porque afecta a todas las frecuencias, causa especial daño en las comunicaciones satelitales ya que la señal recibida es muy débil.

Su fórmula es: Donde  $N_0$  es la densidad de potencia de ruido,  $k$  el constante de Boltzmann la cual es  $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$  y  $T$  la temperatura en grados Kelvin. Si se quiere determinar el ruido en un ancho de banda específico ( $B$ ) en Hercios se expresa así:

$$N_0 = kTB$$

Expresado en decibelios-watio

**Ruido Impulsivo:** Son pulsos irregulares de poca duración y gran amplitud. Estos pulsos electromagnéticos se producen por agentes externos por ejemplo elementos que consuman mucha energía como son motores o electrodomésticos y otros equipos que puedan producir radiofrecuencias.



**Diafonía:** Resulta de la interferencia un canal que este lo suficientemente cerca como para afectarlo, en ocasiones al usar el teléfono se puede experimentar este efecto cuando escuchamos otra conversación en la línea, también suele ocurrir al tener dos canales de frecuencia muy próximos en el mismo cableado.

## 2.4. Fibra Óptica

En su libro Tomasi, (2010) nos comenta que:

“Alexander Graham Bell, en 1880 experimentó con un aparato al que llamo fotófono. Era un dispositivo formado por espejos y detectores de selenio, que transmitía ondas sonoras sobre un rayo de luz. Era muy malo, no era confiable y no tenía una aplicación práctica. La luz visible era un medio principal de comunicación antes de las comunicaciones electrónicas sin embargo se utilizaban señales de humo para mandar mensajes cortos y sencillos y se puede decir que el concepto propuesto por Bell fue el primer intento de usar un rayo de luz para transportar información”

Los primeros cables de fibra disponibles en 1960 tenían pérdidas muy grandes, llegaban a los 1000dB/Km agrega Tomasi, (2010) y limitaba las transmisiones a distancias cortas. Luego en 1970 Kapron, Keck y Maurer desarrollaron una fibra óptica con pérdidas menores que 2dB/km lo que significó un gran avance.

A fines de la década de 1980 las pérdidas en las fibras ópticas se redujeron hasta 0,16 dB/Km, en 1988 NEC Corporation estableció un record de transmisión a gran distancia al enviar 10Gbits/s con 80,1 Km de fibra óptica. A mediados de la década de los 1990 las redes ópticas para voz y

datos empezaron a ser comunes en Estados Unidos y gran parte del mundo.

Tomasi (2010)

La Fibra Óptica tiene las siguientes ventajas:

- Mucho menor peso que los cables de cobre
- Gran ancho de banda.
- Baja Atenuación
- Inmune frente a las interferencias electromagnéticas, diafonía y otros fenómenos electromagnéticos.
- Su instalación supone la disponibilidad de un medio de transmisión de baja degradación que presenta una vida media estimada superior a los 20 años.

Esta según Fernández García & Barbado Santana (2012) se halla constituida por materiales conductores de vidrio para conseguir que la velocidad que se alcance sea la de la luz. Un cable de Fibra Óptica tiene varios recubrimientos los cuales podemos ver en la figura 2.13.

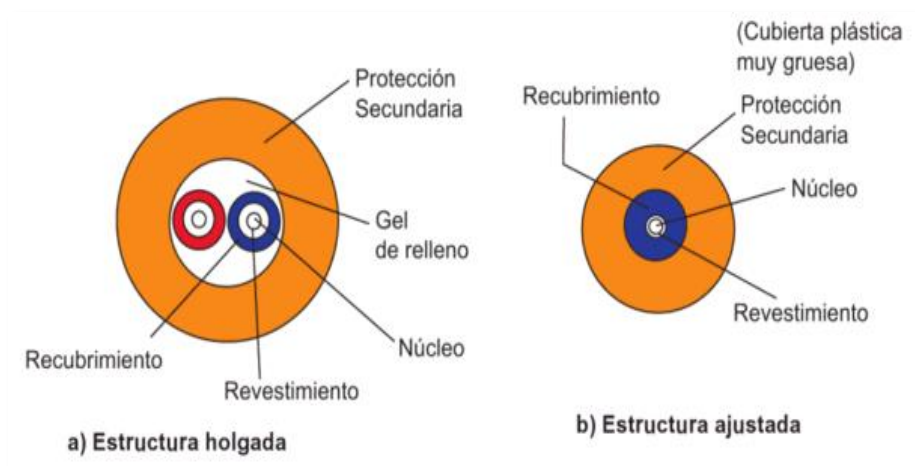


Figura 2. 13: Recubrimiento de fibra óptica  
Fuente: Fernández García & Barbado Santana (2012)

Según Fernández García & Barbado Santana (2012) La fibra se caracteriza por el recubrimiento secundario que es muy grande y está relleno de un gel ignífugo. Se suele usar para tendidos exteriores y son más insensibles al curvado de la fibra por lo que tiene menos pérdidas aunque, son más difíciles de manejar.

En la estructura ajustada se refuerza el núcleo y el revestimiento con un recubrimiento de silicona o acrilato que le da resistencia mecánica, se lleva un grosor de 250um o 500um, después hay una protección secundaria que le da mayor robustez mecánica y elasticidad se llega a 900um. Se usan éstos cables para instalaciones de interior y tendidos verticales, son más sensibles al radio de curvatura que los de estructuras holgadas.

A partir de una de las dos estructuras, se construye el cable de fibra óptica. Consta de varios cables holgados o ajustados, dispuestos alrededor de un miembro de refuerzo central que sirve para traccionar la fibra. Estas se protegen con Aramida constituido por Kevlar y en forma de malla de hilos y con varias capas de recubrimientos de PVC, malla metálica anti roedores, etc. Fernández García & Barbado Santana (2012).

#### **2.4.1. Clases de Fibra**

- Fibra Monomodo:

Tiene una capacidad de transporte de información muy superior a las demás fibras. Posee un ancho de banda en el orden de 100 GHz/km. Solo hay un modo de propagación y no existe dispersión. El diámetro de su núcleo oscila entre 5 a 8µm. La principal ventaja es la elevada cantidad de flujo que se obtiene y su principal desventaja implica un manejo muy delicado y mayor dificultad de conexión.

- Fibra Multimodo

#### **Fibra Multimodo Gradiente Gradual**

Según Tomasi, (2010), estas se caracterizan en que su núcleo central no posee un índice de refracción uniforme. En el centro es máximo y decrece al llegar a la orilla, debido a esto la propagación se tarda lo mismo en recorrer todo el cable. Estas fibras reducen la dispersión.

#### **Fibra Multimodo Índice Escalonado**

Esta clase de fibra puede ser fabricada en vidrio o plástico, poseen una atenuación de 30db/km y 100db/km respectivamente. Su índice de refracción es muy superior al de la cubierta. Este índice varía del núcleo a la cubierta lo que le da su nombre.

Castro Lechtaler & Fusario (1999) indica que:

“En las fibras multimodo se puede disminuir la dispersión haciendo variar lentamente el índice de refracción entre el núcleo y el recubrimiento. El índice de refracción es máximo en el centro

de la fibra y mínimo en los extremos. Por otro lado la velocidad de propagación es inversamente proporcional al índice de refracción por lo que los modos que se propagan por el centro lo harán a menos velocidad que los que recorren un camino más largo como los que se desplazan por la periferia de las fibras ópticas”.

La figura 2.14 muestra la variación del índice de refracción en las fibras multimodo.

	Variación del índice de refracción	Estructura de la fibra	Modos de propagación
MULTIMODO Índice escalón			
MULTIMODO Índice gradual			
MONOMODO			

Figura 2. 14: Modos de propagación en las fibras ópticas  
Fuente: Castro Lechtaler & Fusario (1999)

Los diferentes protocolos utilizados en la transmisión de información trabajan a diferentes longitudes de onda, los cuales se detallan en la tabla 2.3. En la tabla 2.4 se puede observar cual es el alcance máximo de las fibras multimodo dependiendo del protocolo y tipo de fibra que se va a disponer en los enlaces.

Tabla 2. 3: Protocolos

Protocolos	Longitud de onda	Fibra MM OM3	Fibra MM OM4	Fibra SM OS2
40GBase-SR4(802.3ba) (8 fibras)	850 nm	100 m. ( 4 x 10 Gbs)	125 m. (4 x 10 Gbs)	-
40GBase-LR4 (2 fibras, WDM)	1310 nm	-	-	10 Km. (4 x 10 Gbs)
100GBaseSR10 (802.3ba) (20 fibras Tx/Rx)	850 nm	-	125 m. (10 x 10 Gbs)	-
100GBase-LR4 (2 fibras,WDM)	1310 nm	-	-	10 Km. (4 x 25 Gbs)
100GBase-ER4 (2 fibras,WDM)	1310 nm	-	-	40 Km. (4 x 25 Gbs)

Fuente: Radioenlace (2015)

Tabla 2. 4: Fibras Comerciales

Protocolo	MM 62,5/125 OM1		MM 50/125 OM2		MM 50/125 OM3		MM 50/125 OM4		SM tipo OS2	
	Long. de onda		Long. de onda		Long. de onda		Long. de onda		Long. de onda	
	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	1300 nm	1550 nm
Fast Ethernet 100 Mbps	300 m.	2000 m.	300 m.	2000 m.	300 m.	2000 m.	300 m.	2000 m.	2000 m.	N/A
Gigabit Ethernet 1Gbps	330 m.	550 m.	550 m.	550 m.	900 m.	550 m.	1040 m.	550 m.	5000 m.	N/A
10 Gigabit Ethernet	35 m.	300 m. (*)	86 m.	300 m. (*)	300 m.	300 m. (*)	550 m.	300 m. (*)	10 Km.	40 Km.

Fuente: Radioenlace (2015)

El primer enlace submarino trasatlántico por fibra (el TAT-8) utiliza fibra monomodo a una velocidad binaria de 296 Mb/s desde 1988. Tanto la fibra multimodo como monomodo se utilizan en redes de área local, en las cuales se opera sobre distancias comprendidas entre los 500 m a decenas de Km, con velocidades de hasta 100 Mb/s

Las fibras monomodo se han convertido en el medio de transmisión óptico favorito de las compañías dedicadas a las telecomunicaciones. Así como su utilización en los sistemas internos de comunicaciones y datos de los cada vez más sofisticados vehículos de transporte (aviones, automóviles,

ferrocarril, barcos). La materia prima de las fibras es actualmente la sílice un material abundante y barato que puede encontrarse.

#### **2.4.2. Enlaces punto a punto por fibra óptica.**

Este tipo de enlace sitúa al equipo transmisor en un extremo y el receptor en el otro. Los elementos que componen este tipo de enlace son:

- **Primer nivel:** supone la utilización de equipos terminales de línea, en cuyo caso, la potencia y los datos sólo afectan marginalmente al diseñador. Este deberá preocuparse de la compatibilidad con el interface eléctrico, si las señales de entrada deben ser ECL o TTL y de la adecuación del régimen binario. En la actualidad existen gran número de fabricantes que distribuyen estos productos.

- **Segundo nivel:** está compuesto por agrupaciones de componentes incorporados en un sólo encapsulado y que cumplen una única misión específica, difícil de realizar por el diseñador del sistema.

- **Tercer nivel:** está formado por cada componente discreto, ya sea un LED, fotodetector, etc. Los componentes de este último nivel sólo desarrollan una parte de las funciones encomendadas a la globalidad del sistema. El diseñador de circuitos debe completar el sistema.

El diseño de enlaces punto a punto por fibra con componentes discretos engloba numerosas variables interrelacionadas del detector, la fibra y el emisor, por lo que el estudio y/o diseño de un enlace punto a punto requiere habitualmente varios ciclos de iteración hasta seleccionar los componentes adecuados. Dado que las limitaciones por prestaciones y coste son muy restrictivas, el diseñador debe elegir cuidadosamente los componentes para asegurar las prestaciones necesarias y el tiempo de vida requerido sin sobredimensionar el sistema.

### **Perdidas en Fibras Ópticas:**

Las pérdidas causan disminución de la luz, lo que a su vez reduce la potencia que llega al receptor, el ancho de banda del sistema y una reducción de velocidad de transmisión. A pesar de estas limitantes las fibras ópticas presentan menos pérdidas en iguales distancias comparándolas con otros medios físicos. Estas pérdidas se clasifican en los siguientes tipos:

- **Dispersión modal:** Es la pérdida más importante que se presenta en las fibras de tipo multimodal a causa de la diferencia de los tiempos de propagación de los rayos de luz. Cada uno de ellos toma diferentes caminos y llegan en diferentes instantes, origina que en el extremo receptor el pulso se ensanche respecto del ancho con el que fue generado en el extremo transmisor.
- **Dispersión Cromática:** Ocurre cuando el emisor de luz no es monocromático, como un LED generando varias longitudes de onda en su emisión, por lo que cada una de estas viaja a diferente velocidad



provocando que lleguen a destiempo con el consecuente ensanchamiento del pulso y decrecimiento de la amplitud.

- **Pérdidas por absorción y radiación:** Sucede por las impurezas que se incorporan en la producción de la fibra para crear distintos índices de refracción, originando una absorción de la luz y generación de calor.
- **Pérdidas por acoplamiento:** Son producidas por el enganche o acoplamiento que se dan cuando existen uniones de fibra y se debe a problemas o dificultades en el momento de alinear las fibras.

Los datos claves de diseño son:

- Longitud de transmisión deseada.
- Régimen binario.
- Tasa de error admitida en recepción.

Características esenciales de los componentes ópticos discretos de un enlace punto a punto por fibra:

- Fibra Óptica
  - a) Diámetro del núcleo (um)
  - b) Diámetro de la cubierta (um)
  - c) Ancho de banda/Dispersion
  - d) Atenuación por Kilometro (dB/Km)
  - e) Apertura numérica.

De acuerdo al tipo de fibra ya sea monomodo o multimodo se detalla en la tabla 2.5 donde comparamos los valores de las características antes mencionadas.

Tabla 2. 5: Valores Típicos Fibra Óptica

	MULTIMODO	MONOMODO
a)	50 a 100	8 a 10
b)	125 a 500	125
c)	600 Mhz.Km	< 3.5 ps/ nm.Km
d)	3 a 0.7	0.6 a 0.22
e)	0.3	< 0.1

Fuente: Elaborado por Autor

La figura 2.15 que va a continuación nos describe la Apertura numérica donde se muestra los rangos de ángulos que el sistema de fibra acepta.

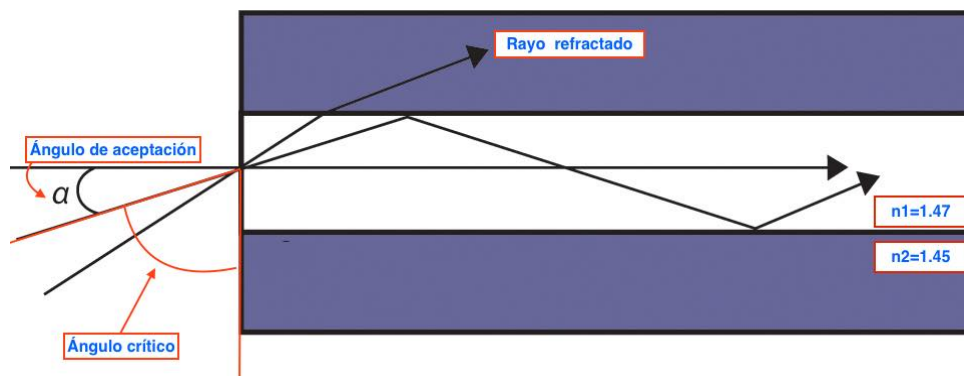


Figura 2. 15 Apertura Numérica  
Fuente: Rodríguez (2016)

En la figura 2.16 se muestra la relación de atenuación por kilómetro en las diferentes longitudes de ondas, adicional se observa que en el rango de 1400 nm se produce un pico de atenuación.

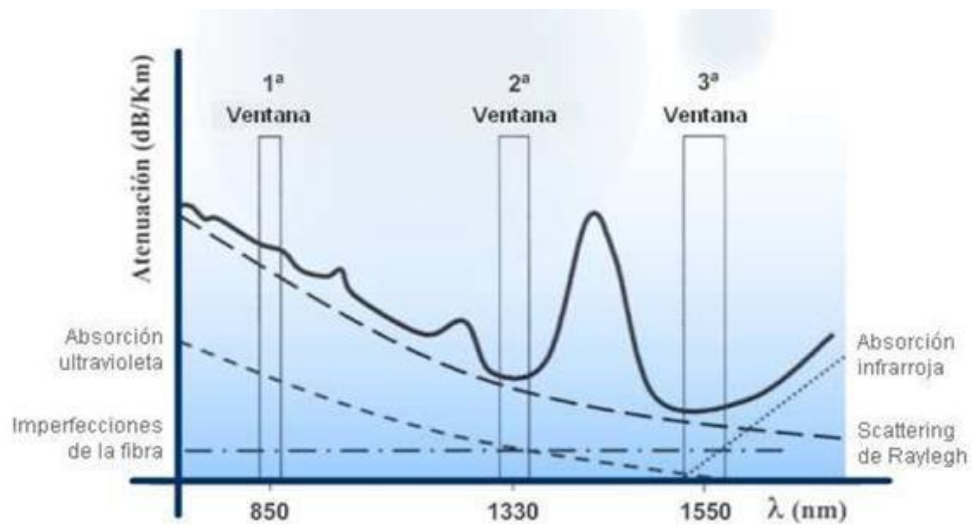


Figura 2. 16: Atenuación de las fibras de Sílice  
Fuente: Fundamentos de las Fibras Ópticas (2014)

- Fuente de Luz:
  - a) Longitud de onda de emisión ( $\mu\text{m}$ )
  - b) Anchura espectral (nm)
  - c) Potencia de salida (mW)
  - d) Acoplo a fibra
  - e) Tiempo de subida (ns)

En lo que corresponde al tipo de fuente utilizado para las conexiones por fibra óptica son los emisores LED y Laser. Sus características están detalladas en la tabla 2.6. Para la conexión de la fibra se dispone de diferentes formas para los conectores entre ellos tenemos los FC, ST, LC que se muestran en la figura 2.17, así como una unión que es empleada para alargar o conectar patchcord SC entre sí, la cual se observa en la figura 2.18.

Tabla 2. 6: Valores Típicos Fuente de Luz Fibra Óptica

	LED	LASER	
a)	0.8 a 1.55	0.8 a 1.55	a
b)	130 a 35	< 5	
c)	100 a 0.1	100 a 1	
e)	40 a 3	< 2	

Fuente: Elaborado por Autor



Figura 2. 17: Formas de conectores.  
Fuente: Conectores para fibra óptica (2012)

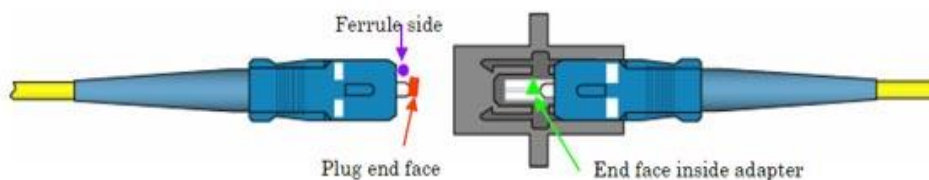


Figura 2. 18: Acople de conectores SC  
Fuente: Mantenimiento de conectores ópticos (2013)

- Detector Óptico:
  - a. Responsividad para ganancia 1 (A/W)

- b. Longitud de onda de funcionamiento
- c. Tiempo de respuesta (ns)
- d. Sensibilidad (dBm)
- e. Ganancia de funcionamiento (M)
- f. Potencia equivalente de ruido  $(W/Hz^{1/2}) \times 10^{-12}$

La tabla 2.7 detalla los valores característicos de los detectores ópticos en base a los parámetros señalados.

Tabla 2. 7: Valores Típicos Detector Óptico Fibra Óptica

	PIN	APD
<b>a)</b>	0.4 a 0.6	0.4 a 0.6
<b>b)</b>	Depende del material	
<b>c)</b>	10 a 0.05	2 a 0.07
<b>e)</b>	1	40 a 100
<b>f)</b>	100 a 0.01	100 a 0.1

Fuente: Elaborado por Autor

En el Anexo 1 se puede observar tablas de fibras ópticas comerciales con sus características respectivas.

## 2.5. Radiofrecuencia

### 2.5.1. Evolución de las telecomunicaciones

Inicialmente desde los orígenes de las telecomunicaciones con Bell, la invención del código Morse a mediados de la década de 1800 y los sistemas de fibra, existió la necesidad de buscar lo inalámbrico. Hay una distinción

importante entre la primera generación de móviles y desarrollos posteriores, en los que 1G era conocido como un sistema analógico en el que la voz se enviaba “en vivo”. Con 2G en adelante las redes se convirtieron digitales, la voz es muestreada y enviada en paquetes de datos antes de ser enviada. El receptor al otro extremo debe de reagrupar estos paquetes para construir la voz que oímos.

La primera generación de sistemas móviles analógicos se lanzó en Japón por NTT en 1979 y tuvo cobertura a 20mil personas con 23 estaciones base y para 1984 tuvo cobertura a la totalidad del país. Esta red 1G se inició en Europa y dando cobertura a Suecia, Noruega, Finlandia y Dinamarca. En 1983, Motorola comenzó en Washington DC y el 01/01/1985 se realizó la primera llamada móvil del Reino Unido con la compañía Vodafone.

Para el sitio WideLAN - Evolución Tecnológica, en su estudio nos indica que:

“Una red de área local por radio frecuencia o WLAN (Wireless LAN) puede definirse como una red local que utiliza tecnología de radiofrecuencia para enlazar los equipos conectados a la red en lugar de los cables UTP o de la fibra óptica que se utilizan en las redes locales (LAN) convencionales, pero con las mismas aplicaciones como son voz, datos y video”.

Refiriéndose al tema la radiofrecuencia permite enlazar de punto a punto una señal.

En las comunicaciones satelitales hay signos alentadores provenientes de Rusia en San Petersburgo, Yota comenzó Wimax pero pasó a LTE y logró un contrato con el gobierno para ofrecer banda ancha inalámbrica en 180 ciudades con 70 millones de clientes potenciales en 2012. Además tiene redes en Perú, Nicaragua y Bielorrusia.

De acuerdo a publicaciones de la revista (SMC Networks Europe,) indica que:

“MIMO y LTE son por si mismos la verdadera tecnología 4G con las normas más exigentes, Sin embargo funcionan en diferentes sistemas de radio a los que usan como norma en los países por lo que tiene que implementarse toda la nueva plataforma lo que lo hace demorar su implementación”

### **2.5.2. Origen del Ethernet**

Nace en la Universidad de Hawái, por la necesidad de contar con un sistema que permitiese concretar los enlaces entre máquinas mediante radio debido a que esta casa constaba de edificios ubicados en varias islas diseminadas. En 1970, la Universidad de Hawái quiso evitar el uso de la red de datos cableada de la AT&T por el elevado costo y baja calidad de transmisión que operaba en las islas, por esto dispuso de un equipo de investigación para resolver este problema.

Se utilizó varios transmisores viejos de taxis, unieron las distintas islas con una red de radio enlace y formaron una red de datos tipo extendida

similar a una WAN. Esta red de datos se llamó ALOHA (Figura 2.20). Unieron las distintas islas asignando solo dos canales para toda comunicación, uno en sentido descendente de 413.475 MHz y otro en sentido ascendente de 407.350 MHz, con anchos de banda de 100 KHz cada uno y ofrecían una capacidad de 9.6 Kb/s. En 1972 la compañía Xerox concibe la red experimental Ethernet

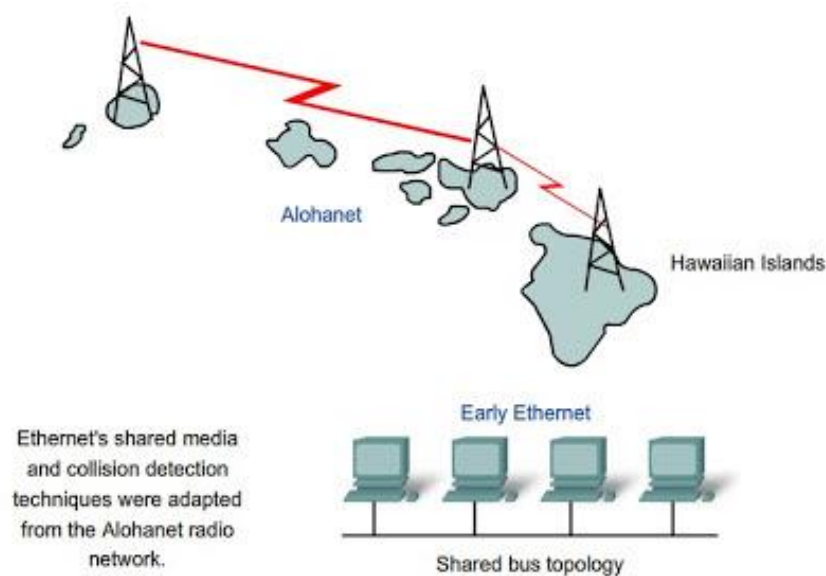


Figura 2. 19: ALOHA  
Fuente: Mdm (2010)

En esos años la arquitectura de red (SNA), diseñada por IBM, disponía de arquitecturas de redes jerárquicas, se basa en el uso de terminales “tontos”, con uso de una mainframe central. La idea de Xerox fue opuesta, cada usuario disponía de una PC integrando en ellas todas las funciones. Al conectarlas en la red no existiría ningún control centralizado en la red, la comunicación se establece par a par. En 1975 Xerox concibió el producto Ethernet de 2,94 Mb/s utilizando 100 equipos y una extensión de un Km, donde emplea el control de acceso al medio con detección de portadora



CSMA/CD, cuando una maquina quiere transmitir primero ausculta la señal de portadora, para detectar si otra máquina quiere transmitir primero en un tiempo aleatorio para efectuar un nuevo intento.

En su libro Historia de las telecomunicaciones, Szymanczyk (2013) da a conocer un dato:

Luego, las empresas Xerox, Intel y DEC reunidos como alianza implementaron una red Ethernet para 10 Mb/s, que fue tomada luego como norma internacional IEEE. Esta tecnología evolucionó e incluso supero a las tecnologías FrameRelay, ATM, Sonet/sDH, en rendimiento por costos y capacidad digital, Giga Ethernet ofrece hoy hasta unos 40 Gb/s y sigue evolucionando.

### **2.5.3. Redes inalámbricas:**

Según Andreu Gómez (2010) manifiesta que:

Las redes inalámbricas son redes sin cable que suelen comunicar por medios no guiados a través de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se efectúan a través de antenas como se observa en la figura 2.20. El emisor tiene una sola antena o varias, unas antenas se usan para la emisión y otras para la recepción, la misma antena permite actuar de ambos modos. Se puede utilizar antenas intermedias o repetidoras para alcanzar decenas de kilómetros. Estas redes tienen un sinfín de usos pasando por la principal que son las conexiones de datos, así como en la televisión, conexión de sensores, comunicaciones, telefonía y múltiples dispositivos electrónicos de uso actual.



Figura 2. 20: Redes Inalámbricas  
Fuente: Servicio Instalación Redes Inalámbricas (2012)

### **Ventajas:**

- a) Rápida instalación de la red: No necesita cablear, ni pedir permisos de obras, levantar calles y calzadas.
- b) Permite movilidad, no está sujeto a ningún cable.
- c) Menos costes de mantenimiento
- d) Accesibilidad
- e) Productividad
- f) Es la única solución para las zonas a las que no llega el cableado, como las zonas rurales diseminadas.

### **Desventajas:**

- a) Sensibles a cambios atmosféricos: lluvias, viento
- b) Interferencias externas
- c) Falta de seguridad, al emitirse libremente por el aire puede ser interceptado por cualquiera, requiere de seguridad y encriptación.

- d) Coste inicial alto por adquisición de antenas.
- e) Velocidad es limitada

### **2.5.1 Redes WIFI:**

De acuerdo a Carballar Falcón & Carballar (2010) manifiesta que:

“Esta tecnología permite crear una red entre los distintos equipos para compartir todos sus recursos. Se puede utilizar un disco duro externo común para las copias de seguridad, compartir las carpetas de archivos locales pertenecientes a un proyecto común, compartir una impresora, pasarle las fotos de las vacaciones a la unidad multimedia conectada a la televisión o ver imágenes de videocámara web, etc.”

La principal ventaja de Wi-Fi es que usa el protocolo TCP/IP al igual que la mayoría de redes que se utilizan hoy en día por lo que su fácil conectividad está asegurada. Para la lograr la comunicación de los equipos se requiere contar con dispositivo de red que se conecta vía radio.

Según el criterio de Carballar Falcón & Carballar (2010) hace referencia que:

“Desde hace ya varios años muchos equipos como laptops o teléfonos móviles incorporan a sus terminales la funcionalidad adaptador de red. En cuanto al precio es una tecnología ya asentada por lo que existe un gran número de usuario y amplía la oferta y sus precios son bajos”.

Las redes inalámbricas empleadas en los artículos de tecnología se relacionan con la red que es instalada en el equipo dispuesto a captar la señal Wi-Fi como los descritos en la figura 2.21.

**Componentes:**

- Adaptador de red: se encarga de la transmisión y recepción cuenta con una antena integrada.
- Terminales: son denominados terminales los equipos que forman parte de la red inalámbrica.
- Access point: es la radio base que gestiona a los distintos dispositivos de la red.



Figura 2. 21: Componentes WIFI  
Fuente: Carballar Falcón & Carballar (2010)

Los protocolos utilizados en las estaciones se dividen en dos grupos, el primero se encarga de la comunicación de las estaciones y el segundo del intercambio de datos entre los equipos. Wi-Fi es un estándar regulado por organismos como el IEEE. Al acceder a su web podemos obtener los

documentos y normas publicadas técnicas del mismo. Originalmente este estándar proveía una transmisión máxima de 11Mbps, pero ha evolucionado superando velocidades de 540Mbps, véase la figura 2.22.

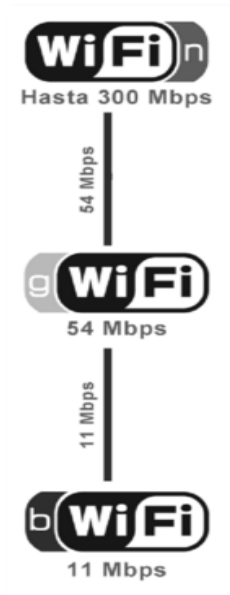


Figura 2. 22: Estándar Wi-Fi  
Fuente: Carballar Falcón & Carballar (2010)

- IEEE 802.1 1b. (1999). Velocidades hasta 11 Mbps en banda de 2.4 GHz.
- IEEE 802.1 1<sup>a</sup> (1999). Utiliza banda de 5GHz y velocidad de 54 Mbps hasta los 72 y 108 Mbps.
- IEEE 802.1 1g (2003). Utiliza banda 2.4 GHz y velocidades de 54 Mbps a 100 Mbps.
- IEEE 802.1 1n (2009). Llegan velocidades de 300 Mbps y es compatible con los demás estándares (a, b, g). Incorpora varias antenas para poder obtener varios canales simultáneamente.

- IEEE 802.11ac (2014) Llega a velocidades de 450Mbps, opera únicamente en la banda de 5Ghz y mantiene compatibilidad con estándares anteriores.

### **Ventajas:**

- Movilidad: Desde una PC a cualquier equipo que se encuentre en el rango de cobertura puede conectarse a la red sin requerir de cableado.
- Desplazamiento. Con un ordenador se puede desplazar sin perder la comunicación, facilita el trabajo en determinadas tareas
- Flexibilidad: se puede disponer del computador y reubicarlos en cualquier lugar sin requerir ajustes en su configuración.
- Reducción de costo: El diseño de la red cableada conlleva altos costos, tiempo y molestias y en lugares donde no se dispone de una red cableada las redes Wi-Fi permite ahorrar recursos y costes.
- Escalabilidad: Conectar un nuevo equipo es sencillo con una configuración simple, en redes cableadas se debe instalar un nuevo cableado.

### **Desventajas:**

- Interferencias: los equipos existentes en el mercado como microondas o teléfonos inalámbricos utilizan la misma banda de frecuencia por lo que no se tiene la garantía de que el entorno radioeléctrico este limpio y la red funcione a su mayor rendimiento. Si hay muchas

interferencias la velocidad baja de manera automática y en casos extremos la comunicación resulta imposible.

### 2.5.2 Antenas

Los Sistemas de Radiodifusión requieren cubrir vastas áreas de cobertura, por ello emplean equipos de transmisión de alta potencia sumados a sistemas radiantes acoplados. Estos en su mayoría están dotados de varias antenas agrupadas en un arreglo de diagrama de radiación, comúnmente de tipo omnidireccional las mismas que se ubican en varias torres y mástiles que proveen mayor alcance como se observa en la figura 2.23.

Para la radiodifusión los elementos radiantes están conformados por antenas tipo dipolo dispuestas en diferentes configuraciones, las cuales expresan su ganancia en términos de un dipolo la misma que es  $\lambda/2$ .

La ganancia de estas antenas se expresa en dBd mediante la siguiente formula:

$$G(dBd) = G(dBi) - 2,15dB$$

Donde  $dBi$  hace referencia a la ganancia real (respecto a la isotrópica),  $dBd$  hace referencia a la ganancia respecto al dipolo y  $2,15dB$  es la ganancia de un dipolo en  $\lambda/2$  ()

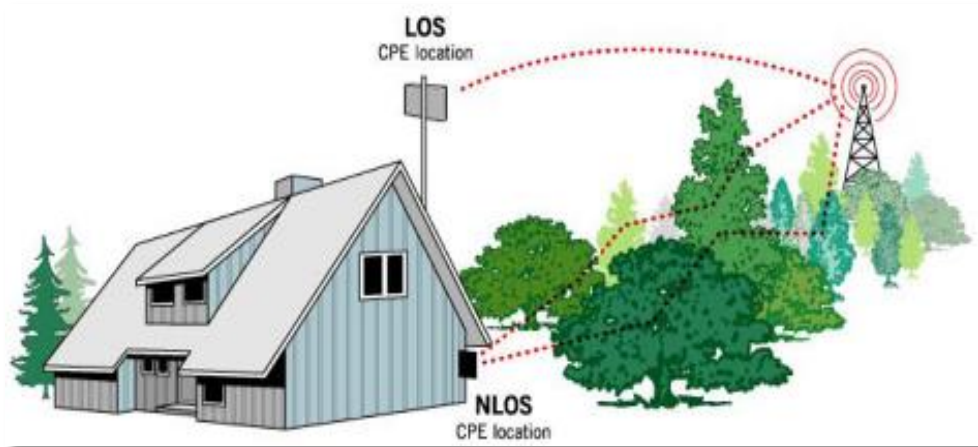


Figura 2. 23: Línea de Vista  
Fuente: Ramos (2014)

A continuación se detallan algunos ejemplos de antenas útiles para este estudio:

- Rocket M5

Rocket M5 AirMax 2x2 MIMO se caracteriza por su alta resistencia, potencia y rendimiento. Posee un alcance de hasta 50km y 150Mbps reales. Sirve para enlaces punto-punto y en especial para punto-multipunto.

- Nano Station 5

Está diseñado tanto para exterior como interior, cuenta con un arreglo de 4 antenas de ganancia elevada. Se destaca su estabilidad y capacidad de desempeño que está al nivel de redes Wimax de nueva generación.

- Nano Station 2

El Nano Station 2 puede utilizarse en enlaces Punto a Punto y Punto a Multipunto. Cuando se utiliza como equipo terminal es compatible con



cualquier Access point que trabaje con el estándar IEEE 802.11b/g. Si se trata de enlaces que requieren hasta 20Mbps este equipo tiene un precio accesible.

- Nano Station LOCO M2

Este equipos de destaca por su bajo precio, fiabilidad y versatilidad. Trabaja en la banda 2,4 GHz, cuenta con mejoras en su software dando prioridad a modalidades de QoS para audio y video, así como reducción de ruido mediante latencia múltiple.

- Nano Loco M5 MIMO AirMax

Nano Station Loco M5 es un Access point compacto que es fiable y de gran rendimiento, cuenta con una interfaz avanzada

- Nano Station M5 MIMO AirMax

Este modelo ofrece la nueva tecnología MIMO 2x2, posee una antena de ganancia de 16dBi de polaridad doble para la banda 5Ghz, adicional otra antena de 11dBi de ganancia también de polaridad doble de 2.4Ghz

- Pico Station M2 HP

Este es el dispositivo más pequeño y potente de la línea Ubiquiti Networks™. Cuenta con la tecnología integrada AirMax, dispone de velocidades de hasta más de 100 Mbps y posee un alcance de hasta 500 m. Está diseñado para ambientes interiores o exteriores, por estas características este equipo es ideal para pequeños emprendimientos. Otro factor importante en este equipo es su bajo

costo y pequeño tamaño como se puede ver en la figura 2.24, lo que lo convierte en un producto muy versátil y económico.



Figura 2. 24: Antena Ubiquiti Pico Station M2 HP  
Fuente: Ubiquiti (2010)

## **CAPÍTULO III: SIMULACION Y PRESUPUESTO**

### **3.1. Análisis de Costo de Implementación con Fibra**

Se procede con la elaboración del presupuesto en base a investigación personal sobre cotizaciones que emplea CNT. EP. en la realización de proyectos. Lo primero a considerar es la cantidad de fibras requerida para ello, se realiza una medición de la ruta a seguir, tomando como referencia los recorridos existentes en la ciudad siendo el punto de inicio el más cercano hacia la población donde algún proveedor actual tenga una manga de distribución.

De esa manera, en la Av. Mariscal Sucre se halla una manga de distribución de un proveedor privado y con la ayuda de un software se sigue la ruta hacia el poblado, como una consideración especial en esta ruta se observa que todo el recorrido posee posteria de CNEL EP, esto es relevante para el proyecto puesto que el contar con esta infraestructura reduce costos, ya que evita la adquisición y colocación del mismo, continuando con la medición hasta la entrada a El Carrizal se tiene una medida de 11500m mas el 5% que se agrega para futuras reparaciones se tiene un total de 12075 (Véase figura 3.1

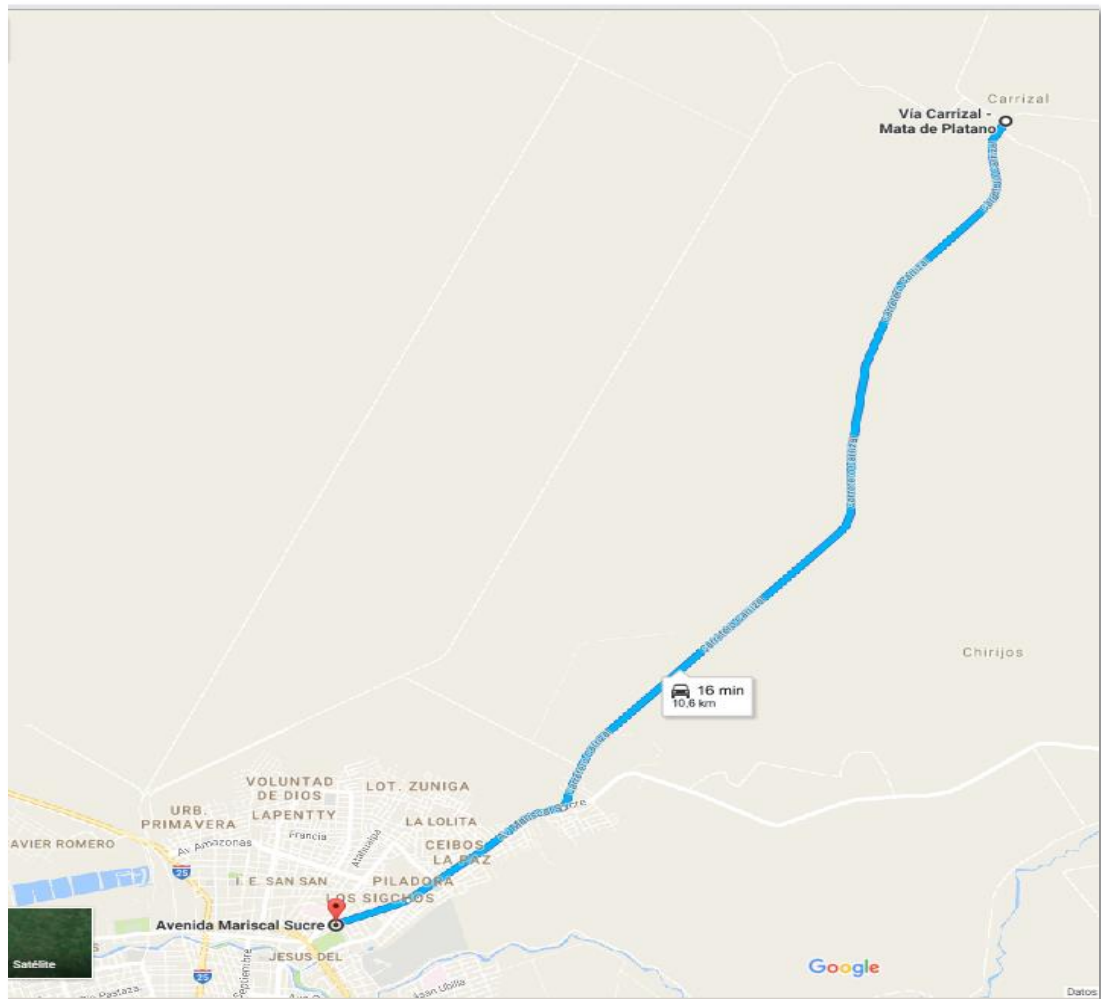


Figura 3.1: Medición de fibra  
Fuente: Elaborado por Autor utilizando Google Maps

Conociendo la ruta y la cantidad de fibra requerida se puede determinar los elementos adicionales que se utilizan para el despliegue de la conexión como son herrajes, mangas, preformados, elementos de interconexión de fibra, entre otros también se debe sumar los costos de tendido del cable. Así como las fusiones de hilos y armado de mangas y ODFs, estos valores se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1: Presupuesto de Fibra

Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
HERRAJE DE PASO PARA POSTE	U	7,60	87	661,20
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNA PAREJA DE CONVERSORES DE FIBRA ÓPTICA A ETHERNET DE 2 A 20 KM MONOMODO WDM. 110 V	U	263,01	1	263,01
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	10,72	12	128,64
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	7,23	2	14,46
SUMINISTRO Y COLOCACION DE ODF DE 6 HILOS (INCLUYE PIG TAILS SC/APC G.655 C)	U	263,52	2	527,04
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 6 HILOS G.652.D	m	2,17	12075	26.202,75
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA AÉREA PARA FUSIÓN DE 6 FO , TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	175,51	2	351,02
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD SIMPLEX SC/APC-SC/APC de 3 mts G.652D	U	12,65	2	25,30
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO PARA VANOS DE 90m. PARA CABLE ADSS	U	22,07	366	8.077,62
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJES DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN - 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	13,77	174	2.395,98
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE ETEN CIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	10,16		
			<b>TOTAL</b>	<b>38.647,02</b>

Fuente: Elaborado por Autor

Como se muestra el total de la implementación \$ 38 647,02 adicional a este valor se debe tomar en cuenta el valor del alquiler de la posteria a utilizar de propiedad de CNELEP en total son 258 postes, como referencia se tomó valores de contratos anteriores para proveedores en el

que se detalla un valor de 7,02 + IVA anual dando un valor de \$8 cada poste siendo el valor final \$ 2 064 por uso anual de posteria.

### **3.2. Simulación de Enlace Inalámbrico**

Al momento de elegir los equipos acordes para realizar una conexión inalámbrica, se puede hacer uso de múltiples sistemas para modelar las conexiones y a la vez hacer uso de las propiedades técnicas de las antenas que están descritas en las hojas de especificaciones. Para este trabajo, se hará uso del software gratuito "Radio Mobile", ya que con este programa se puede modelar enlaces inalámbricos sean punto a punto o punto multipunto y observar los datos que arroja la simulación, tales como:

- Poder de transmisión.
- Pérdida de energía por varios factores.
- Ganancia de la antena.
- Datos de precisión de enlace, frecuencia de comunicación, ganancia del sistema final, potencia de la señal recibida, entre otros datos.

Para realizar la simulación se requieren los datos de los equipos a utilizar para ello primero se ha escogido los equipos Rocket M5, basándonos en las facilidades que presta en su precio, disponibilidad, su reducido peso y tamaño, sumado a ello el rango de operación del equipo que supera los 10km que es la separación en línea de la ubicación prevista para su operación y las antenas de Dish S5G34 que son compatibles con el transmisor antes mencionado y en la revisión de su información técnica

cuentan con las capacidades necesarias, las mismas que se detallan en el anexo 2.

La ubicación de las antenas es un factor determinante ya que de allí obtendremos la distancia del enlace, puesto que esta propuesta, el enlace se lo realiza desde la ciudad de Milagro. Se debe elegir un sitio que brinde las facilidades para la ubicación de las antenas, que en este proyecto se elige el edificio Villavicencio que se muestra en la figura 3.2, cuenta con 21m en su última losa, siendo este el más alto de la ciudad lo que evitaría el utilizar una torre de viento y en el que se hallan otras antenas de transmisión.



Figura 3.2: Edificio Villavicencio  
Fuente: Elaborado por Autor

Para el recinto “El Carrizal” se colocaría en la terraza de una edificación de 2 plantas contando con una altura de 6m, (véase la figura 3.3) debido a

que brinda una cobertura superior que el resto de estructuras que son de una sola planta.



Figura 3.3: Terraza de Casa en Carrizal  
Fuente: Google maps

De acuerdo a lo explicado en relación al enlace entre la ciudad de Milagro y el recinto “El Carrizal”, la figura 3.4 se muestra el esquemático de la propuesta de enlace punto a punto.

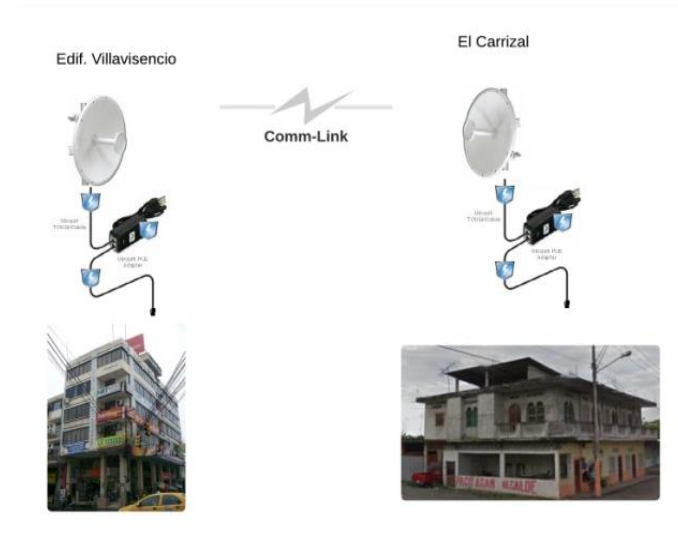


Figura 3.4: Esquema de Enlace  
Fuente: Elaborado por Autor

Con ayuda del programa Google Earth se obtuvo la distancia de dicho enlace que es 10.5 km y las siguientes coordenadas:



Edif. Villavicencio  
Lat.: 2° 07' 42.7" S  
Log: 79° 35' 34.7" O

Carrizal  
Lat.: 2° 03' 10.8" S  
Log: 79° 32' 8.1" O

Así también se permite trazar una ruta para obtener el perfil de elevación que sigue la línea de vista del enlace el mismo que se muestra en la figura 3.5. Esta grafica permite apreciar que la diferencia de alturas entre los 2 puntos es de 5m, siendo que la ciudad de Milagro cuenta con elevación de 17m y El Carrizal 12m, de allí la necesidad de tener la altura suficiente para superar los obstáculos que presenta el terreno .

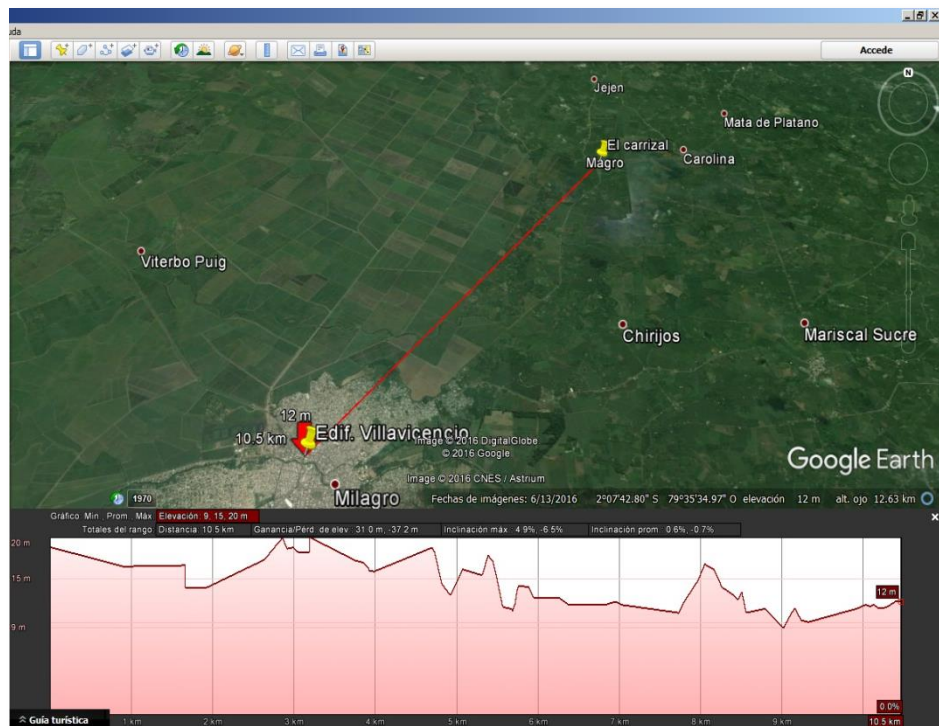


Figura 3.5: Perfil de elevación de enlace  
Fuente: Elaborado por Autor utilizando Google Maps

A continuación, se debe realizar un presupuesto de potencia para determinar teóricamente si la potencia y ganancia de los equipos a utilizar son suficiente para tener una recepción confiable y dentro de los parámetros

que se indican en el Datasheet del equipo, para ello se utilizó la siguiente fórmula de potencia de recepción.

$$Prx = Ptx - Abtx - Altx + Gtx - Ls + Grx - Alrx - Abrx$$

Donde se utiliza los siguientes parámetros:

- Potencia del transmisor (Ptx)
- Atenuación por conectores en transmisor (Abtx)
- Atenuación en cable de bajada Transmisor (Altx)
- Ganancia de la Antena transmisor (Gtx)
- Pérdida en el espacio Libre (Ls)
- Ganancia de la Antena receptor (Grx)
- Atenuación por cable de bajada Receptor (Alrx)
- Atenuación por conectores receptor (Abrx)

En este caso la atenuación por cable es despreciable ya que el transmisor y la antena se unen directamente en el exterior, a diferencia de la atenuación de conectores si es tomada en consideración. Los demás parámetros se obtienen por medio de la hoja de datos de las radio, solo la pérdida en espacio libre se debe calcular mediante esta fórmula:

$$Ls = -20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)$$

Donde  $\lambda$  viene dada por la siguiente expresión,  $c$  es la velocidad de la luz y  $f$  la frecuencia de operación de las radios que es 5GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^9}$$

$$\lambda = 0.06$$

Reemplazando  $\lambda$  en esta fórmula

$$L_s = 20 \log \left( \frac{0.06}{4\pi d} \right)$$

$$L_s = 126.84$$

Obtenido el resultado de las pérdidas en espacio libre se procede a reemplazar en la expresión inicial.

$$Pr_x = 22\text{dbm} - 2\text{dbm} - 0 + 34\text{dbm} - 126.84\text{dbm} + 34\text{dbm} - 0 - 2\text{dbm}$$

$$Pr_x = -40.84$$

El siguiente cálculo a realizar es el margen de desvanecimiento

$$F_m = 30 \log d + 10 \log(6xAxBxf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Donde A es un factor de rugosidad y B factor climático que para la zona, serán 1 y 0,25 respectivamente

$$F_m = 30 \log(10.5) + 10 \log(6 \times 1 \times 0.25 \times f) - 10 \log(1 - 0.0001) - 70$$

$$F_m = -30.61\text{dbm}$$

Finalmente se determina el umbral de recepción teórico que nos permite comprobar si la potencia que llega al equipo receptor es suficiente para concretar una buena transmisión de datos.

$$Ur = -40.84 - 30.61$$

$$Ur = -71.46$$

Se verifica la hoja de datos de la unidad Rocket M5 mostrando un umbral de recepción de -75dbm lo que confirma que es teóricamente viable el proyecto utilizando los equipos antes mencionados.

Ahora con la ayuda del Software gratuito Radio Mobile se procede a simular el comportamiento del enlace para ellos el primer paso a seguir es ingresar las coordenadas de ambas antenas, en una ventana emergente la cual al completar dichos datos mostrará la altura del terreno y un mapa donde se observara indicadores que representan a las radios (véase figura 3,6).

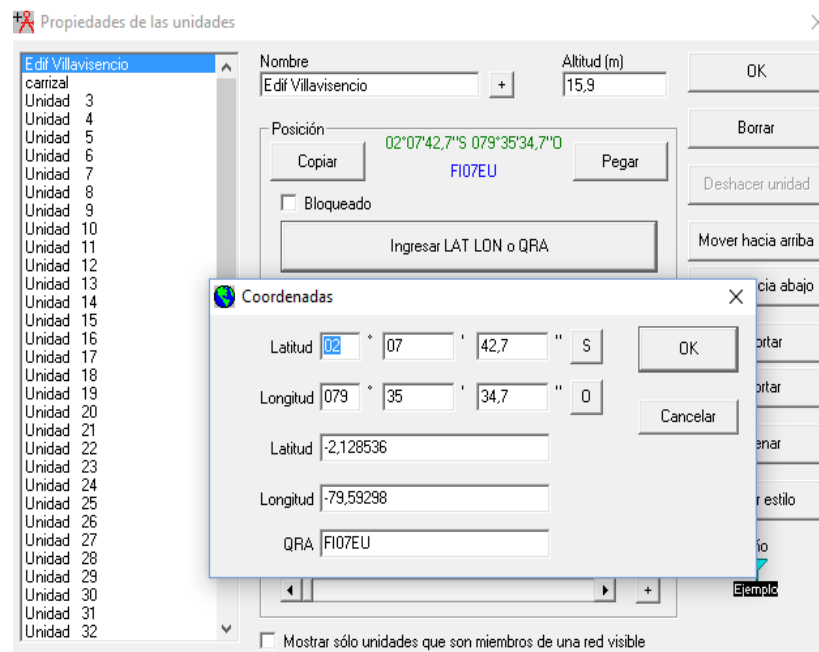


Figura 3.6: Ingreso de coordenadas  
Fuente: Elaborado por Autor

El segundo paso como se muestra en la figura 3,7 es colocar los parámetros de funcionamiento de los radios, como potencia, ganancia, la

altura con respecto al suelo, el tipo de antena, el tipo de conexión si punto a punto u multipunto y hacia qué equipo están apuntando.

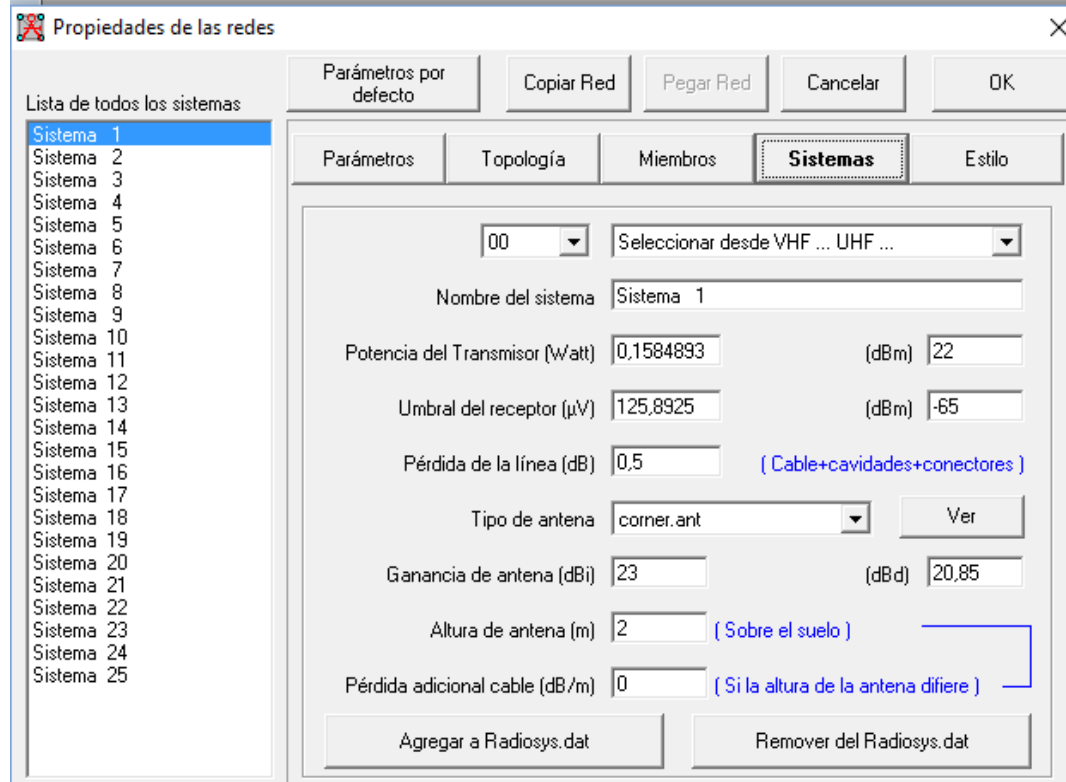
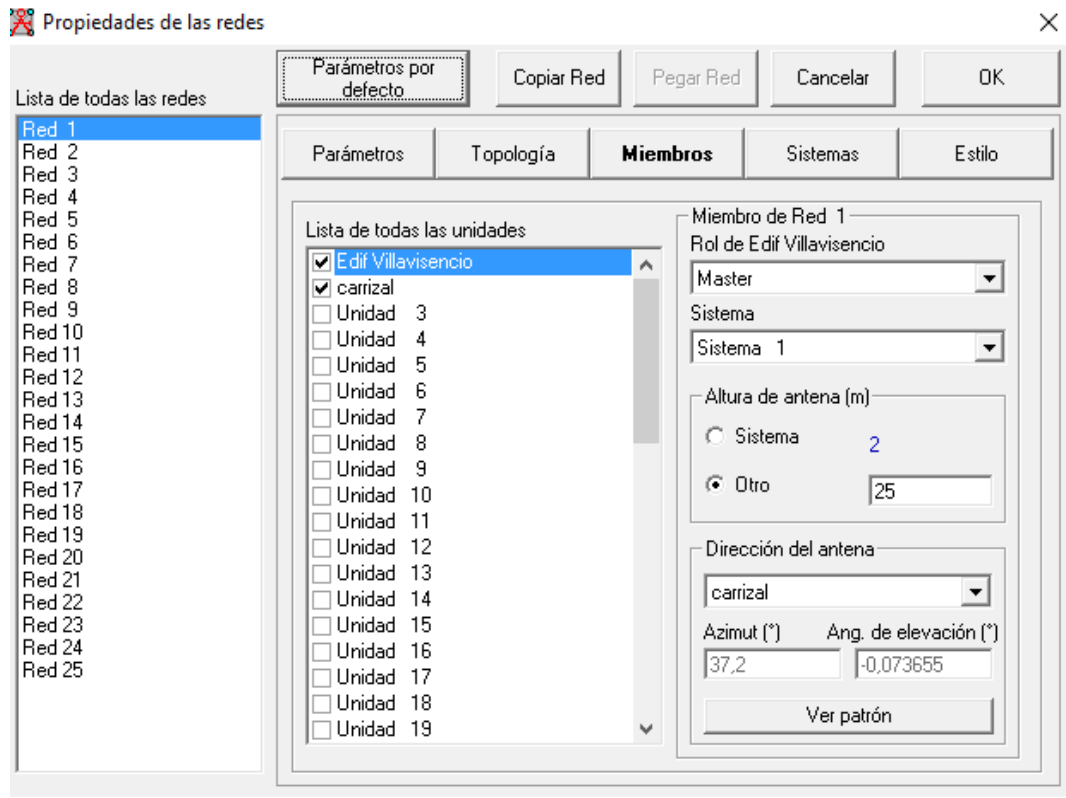


Figura 3.7: Ingreso de parámetros  
Fuente: Elaborado por Autor

Una vez completados los datos el programa se genera una simulación en la cual se observan las antenas en el terreno, hacia donde apuntan y si la línea de vista está en verde indica que la conexión es posible (véase figura 3.8)

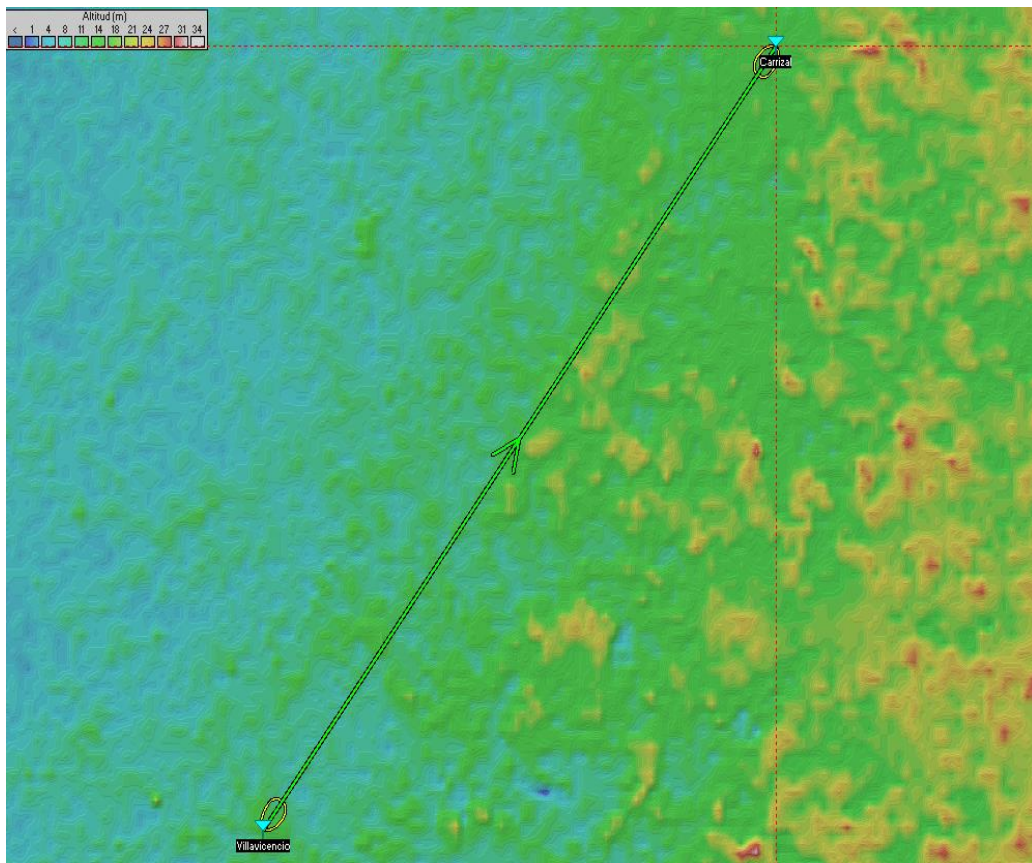


Figura 3.8: Simulación de ubicación de las antenas en el terreno  
Fuente: Elaborado por Autor

La siguiente ventana que se genera muestra el perfil de la línea de vista del enlace, la recepción del equipo, distancia, etc. (véase figura 3.9).

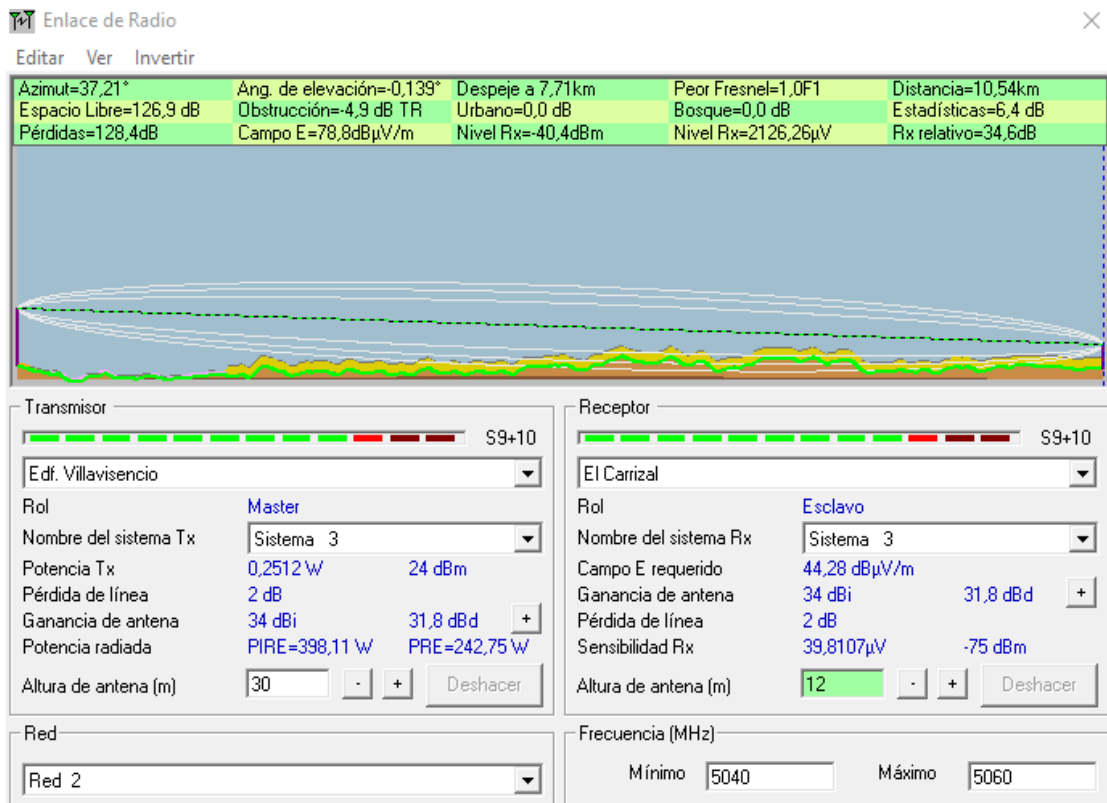


Figura 3.9: Datos de simulación enlace  
Fuente: Elaborado por Autor

Uno de los datos que demuestra la fiabilidad de la transmisión es la primera zona de Fresnel, la cual se observa que es superior al rango mínimo permitido de 0.6 por lo que no sufriría pérdidas por interrupciones en la línea de vista.

A continuación se simula un enlace multipunto para la distribución en el poblado, para ello se escoge el equipo Ubiquiti Pico Station M2 HP como base de transmisión ya que cuenta con una antena omnidireccional que va acorde a las necesidades de este sector, en el cual sus habitantes no están asentados más allá de 500m del punto base y para el cliente se coloca una antena Ubiquiti Nano loco M2 que es compatible, ligera y económica.

De la misma manera que con las radios anteriores se ingresan las coordenadas de los equipos, para la Base se utilizó el mismo punto de donde está ubicada la radio punto a punto, para la ubicación de los equipos clientes se seleccionó al azar teniendo en cuenta la distancia de los posibles usuarios. (Véase figura 3.10)

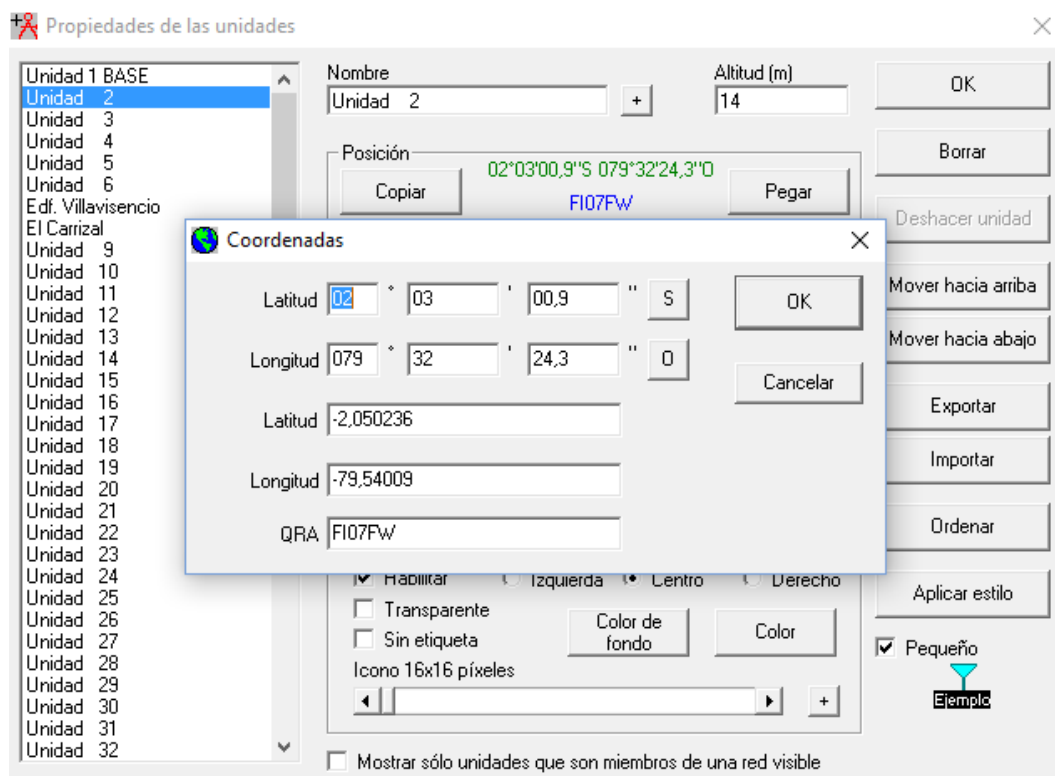


Figura 3.10: Ingreso de coordenadas enlace multipunto  
Fuente: Elaborado por Autor

Se continúa con el ingreso de los parámetros de los equipos Pico Station y Nano Station loco, tomando en cuenta la nueva topología de conexión que es Punto Multipunto, por lo cual se selecciona la opción de Red de datos (Nodo-Terminal). En la pestaña sistemas se coloca la ganancia de la antena, los parámetros de transmisión y se selecciona el tipo



de antena la cual es omnidireccional, el ingreso de la información de este enlace se muestra en la figura 3.11.

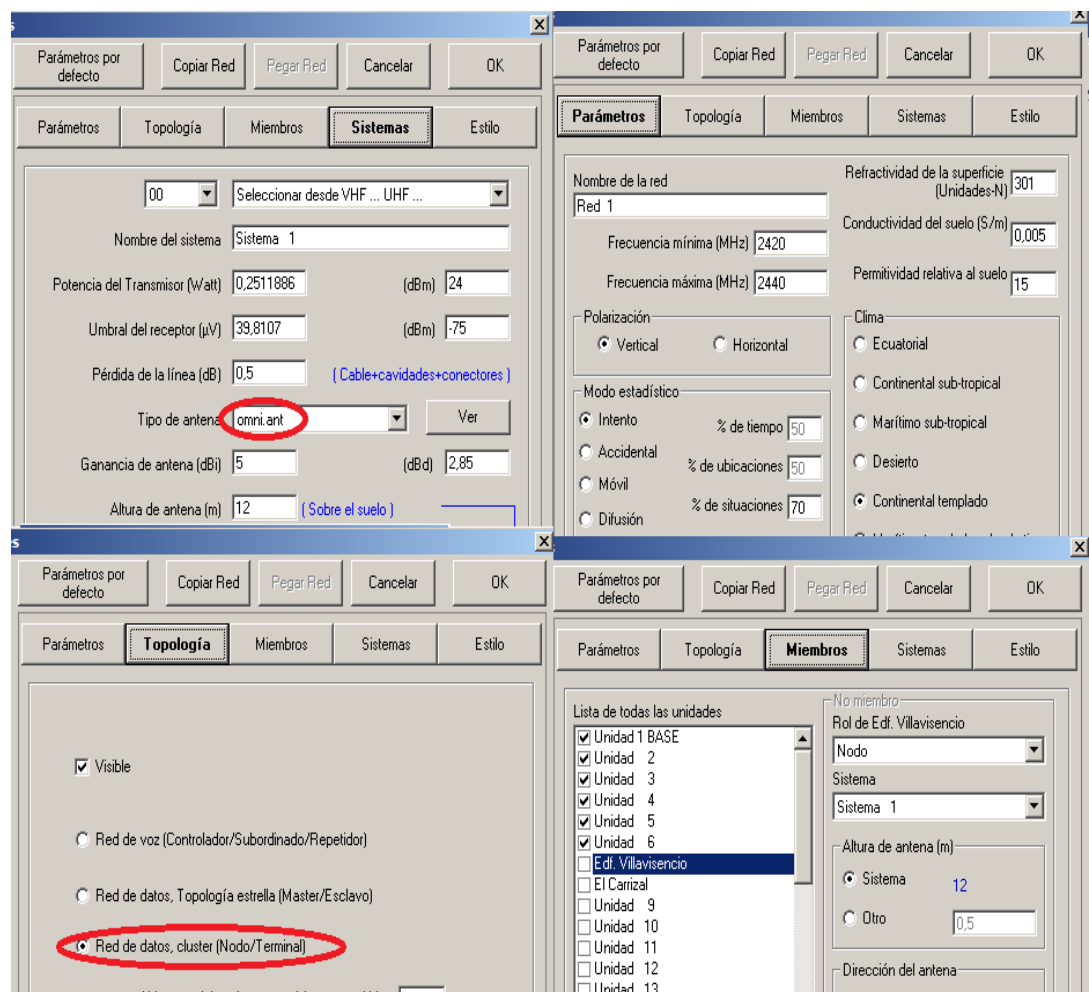


Figura 3.11: Ingreso de parámetros enlace multipunto  
Fuente: Elaborado por Autor

Habiendo concluido con el ingreso de datos se pueden visualizar la ubicación en el mapa de la estación base y los posibles cinco usuarios que se enlazarían al principio del proyecto, como se observa en las figuras 3.12 y 3.13.

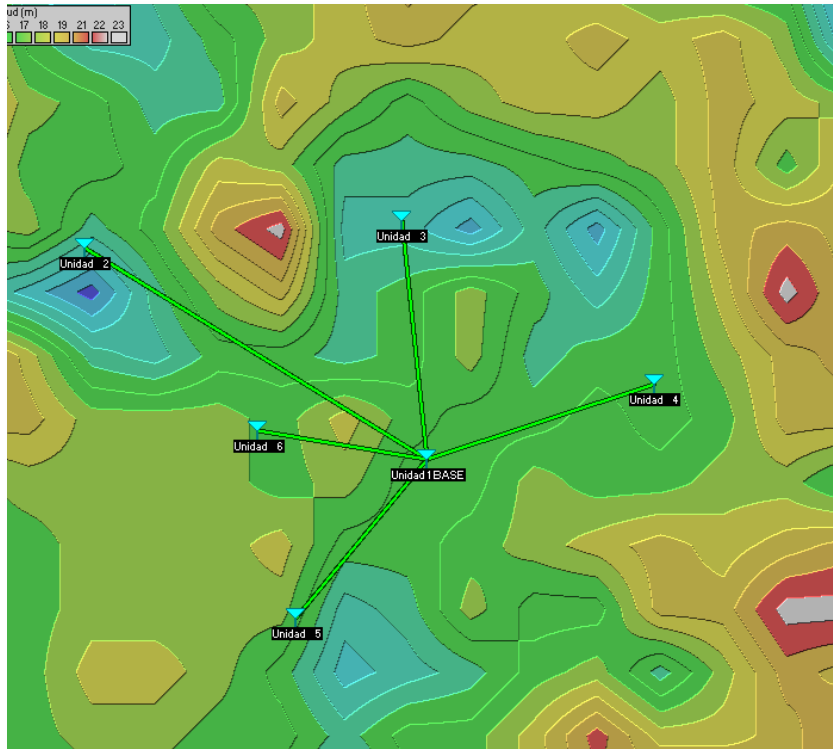


Figura 3.12: Ubicación de Equipos Multipunto vista mapa geográfico  
Fuente: Elaborado por Autor

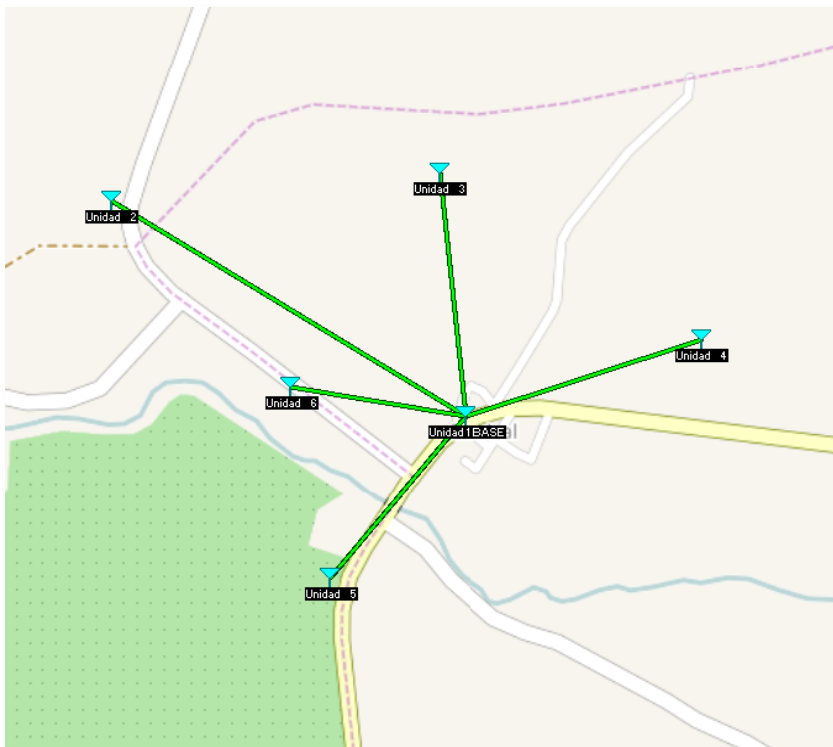


Figura 3.13: Ubicación de equipos multipunto vista mapa político  
Fuente: Elaborado por Autor

De igual formas se puede ver la simulación con perfil de línea de vista de cada equipo, comprobar la recepción, zona de Fresnel y distancia entre otros como se observa en la gráfica 3.14 para el equipo 3 y en la gráfica 3.15 el equipo 2 que está más alejado del punto base.

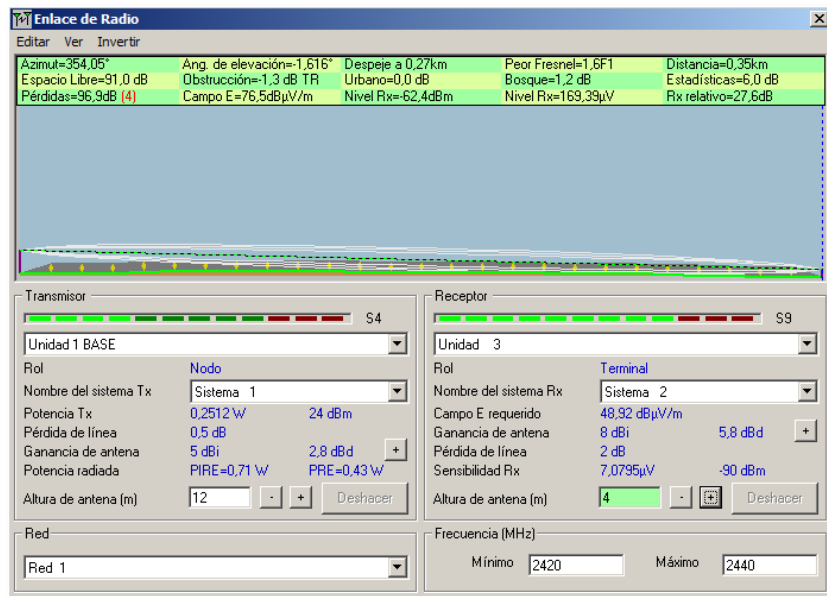


Figura 3.14: Simulación Unidad 3  
Fuente: Elaborado por Autor

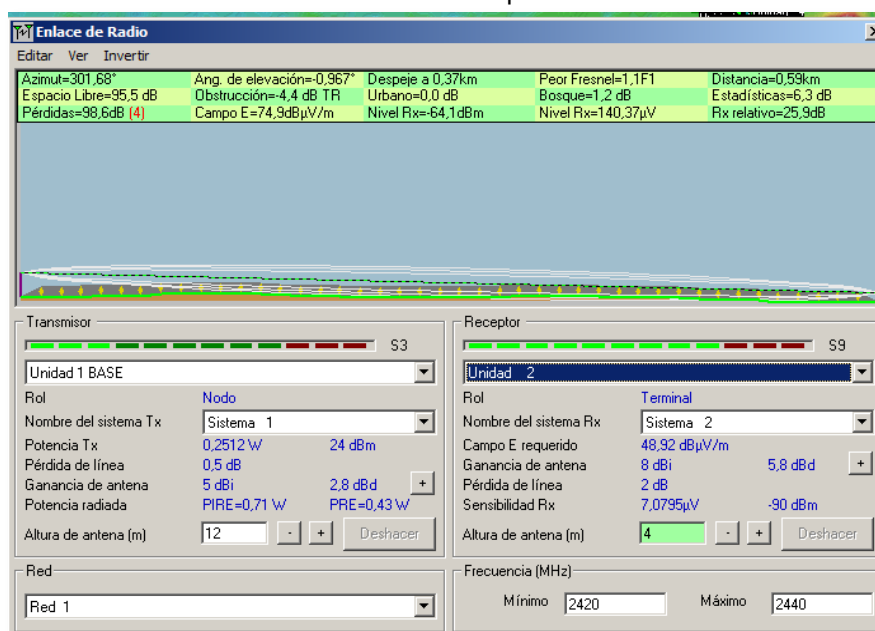


Figura 3.15: Simulación Unidad 2  
Fuente: Elaborado por Autor

Como se detalla en los 2 ejemplos anteriores en viable la colocación de esta radio base para que distribuya el servicio de datos a la población de El Carrizal. Para concluir se puede visualizar el enlace Punto a Punto como en enlace multipunto en la pantalla principal del simulador Radio Mobile (véase figura 3.16).

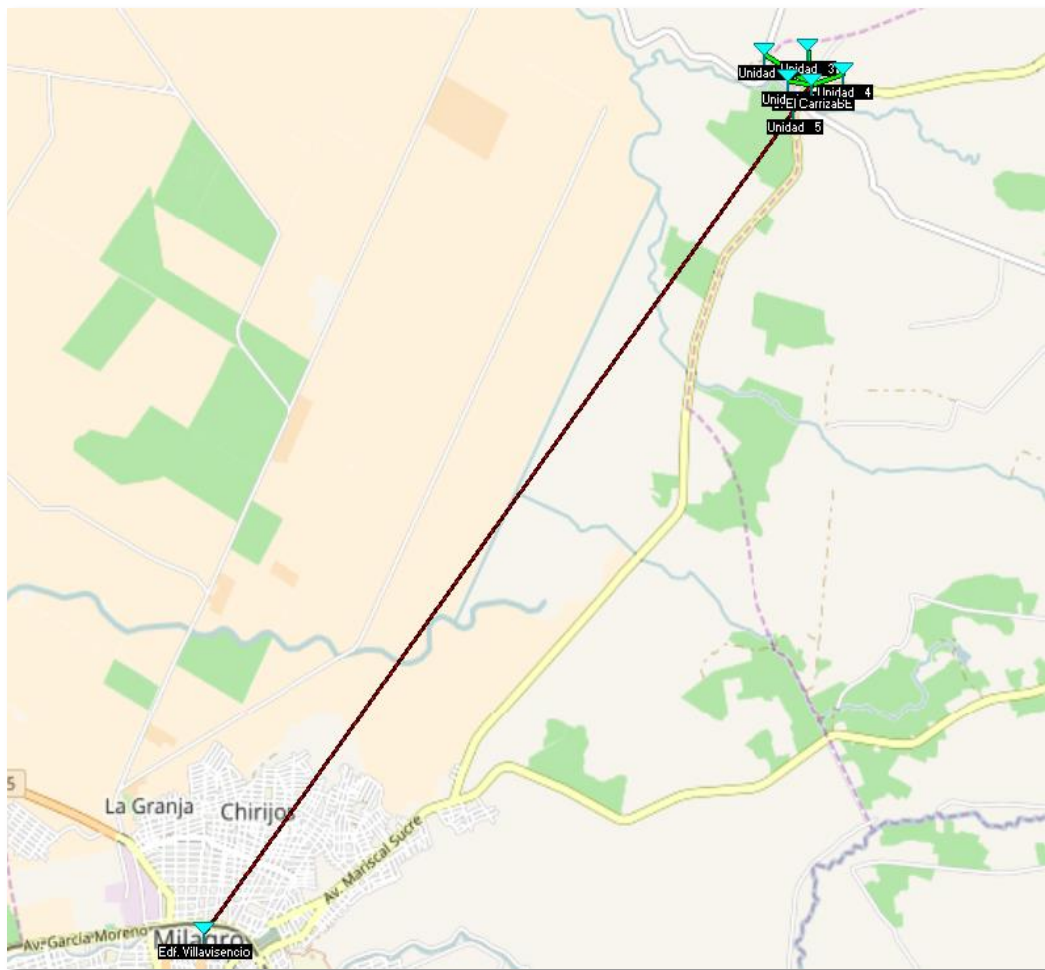


Figura 3.16: Vista general de Sistema de Radio enlace en Radio Mobile  
Fuente: Elaborado por Autor

### 3.3. Análisis de Costo de Implementación con Radiofrecuencia

Para la implementación de un sistema de comunicación basado en radiofrecuencia, se necesitan de los siguientes equipos:

- Transmisor:
  - Antena de transmisión.
  - Modulador de señal de salida.
- Receptor:
  - Antena de recepción.
  - Modulador de señal de llegada.
- Sistemas de energización.

En el siguiente diagrama se muestra la disposición de los equipos de radio y UPS, como estarían ubicados en el enlace punto a punto (véase figura 3.17).

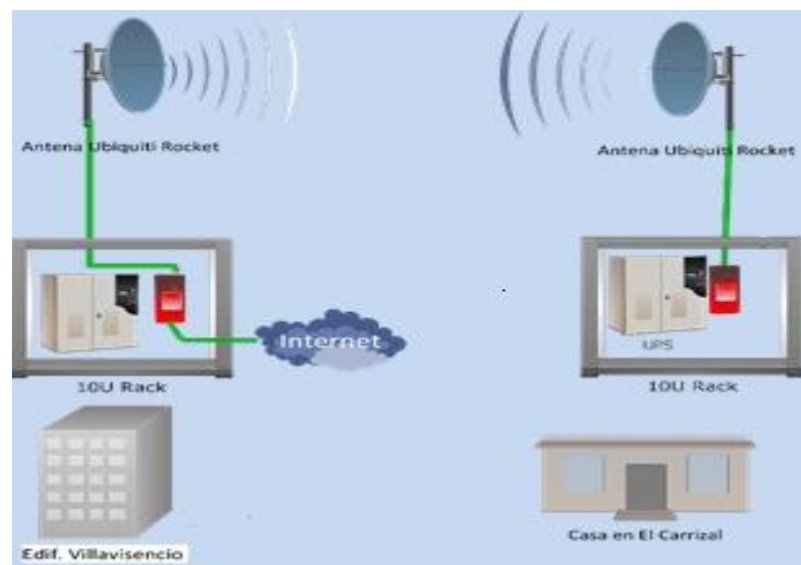


Figura 3.17: Diagrama de Enlace Punto a Punto.  
Fuente: Elaborado por Autor

Para este enlace se utilizó equipos de la marca Ubiquiti siendo económicos, confiables y con capacidades suficientes para la distancia que requiere la conexión.

Tabla 3. 2: Presupuesto de radio Punto a Punto

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
ROCKETM5-AC AP UBIQUITI ROCKET 5GHZ , 27 dBm \$ \$	245,28	2	490,56
RD5G34-LW ANTENA UBIQUITI 5GHZ 34DBI ISO BEAM	229,65	2	459,3
Mástiles de 3" por metro	60	6	360
Mástiles de 3" por metro	60	7	420
Instalación de Radios con antenas de exterior Enlaces hasta 20 Km por equipo, fuera del Perímetro Urbano	409,5	1	409,5
UPS APC 1500 VA 1,5 Kva	309,99	1	309,99
BEAUC.CAJAS C/CHAPA 40x30x20 PESADO IP-64	35,75	1	35,75
		<b>TOTAL</b>	<b>2485,1</b>

Fuente: Elaborado por Autor

Como se detalla en la tabla 3.2 los componentes necesarios para la conexión del enlace sumado al costo de su instalación son mucho menores que los del equipamiento por fibra. De la misma forma en que se utiliza la radio para la comunicación punto a punto, para la distribución del servicio se utilizara un servicio de radio pero punto multipunto.

En este caso como base multipunto el componente a utilizar es la radio Pico Station M2 HP la cual cuenta con una antena omnidireccional y como CPE el Nano Station LOCO M2.

Tabla 3. 3 Presupuesto de Radio Multipunto

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
Ubiquiti Pico Station M2 HP	135	1	135
Ubiquiti Nano Station Loco M2	74,1	5	370,5
Mástiles de 1" de 2m	40	5	200
Instalación de radio multipunto	150	1	150
Instalación radio CPE	120	5	600
BEAUC.CAJAS C/CHAPA 40x30x20 PESADO IP-64	35,75	1	35,75
UPS APC 1500 VA 1,5 Kva	309,99	1	309,99
		<b>TOTAL</b>	<b>1801,24</b>

Fuente: Elaborado por Autor

Para el presupuesto se consideró la activación de 5 clientes como punto inicial del proyecto lo que representa un valor de \$4286,34 en equipamiento e instalación. A este valor debe sumarse el alquiler de las dos terrazas en Milagro y Carrizal, las que tendrían un valor mensual de \$120 cada una.

Debido a que la proyección de este trabajo va dirigido al sector privado, es necesario considerar un periodo de tiempo, en este caso un año, para proyectar los gastos; por lo que el costo del primero año de proyecto sería de \$7166,34, siendo un valor inferior que el proyectado para la solución de fibra, concluyéndose que la opción de radio es la más económica y viable para la realización del proyecto.

El diagrama que muestra en la figura 3.18 muestra el sistema de radio enlace completo.

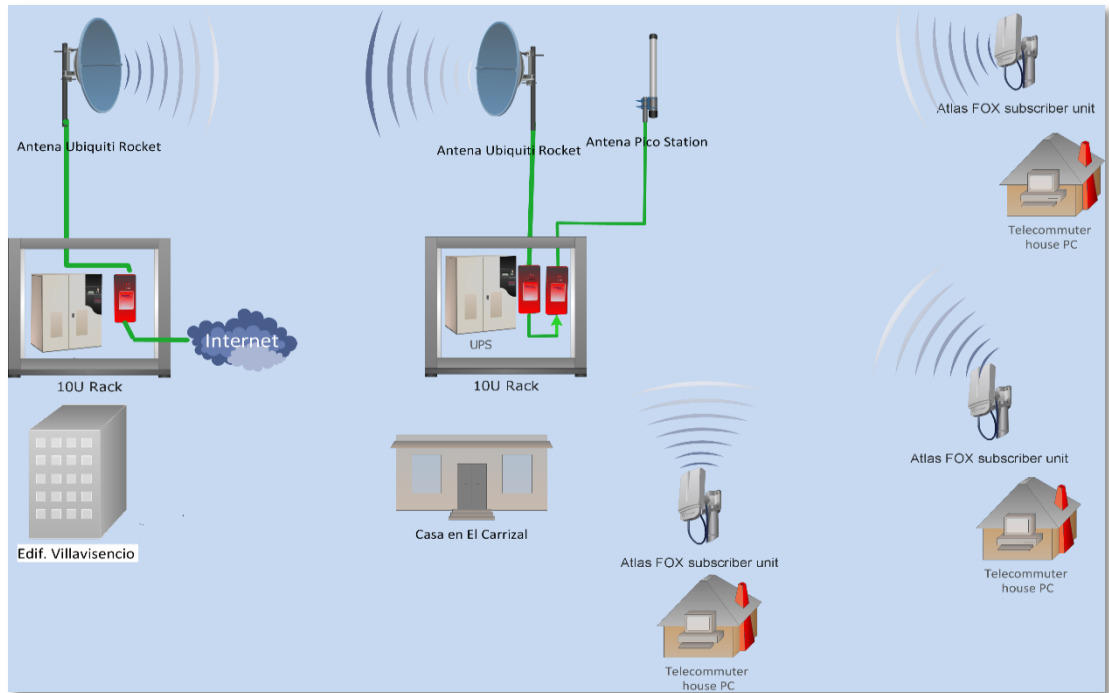


Figura 3.18: Diagrama del Sistema de Radio completo  
Fuente: Elaborado por Autor



## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

Después de realizar la comparación de precios, facilidad de implementación y cantidad de materiales para la puesta en marcha entre las tecnologías analizadas se demuestra la ventajas que brindaría la realización del proyecto por medio de un sistema de radioenlace.

La utilización de antenas de 5ghz demostró que es factible que se tenga una conexión de internet entre ambas ciudades, rebajando los costos de implementación debido al bajo costo de las antenas en comparación con la fibra , siendo que la marca Ubiquiti cuenta con una variedad de antenas que se ajustan a la necesidad de este trabajo su facilidad de instalación y versatilidad hace que el tiempo de puesta en marcha se reduzca drásticamente así como su tamaño evitan el recurrir a una infraestructura de grandes dimensiones y onerosas.

Finalmente el no utilizar la infraestructura de la CNEL evita el pago del arrendamiento de la posteria lo que significa un ahorro sustancial frente a otras propuestas.

## **4.2. Recomendaciones.**

Si se requiere aumentar la cobertura del enlace es fácil cambiar la antena de la radio multipunto, lo que es una ventaja ya que no implica la instalación de software adicional o configuración extra.

Debido a que la gestión de los equipos permite la visualización de fallas en el extremo del cliente evita tener que trasladarse al sitio para solucionar inconvenientes que puede resolverse remotamente.

Los equipos Ubiquiti son compatibles entre diferentes modelos por lo que es posible realizar cambios en la infraestructura gradualmente si tener que cambiar todos los equipos en una sola vez.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Aldazoro, R. (2013). I.U.T.A.J.S Raymel Informatica : Medios físicos de transmisión de datos. Recuperado a partir de <http://raymel-analisis-de-sistema-uts.blogspot.com/2013/06/medios-fisicos-de-transmision-de-datos.html>

Andreu Gómez, J. (2010). Servicios en red. Madrid: Editex.

Carballar Falcón, J. A., & Carballar, J. A. (2010). Wi-fi: lo que se necesita conocer. San Fernando de Henares (Madrid): RC libros.

Castro Lechtaler, A. R., & Fusario, R. J. (1999). Teleinformática para ingenieros en sistemas de información. Barcelona: Reverté.

Conectores para fibra óptica. (2014). Recuperado el 21 de febrero de 2017, a partir de <http://www.fibraopticahoy.com/conectores-para-fibra-optica-un-poco-de-historia-2/>

Elección de un cable de fibra óptica | Blog Radiofrecuencia & Fibra Óptica. (2014). Recuperado el 18 de febrero de 2017, a partir de <http://www.radio-enlace.com/eleccion-de-un-cable-de-fibra-optica/>

Enlaces Inalámbricos Punto a Punto y Punto Multipunto. (2012). Recuperado el 19 de febrero de 2017, a partir de <http://www.mtm-telecom.com/index.php/2012-07-04-19-05-27/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto.html>

Espinosa de los Monteros, J., López Gómez, O., & García, S. (2012). Técnico en telecomunicaciones. Madrid: Cultural.

Fernández García, C., & Barbado Santana, J. A. (2012). Instalaciones de telefonía: prácticas: actualizado al Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones. Madrid: Paraninfo.

Fundamentos de las Fibras Ópticas | Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga. (2014). Recuperado a partir de <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>

Gallardo Vázquez, S. (2015). Elementos de sistemas de telecomunicaciones. Madrid: Paraninfo.

Gil Vázquez, P., Pomares Baeza, J., & Candelas Herias, F. A. (2010). Redes de transmisión de datos. Alicante: Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones.

Kuhlmann, F., & Choncheiro, A. A. (2013). Información y telecomunicaciones. Fondo de Cultura Económica.

Mantenimiento de conectores ópticos | c3comunicaciones.es. (2013). Recuperado el 21 de febrero de 2017, a partir de <http://www.c3comunicaciones.es/mantenimiento-de-conectores-opticos/>

Mdm, K. T. (2010). Dixland: DIX - The first LAN in the world. Recuperado a partir de <http://dixland.blogspot.com/2010/09/first-lan-in-world-was-original-version.html>

Multipar Telefonía Exterior - Autosuspendido | Cables Epuyen S.R.L. (2010). Recuperado el 18 de febrero de 2017, a partir de <http://epuyen.com.ar/es/producto/multipar-telefon%C3%AD-exterior-autosuspendido>

Radioenlace. (2015). Tipos de fibra OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OS1, OS2. Recuperado a partir de <http://www.radio-enlace.com/tipos-de-fibra-om1-om2-om3-om4-om5-os1-os2/>

Radiofrecuencia - EcuRed. (2017). Recuperado el 18 de febrero de 2017, a partir de [https://www.ecured.cu/Radiofrecuencia#Transmisi.C3.B3n\\_y\\_recepci.C3.B3n](https://www.ecured.cu/Radiofrecuencia#Transmisi.C3.B3n_y_recepci.C3.B3n)

Ramos, F. (2014). Antenas para radiodifusión | Radioenlaces. Recuperado el 19 de febrero de 2017, a partir de <http://www.radioenlaces.es/articulos/antenas-para-radiodifusion/>

Ranchal, J. (2016). La fibra óptica para telecomunicaciones cumple 50 años. Recuperado el 18 de febrero de 2017, a partir de <http://www.muycomputer.com/2016/07/18/fibra-optica-telecomunicaciones/>

Rodríguez, A. (2016). Cableado de fibra óptica para comunicaciones de datos. Recuperado el 19 de febrero de 2017, a partir de <http://www.fibraopticahoy.com/cableado-de-fibra-optica-para-comunicaciones-de-datos-1%C2%AA-parte/>

Serna Ruiz, A., Ros García, F. A., & Rico Noguera, J. C. (2010). Guía práctica de sensores. S.I.: Creaciones Copyright.

SERVICIO INSTALACIÓN REDES INALAMBRICAS - Bogotá Colombia. (2016). Recuperado el 19 de febrero de 2017, a partir de [http://www.solutekcolombia.com/servicios\\_tecnologicos/cableado\\_estructurado/redes\\_inalambricas.htm](http://www.solutekcolombia.com/servicios_tecnologicos/cableado_estructurado/redes_inalambricas.htm)

SMC Networks Europe. Networking Basics. Technology. Recuperado a partir de <http://www.slideshare.net/smceu/networking-basics-9423264>

Szymanczyk, I. O. (2013). Historia de las telecomunicaciones mundiales - Ing. Oscar Szymanczyk - Google Libros. Recuperado el 19 de febrero de 2017, a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=yjk0AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Tomasi, W. (2010). Sistemas de comunicaciones electrónicas. Pearson Educación.

Ubiquiti. (2010). PicoStationM2HP Datasheet - picom2hp\_DS.pdf.  
Recuperado el 19 de febrero de 2017, a partir de  
[https://dl.ubnt.com/datasheets/picostationm/picom2hp\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/picostationm/picom2hp_DS.pdf)

UTP - Categoría 5e - Interior | Cables Epuyen S.R.L. (2010).  
Recuperado el 18 de febrero de 2017, a partir de  
<http://epuyen.com.ar/es/producto/utp-categor%C3%AD-5e-interior>

WideLAN - Evolución Tecnológica. (2017). Recuperado el 19 de febrero  
de 2017, a partir de  
<http://www.periodicopanoramanayarita.com.mx/redesinalambricas.php>

# ANEXO 1

## FIBRA MONOMODO COMERCIAL



	RANGE (nm)	CUT-OFF WAVELENGTH (nm)	ATTENUATION (dB/km)	MODE FIELD DIAMETER (μm)	ZERO DISPERSION WAVELENGTH (nm)	ESTIMATED SPLICE LOSS (dB)	MAXIMUM DISPERSION (ps <sup>2</sup> /km; λ)	CORE DIAMETER (μm)	CORE-TO-CLAD OFFSET (μm)	PROOF STRENGTH (kpsal)	OUTSIDE DIAMETER (μm)	TOLERANCE (+/-, μm)	MAXIMUM CONTINUOUS LENGTH (km)
	1300-1550	—	0.5/ 0.7	8-10	—	0.2	—	8	1-2	50	125	3	2.5
AT&T	1310-1550	1170- 1330	0.35- 0.22	8.8 ±0.7	1310 ±10	0.03	3.2, 4.7 1285-1330	8.3	<1	≥50	125	±2	15
BICC	1330-1550	1175 ±75	0.4/ 0.2	50 ±5	1300- 1550	0.1	3.5; 1285-1330	8	<1	—	125	3	6.4
BIW Cable Systems Inc.	1300-1550	1130- 1270	0.7	10	1310 ±20	—	3.5; 1285-1300	8.7 ±1.3	1	50	250	15	5
Cabloptic S.A.	1275-1325	1200	0.5	10	1315	0.20	4	8	0.5	70	125	1	4.5
Celwave Systems Inc.	1285-1330 1525-1575	1130- 1270	0.4, 0.5, 0.6, 0.7	9-11	1300	<0.2	<3.5; 1285-1330	8.7	<1	50	250	15	12
Corning Glass Works *so max=0.091	1300	1130- 1270	<0.4 or <0.5	9-11	1301.5- 1321.5*	—	<3.5; 1285 2.6; 1330	8.7	<1	50	125	3	12.6
	1550	1130- 1270	<0.22 or <0.27	—	1550	—	2.5; 1525-1575	—	<1	50	125	3	12.6
Diaguide Inc.	1300	1240	1.0	—	1300	0.3-1	—	7.3	1	90	125	3	2.0
	850	750-800	3.0	—	—	—	—	6	1	90	125	3	2.0
	488	450	30	—	—	—	—	4	1	90	125	3	2.0
	630	600	10	—	—	—	—	6	1	90	125	3	2.0
EOTec Corp.	630	560-600	12.0	—	—	—	—	3.5	<1	50	125	±3	2.2
	850	760-820	3.0	—	—	—	—	5.0	<1	50	125	±3	2.2
	630	560-600	12.0	—	—	—	—	2.8	<1	50	80	±3	2.2
	850	760-820	3.0	—	—	—	—	3.8	<1	50	80	±3	2.2
	400	350-380	30.0	—	—	—	—	2.3	<1	50	80	±3	2.2
	500	450-480	20.0	—	—	—	—	3.0	<1	50	80	±3	2.2
	600	550-580	12.0	—	—	—	—	3.5	<1	50	80	±3	2.2
	630	560-600	12.0	—	—	—	—	3.5	<1	50	80	±3	2.2
	850	760-820	3.5	—	—	—	—	5.0	<1	50	80	±3	2.2
	850	760-820	3.5	—	—	—	—	5.0	<1	50	55x 110	±3	2.2
	500	450-480	20.0	—	—	—	—	3.0	<1	50	80	±3	2.2
	630	560-600	12.0	—	—	—	—	3.5	<1	50	80	±3	2.2
	850	760-820	3.0	—	—	—	—	5.0	<1	50	80	±3	2.2
Fibronics Ltd.	1300-1550	1200 ±70	0.5	10	1315 ±15	—	3.5; 1285-1330	—	—	50	125	—	2-3
Furukawa Electric America Inc.	1285-1330	1100- 1280	0.4	10±1	1310 ±20	<0.2	3.5; 1285-1330	9	0.5-1	50	125	3	10.0
GEC Optical Fibres Ltd.	1300	1100- 1250	0.4-1.1	5±0.5	1305	—	6; 1275-1325	8	1	50	250	15	12
ISPRA Fiber Optics Industries	1300	1200 ±70	0.45	9-11	1280- 1320	—	3.5; 1290-1330	9	>1	50	125-250	3, 15	2.2
ITT-Electro Optical Products	1300	1200 ±70	0.5-1	10±1	1310	0.15	<3.5; 1285-1330	10±1	—	50	125	3	5
Northern Telecom	1300-1550	1220 ±90	0.4- 0.7	10±1	1310 ±10	0.15	3; 1285-1330	8-10	1	50	125	3	6
Olex Cables	800-1600	1160	<0.6	10.2	1300	0.2	18	8	0.1	80	125	3	5
Optical Cable Corp.	1300	1130- 1270	0.5	9-11	—	—	3.5	8.7	1	—	125	3	6





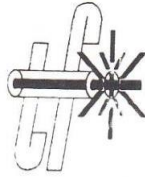
### FIBRA MONOMODO COMERCIAL

COMPANY	TRANSMISSION WAVELENGTH RANGE (nm)	CUT-OFF WAVELENGTH (nm)	ATTENUATION (dB/km)	MODE FIELD DIAMETER (μm)	ZERO DISPERSION WAVELENGTH (nm)	ESTIMATED SPICE LOSS (dB)	MAXIMUM DISPERSION (ps <sup>2</sup> /km; λ)	CORE DIAMETER (μm)	CORE-TO-CLAD OFFSET (μm)	PROOF STRENGTH (kpsi)	OUTSIDE DIAMETER (μm)	TOLERANCE (±, μm)	MAXIMUM CONTINUOUS LENGTH (km)
Pirelli Cable Corp.	1300	1130-1270	0.4-1	10	—	—	<3.5; 1285-1330	—	<1	50	125	3	6.4
Remeo Products	1300	1130-1270	0.5-0.9	9-11	—	—	3.5; 1285-1330	8.7	<1	50	125	3	5
Siecor Corp.	1300-1550	1130-1270	0.4-0.7	10	1310±10	0.05	<3.0; 1290-1330	8.7	<1	50	125	3	12
SpecTran Corp.	1300-1550	1200	0.5/0.3	10	1310	0.06	3.5; 1300	9	1	50-100	125	3	5.3
Standard Wire & Cable Co.	1300-1550	1100-1280	0.5	10±1	1300	0.01	1285-1330	10±1	±4	60	125	3	6
Sumitomo Electric Research Triangle	1300-1550	1100-1270/1100-1310	0.3-0.7/0.25-0.6	10	1310	0.07	<3.5; 1285-1330	9	<1	50	125	3	CF >6

CF = Consult Factory

### FIBRA MULTIMODO COMERCIAL

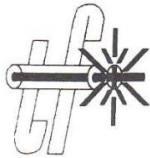
COMPANY	TRANSMISSION WAVELENGTH RANGE (nm)	ATTENUATION (dB/km)	NUMERICAL APERTURE	BANDWIDTH (MHz-km)	ESTIMATED SPICE LOSS (dB)	MAXIMUM DISPERSION (ps <sup>2</sup> /km; WAVELENGTH RANGE)	CORE DIAMETER (μm)	CORE NONCIRCULARITY (μm)	CORE-TO-CLAD OFFSET (μm)	PROOF STRENGTH (kpsi)	OUTSIDE DIAMETER (μm)	TOLERANCE (±, μm)	MAXIMUM CONTINUOUS LENGTH (km)
Acome	850-1300	3-1.2	0.2	200-750	0.2	<6; 1300	50±3	±3	<3	50	125	3	2.5
AT&T Technologies	825-1300	3.50-1.20	0.23	300-1100	0.2	300-1100; 825; 300-1100; 1300	50±6	—	—	50	125	2.5	—
BICC	850-900 1275-1325	1.3-0.7 3-2.4	0.20±0.015	1500-400	0.1-0.2	<6; 1300	50±3	<6%	<6%	0.5%	125-250	3	2.2
BIW Cable Systems Inc.	850-1300 850-1300	3.5-6 3.5-6	0.20-0.29 0.29	200-1000 100-500	—	—	50 100	—	—	70 100	125 400	15 15	2.1 2.1
Cabloptic S.A.	1200-1600	0.8	0.21	1000	0.15	—	50	1	0.8	70	125	1	4.5
Celwave Systems	820-870 1285-1330	2.4-3	0.20	400-1300	0.25	—	50	2.5	<3	50	250	15	2.2
Cordons et Equipements	850-1300	0.5-6	0.2-0.4	10-1200	0.15	<6; 1300	50,85, 100,200	±3	—	45,57	250,500, 600	15, 30	2.5
Corning Glass Works	850λ 1300	2.8-3.0 0.7-1.0	0.260 ±0.015	100-200 200-600	—	—	85±3 85±3	—	<3 <3	50-100 50-100	125 125	±3 ±3	2.2 2.2
	850λ 1300	2.4-3 0.6-1	0.20±0.015 0.20±0.015	600-1300 600-1500	—	—	50±3 50±3	<6% <6%	<3 <3	50-100 50-100	125 125	±3 ±3	2.2 2.2
	850λ 1300	2.4-2.7 0.8-1.2	0.20±0.015 0.20±0.015	400-600 400-600	—	—	50±3 50±3	<6% <6%	<3 <3	50-100 50-100	125 125	±3 ±3	2.2 2.2
	850λ 1300	4-5 3-4	0.29±0.015 0.29±0.015	100-300 100-300	—	—	100±4 100±4	—	—	50-100 50-100	140 140	±6 ±6	2.2 2.2
	850λ 1300	3.0-3.2 0.7-0.9	0.275±0.015 0.275±0.015	160-200 160-200	—	—	62.5±3 62.5±3	<6% <6%	<3 <3	50-100 50-100	125 125	±3 ±3	2.2 2.2
Diaguide, Inc.	850 850	3 3	0.2 0.2	25 25	0.1-0.3 0.1-0.3	—	50±3 60±3	1.5 1.8	1 1.2	—	125 150	3 3	10 8
	850 850	5 10	0.2 0.2	25 20	0.4-0.3 0.4-0.3	—	100±10 200±10	3 6	2 6	—	150 250	3 12	2.8 2
	850 850	10 10	0.2 0.2	20 20	0.4-0.3 0.1-0.3	—	400±20 600±30	12 18	12 18	—	500 750	25 38	0.5 0.22



Departamento de  
Tecnología Fotónica

### FIBRA MULTIMODO COMERCIAL

	TRANSMISSION WAVELENGTH RANGE (nm)	ATTENUATION (dB/km)	NUMERICAL APERTURE	BANDWIDTH (MHz-km)	ESTIMATED SPLICE LOSS (dB)	MAXIMUM DISPERSION (ps/cm; WAVELENGTH RANGE)	CORE DIAMETER (μm)	CORE NONCIRCULARITY (μm)	CORE-TO-CLAD OFFSET (μm)	PROOF STRENGTH (kpsi)	OUTSIDE DIAMETER (μm)	TOLERANCE (±μm)	MAXIMUM CONTINUOUS LENGTH (km)
Northern Telecom	840-1300	2.5-4	0.20	>500	0.15	1	50	±3	3	50	125	3	3
Olex Cables	800-1600	<1	0.20±0.02	>800	0.2, 0.4	500/1300	50	0.8	0.6	80	125	3	2.5
Optical Cable Corp.	850-1300	2.5-4/1-2	0.2	200-800/200-3000	-	-	50	-	-	-	125	-	2
	850-1300	3.5-5/1.75-2.5	0.29	100-400/100-500	-	-	62.5	-	-	-	125	-	2
	850-1300	3.5-5/1.75-2.5	0.29	100-400/100-500	-	-	100	-	-	-	140	-	2
	850	7	-	17	-	-	200	-	-	-	230	-	2
Pirelli Cable Corp.	850-1300	3-5/1-2	0.20	200-1000	-	-	50	>0.95	<3	50 or 100	125	3	2.2
Poly-Optical Products	450-850	900-1500	0.53-0.58	-	-	-	68-6350	-	-	-	75-6500	±10%	>100k (ft.)
Raycom Systems	670-820	6	0.35	20	0.2	-	200	-	-	200	230	-	2
Remeo Products	800-1300	1-6	0.2-0.4	1200	-	-	50-200	-	-	100	250/500	-	2.2
Scholly FiberOptic	380-1800	20-105/400-900	0.1-0.5	-	0.30-0.4	-	20-100, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000	-	-	50-200	50-1000	±5%	15
Schott Glaswerke	500-700	<20	0.1-0.27	-	-	-	50-700	-	-	75-200	125-1000	±25	2
	500-700	<20	0.1-0.14	-	-	-	2-6	-	-	75-200	125-1000	±25	2
Secor Corp.	850-1300	2.7-4.0/0.8-3.0	0.2	100-1000/100-1300	0.3	-	50±3	-	<3	50	125	±3	2
	805-1300	3.5-5.0/1.5-2.0	0.275, 0.29	100-300/100-500	0.25	-	62.5±3	-	<3	50	125	±3	2
	850-1300	3.2-5.0/1.0-3.5	0.26	100-200/100-800	0.25	-	85±3	-	<3	50	125	±3	2
	850	4.5-6.0/3.5-5.0	0.29	100-300/100-500	0.2	-	100±4	-	<3	50	140	±3	2
SpecTran Corp.	180-1000	<10	0.24±0.02	20	-	-	105, 200, 320	4%	3	50 or 100	125, 140, 200	3	2.2
	850-1300	<5	0.29±0.02	100-1500	-	2.5, 1300	62.5, 100, 125	4%	3	50 or 100	125, 240, 385	5	2.2
Standard Wire & Cable Co.	850-1300	2.4-3.4	0.20-0.24	200	0.25	800-1100	50±3	±1	±3	60	125	±3	6
Sumitomo Electric Research Triangle	850-1300	1.0-5.0/1.0-3.5	0.23, 0.20	300-1100	0.2	300-600, 300-1100	50±6, 50±3	<6%	<6%	50	125	2.5, 3	2.1
	1300	0.9-2.0	0.29	300-600	-	-	62.5	<6%	<6%	50	125	3	2.1
	U.I. Lapp KG	800-900	8.0-10	0.4	10	-	200	±8	380	45	600	±48	2.5



Departamento de  
Tecnología Fotónica

### CABLE DE FIBRA OPTICA COMERCIAL

COMPANY	NO. OF FIBERS	SINGLE-MODE	MULTIMODE	PULL STRENGTH (Newtons)	STRENGTH MEMBER MATERIAL	SHEATH MATERIAL	LOOSE	TIGHT	BOTH	CABLE DIA.	TELECOM	MILITARY	DATA/COM	INDUSTRIAL	PRICE (\$/km)
EOTec (cont.)	2	—	•	1068	Kevlar	Fluoropolymer	—	•	—	3.3x 6.7mm	—	—	•	•	CF
	3	—	•	2225	Kevlar	Neoprene	—	•	—	18.2mm	—	—	•	•	CF
	1	—	•	1113	Kevlar	PVC	—	•	—	3.0mm	—	—	•	•	CF
	2	—	•	2225	Kevlar	PVC	—	•	—	3.0x 6.7mm	—	—	•	•	CF
	2	—	•	2225	Kevlar	PVC	—	•	—	4.0x 7.0mm	—	—	•	•	CF
Fibronics Ltd.	2	—	•	1000	Kevlar	PVR	—	•	—	—	—	•	—	—	CF
	Up to 24	•	•	1500	Steel/Glass	PVC	•	—	—	—	—	—	D	D	CF
	1, 2	—	•	500	Kevlar	PVC	•	—	—	—	—	—	—	—	CF
	Up to 12 2 or 4	—	•	1500 1000	Kevlar Kevlar	PVC Halar	—	•	—	4.8mm	—	—	D P	D —	CF
Filotex	1	—	—	500	Glass	ETFE/ PFA	—	•	—	1.8mm max	—	•	—	•	CF
	1	—	—	400	Glass	Polyimide	—	•	—	1.60mm max	—	•	—	•	CF
Focom Systems	2-8	—	—	—	Kevlar	Polytene	—	—	—	8mm	•	•	•	•	\$150
Furukawa Electric America	4-96	•	•	3000 max.	Steel/ FRP	ALST/ PE	—	•	—	10-20 mm	DB, D,P	—	—	—	CF
Huber & Suhner	1-20	—	•	Approx. 200 per fiber	Kevlar	PVC/ PE/PU	—	—	•	Various	—	—	—	•	CF
ITT	4-72	•	•	2700	Steel/ Fiberglass	PE	•	—	—	0.35-0.79"	DB, D,O	—	DB, D,O	DB, D,O	CF
	1-18	•	•	1700	Steel	PE	*	—	—	0.37-0.54"	D	D	D	D	CF
	18-48	•	•	2700	Steel, Fiberglass	PE	*	—	—	0.5"-0.7"	DB, D,O	—	—	—	CF
	2-4	—	•	1800	Kevlar	PU	—	•	—	0.2-0.3"	—	D	—	—	CF
	2	—	•	600	—	PU	—	•	—	0.24 x 0.12"	—	—	D	—	CF
	1	•	•	300	Kevlar	PU	—	•	—	0.12"	—	—	D	—	CF
NKT (US) (underwater)	4-48	•	•	400,000	Steel	PE/ Lead/PE	•	—	—	110mm	•	•	•	•	CF
Northern Telecom	96	•	•	2700	Steel, Fiberglass	Steel/poly	—	—	—	13-22	DB, D,O	DB, D,O	DB, D,O	DB, D,O	CF
Olex Cables	1-60	•	•	300-2500	FRP	PE/PVC/ Nylon	—	•	—	3-25mm	DB, D	O, DB	DB, D,O	DB, D,O	CF
Optectron	1-2	—	•	0.5	—	—	—	—	—	2.2&2	•	•	•	•	\$450
Optical Cable Corp.	1 or 2	•	•	300	Aramid	PVC	—	—	—	3mm	D, P	—	D, P	D, P	CF
	2-60	•	•	2000	Aramid	PVC	—	—	—	—	DB, D, O	DB, D, O	DB, D, O	DB, D, O	CF
	2-24	•	•	1500	Glass/ Epoxy	PE	•	—	—	7.5-14mm	P	—	P	—	CF
	2-24	•	•	1500	Glass/ Epoxy	PE	•	—	—	7.5-14mm	DB, D	—	DB, D	—	CF
Opticore Products -Olin Brass	1-60	•	•	220-5000	Copper alloy	Copper alloy	—	—	•	0.6mm-5.0mm	DB, D,O	•	—	DB, D,O	CF
Phalo/DCC	1-48	•	•	>400 lbs.	LCP	PE/PVC/ TFE	—	•	—	Various	•	•	•	•	\$50-\$75/mft
Phillips Cable Ltd.	4-80	•	•	50 x OD	Dielectric Stainless Steel	PE	•	—	—	12mm-35mm	DB, D, O	—	—	DB, D, O	CF
Phillips Kommunikations	Various	•	•	2500	Glass fiber/ Kevlar	PE	•	—	—	12-20mm	D	DB, D	D	D, O	CF
Pirelli Cable	1	•	•	500	Kevlar	PVC/ PU	—	—	•	3mm	—	—	O, D	O, D	CF
	2	•	•	1000	Kevlar	PVC/ PU	—	—	•	3mm x 6.3mm	—	—	D, O	D, O	CF
	1-5	•	•	345	Kevlar	Fluoro- polymer	—	•	—	2.5-7.8mm	P	P	P	P	CF
	4-180	•	•	2700	Steel/ Kevlar	PE	—	—	•	8mm-20mm	DB, D, O	DB, D, O	DB, D, O	DB, D, O	CF
Raycom Systems	1	—	•	600	Kevlar	PVC	•	—	—	3mm	—	•	•	•	\$14

## ANEXO 2

### Specifications

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory/Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	Yes

Physical/Electrical/Environmental	
Dimensions	136 x 20 x 39 mm
Weight	0.1 kg
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Wall or Pole Mounting Kit (Included)
Antenna Connector	External RP-SMA
Antenna USA EU	(1) External, 5 dBi Omni Antenna (Included) (1) External, 2 dBi Omni Antenna (Included)
Operating Frequency	2412-2462 MHz
Range Indoor Outdoor	Up to 200 m Up to 500 m
Max. Power Consumption	8 W
Power Supply (PoE)	15V, 0.8A Power Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-20 to 70° C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4

Output Power: 28 dBm							
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance		Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11bg	1-24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	11bg	1-24 Mbps	-97 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	27 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	26 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/aiMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	aiMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	24 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
MCS7	23 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB		

All specifications in this document are subject to change without notice.  
 © 2010-2013 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved.



www.ubnt.com

J.052413

NanoStation locoM2/M5	
Dimensions	163 x 31 x 80 mm (6.42 x 1.22 x 3.15")
Weight	0.18 kg (6.35 oz)
Operating Frequency locoM2 locoM5	2412 - 2462 MHz Worldwide: 5170 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Gain locoM2 locoM5	8 dBi 13 dBi
Max. Power Consumption	5.5W
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Mounting	Pole-Mounting Kit Included
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing

locoM2 Operating Frequency (MHz)	
locoM2	2412 - 2462

locoM5 Operating Frequency (MHz)				
Worldwide	5150 - 5875			
USA	U-NII-1	U-NII-2A	U-NII-2C	U-NII-3
	5150 - 5250	5250 - 5350	5470 - 5725	5725 - 5850
IC	5470 - 5600, 5650 - 5725, 5725 - 5850			

## 5 GHz Models



Model	Frequency	Gain	Radome*
RD-5G30	5 GHz	30 dBi	RAD-RD2

The 5 GHz frequency band is free to use, worldwide, offers plentiful spectrum, and works well for long-distance links. However, 5 GHz signals have more difficulty passing through obstacles than lower-frequency signals.



Model	Frequency	Gain	Radome*
RD-5G30-LW	5 GHz	30 dBi	ISO-BEAM-620

The RD-5G30-LW features the same gain as the RD-5G30 and adds the following advantages:

- Lightweight yet robust components lessen the load.
- The extended depth of the dish reflector rejects noise interference in co-location deployments.
- The design of the mounting bracket allows for ease of installation on a pole or tower.



Model	Frequency	Gain	Radome*
RD-5G34	5 GHz	34 dBi	RAD-RD3

The RD-5G34 offers 34 dBi of gain in a 1050-mm diameter size.

\* A radome is available as an optional accessory.

## Specifications

Antenna Characteristics					
Model	RD-2G24	RD-3G26	RD-5G30	RD-5G30-LW	RD-5G34
Dimensions*	650 x 650 x 295 mm (25.6 x 25.6 x 11.61")	650 x 650 x 300 mm (25.6 x 25.6 x 11.81")	650 x 650 x 304 mm (25.6 x 25.6 x 11.97")	650 x 650 x 386 mm (25.6 x 25.6 x 15.2")	1050 x 1050 x 421 mm (41.34 x 41.34 x 16.57")
Weight**	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	7.4 kg (16.31 lb)	13.5 kg (29.76 lb)
Frequency Range	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz	5.1 - 5.8 GHz	5.1 - 5.9 GHz	5.1 - 5.8 GHz
Gain	24 dBi	26 dBi	30 dBi	30 dBi	34 dBi
HPOL Beamwidth	6.6° (3 dB)	7° (3 dB)	5° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
VPOL Beamwidth	6.8° (3 dB)	7° (3 dB)	5° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
F/B Ratio	28 dB	33 dB	34 dB	30 dB	42 dB
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1	1.4:1	1.6:1	1.4:1
Wind Loading	787 N @ 200 km/h (177 lbf @ 125 mph)			790 N @ 200 km/h (178 lbf @ 125 mph)	1,779 N @ 200 km/h (400 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
Polarization	Dual-Linear				
Cross-pol Isolation	35 dB Min.				
ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
Mounting	Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Connectors Included				

\* Dimensions exclude pole mount and Rocket (Rocket sold separately)

\*\* Weight includes pole mount and excludes Rocket (Rocket sold separately)

**ELECTRO COMERCIAL MEJIA**  
 HOYOS MEJIA PAULINA ALEXANDRA  
 AV.RODRIGO DE CHAVEZ Oe2-157(661)  
 QUITO-ECUADOR  
 TELEFAX 2613 838 / 2613 014 / 2614 692  
 ventas-villaflora@grupocmejia.com

PAG. 1  
 01/31/2017  
 09:15:39

R.U.C. 1713169165001

**PROFORMA No. 048942**

<b>Cliente :</b> SR. LEONARDO CARRILLO		- 1C000	<b>Fecha :</b> ENERO 31 DEL 2017		
<b>Dirección :</b>			<b>Forma de Pago :</b>		
<b>R.U.C. :</b>		<b>Validez :</b> 8 DIAS	<b>Teléfono :</b>		
<b>Atención a :</b>			<b>Vendedor :</b> ELVIS URRESTO		
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	% DES	VALOR TOTAL
0 BEACI-0314	BEAUC.CAJAS C/CHAPA 40x30x20 PESADO IP-64 PARA ENTREGA INMEDIATA	5.00	35.750	10	178.75
<b>SON: CIENTO OCHENTA Y TRES 39/100 DOLARES.</b>			SUBTOTAL		178.75
			DESCTO.		17.88
ELABORADO	VTO.BNO.	CLIENTE	SUBTOTAL		160.87
			TARIFA 14%		160.87
			I.V.A. 14%		22.52
ELVIS			TOTAL		183.39



Cantidad	Item	Descripcion	P. Unitario	Total
2	ROCKETM5-AC	AP UBIQUITI ROCKET 5GHZ , 27 dbm	\$245.28	\$490.56
2	RD5G34-LW	ANTENA UBIQUITI 5GHZ SOLIDA 34DBI ISO BEAM 620	\$229.65	\$459.30
1	RD5G34	RocketDish, 34 DBi, rocket Kit	\$351.55	\$351.55
1	AM-5G19	5Ghz AirMax BaseStation, 19dbi, 120 deg, rocket Kit	\$342.72	\$342.72
12	MASTIL-NO-GYE	Mástiles de 2" por metro	\$55.00	\$660.00
20	NanoStation M5	Nano Station 5 MIMO CPE, AIR Max	\$149.18	\$2,983.54
23	MATS-CBLVOZDATO	Punto para radioenlace	\$120.00	\$2,760.00
1.00	INST-UBNT-1-EXT	Instalación de Radios Rockets con antenas de exterior Enlaces de hasta 20 Kmts por equipo, no incluye materiales, fuera del Perímetro Urbano	\$409.50	\$409.50
20.00	INST-UBQT	Instalacion Ubiquiti	\$150.00	\$3,000.00
			<b>SubTotal:</b>	<b>\$11,457.17</b>
			<b>IVA:</b>	<b>\$1,604.00</b>
			<b>Total:</b>	<b>\$13,061.17</b>

Validez de la Oferta:  
26/09/2016

Forma de Pago:  
Prepago

Forma de pago: 100% previo a la entrega de servicios o productos en inventario.  
70% de anticipo inicial, saldo contra entrega de los productos que no están en inventario.  
Considerar los impuestos vigentes al momento de la facturación.  
Precios pueden variar sin previo aviso.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, CARRILLO IBARRA LEONARDO ROBERTO con C.C: # 091941021-7 autor/a del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema de radio enlace en la generación de servicio de internet fijo al recinto Carrizal desde la Ciudad de Milagro** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de marzo de 2017

f. \_\_\_\_\_  
Nombre: CARRILLO IBARRA LEONARDO ROBERTO  
C.C: 0919410217

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño de un sistema de radio enlace en la generación de servicio de internet fijo al recinto Carrizal desde la Ciudad de Milagro.		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	CARRILLO IBARRA LEONARDO ROBERTO		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	PALACIOS MELÉNDEZ EDWIN FERNANDO		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	9 de marzo de 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	105
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Comunicaciones inalámbricas y Sistemas de transmisión		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Atenuación, Radio enlace, Ruido, Transmisión de datos, Antenas, Banda ancha.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):	<p>El mundo actual se caracteriza por una marcada evolución en los campos de la ciencia y de la tecnología de los cuales se derivan los medios de comunicación o la informática llamada también (redes) son los principales motores que dinamizan la nueva sociedad global entrelazada en todas las dimensiones; sin embargo, a pesar de sus múltiples ventajas existe una marcada carencia de este servicio en poblaciones urbano marginales o rurales, motivo por el cual surge el presente trabajo investigativo, por cuanto en pleno siglo XXI las empresas dedicadas a proveer de internet a toda la región ecuatoriana, no llegan con su cobertura a sitios donde sencillamente no les resulta un buen negocio. De ahí que a través de un estudio descriptivo, analítico y técnico se pone sobre el tapete la realidad de este fenómeno. El uso de técnicas y métodos de investigación permite en este trabajo señalar que no sólo se toma como referencia que alrededor de 400 habitantes se les priva del derecho constitucional del acceso a los medios de comunicación y de la información, sino que en la racionalización de los factores que no salen a la luz pública equivale a menoscabar el desarrollo de la población en el aspecto cultural, social, educativo, entre otros, al que todos tienen derecho. Finalmente, se canaliza la implementación de un sistema de datos transmitidos por radioenlace en la que por analogía dos antenas envían ondas electromagnéticas desde el punto A hasta el punto B.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 959635746	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:leonardo.carrillo1986@gmail.com">leonardo.carrillo1986@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b> <b>COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> 0968366762		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		

### SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

<b>Nº. DE REGISTRO</b> (en base a datos):	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL</b> (tesis en la web):	