



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Electrotecnia y Computación**

**Diseño de red LAN y radio enlace por microondas para acceso a internet en  
la escuela de la comunidad El coyolito del departamento de Estelí.**

**Autor:**

**Br. David Josué Gaitán Rugama**

**Carnet: 2007-21426**

**Tutor:**

**Ing. Enrique Hernández García**

Managua, Nicaragua  
Septiembre de 2014



## **DEDICATORIA**

Primero a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme acompañado durante mis estudios, dándome inteligencia y salud. Y por darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos.

A mi madre por darme la mejor educación en la vida y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A todos los maestros que me formaron durante mi carrera, por tener la disponibilidad de transmitirme los conocimientos obtenidos y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje, así como los que me han apoyado y motivado para la culminación de mis estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo.

A todas aquellas personas que sin mencionar valoro especialmente por su decisivo apoyo en este arduo y satisfactorio trabajo.

## **RESUMEN**

Llevar Internet a las zonas rurales puede parecer una misión no factible, imposible o incluso una tarea poco rentable. Sin embargo en aquellos lugares donde el aislamiento es una barrera para el desarrollo educativo, puede convertirse en un factor de desarrollo.

El presente trabajo toma la situación particular de la sala de informática de la escuela ubicada en la comunidad "El Coyolito- Mirafior" para diseñar un sistema de radioenlace que permita a la sala de computación tener conectividad a internet, esto con fines educativos.

Para contribuir al desarrollo de una estrategia que supla la necesidad de acceso a internet en esta comunidad se plantea diseñar un sistema de acceso a internet por microondas, así como el sistema de red que interconecte las computadoras del laboratorio para finalmente estimar cuáles serán los costos de inversión de este proyecto.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	6
<b>OBJETIVOS</b>	7
<b>JUSTIFICACION</b>	8
<b>CAPITULO I: SISTEMA DE COMUNICACIONES POR MICROONDAS</b>	10
1.1 Redes inalámbricas en microondas	10
1.2 Radioenlace en microondas	12
1.3 Aspectos técnicos- Cálculo de radioenlace	14
<b>CAPITULO II: SISTEMA DE RADIOENLACE Y RED DE ÁREA LOCAL</b>	19
2.1 Diseño y cálculo del radioenlace	22
2.2 Diseño y configuración de la red LAN	51
<b>CAPITULO III: VALORES REFERENCIALES DE INVERSIÓN DEL PROYECTO</b>	59
3.1 Costo de equipos de radio y red LAN	59
3.2Otras especificaciones	62
<b>CONCLUSIONES</b>	63
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	64
<b>ANEXOS</b>	

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de microondas terrestres han brindado solución a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente. Estos sistemas siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes que interconectan sectores a los cuales la fibra óptica y otros medios no llegan, principalmente en las áreas rurales.

Las estaciones de microondas terrestres consisten en un par de antenas con línea de vista conectadas a un radio transmisor que irradian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz<sup>1</sup> a 50 GHz, los cuales son capaces de conectar dos localidades de hasta 24 kilómetros de distancia una de la otra.

Este proyecto presenta como capítulo I el título sistema de comunicaciones por microondas, el cual describe la banda de frecuencia microondas y su utilización para desarrollar un radioenlace, radioenlace por microondas y los aspectos técnicos y cálculo de un radioenlace.

El capítulo II a su vez presenta el análisis de la radio-propagación para la comunidad, para ello se presenta mediante la herramienta computacional Pathloss 5.0, el diseño del radioenlace que permite tener el mejor escenario de cobertura en el sitio. En este capítulo se presenta también el diseño de la red LAN<sup>2</sup> para el laboratorio de computación de la escuela tomando como referencia algunas normas y estándares de diseño como IEEE<sup>3</sup> 802.11, que definen las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos.

Finalmente el capítulo III presenta los valores referenciales de inversión del proyecto, tomando como referencia el costo de los equipos a utilizar y los requerimientos de regulación legal para la realización de la ruta.

Este documento es el resultado del diseño establecido para suplir con la necesidad de la comunidad, permitiendo así definir las líneas para una futura inversión en la comunidad.

---

<sup>1</sup> Gigahertz.

<sup>2</sup> Local Area Network/Red de area local.

<sup>3</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers/Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Diseñar la red LAN y el sistema por microondas que permita el acceso a internet para fines educativos, en la sala de computación de la escuela ubicada en la comunidad El Coyolito del Departamento de Estelí.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un análisis de la radio-propagación para la Comunidad El coyolito.
- Diseñar mediante la herramienta computacional Pathloss 5.0, el radioenlace que permita tener el mejor escenario de cobertura en el sitio objeto de estudio.
- Diseñar la red LAN para el laboratorio de computación de la escuela en la Comunidad El Coyolito del Departamento de Estelí.
- Presentar el Estudio financiero del proyecto.

## JUSTIFICACIÓN

La comunidad El Coyolito está situada a 17 kilómetros de la ciudad de Estelí, a una altura máxima de 1.100 metros sobre el nivel del mar, en esta se encuentra ubicada la escuela El Coyolito la cual ofrece los servicios de educación primaria y secundaria para los estudiantes de ese sector.

En la actualidad esta escuela cuenta con una sala de informática en donde docentes brindan clases de computación a los estudiantes de secundaria de este centro educativo. En dicha sala de informática se cuenta con tres computadoras de escritorio las cuales fueron donadas a la escuela por un matrimonio extranjero para que sean aprovechadas como herramientas educativas para docentes y estudiantes.

Sin embargo, por ser una comunidad rural, se está limitando el uso de esta sala y el aprovechamiento de herramientas básicas como lo son el acceso a la red global, ya que estos sistemas todavía no existen en la región y por lo tanto no se puede hacer uso de las tecnologías de información y comunicación en el proceso educativo. Debido a esta problemática existen pocas herramientas didácticas para los docentes y deben limitar sus enseñanzas. Un ejemplo de ello es que los docentes no pueden dejar investigaciones para que el estudiante amplíe sus conocimientos porque no se cuenta con una biblioteca o un lugar donde puedan realizarlas, limitándose así su nivel de educación ya que para educar se necesita contar con herramientas que te lo permitan.

Otro gran problema es la dificultad de comunicarse rápidamente con los habitantes de esta comunidad, ya que la señal de las empresas de servicio telefónico existen en pocos puntos y para poder comunicarse como todos sabemos se necesita tener saldo vigente y los lugares en donde se venden recargas electrónicas son muy escasos, situación que contando con acceso a internet se podría solucionar, brindando una solución rápida sobre todo en momentos de emergencia.

En esta comunidad hace aproximadamente cuatro años se logró llevar energía eléctrica, por tanto sería importante aprovechar este recurso para brindar a los pobladores mayores facilidades como es contar con acceso a internet. Este recurso sería de gran utilidad ya que el tiempo y el esfuerzo ahorrado gracias a tener acceso a la red global de información, se traduce en bienestar a escala local, porque se puede hacer más trabajo en menos tiempo y con menos esfuerzo.

Con esto, no sólo se logrará que el estudiante se familiarice con lo que hoy en día es una necesidad: el uso de internet, sino que también les serviría de mucho para obtener conocimientos a través de investigaciones en la red global.

Por otro lado, si por no contar con la infraestructura necesaria, grandes segmentos de población permanecen excluidos de los beneficios a los que puede acceder la sociedad informatizada, la situación puede tornarse peligrosa, sobre todo si como reconoce la ONU<sup>4</sup> : a medida que avanzan la tecnología y las comunicaciones, disminuyen las oportunidades de crecer de quienes no tienen acceso a ellas... dos de las grandes promesas para favorecer el desarrollo – Internet y globalización- están por el momento consiguiendo el efecto contrario al agravar la brecha (EDUCYT, 1999, párrafo 14).[13]

Por esto, con el fin de contribuir y elevar los niveles de educación en la escuela El Coyolito, es necesario buscar alternativas de diseño de este sistema, el cual se basa en el desarrollo de tecnologías para el beneficio de la sociedad.

De manera general para lograr un mayor aprovechamiento de esta sala de computación, es necesario ampliar sus utilidades mediante el uso de tecnologías que permitan mejorar las condiciones de vida de la comunidad.

Los resultados de este trabajo servirán como base una vez que organismos tales como UCA-Miraflor u otros que apoyan al desarrollo de esta comunidad deseen implementar este diseño para beneficio de este sector de la población.

---

<sup>4</sup> Organización de las Naciones Unidas

## CAPITULO I

### SISTEMA DE COMUNICACIONES POR MICROONDAS

#### 1.1 Redes inalámbricas en microondas

Se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas según el estándar IEEE 100 en un rango de frecuencias entre 1 GHz y 300 GHz, es decir, longitudes de onda de entre 30 centímetros a 1 milímetro. El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia, concretamente en las de UHF<sup>5</sup> que va desde 0,3-3 GHz, SHF<sup>6</sup> de 3-30 GHz y EHF<sup>7</sup> que comprende desde los 30-300 GHz.

En telecomunicaciones, las microondas son usadas en radiodifusión, ya que estas pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras longitudes de onda mayores. También hay más ancho de banda en el espectro de microondas que en el resto del espectro de radio.

La televisión por cable, algunas redes de telefonía celular y el acceso a Internet vía cable coaxial usan algunas de las más bajas frecuencias de microondas.

Banda	Rango de frecuencia	Origen del nombre,
Banda I	hasta 0,2 GHz	
Banda G	0,2 a 0,25 GHz	
Banda P	0,25 a 0,5 GHz	Previous, dado que los primeros radares del Reino Unido utilizaron esta banda, pero luego pasaron a frecuencias más altas
Banda L	0,5 a 1,5 GHz	Long wave (Onda larga)
Banda S	2 a 4 GHz	Short wave (Onda corta)
Banda C	4 a 8 GHz	Compromiso entre S y X
Banda X	8 a 12 GHz	Usada en la II Guerra Mundial por los sistemas de control de fuego, X de cruz (como la cruz de la retícula de

<sup>5</sup> Ultra high frequency - frecuencia ultra alta

<sup>6</sup> Super high frequency - frecuencia súper alta

<sup>7</sup> Extremely-high frequency - frecuencia extremadamente alta

		puntería)
Banda Ku	12 a 18 GHz	Kurz-untten (bajo la corta)
Banda K	18 a 26 GHz	Alemán Kurz (corta)
Banda Ka	26 a 40 GHz	Kurz-above (sobre la corta)
Banda V	40 a 75 GHz	Very high frequency (Muy alta frecuencia)
Banda W	75 a 111 GHz	W hiper frecuencia

Tabla1-1-1: Bandas de frecuencia Microondas Estados Unidos

Banda	Rango de frecuencia
Banda A	hasta 0,25 GHz
Banda B	0,25 a 0,5 GHz
Banda C	0,5 a 1 GHz
Banda D	1 a 2 GHz
Banda E	2 a 3 GHz
Banda F	3 a 4 GHz
Banda G	4 a 6 GHz
Banda H	6 a 8 GHz
Banda I	8 a 10 GHz
Banda J	10 a 20 GHz
Banda K	20 a 40 GHz
Banda L	40 a 60 GHz

Tabla 1-1-2: Bandas de frecuencia microondas UE, OTAN

## Radioenlaces

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina radioenlace fijo y si algún terminal es móvil, se lo denomina radioenlace móvil.

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la transmisión y

otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal.

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

### **Redes fijas**

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

### **Redes móviles**

En este tipo de red, existen tecnologías basadas en HomeRF<sup>8</sup>; Bluetooth<sup>9</sup>, ZigBee<sup>10</sup> y RFID<sup>11</sup>. El alcance típico de este tipo de redes es de unos cuantos metros, alrededor de los 10 metros máximo. La finalidad de estas redes es comunicar cualquier dispositivo personal (ordenador, terminal móvil, PDA, etc.) con sus periféricos, así como permitir una comunicación directa a corta distancia entre estos dispositivos.

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, los infrarrojos, entre otros.

## **1.2 Radioenlace en microondas**

Un radioenlace terrestre o microondas terrestre provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en LOS<sup>12</sup> usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz.

---

<sup>8</sup> Estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central.

<sup>9</sup> Protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1

<sup>10</sup> Basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo.

<sup>11</sup> Sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos.

<sup>12</sup> Line of Sight- Línea de vista.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 25 kilómetros de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 GHz puede transmitir a distancias entre 30 y 50 kilómetros.

### **Estructura general de un radioenlace por microondas**

Un radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. Las antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos.

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de potencia dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

### **Consideraciones en un radioenlace**

El clima y el terreno son los mayores factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas. En resumen, en un radioenlace se dan pérdidas por:

- Espacio libre
- Difracción
- Reflexión
- Refracción
- Absorción
- Desvanecimientos
- Desajustes de ángulos
- Lluvias
- Gases y vapores
- Difracción por zonas de Fresnel (atenuación por obstáculo)
- Desvanecimiento por múltiple trayectoria (formación de ductos)

## Aplicaciones

El uso principal de este tipo de transmisión se da en las telecomunicaciones de largas distancias, algunas de las aplicaciones de las microondas terrestres son para la transmisión de televisión y voz, para enlazar edificios diferentes, donde la instalación de cable conllevaría problemas o sería más costosa.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos).
- Datos, incluyendo WiMAX.
- Telégrafo/Telex/Facsímile.
- Canales de Televisión.
- Video.
- Telefonía celular (entre troncales).
- Transmisión de televisión y voz.

Ventajas de los enlaces microondas:

- Más baratos
- Instalación más rápida y sencilla.
- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- Puede superarse las irregularidades del terreno.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

Desventajas de los enlaces microondas:

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces (necesita visibilidad directa)
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer.
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerida, supone un importante problema en diseño.

### 1.3 Aspectos técnicos- Cálculo de radioenlace

#### Información general

El Cálculo de radioenlace es una utilidad para calcular el desempeño esperado del enlace inalámbrico y las posibles configuraciones para un alcance de enlace específico.

Para poder realizar los cálculos se requiere conocer los siguientes parámetros básicos en un radioenlace, algunos de ellos están en función de las características del producto utilizado:

- Banda, que determina la frecuencia y regulación.
- Ancho de banda del canal.
- Potencia de transmisión (se valida la potencia máxima de transmisión por modulación).
- Tipo de antena.
- Ganancia de la antena por sitio.
- Pérdidas del cable por sitio.
- Margen de desvanecimiento requerido.
- Velocidad.
- Tipo de servicio.
- Alcance requerido

Para cada producto se debe conocer los siguientes datos, requeridos para los cálculos de radioenlace:

- Potencia máxima de transmisión (por modulación).
- Sensibilidad del receptor (por modulación) para el servicio Ethernet y para los servicios TDM<sup>13</sup> con diversos BER.
- Potencia de entrada lineal máxima (utilizada para calcular la distancia mínima).
- Ganancia de la antena y pérdidas del cable para una ODU<sup>14</sup> con antena integrada.
- Anchos de banda de canal disponibles

## Cálculos

EIRP<sup>15</sup>:

$$EIRP = TxPower + AntennaGain_{SiteA} - CableLoss_{SiteA}$$

RSS y margen de desvanecimiento esperados:

$$ExpectedRSS = EIRP - PathLoss + AntennaGain_{SiteB} - CableLoss_{SiteB}$$

donde:

Sitio A es el sitio de transmisión

Sitio B es el sitio de recepción

---

<sup>13</sup> Multiplexación por división de tiempo.

<sup>14</sup> Unidad externa.

<sup>15</sup> Potencia irradiada isotrópica efectiva.

PathLoss<sup>16</sup> se calcula de acuerdo con el modelo de espacio libre,

$$PathLoss = 32.45 + 20 * \log_{10}(frequency_{MHz}) + 20 * \log_{10}(RequiredRange_{Km})$$

$$ExpectedFadeMargin = ExpectedRSS - Sensitivity$$

donde la Sensibilidad depende de la velocidad en el aire.

Alcance mínimo y máximo:

Alcance mínimo es el alcance más corto para el cual  $ExpectedRSS \leq MaxInputPower$  por la velocidad en el aire.

Alcance máximo es el mayor alcance para el cual  $ExpectedRSS \geq Sensitivity$ , a la mayor velocidad en el aire para la cual la relación es verdadera. En un enlace con velocidad adaptativa su valor será el comportamiento real.

Alcance máximo (para una velocidad en el aire dada) es el mayor alcance para el cual  $ExpectedRSS \geq Sensitivity + RequiredFadeMargin$ .

Servicio:

El throughput de Ethernet y los enlaces troncales de TDM configurados se calculan de acuerdo con algoritmos de producto internos.

Disponibilidad:

El cálculo de disponibilidad de servicio se basa en el método de Vigants Barnett que predice la probabilidad de inactividad en función de un factor climático (factor C).

$$Availability = 1 - 6 * 10^{-7} * Cfactor * frequency_{GHz} * (RequiredRange_{KM})^3 * 10^{-\frac{ExpectedFadeMargin}{10}}$$

Altura de la antena:

La altura de antena recomendada para la línea de vista se calcula como la suma de la altura de la zona Fresnel que se explica más adelante y la altura de alineación óptica.

Utilizando la notación de la Figura 1-3 debajo, dividiendo Alcance esperado en  $d1 + d2$ , la altura de la zona Fresnel a la distancia  $d1$  de la antena izquierda, se expresa mediante la fórmula:

---

<sup>16</sup> Pérdidas de ruta.

$$0.6 \times \sqrt{\frac{\frac{300}{\text{frequency}_{\text{GHz}}} \times d_1 \times d_2}{d_1 + d_2}}$$

Para la configuración más conservadora, tomamos el punto medio entre las antenas, configurando:

$$d_1 = d_2 = \text{ExpectedRange}/2$$

que resulta

$$0.6 \times \sqrt{\frac{\frac{300}{\text{frequency}_{\text{GHz}}} \times \left[ \frac{\text{ExpectedRange}}{2} \right]^2}{\frac{\text{ExpectedRange}}{2} + \frac{\text{ExpectedRange}}{2}}}$$

Simplificado como

$$0.52 \times \sqrt{\frac{\text{ExpectedRange}}{\text{frequency}_{\text{GHz}}}}$$

La altura del espacio de alineación óptica se calcula como:

$$\sqrt{R_{\text{Mean}}^2 + \left[ \frac{\text{ExpectedRange}}{2} \right]^2} - R_{\text{Mean}}$$

Donde  $R_{\text{Mean}} = 6367.4425$  Km.

Acerca de la zona Fresnel:

La zona Fresnel es una zona cónica con forma elíptica de energía electromagnética que se propaga de la antena transmisora a la antena receptora. Es siempre el valor mayor en la mitad de la trayectoria entre las dos antenas.

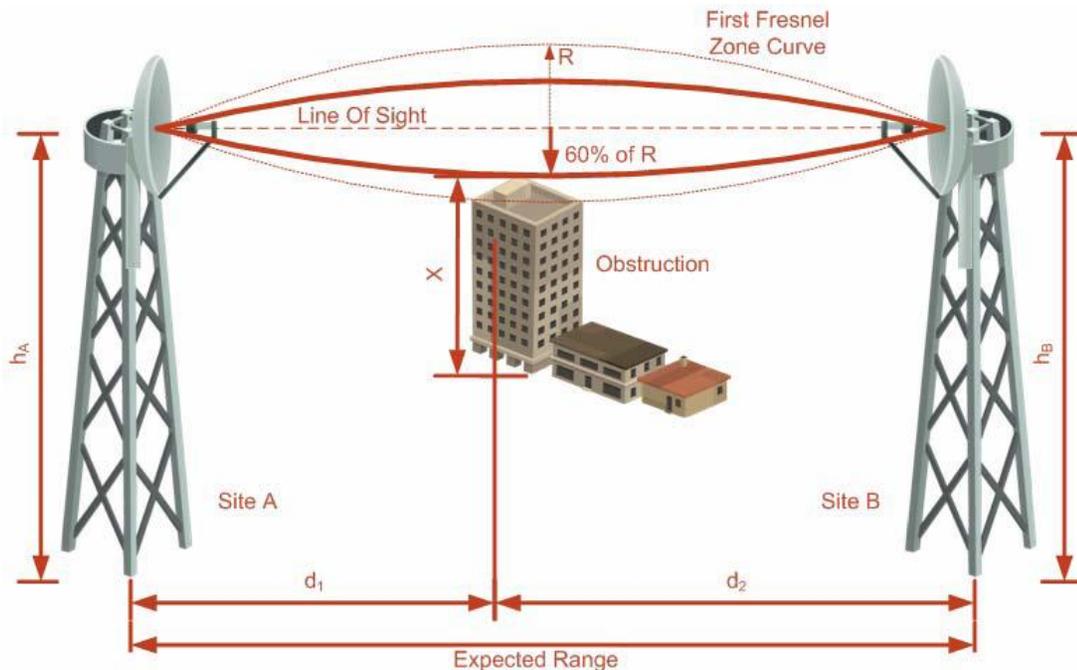


Figura1-3: Zona de Fresnel

La pérdida de Fresnel es la pérdida de trayectoria que se produce por las reflexiones en trayectorias múltiples a partir de superficies reflectivas tales como el agua, y los obstáculos intervinientes como edificios o picos de montañas situados dentro de la zona Fresnel.

Los enlaces de radio se deben diseñar para tener en cuenta las obstrucciones y condiciones atmosféricas, las condiciones climáticas, las grandes extensiones de agua y otros materiales que reflejan y absorben la energía electromagnética.

La zona Fresnel ofrece una manera de calcular la cantidad de espacio libre que necesita una onda radioeléctrica desde un obstáculo para garantizar que el obstáculo no atenúe la señal.

Existen infinitas zonas Fresnel ubicadas coaxialmente alrededor del centro de la onda directa. El límite exterior de la zona Fresnel se define como la longitud de la trayectoria combinada de todas las trayectorias, que tienen la mitad de la longitud de onda ( $1/2 \lambda$ ) de la frecuencia transmitida que sea mayor que la trayectoria directa. Si la distancia de la trayectoria total es una longitud de onda ( $1 \lambda$ ) mayor que la trayectoria directa, entonces se dice que el límite exterior es de dos zonas Fresnel. Los números impares de las zonas Fresnel refuerzan la señal de la trayectoria de la onda directa; los números pares de las zonas Fresnel cancelan la señal de la trayectoria de la onda directa.

La cantidad de espacio libre de la zona Fresnel está determinada por la longitud de onda de la señal, la longitud de la trayectoria y la distancia al obstáculo. Para mayor confiabilidad, los enlaces punto a punto se diseñan para que exista por lo

menos un 60% de la primera zona Fresnel libre, para evitar una atenuación significativa.

El concepto de la zona Fresnel se muestra en la Figura anterior. La parte superior de la obstrucción no se extiende dentro de la zona Fresnel, dejando un 60% de la zona Fresnel libre, por lo tanto, la señal no resulta atenuada de forma significativa.

## CAPITULO II

### SISTEMA DE RADIOENLACE Y RED DE ÁREA LOCAL

Este trabajo monográfico se realizó en el orden que sigue a continuación, permitiendo paso a paso ir planteándose la solución del problema. El primer paso realizado fue un primer acercamiento al sitio en cuestión para conocer el lugar y así conocer la realidad a la que me debía enfrentar.



Figura 2: Escuela El Coyolito

Al dirigirme al lugar, me he contactado con el responsable de la comunidad llamado Leopoldo Iglesias realizando una pequeña entrevista para recolectar la información necesaria y verificando la información en el lugar. Obteniendo la siguiente información:

Actualmente el laboratorio de computación de la escuela cuenta con:

- a) Un área de utilización de 5m<sup>17</sup> x 5.32m con una altura de 2.30 m en la parte más baja y 2.60 m en la parte más alta (centro).

---

<sup>17</sup> Metros.

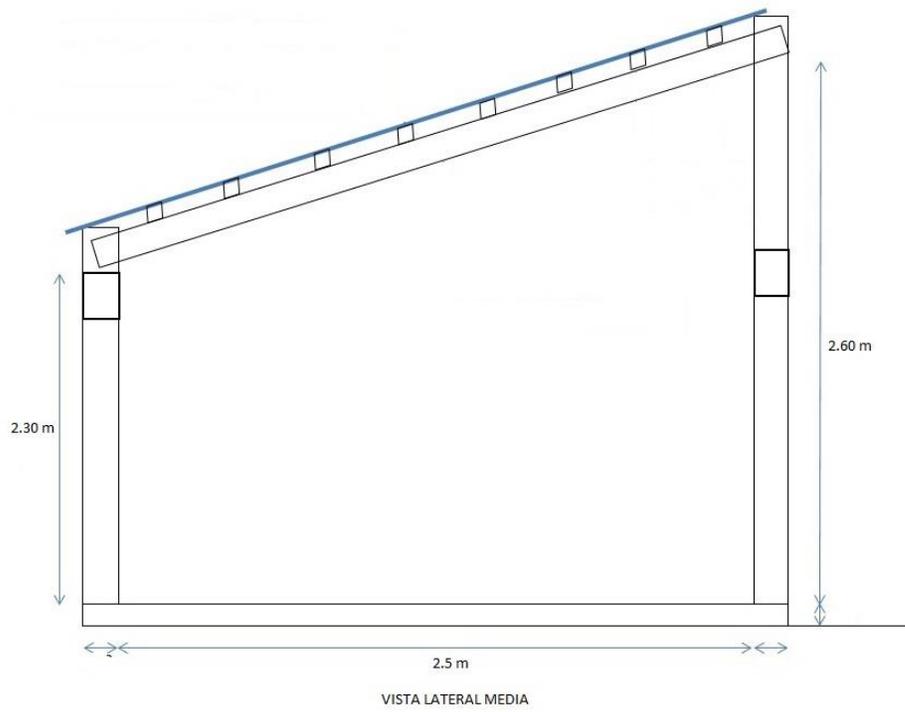


Figura 2-a-1: Altura máxima y mínima laboratorio de computación Escuela El Coyolito



Figura 2-a-2: Laboratorio de computación Escuela El Coyolito

- b) 2 paneles de 130 watt junto con su sistema para alimentar las computadoras y el sistema eléctrico del laboratorio ya que unos años atrás no llegaba el servicio de energía eléctrica al lugar.



*Figura 2-b: Sistema de energía a través de panel solar*

- c) 3 computadoras de escritorio donde reciben clases de computación 12 estudiantes de secundaria del sector.



Figura 2-c: Computadoras del laboratorio

## 2.1 Diseño y cálculo del radioenlace

Para dar inicio al análisis de la radio propagación del lugar, procedí a tomar con un GPS<sup>18</sup> marca GARMIN el punto donde a mi percepción es el mejor lugar para ubicar la antena receptora de la señal, que será el costado derecho del laboratorio, obteniendo el punto: N 13° 12' 35.1", W86° 19' 44.8", altura: 883m.



Figura 2-1-1: Toma con GPS de punto de recepción

<sup>18</sup> Global Position Satelital/Posición Global Satelital



Figura 2-1-2: GPS marca GARMIN

El punto tomado en la zona urbana de Estelí, es la torre de la empresa Claro ubicada en el centro de la ciudad, torre que por su altura, sirve de referencia para dicha empresa y para otras como IBW. Aquí será mi punto de transmisión obteniendo el punto: N 13° 5' 30.06", W86° 21' 19.54".

Una vez obtenido en el GPS los que serán mis puntos de transmisión y recepción, procedemos a ubicarlos en la herramienta de google "google earth" para situarme geográficamente en el lugar de estudio, obteniendo el siguiente perfil de terreno:

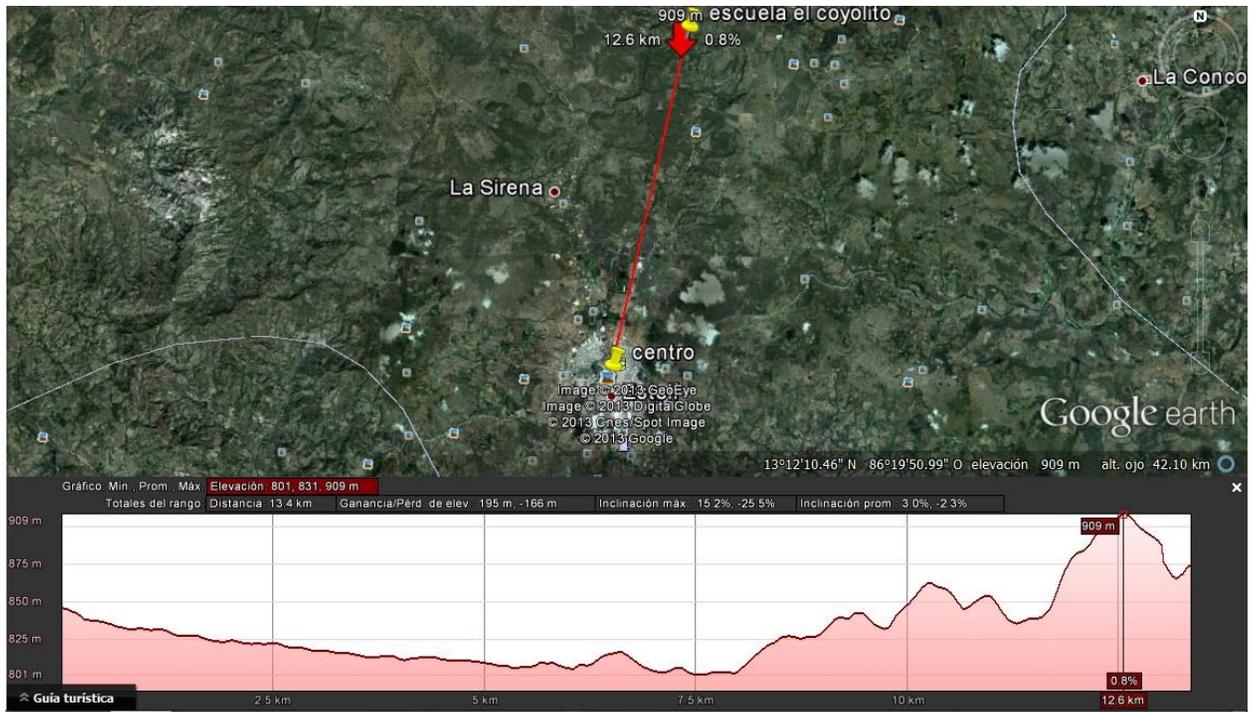


Figura 2-1-3: Perfil de terreno a través de Google earth.

Como podemos observar, la escuela El coyolito se encuentra a una distancia exacta de 13.37 kilómetros, y como podemos ver el punto de mayor altura lo tenemos a 12.6 kilómetros del sitio de transmisión. Punto que podría ser problema para obtener línea de vista entre el punto de transmisión y recepción. Esto lo veremos más adelante.

A continuación con los mismos datos procedemos a utilizar una herramienta más útil en el diseño de radioenlaces como lo es Pathloss 5. El primer paso en la utilización de dicha herramienta consiste en realizar las diferentes configuraciones, iniciando con la configuración del GIS<sup>19</sup>, para ello a través de investigación conseguí bases de datos de STRM<sup>20</sup> con una resolución de 5 metros, vectores y clutter<sup>21</sup> de Nicaragua. De esta manera solamente los cargo en la configuración.

<sup>19</sup> Geographical Information Systems/Sistemas de información geográfica.

<sup>20</sup> Base de datos de terreno.

<sup>21</sup> Clasificación morfológica del área.

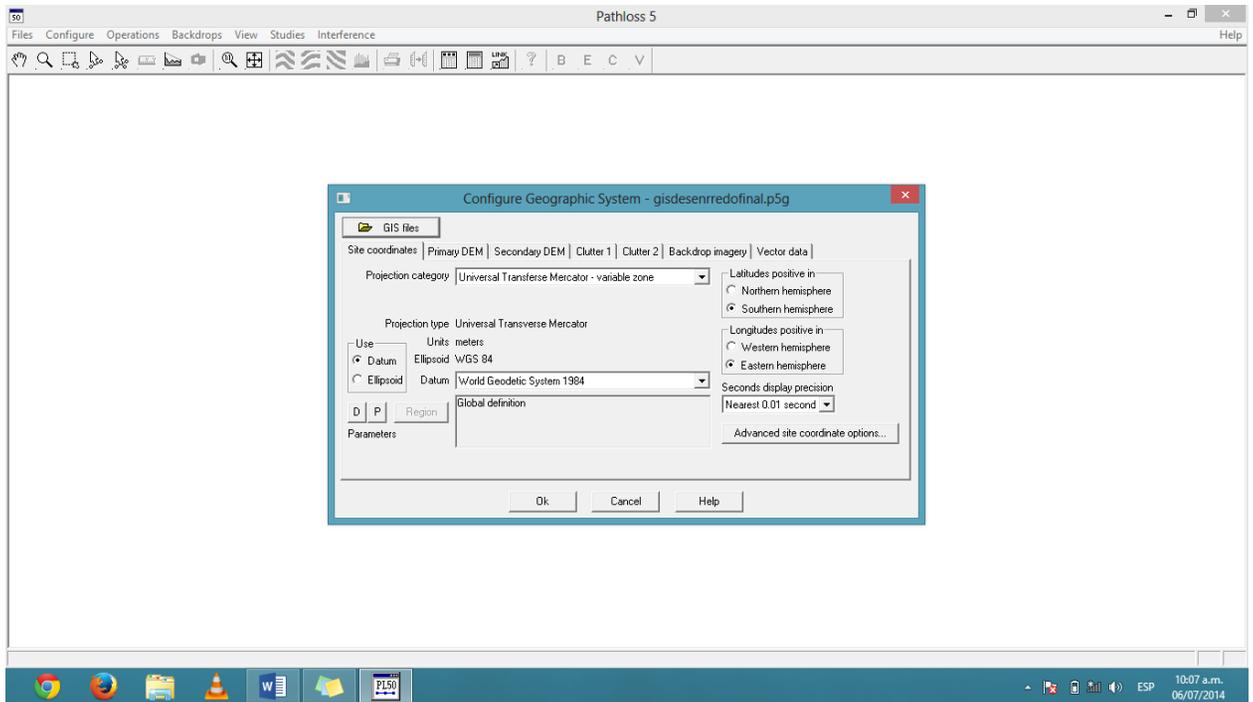


Figura 2-1-4: Ventana de configuración del GIS.

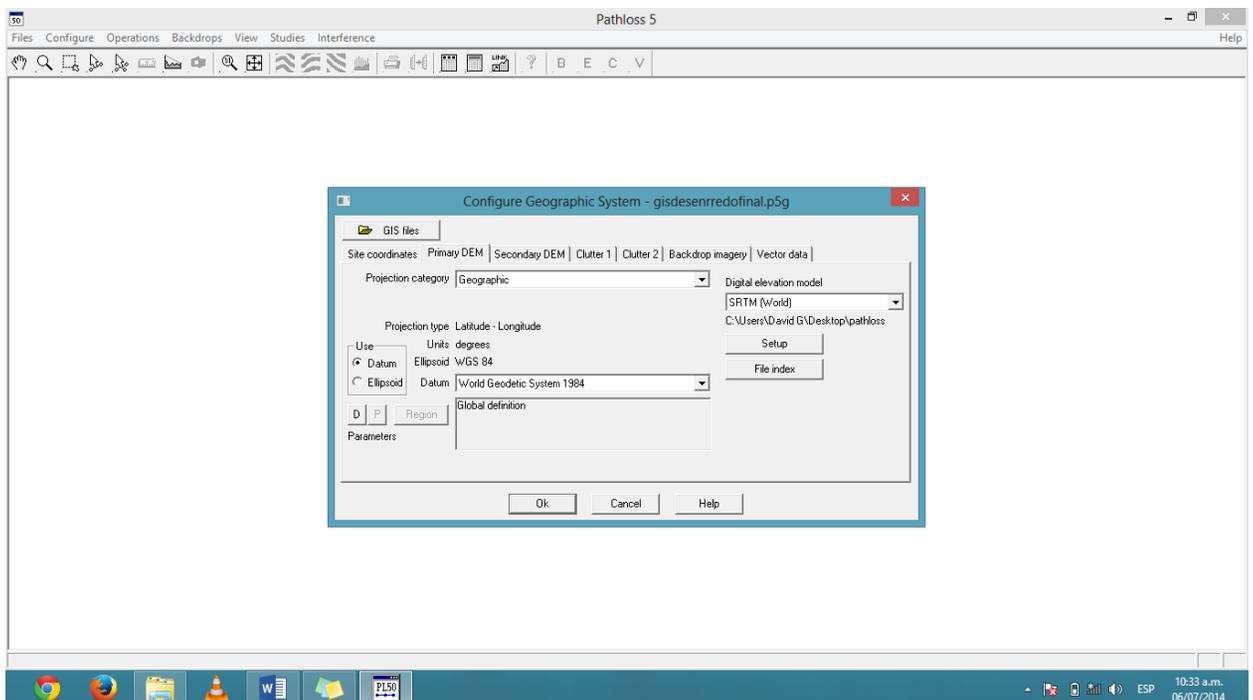


Figura 2-1-5: Configuración primaria del GIS.

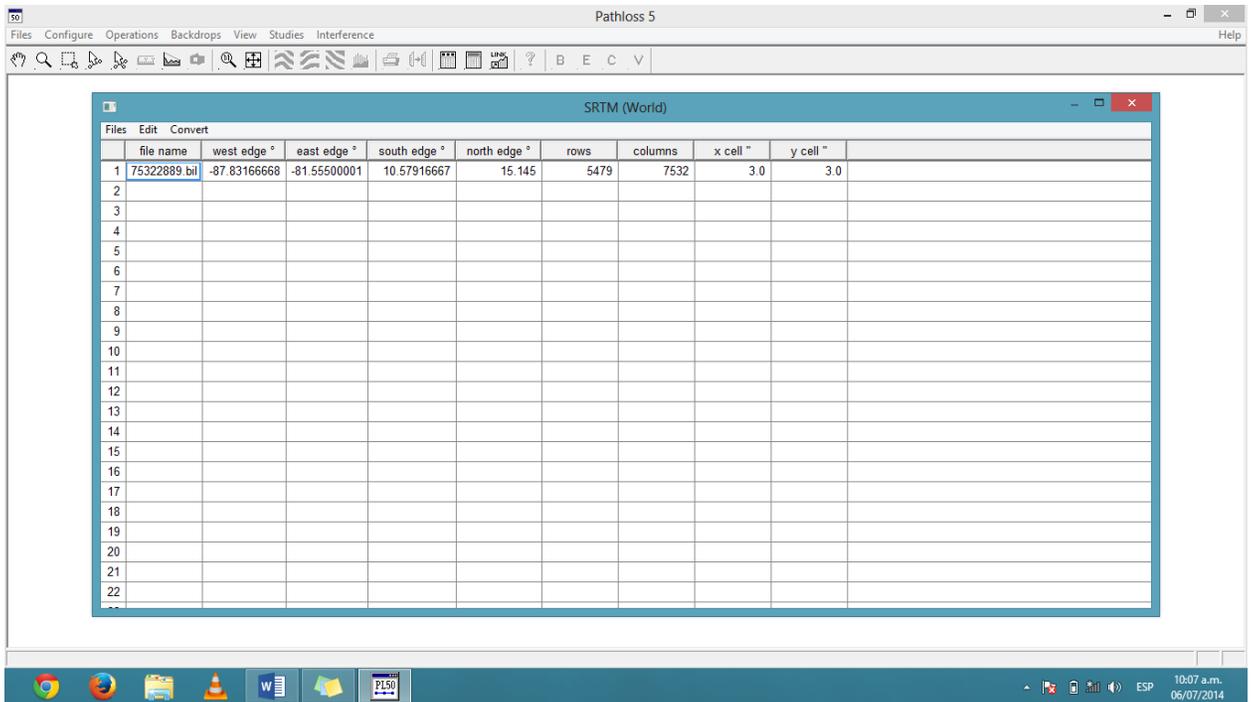


Figura 2-1-6: Configuración primaria del GIS cargado.

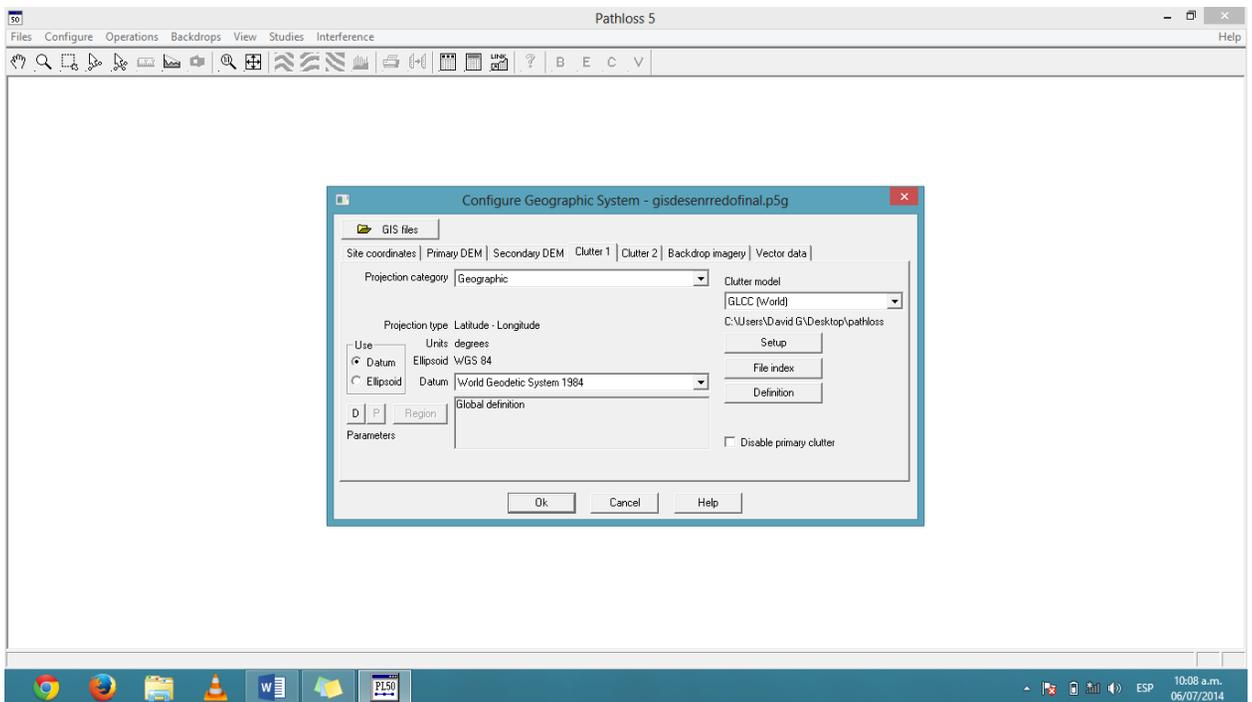


Figura 2-1-7: Configuración del clutter.

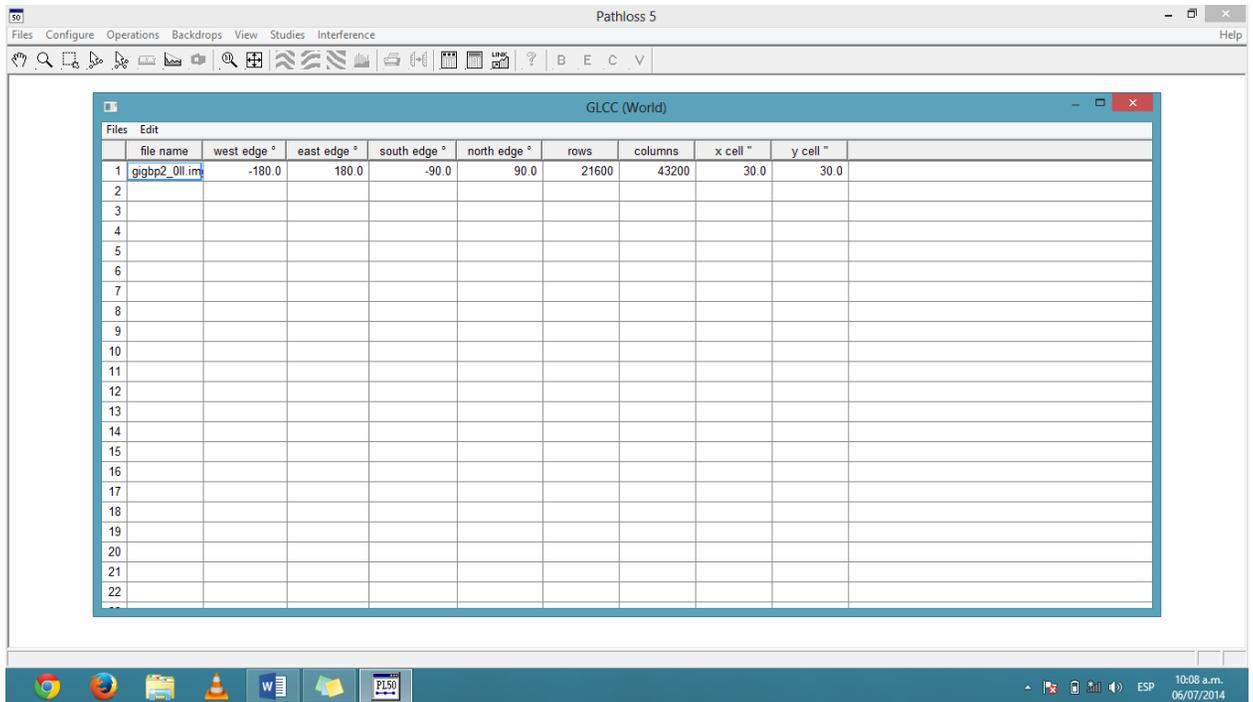


Figura 2-1-8: Configuración del clutter cargado.

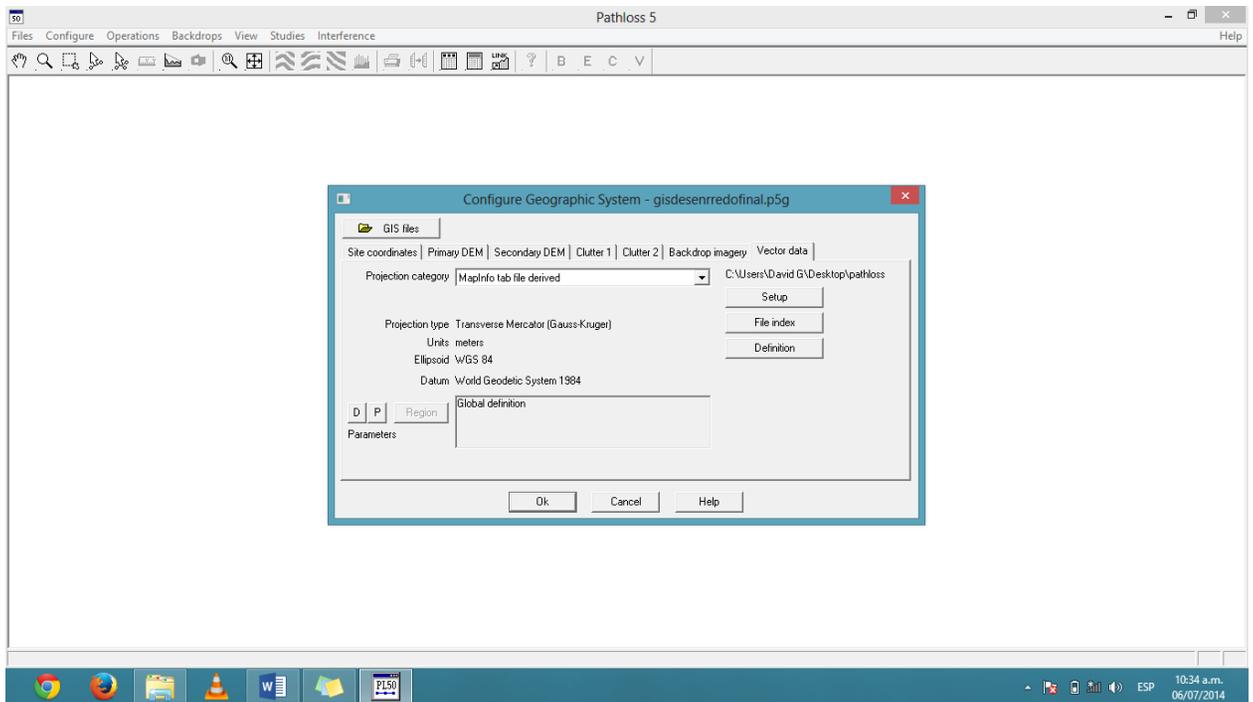


Figura 2-1-9: Configuración de vectores.

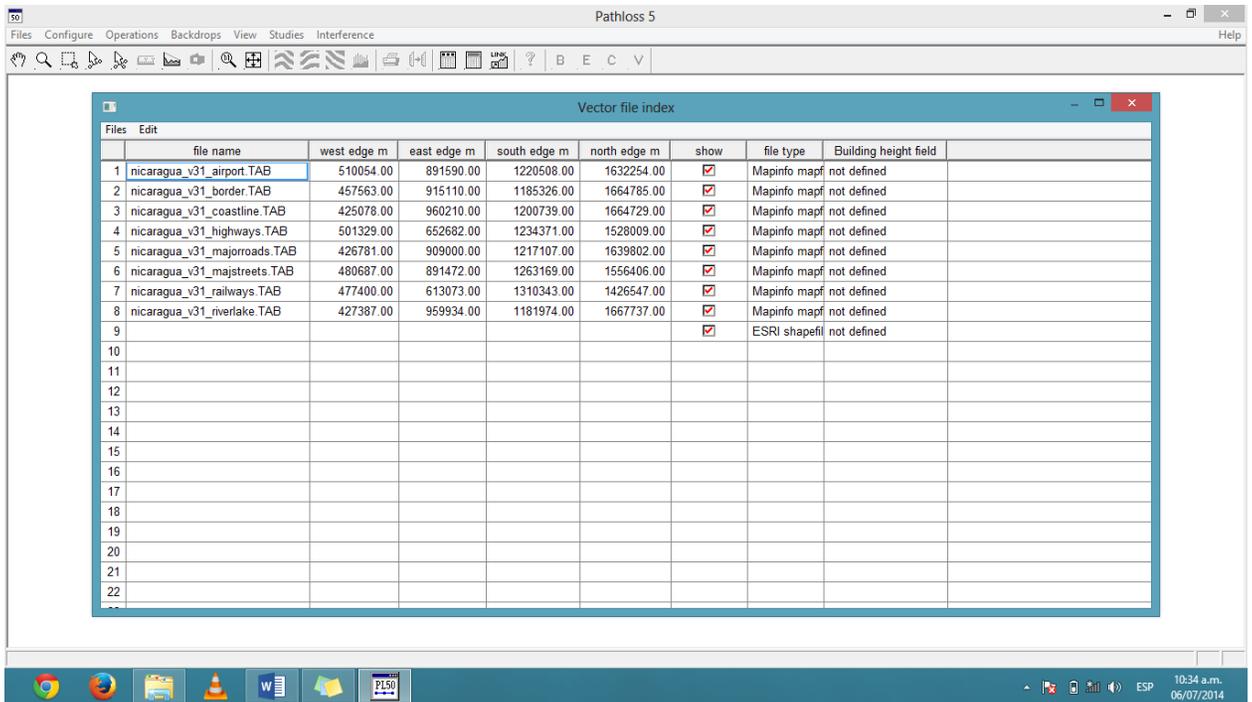


Figura 2-1-10: Configuración de vectores cargado.

Una vez realizada la configuración, se inicia al igual que con google eart con la ubicación de los puntos. Para ello buscamos la opción view, site list:

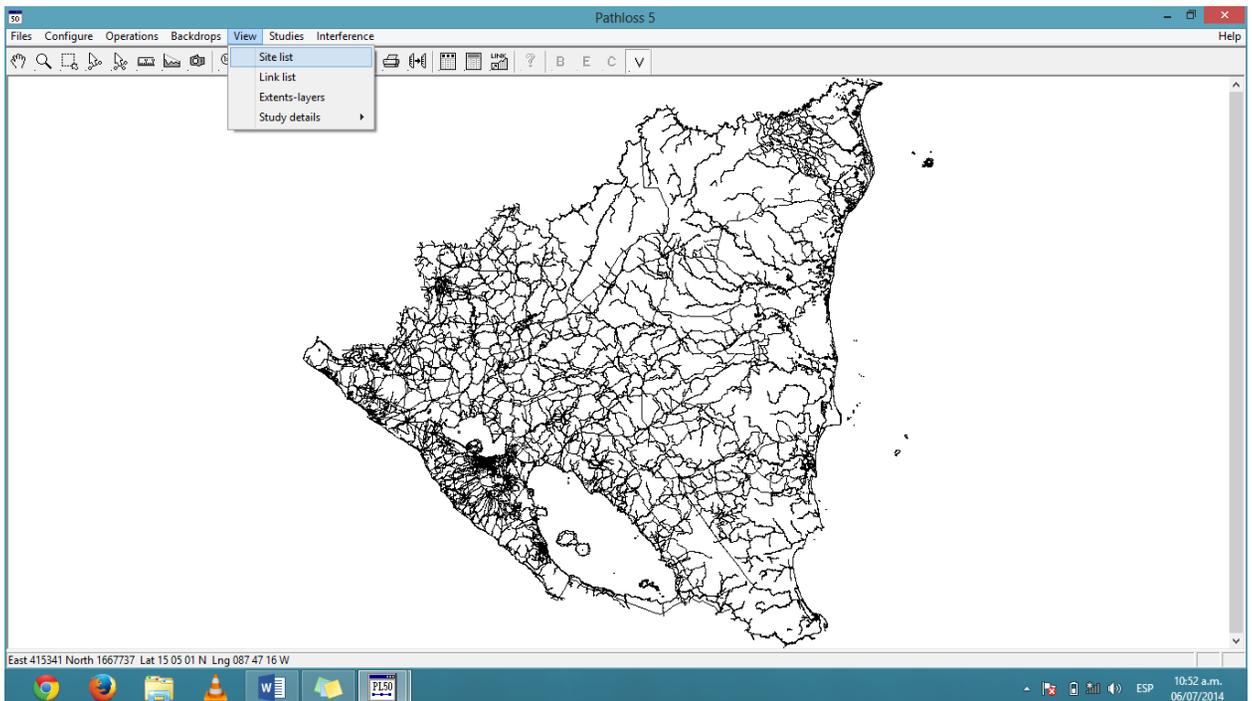


Figura 2-1-11: Ubicación de puntos de transmisión y recepción en Pathloss.

Se abre una ventana vacía, aquí agregamos los puntos de transmisión y recepción como se observa en la figura:

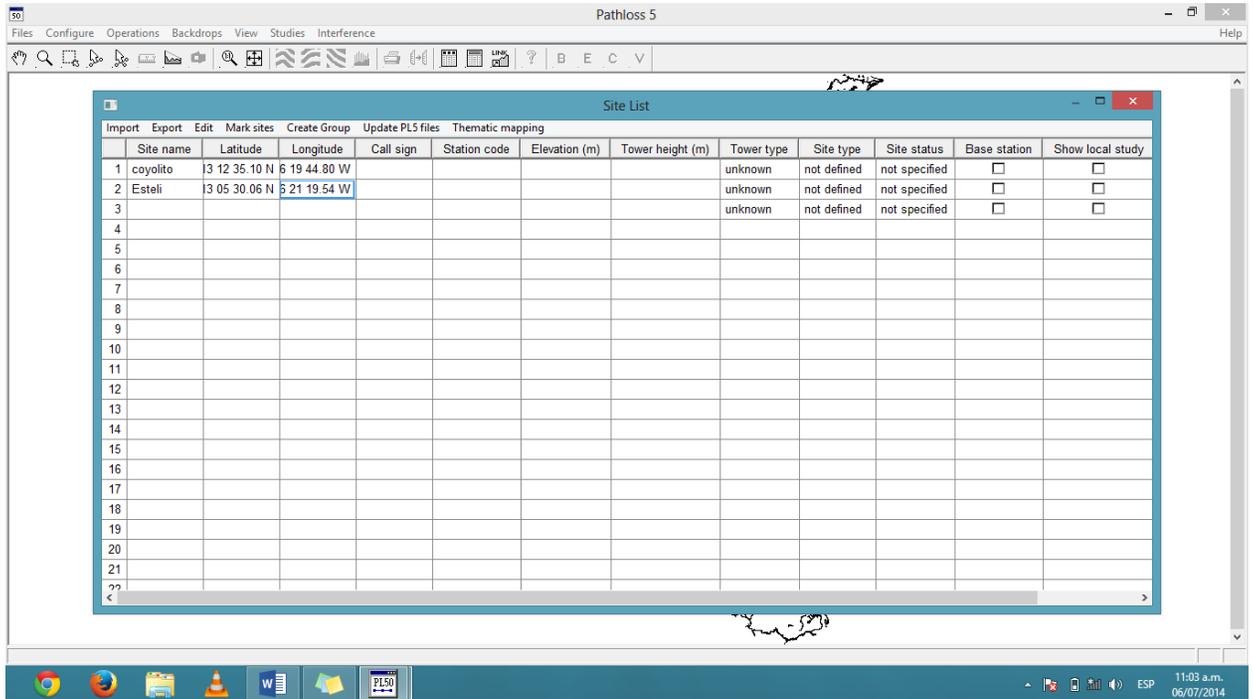


Figura 2-1-12: Ventana de ubicación de puntos de transmisión y recepción.

Aquí podemos observar ya los puntos en el mapa:

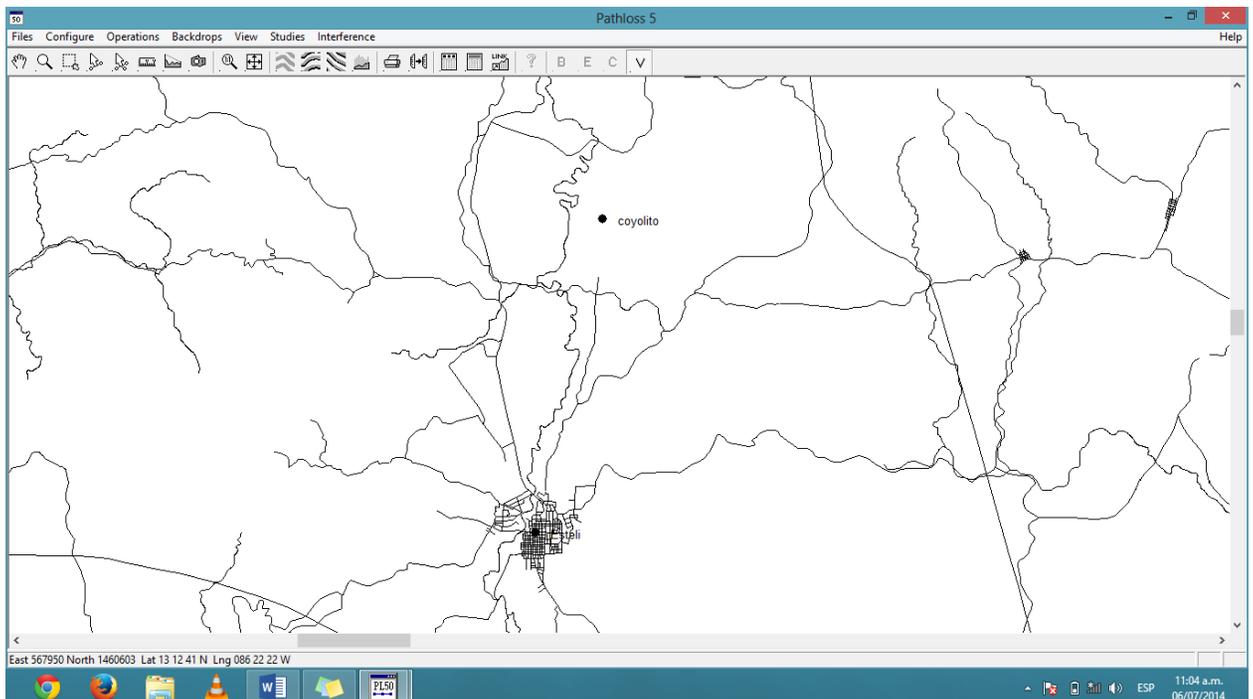


Figura 2-1-13: Puntos de transmisión y recepción en mapa.

Luego creamos el enlace uniendo ambos puntos. Aquí confirmamos nuevamente la distancia exacta entre el punto de transmisión y recepción:

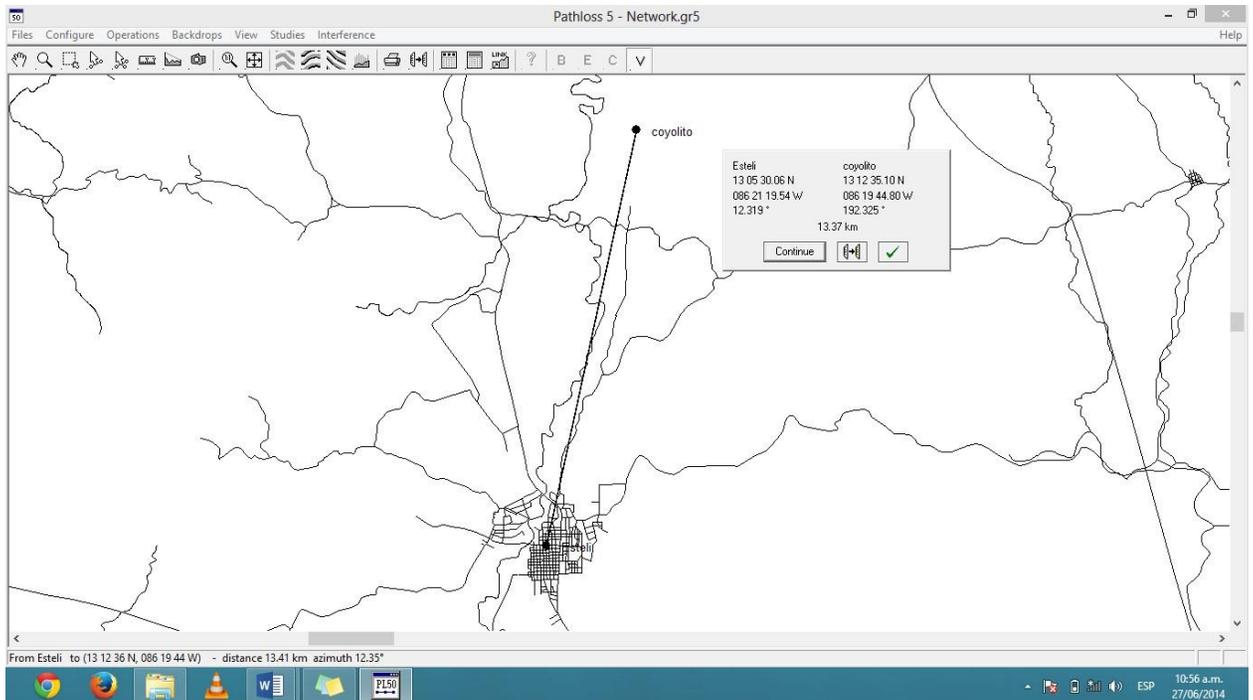


Figura 2-1-14: Enlace Estelí-Coyolito.

Si volvemos a la ventana view, Link list podemos ver que ya se nos agregó el enlace:

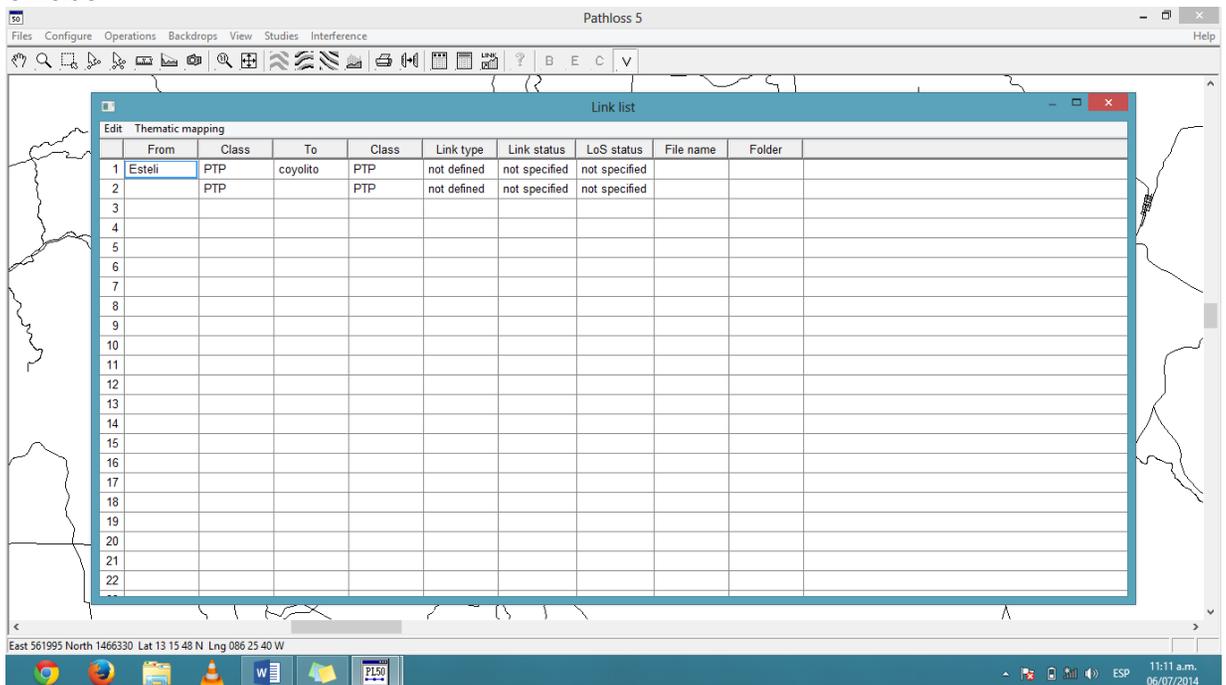


Figura 2-1-15: Ventana lista de enlace.

A continuación una vez conociendo las características geográficas del lugar, se realiza el análisis de transmisión del mismo, para así obtener un radioenlace efectivo, el principal objetivo de este estudio. Aquí tendremos que configurar lo que sigue:

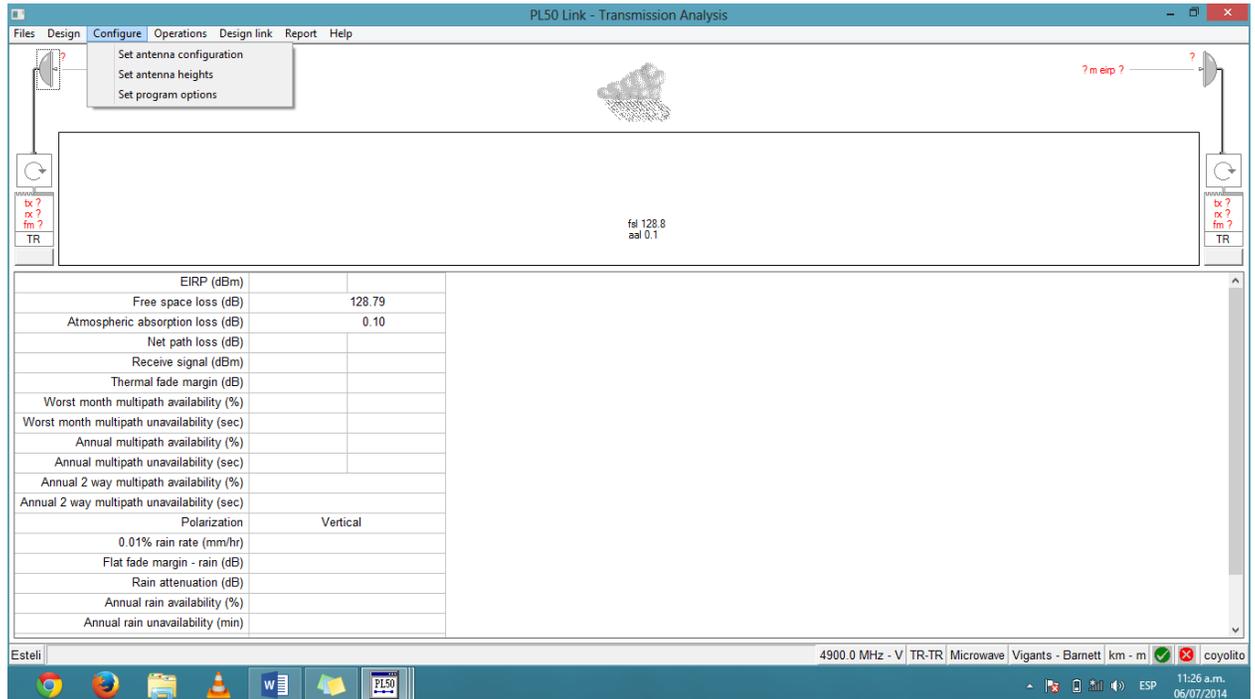


Figura 2-1-16: Ventana de análisis de transmisión.

Configuración de la antena: TR- TR<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Transmisión-Transmisión

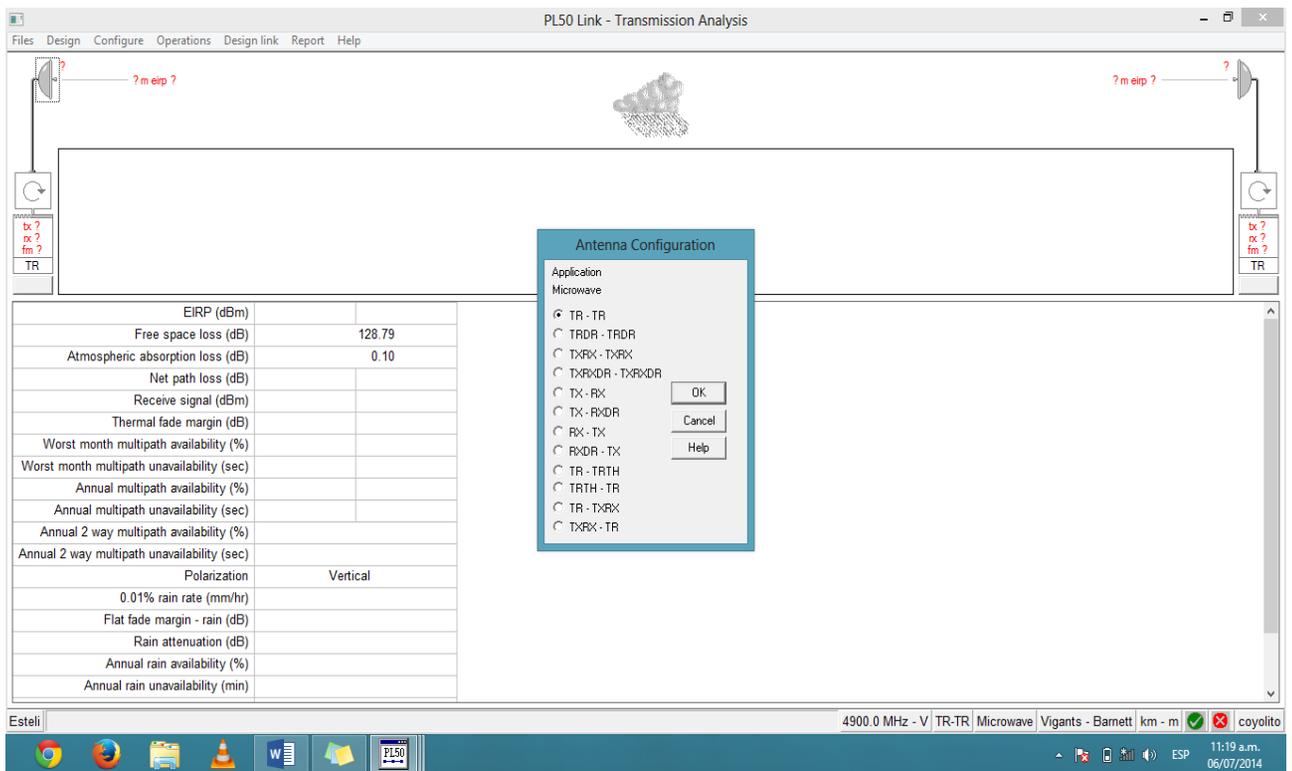


Figura 2-1-17: Configuración de la antena.

Entramos a diseñar el enlace en Design link para configurar datos del sitio, altura de las antenas, unidad de acoplamiento de las antenas, especificaciones de equipo, parámetros de fiabilidad y parámetros de lluvia.

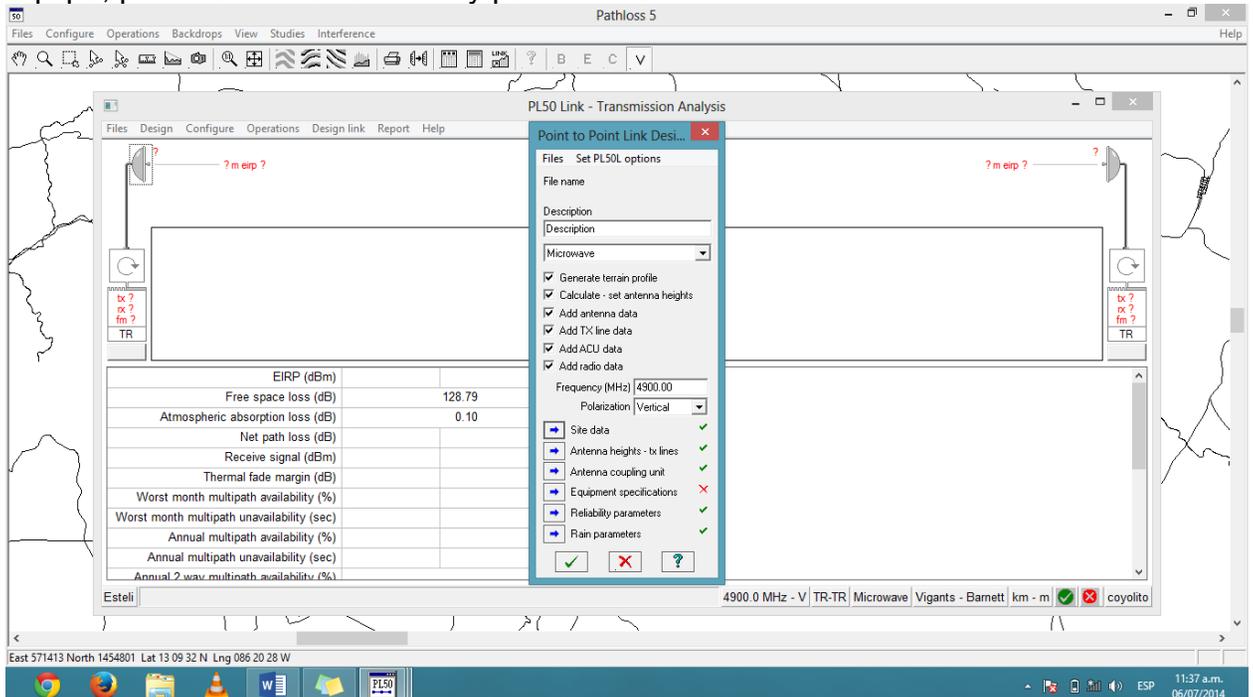
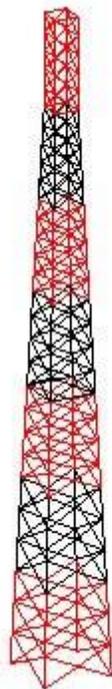


Figura 2-1-18: Ventana Design Link.

### Datos del sitio

Altura de la torre: En Estelí una altura de 42 m que es el tamaño de la torre de la empresa Claro. En El Coyolito una altura de 48.45 m, que es la altura requerida para que el enlace sea efectivo.

Tipo de torre: En Estelí una torre Self supporting, que corresponde al tipo de torre que tiene la empresa claro en el lugar donde voy a transmitir. En El Coyolito una torre tipo guyed debido a los requerimientos de mi diseño, ya que esta torre solo necesita soportar una sola antena WinLink 1000 Access.



*Figura 2-1-19: Torre Self Supporting*

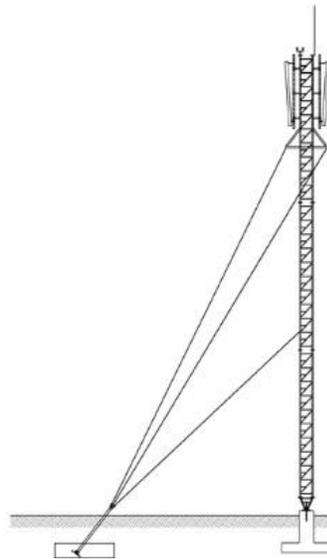


Figura 2-1-20: Torre guyed.

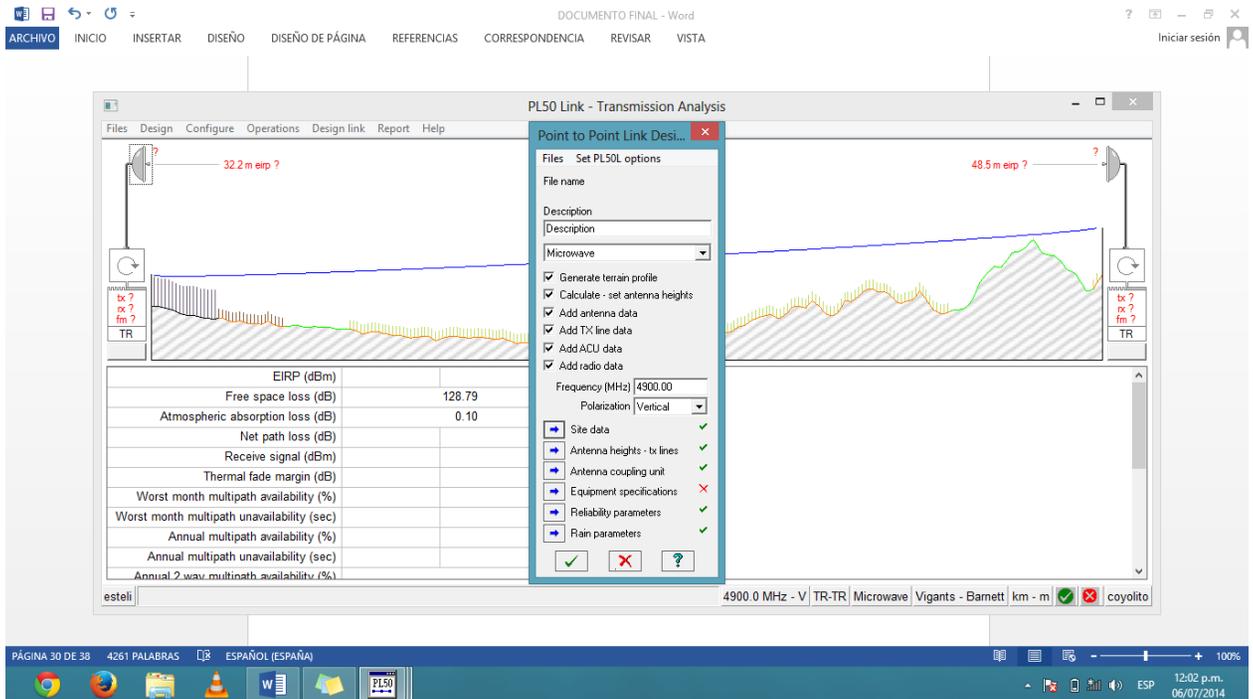


Figura 2-1-21: Ventana Design Link con datos de sitio, antenas, fiabilidad y lluvia.

Como observamos en el icono en rojo, el enlace aún no está completo, esto se debe a que necesitamos configurar los datos de los equipos.

Altura de las antenas: Haciendo los cálculos, el programa Pathloss nos indica que necesitamos una altura de 32.22 m en Estelí y una altura de 48.45 m en El coyolito. Para ello utilizamos criterios de libramiento para la primera zona de fresnel de  $K= 4/3$  que equivale a 1.33

## Capítulo II: Sistema de radioenlace y red de área local

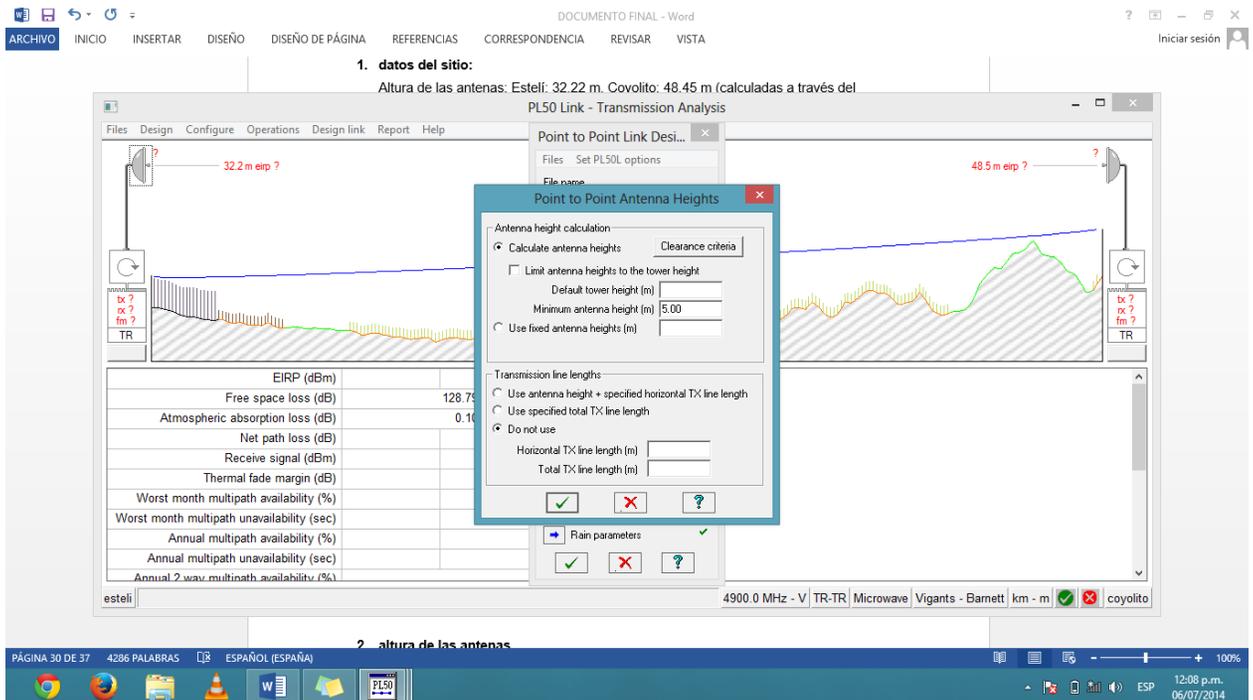


Figura 2-1-22: Ventana de cálculo de altura de las antenas.

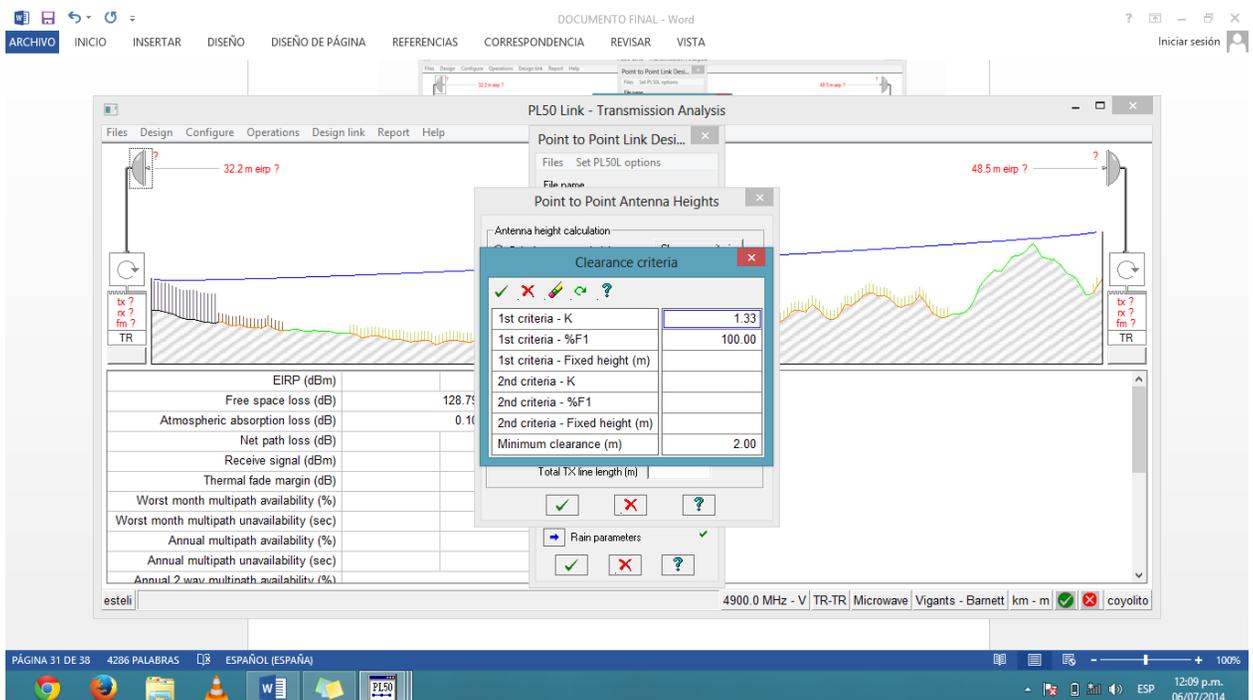


Figura 2-1-23: Criterios de libramiento.

Unidad de acoplamiento de las antenas: En el diseño es despreciable ya que la antena utilizada la trae integrada.

Especificaciones de equipo:

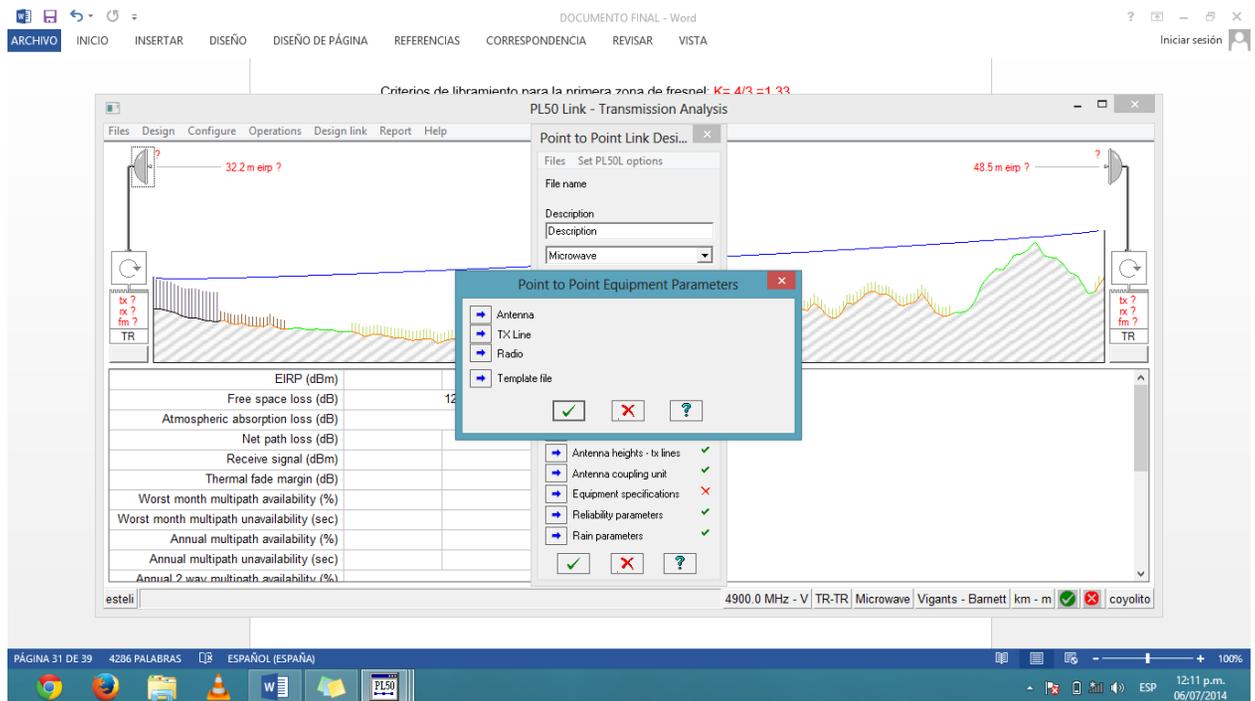


Figura 2-1-24: Ventana de Pathloss parámetros de equipo.

Antena:

Modelo de la antena: WinLink 1000 Access

Diámetro de la antena: 0.37 m

Altura de la antena: Esteli: 32.22 m

Coyolito: 48.45 m

Ganancia de la antena: 17 dBi<sup>23</sup>

Estos datos han sido tomados del manual de usuario de WinLink 1000 versión 1.9.30. El WinLink 1000 se puede operar con una antena integrada que forma parte de la unidad ODU, o con antenas externas conectadas a la ODU mediante conectores tipo-N. Para reducir las pérdidas de RF<sup>24</sup>, todos los cables y las conexiones se deben conectar correctamente. La impedancia de antena requerida es de 50Ω. [WinLink 1000 Manual del usuario Versión 1.9.30 p-16]

La unidad externa con antena integrada de 4.9 GHz está provista de una antena de panel plano de 370 mm (1.2 pies), con una ganancia de 17dBi y una abertura

<sup>23</sup> Decibelio isotrópico

<sup>24</sup> Radiofrecuencia.

del haz de 9°. El radio y la antena están alojados en una caja sellada a prueba de agua en una única unidad.



Figura 2-1-25: Unidad externa (ODU) con antena integrada (vistas lateral y frontal)

Las antenas de panel plano son adecuadas para alcances cortos, normalmente en aplicaciones de acceso. Son relativamente económicas, comparativamente utilizan un espacio de torre reducido y son resistentes a las condiciones climáticas extremas.

### Principales características de WinLink 1000

A continuación se representan algunas de las características excepcionales provistas por WinLink 1000:

» E1/T1 + Ethernet en una única solución

Los sistemas WinLink 1000 entregan E1/T1 + Ethernet "carrierclass" sobre una única plataforma, lo que los hace ideales para una amplia variedad de aplicaciones de backhaul y acceso.

» Instalación sencilla

Los sistemas WinLink 1000 son muy fáciles de instalar y mantener, y normalmente se ponen en marcha en menos de una hora.

» Interfaz radioeléctrica avanzada

El diseño del sistema WinLink 1000 incorpora una interfaz radioeléctrica excepcionalmente robusta basada en tecnologías patentadas. El protocolo exclusivo de la interfaz radioeléctrica de WinLink 1000 ha sido diseñado para garantizar una transmisión continua y de alta calidad, incluso al toparse con interferencias y condiciones rigurosas.

» Tasa adaptativa automática

La tasa adaptativa automática es un método que consiste en adaptar dinámicamente la tasa de transmisión, mediante el cambio de modulación y codificación de la señal. La tasa adaptativa automática optimiza el flujo de datos en función de las condiciones de interferencia, manteniendo a la vez la calidad de servicio.

» Implementación múltiple punto a punto exclusiva

Los productos WinLink 1000 de RADWIN se pueden instalar utilizando una arquitectura múltiple punto a punto exclusiva. Las unidades múltiples se despliegan en la ubicación de un sitio concentrador, desde donde proporcionan una conexión dedicada y de alta capacidad a cada sitio remoto.

Este concepto exclusivo se basa en la característica HSS<sup>25</sup> de RADWIN, que sincroniza la transmisión de unidades WinLink 1000 y RADWIN 2000 coubicadas, reduciendo de este modo la interferencia mutua que normalmente se experimenta con el uso de radios TDD<sup>26</sup> coubicados.

» Interoperabilidad HSS entre RADWIN 2000 y WinLink 1000

Se admite la sincronización de sitios con cualquier combinación de enlaces RADWIN 2000 y WinLink 1000. RADWIN 2000 se puede utilizar para realizar el backhaul de enlaces coubicados de WinLink 1000 sin interferencias mutuas

» Espera en activo monitoreada (1+1):

La espera en activo monitoreada (MHS) de RADWIN protege hasta dieciséis servicios E1/T1 con RADWIN 2000 y hasta cuatro servicios E1/T1 con WinLink 1000. Está diseñada para proporcionar enlaces punto a punto de alta confiabilidad y alta capacidad. La MHS de RADWIN:

- Está diseñada para proporcionar redundancia y alta confiabilidad para operadores "carrier class"
- Está optimizada para enlaces de alta capacidad que operan en bandas que no requieren licencia
- Es una solución integral que proporciona protección contra las fallas de equipo y pérdidas de interfaz radioeléctrica, mediante una simple conexión entre un enlace primario y otro secundario. Capacidad de usar una banda diferente para obtener la máxima protección de la interfaz radioeléctrica

Las características principales de la MHS de RADWIN son las siguientes:

---

<sup>25</sup> Hub Site Synchronization -sincronización del sitio concentrador.

<sup>26</sup> Time division duplexing- duplexación por division de tiempo.

- Entrada en servicio totalmente automática desde el enlace primario al secundario Tiempo de entrada en servicio no mayor de 50 ms<sup>27</sup>.
- Restablecimiento automático del enlace primario tan pronto se encuentre disponible
- WinLink 1000 puede respaldar un enlace de RADWIN 2000. Uno de los principales beneficios de MHS de RADWIN es que puede sostener una estructura de Acuerdo de nivel de servicio razonable mediante la protección de una parte de los enlaces troncales de RADWIN 2000 con WinLink 1000.

MHS admite servicios TDM; los servicios Ethernet se pueden transportar en ambos enlaces de forma independiente.

» Seguridad de la interfaz radioeléctrica mejorada

El cifrado de claves AES<sup>28</sup> de 128 bits de WinLink 1000 proporciona una seguridad mejorada de la interfaz radioeléctrica.

» Administración y monitoreo de desempeño avanzados

El software WinLink 1000 Manager dispone de capacidades de administración local y remota completas. La herramienta de administración basada en SNMP<sup>29</sup> es muy fácil de usar, y proporciona una configuración completa de extremo a extremo, registro de eventos y capacidades de monitoreo de desempeño.

Se pueden administrar enlaces múltiples de WinLink 1000 mediante el sistema de administración de la red de RADWIN (RNMS).

» Soporte de SFP en la unidad IDU-C

Se utilizan módulos SFP<sup>30</sup> estándar, lo que permite cualquier tipo de conectividad física de Ethernet, incluidas las conexiones de fibra. Asimismo, se puede utilizar E3/T3 o E1/T1 sobre los SFP de Ethernet.

» Soporte de VLAN de administración y tráfico independientes

» Topología de anillo Ethernet

---

<sup>27</sup> Milisegundos.

<sup>28</sup> Advanced Encryption Standard- Estándar de cifrado avanzado.

<sup>29</sup> Simple Network Management Protocol -Protocolo Simple de Administración de Red.

<sup>30</sup> *small form-factor pluggable transceptor*- transceptor de factor de forma pequeño conectable.

RADWIN 2000	RADWIN 5000 HPMP	WinLink 1000
Product	WL1000-ODU/F58/FCC/INT	
Channel / RFP / Frequency	20 MHz / Auto / 5.8 GHz	
Rate	24 Mb/s (16-QAM 0.5)	
Tx Power	16 dBm [ 4 - 16 ]	
Tx Antenna Gain	22 dB	
Rx Antenna Gain	22 dB	
Cable Loss	0 dB	
Fade Margin	6 dB	
Tx Power EIRP	38 dBm / 6.3 Watt	
Min Range	0.1 Km / 0.1 Miles	
Max Range	19.4 Km / 12.1 Miles	
Expected Performance		
Distance/Climate	5 Km / Coordinates / Good (C=0.25)	
Expected RSS / Fade Margin	-62 dBm / 17 dB	
Services	Ethernet Only @ 99.9999% availability (downtime 1 min/year)	
Ethernet Rate (Full Duplex)	8.8 Mb/s @ Ethernet Only	
Recommended antenna height	5 Meter / 16 Feet	
<b>Calculate</b>		

Figura 2-1-26: Ventana de Link Budget.

Elijo esta antena ya que no necesito más que servicios de Ethernet y tiene un rango máximo de 20 km<sup>31</sup> y la distancia a la que yo necesito llegar es 13.37 km, así como una velocidad de 2Mbps<sup>32</sup> y una frecuencia de 4.9 Ghz.

### Enlace de WinLink 1000

La solución punto a punto de WinLink 1000 es un enlace de comunicación inalámbrica. Normalmente, cada extremo del enlace está compuesto por una Unidad externa (ODU) y una antena y una Unidad interna (IDU) o dispositivo PoE, tal como se muestra debajo, en Figura.

El enlace se administra con la aplicación RADWIN Manager basada en SNMP. La IDU y la ODU se conectan entre sí mediante un cable CAT5e que transporta el tráfico de servicio y la energía.

<sup>31</sup> Kilómetros

<sup>32</sup> Megabit por segundo

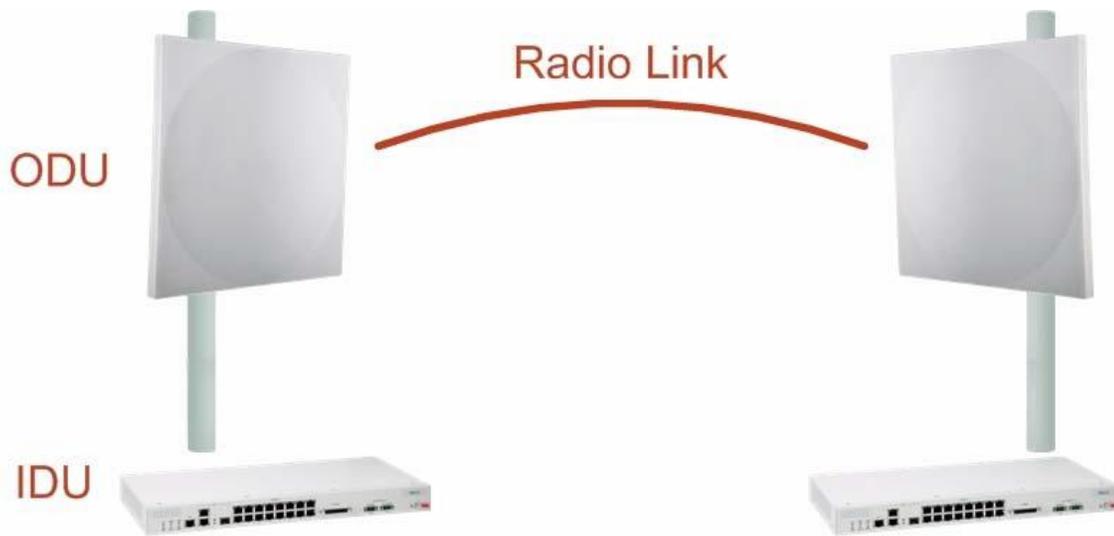


Figura 2-1-27: Ejemplo de arquitectura del enlace- componentes del sistema.

	WinLink 1000 Access	WinLink 1000 VS	WinLink 1000	WinLink 1000 High End
Velocidad de Ethernet máxima	2Mbps	2/5 Mbps	18 Mbps	18 Mbps
Alcance máximo	20 Km	20 Km	80 Km	80 Km
Dispositivos IDU soportados	PoE	PoE	PoE e IDU	PoE e IDU
Servicios	Ethernet	Ethernet	Ethernet y TDM	Ethernet y TDM
HSS	Sí	Sí	No	Sí
Potencia de transmisión de la antena (Tx)	18 dBm	18 dBm	18 dBm	25 dBm

Tabla 2-1-1: Características típicas de las series ODU

**Unidad externa (ODU):**

Radwin presenta la ODU de Winlink en dos factores de forma diferente:

- ODU con una antena de panel plano integrada de 370 mm (1.2 pies). La ODU contiene el radio y la antena en una única unidad alojada en una caja sellada a prueba de agua.
- ODU con un conector para una antena externa (ODU conectorizada). La unidad esta provista de un conector tipo N<sup>33</sup>. El alcance del enlace se puede extender con el uso de una antena externa y, en algunas situaciones, contribuye para disminuir las interferencias ambientales.

Por los requerimientos de mi diseño elijo la ODU con antena integrada.

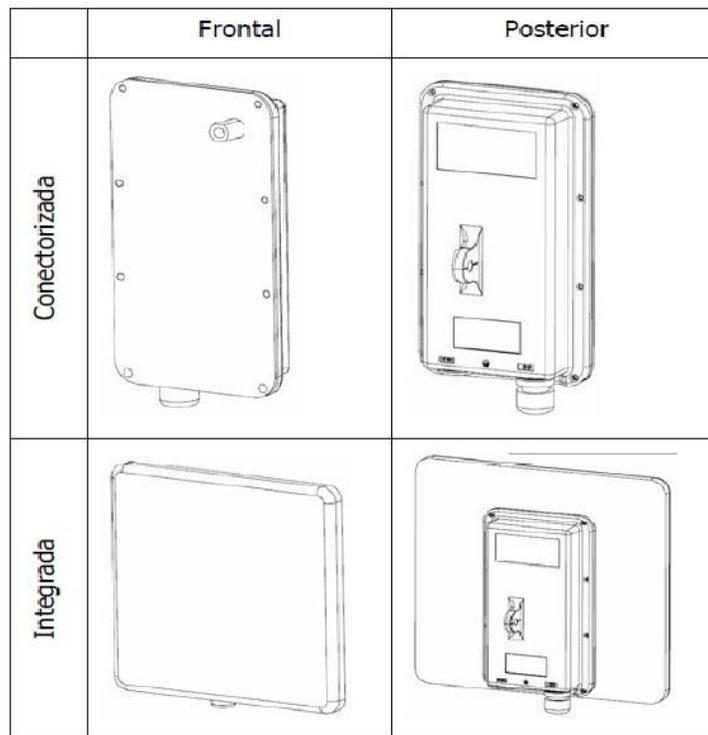


Figura 2-1-28: factores de forma de la ODU

<sup>33</sup> Los conectores tipo N son conectores roscados para cable coaxial, funcionando dentro de especificaciones hasta una frecuencia de 11 GHz.

	FCC/IC	ETSI	IDA (WPC India)	CN (MII China)	UK	HP (Universal)
2.3 GHz						2.302 - 2.397
2.4 GHz	2.402 - 2.472	2.402 - 2.482				2.312 - 2.482
2.5 GHz	2.496 - 2.690					
2.7 GHz						2.700 - 2.900
4.9 GHz	4.940 - 4.990					4.940 - 4.990
5.3 GHz	5.250 - 5.350	5.170 - 5.330				5.140 - 5.345
5.4 GHz	FCC: 5.475 - 5.720 IC: 5.475 - 5.595 5.655 - 5.720	5.490 - 5.710				5.475 - 5.720
5.7 GHz						5.690 - 5.880
5.8 GHz	5.730 - 5.845	5.725 - 5.875	5.825 - 5.875	5.730 - 5.845	5.725 - 5.845	5.720 - 5.880
5.9 GHz						5.730 - 5.950
6.0 GHz						5.795 - 6.030

Tabla 2-1-2: Winlink 1000 Bandas de frecuencias y normas de radio.

Claves para las abreviaturas:

FCC - Comisión Federal de Comunicaciones (Federal Communications Commission en inglés)

IC - Norma de radio canadiense

ETSI - Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones (European Telecommunications Standards Institute en inglés)

IDA - Norma india de radio WPC

CN - Norma de radio MII de China

UK - Oficina de comunicaciones - Requisito de interfaz de radio del Reino Unido

HP - No es una norma de radio específica

### La Unidad interna (IDU)

La IDU tiene puertos de servicio y proporciona la agregación de estos servicios hacia la ODU, que los transporta por aire. La IDU también proporciona alimentación a la ODU. Como podemos ver en la figura anterior, para WinLink 1000 Acces el dispositivo IDU soportado es únicamente el dispositivo PoE (Dispositivos con alimentación sobre Ethernet). Para dar solución a mi problema de acuerdo a las características del lugar podría utilizar un dispositivo PoE básico.

El dispositivo PoE básico proporciona únicamente servicio Ethernet, con alimentación para la ODU. El dispositivo PoE es extremadamente compacto, tiene un puerto Ethernet, un puerto ODU y una toma de alimentación de CA conexión macho de 3 pines estándar. Se puede utilizar con los radios WinLink 1000 y RADWIN 2000, siendo el primero el radio que estoy utilizando.



Figura 2-1-29: Dispositivo PoE básico - se muestra el puerto Ethernet de radio.

### Línea de transmisión

Pérdidas en la línea de transmisión  $0.68 \text{ dB}^{34}$ , aunque podría ser despreciable ya que hay menos de 100 metros de longitud en las mismas.

### Radio

Modelo de radio: WinLink 1000 access  
Poder de transmisión: 0.20 w  
Poder de transmisión (dBm): 23 dBm  
Nivel de recepción umbral: -87 dBm  
Máxima señal recibida: -40 dBm  
Margen de desvanecimiento dispersivo: 10 dB

---

<sup>34</sup> Decibelios.

	WinLink 1000 Access	Video Surveillance	WinLink 1000				WinLink 1000 HE	
<b>Capacidad</b> (throughput neto, dúplex completo)	2 Mbps	2/5 Mbps	18 Mbps					
<b>Alcance</b> (Máximo)	20 Km (13 millas)		80 Km (50 millas)					
<b>Ancho de banda del canal</b>	5 MHz para Access, el resto de los modelos 5 MHz, 10 MHz y 20 MHz (resolución de 5 MHz)							
<b>Modulación de radio</b>	OFDM (BPSK/QPSK/16 QAM/64 QAM)							
<b>Modificación y codificación adaptativa</b>	Soportada							
<b>Selección automática del canal</b>	Soportada							
<b>Tecnología dúplex</b>	TDD							
<b>Corrección de error</b>	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4							
<b>Velocidad [Mbps]</b>	6	9	12	18	24	26	48	54
<b>Modulación</b>	BPSK		QPSK		16 QAM		64 QAM	
<b>FEC [k=]</b>	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	2/3	3/4
<b>Potencia máxima de transmisión [dBm]</b>	23				20		16	
<b>Sensibilidad (dBm) @BER &lt;10e-11 (20 MHz)</b>	-87		-84	-80	-79	-73	-66	-62
<b>Cifrado</b>	AES 128							

Tabla 2-1-3: Características de desempeño del radio winlink.

**Parámetros de fiabilidad:** Determinado automáticamente.

**Parámetros de lluvia:** ITU-R P837\_3 rain database.

## RADWIN Manager

RADWIN Manager es una aplicación de administración basada en SNMP<sup>35</sup> que puede administrar un enlace completo a través de una única dirección IP<sup>36</sup>. También tiene la capacidad de administrar cada parte del enlace por separado.

La aplicación RADWIN Manager facilita la instalación y configuración del enlace entre las unidades ODU. RADWIN Manager es intuitivo y muy fácil de usar, tiene una interfaz gráfica basada en Microsoft Windows y se puede ejecutar en forma local y remota.

RADWIN Manager proporciona:

- Asistente de instalación.

<sup>35</sup> Simple Network Management Protocol- Protocolo Simple de Administración de Red.

<sup>36</sup> Protocolo de internet

- Selección de banda de frecuencia.
- Monitoreo en línea de la calidad de la interfaz radioeléctrica, lo que permite al administrador monitorear el servicio y el estado de cada enlace.
- Monitoreo en línea de las alarmas y QoS<sup>37</sup> del equipo.
- Prueba de loopback (bucle de retorno) local y remota.
- Asistente de configuración y configuración del sitio.
- Utilidad de actualización de software integrada.
- Manual de usuario y archivos de ayuda en línea.
- Calculador de Link Budget para calcular el desempeño esperado del enlace inalámbrico de WinLink 1000 y las posibles configuraciones de servicio para el alcance de un enlace específico.

RADWIN Manager se puede integrar fácilmente con cualquier sistema NMS basado en SNMP.

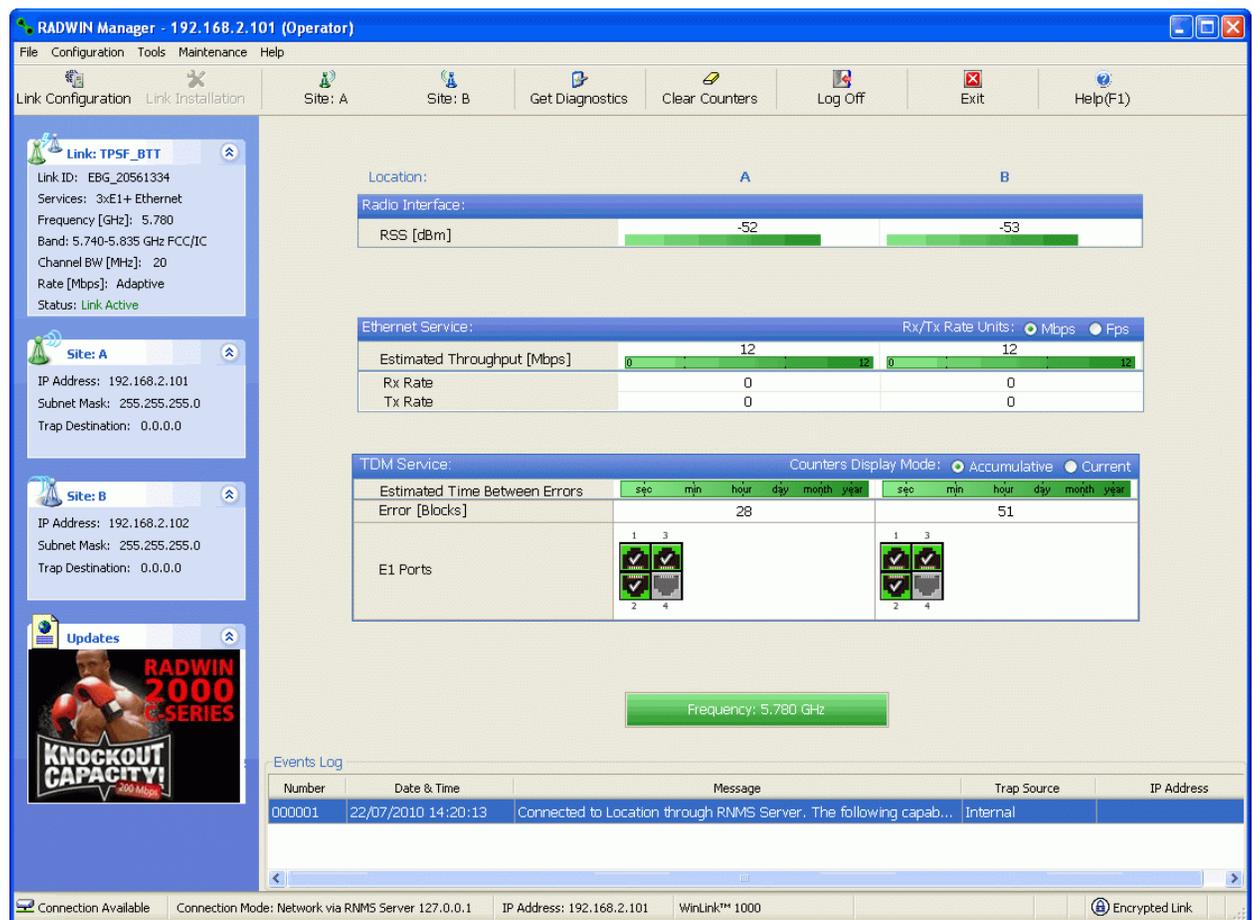


Figura 2-1-30: Ventana de RADWIN Manager.

<sup>37</sup> Quality of Service- Calidad de Servicio.

## Diseño del radioenlace obtenido

A continuación se presenta el diseño del radioenlace obtenido que permite tener el mejor escenario de cobertura en el sitio:

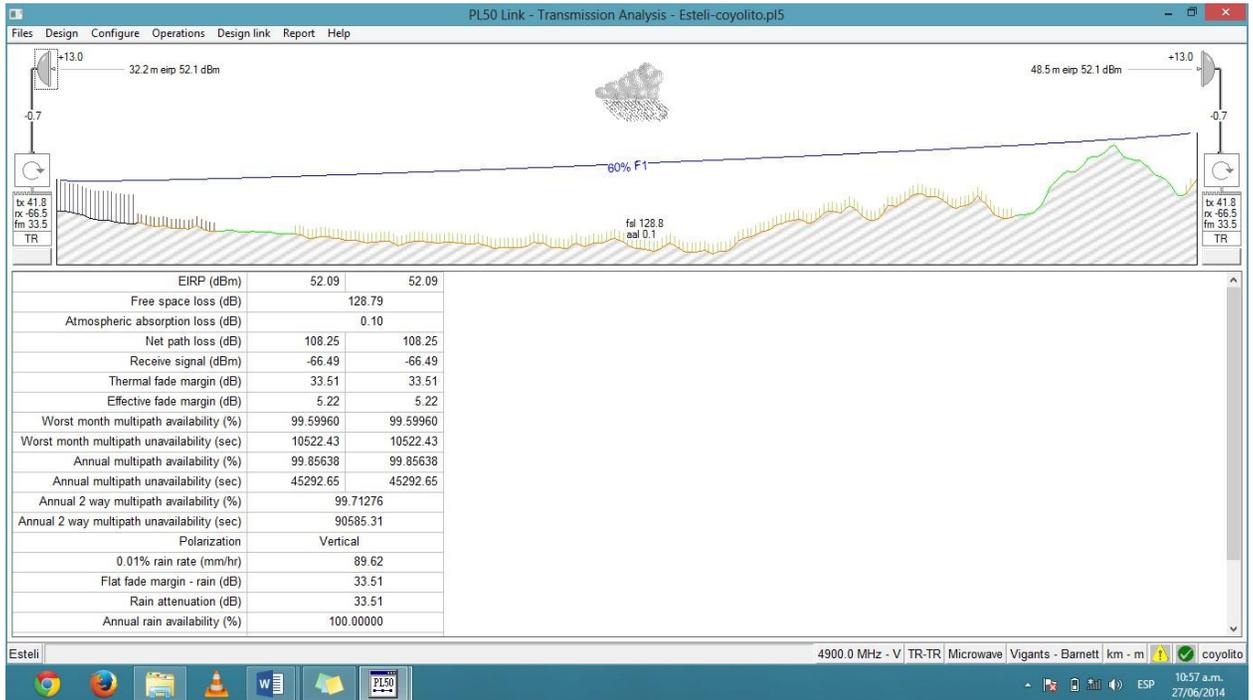


Figura 2-1-31: Análisis de transmisión con el mejor escenario del radioenlace.

## Resultados

De esta manera obtenemos los siguientes resultados:

EIRP (dBm)	56.08	56.08
Free space loss (dB)	128.79	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.10	
Net path loss (dB)	100.26	100.26
Receive signal (dBm)	-58.50	-58.50
Thermal fade margin (dB)	41.50	41.50
Effective fade margin (dB)	5.23	5.23
Worst month multipath availability (%)	99.60010	99.60010
Worst month multipath unavailability (sec)	10509.32	10509.32
Annual multipath availability (%)	99.85656	99.85656
Annual multipath unavailability (sec)	45236.20	45236.20
Annual 2 way multipath availability (%)	99.71311	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	90472.39	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	89.62	
Flat fade margin - rain (dB)	41.50	
Rain attenuation (dB)	41.50	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	99.71311	
Annual rain + multipath unavailability (min)	1507.87	

Tabla 2-1-4: Análisis de transmisión con el mejor escenario del radioenlace

Como podemos observar, mi diseño indica que tenemos una disponibilidad multitrayectoria mensual de 99.6% y anual de 99.8%, así como una indisponibilidad multitrayectoria mensual de 10509.32 segundos y anual de 45236.20 segundos, esto significa que tendremos una pérdida de la señal de 12.5 horas al año, que equivale a menos de un día, esto significa que tenemos un enlace efectivo.

### Reporte generado a través de Pathloss:

Esteli	coyolito	
Latitude	13 05 30.06 N	13 12 35.10 N
Longitude	086 21 19.54 W	086 19 44.80 W
Easting ( m)	569873.9	572692.0
Northing ( m)	1447363.7	1460428.6
UTM zone	16N	16N
True azimuth (°)	12.32	192.32
Vertical angle (°)	0.16	-0.25
Elevation (m)	845.54	878.01
Tower height (m)	42.00	48.45
Tower type	self supporting	guyed
Antenna model	WinLink 1000 Access (TR)	WinLink 1000 Access
Antenna gain (dBi)	17.00	17.00

Capítulo II: Sistema de radioenlace y red de área local

Antenna height (m)	32.22	48.45
TX line loss (dB)	0.68	0.68
Frequency (MHz)	4900.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	13.37	
Free space loss (dB)	128.79	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.10	
Net path loss (dB)	100.26	100.26
Radio model	WinLink 1000	WinLink 1000
TX power (dBm)	41.76	41.76
EIRP (dBm)	56.08	56.08
RX threshold level (dBm)	-100.00	-100.00
Receive signal (dBm)	-58.50	-58.50
Thermal fade margin (dB)	41.50	41.50
Dispersive fade margin (dB)	10.00	10.00
Dispersive fade occurrence factor		3.00
Effective fade margin (dB)	5.23	5.23
Climatic factor		2.00
Terrain roughness (m)		15.88
C factor		1.90
Average annual temperature (°C)		22.08
Fade occurrence factor (Po)		1.333E-002
Worst month multipath availability (%)	99.60010	99.60010
Worst month multipath unavailability (sec)	10509.32	10509.32
Annual multipath availability (%)	99.85656	99.85656
Annual multipath unavailability (sec)	45236.20	45236.20
Annual 2 way multipath availability (%)		99.71311
Annual 2 way multipath unavailability (sec)		90472.39
Polarization		Vertical
0.01% rain rate (mm/hr)		89.62
Flat fade margin – rain (dB)		41.50
Rain attenuation (dB)		41.50
Annual rain availability (%)		100.00000
Annual rain unavailability (min)		0.00
Annual rain + multipath availability (%)		99.71311
Annual rain + multipath unavailability (min)		1507.87

Tabla 2-1-5: Detalles de transmisión

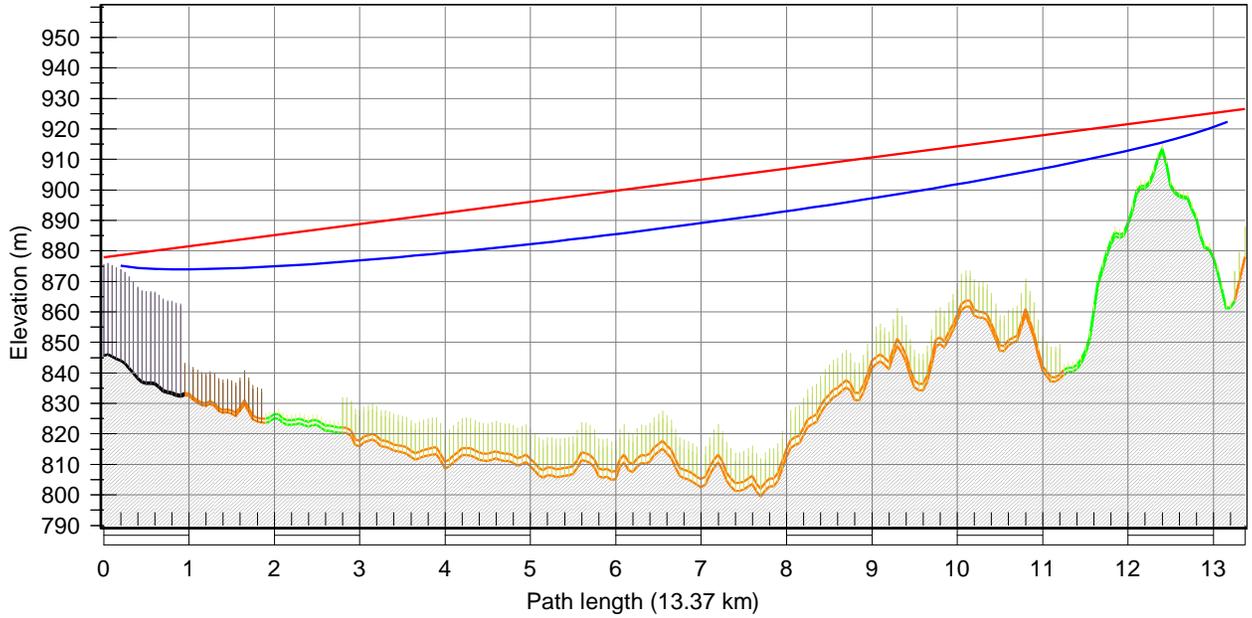


Figura 2-1-32: Sumario de transmisión.

F = 4900.00 MHz K = 1.33 %F1 = 100.0, 60.0

	Esteli	coyolito
Latitude	13 05 30.06 N	13 12 35.10 N
Longitude	086 21 19.54 W	086 19 44.80 W
True azimuth (°)	12.32	192.32
Vertical angle (°)	0.16	-0.25
Elevation (m)	845.54	878.01
Tower height (m)	42.00	48.45
Tower type	self supporting	guyed
Antenna model	WinLink 1000 Access (TR)	WinLink 1000 Access
Antenna gain (dBi)	17.00	17.00
Antenna height (m)	32.22	48.45
TX loss (dB)	2.68	2.68
RX loss (dB)	2.68	2.68
Radio model	WinLink 1000	WinLink 1000
TX power (dBm)	41.76	41.76
EIRP (dBm)	56.08	56.08
Receive signal (dBm)	-58.50	-58.50
Thermal fade margin (dB)	41.50	41.50
Effective fade margin (dB)	5.23	5.23
Annual 2 way multipath availability (%)		99.71311
Annual 2 way multipath unavailability (sec)		90472.39
Annual rain availability (%)		100.00000
Annual rain + multipath availability (%)		99.71311

Tabla 2-1-6: Sumario de transmisión.

Con estos reportes podemos definir las líneas futuras de trabajo a seguir una vez que este diseño se proceda a implementar.

## 2.2 Diseño y configuración de la red LAN

Una vez establecido el radioenlace, la tarea que sigue es diseñar la red LAN que funcionará dentro del laboratorio de computación. Para el diseño de la misma se hace uso del programa CiscoPacketTracer5 para simular la red y el programa VMware Workstation9 para crear máquinas virtuales que servirán para simular el funcionamiento de las computadoras una vez estén conectadas en red.

Recordemos que como se mencionó antes, actualmente el laboratorio cuenta con 3 computadoras de escritorio donde reciben clases de computación 12 estudiantes de secundaria del sector.



*Figura 2-2-1: Computadoras del laboratorio de computación-Escuela El Coyolito.*

Aquí se presenta la simulación de las mismas primero en CiscoPacketTracer5 y luego en VMware Workstation9:

## CiscoPacketTracer5

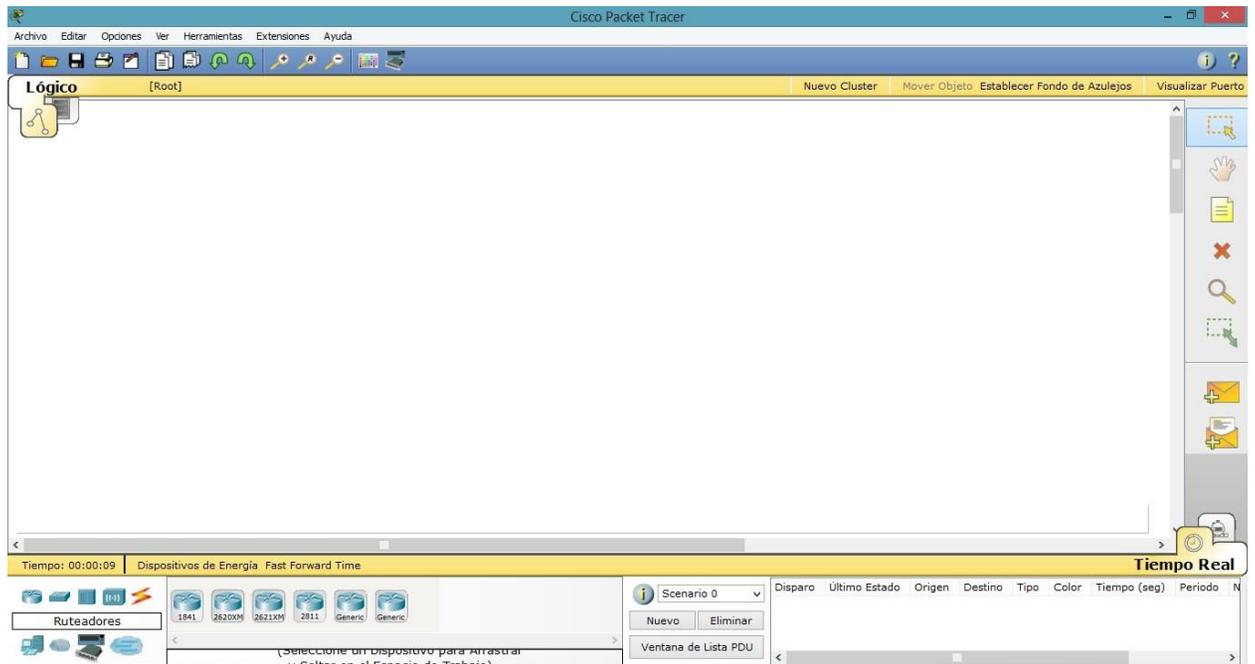


Figura 2-2-2: Entorno de CiscoPacketTracer5.

El primer paso para construir mi topología consiste en seleccionar los dispositivos y el medio que los conectan (conectores). En este caso usaremos dispositivos terminales (3 pc), un conmutador (Switch) y conectores haciendo click sobre los mismos. Luego los conectamos utilizando cable de cobre directo y seleccionando FastEthernet sobre la PC0 y FastEthernet0/1 en el switch, y repetimos el mismo procedimiento con las otras computadoras. Cuando la luz esté en verde, el puerto ha pasado a la etapa de envío.

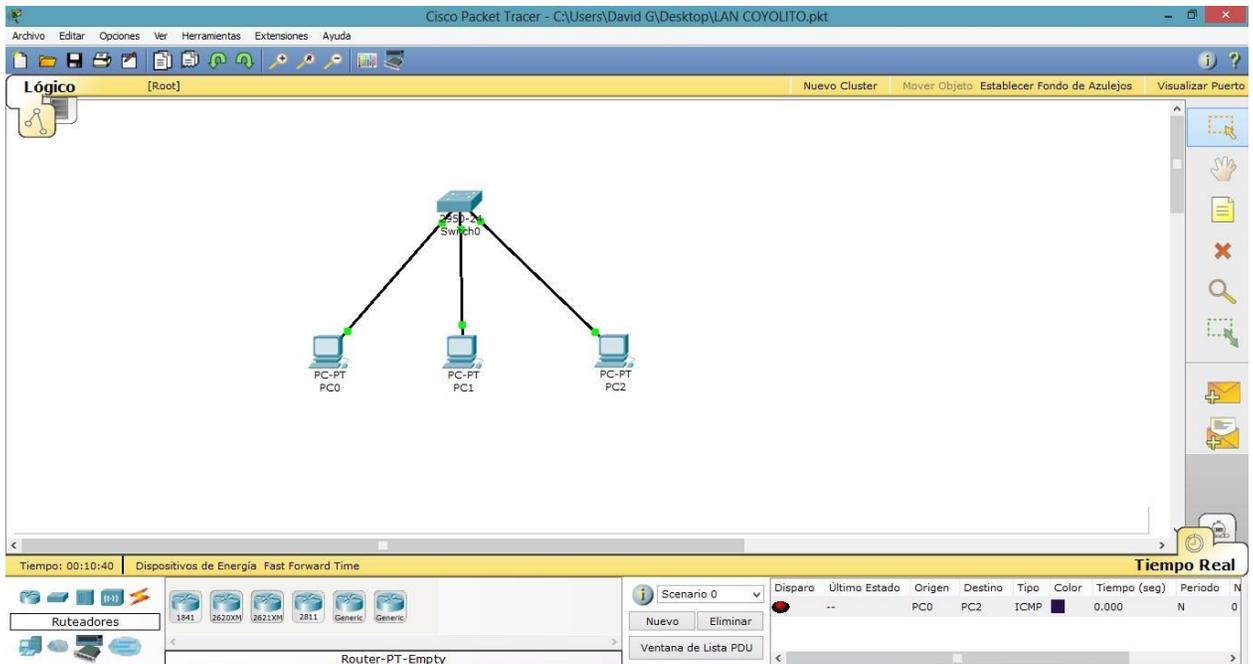


Figura 2-2-3: Agregando dispositivos y conectores.

Configuraciones (haciendo click sobre el dispositivo):

PC0:  
MAC: 0001.42C9.ED09  
Gateway: 172.16.1.1  
Servidor DNS: 172.16.1.100  
IP: 172.16.1.10  
Máscara de subred: 255.255.0.0

PC1:  
MAC: 0001.C9BO.ACID  
IP: 172.16.1.11  
Máscara de subred: 255.255.0.0

PC2:  
MAC: 00D0.5861.5DAE  
IP: 172.16.1.12  
Máscara de subred: 255.255.0.0

Ahora que tenemos lista la red podemos verificar la conectividad haciendo ping entre los dispositivos tanto en modo de tiempo real como en modo simulado.

## Capítulo II: Sistema de radioenlace y red de área local

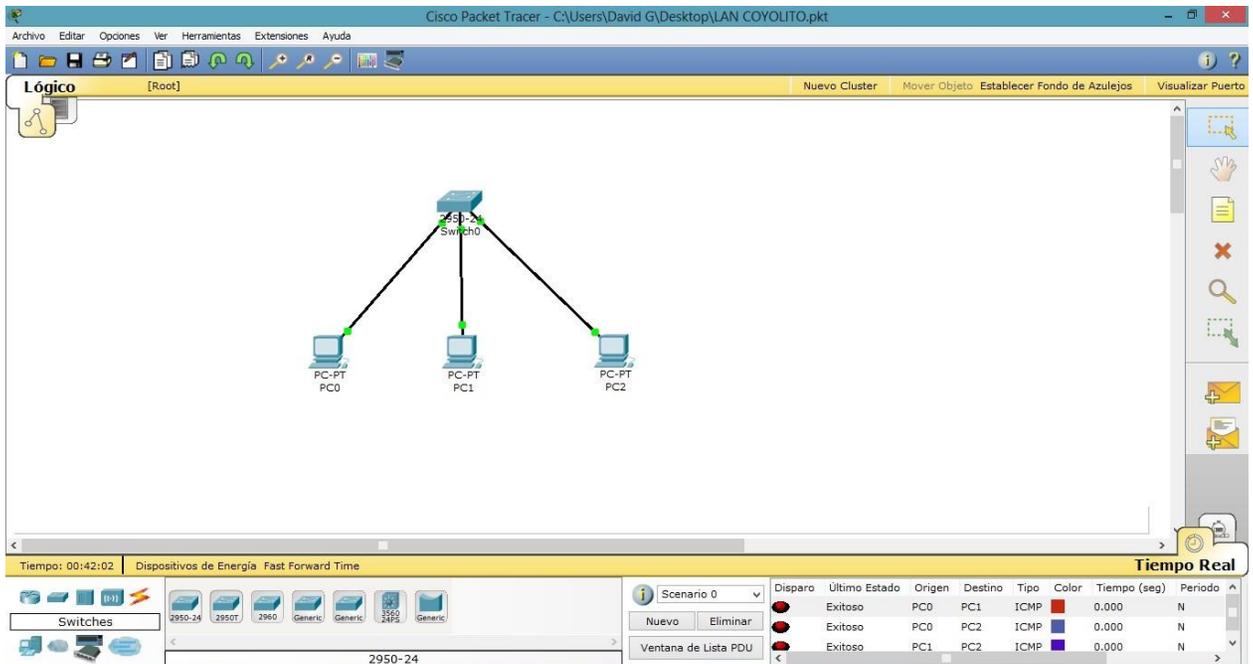


Figura 2-2-4: Conectividad en tiempo real.

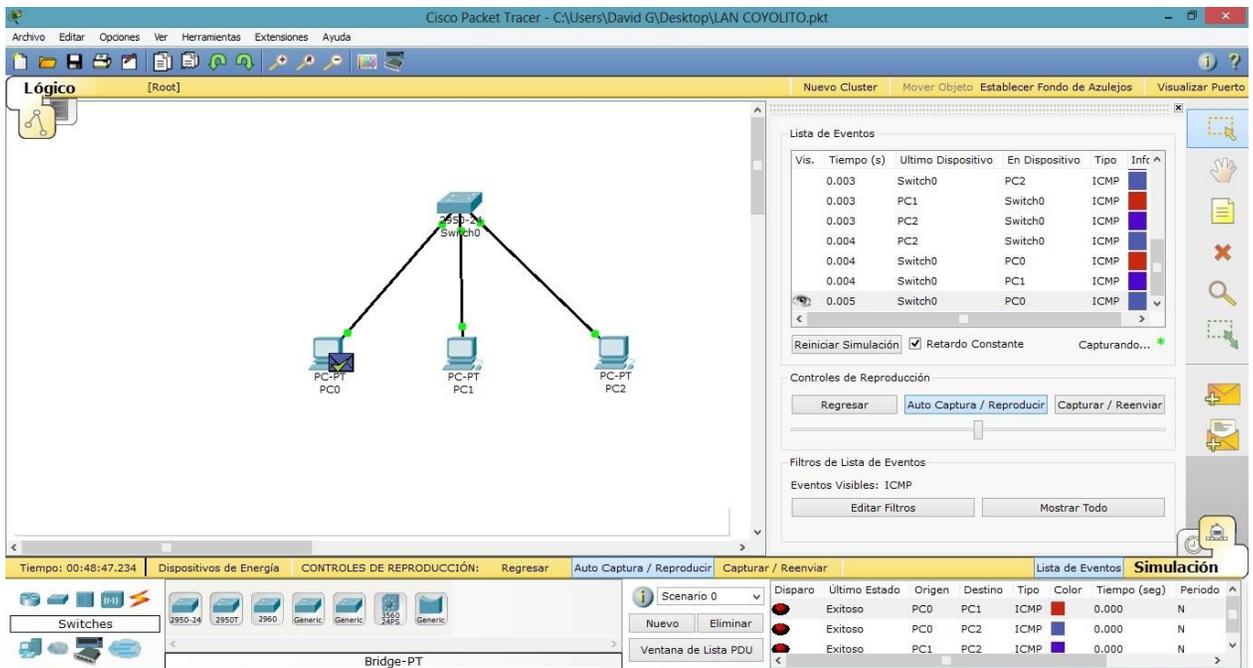


Figura 2-2-5: Conectividad en modo simulado.

## VMware Workstation9

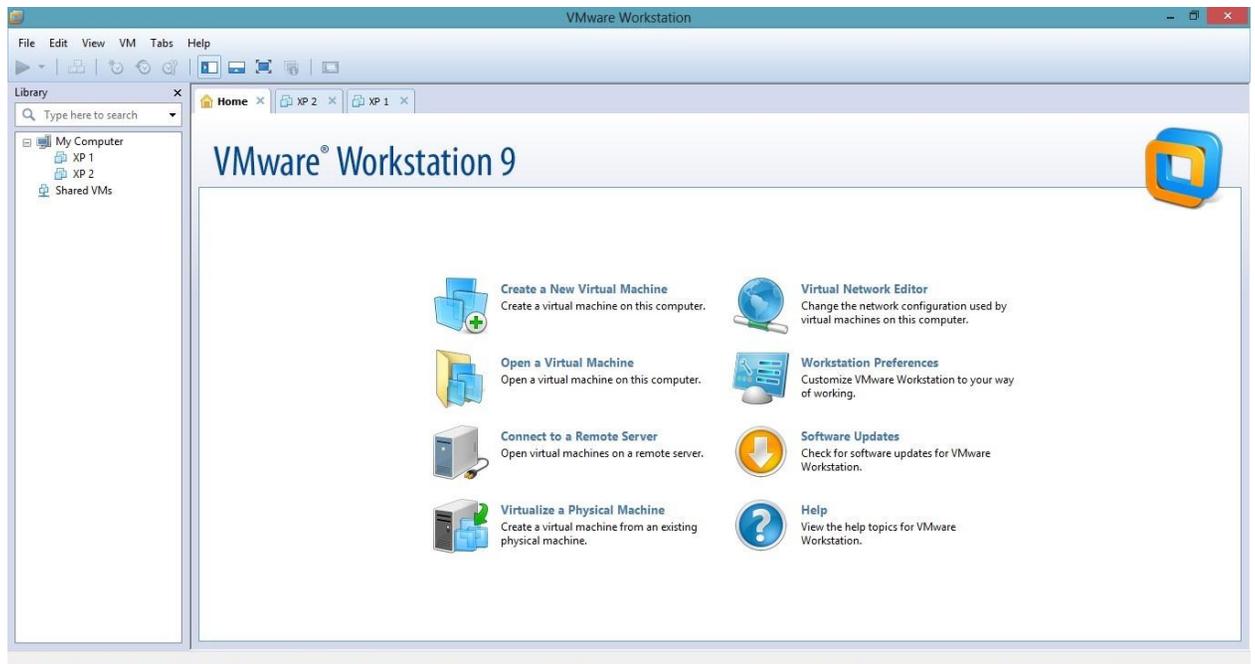


Figura 2-2-6: Entorno de VMware Workstation9.

El procedimiento consiste en crear las máquinas virtuales que necesite con sus diferentes dispositivos. En este caso son 3 computadoras, por tanto procedo a crear 2 máquinas virtuales (XP1 y XP2) y mi computadora personal será la computadora 3 donde controlaré la XP1 y XP2. Los datos de cada computadora fueron tomados durante la visita al lugar.

XP1:

Memoria: 512 MB

Procesador: dual core

Disco duro: 20 GB

Sistema operativo: Windows XP Professional

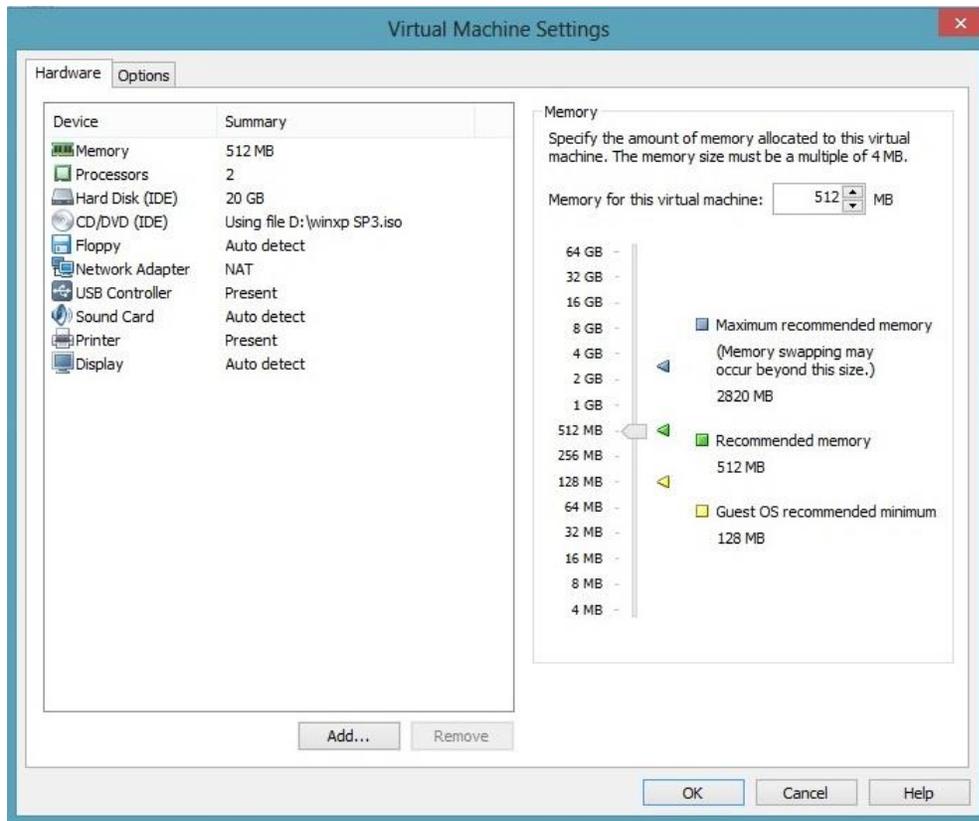


Figura 2-2-7: Creando máquina virtual XP1.

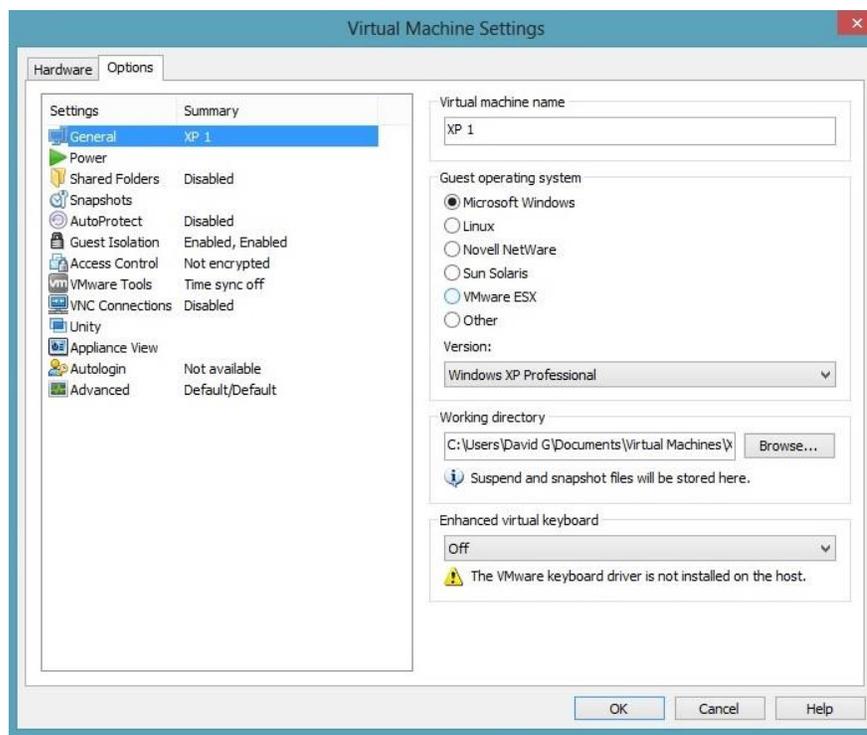


Figura 2-2-8: Seleccionando sistema operativo de máquina virtual XP1.

XP2:  
Memoria: 512 MB  
Procesador: dual core  
Disco duro: 20 GB  
Sistema operativo: Windows XP Professional

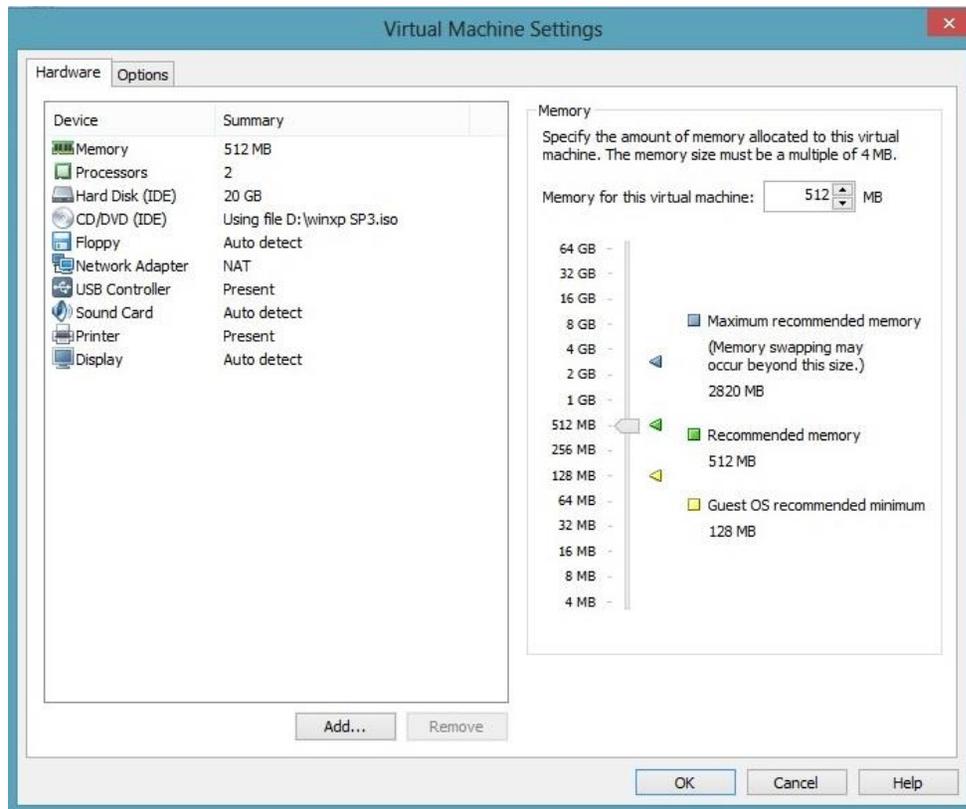


Figura 2-2-9: Creando máquina virtual XP2.

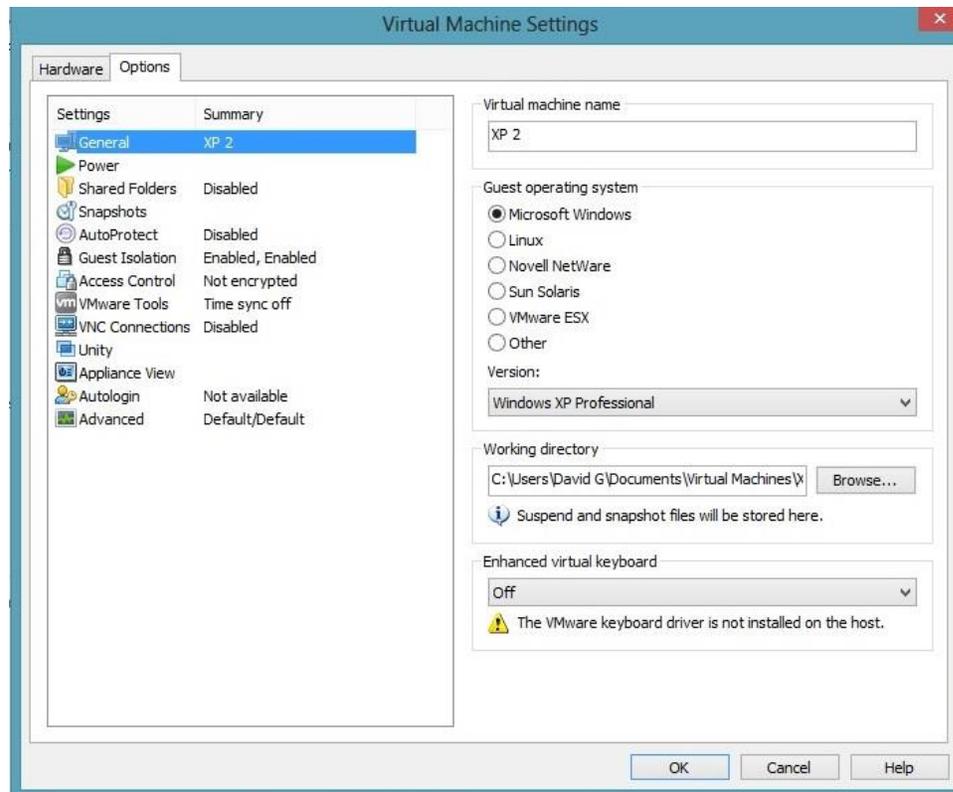


Figura 2-2-10: Seleccionando sistema operativo de máquina virtual XP2.

Una vez teniendo las máquinas virtuales las conecto en red y podemos observar su funcionamiento en el programa.

Para la construcción de la red se utilizará normas y estándares de diseño como IEEE 802.11i que define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN<sup>38</sup>. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

<sup>38</sup> *Wireless local area network* - red de área local inalámbrica

### CAPITULO III

#### VALORES REFERENCIALES DE INVERSIÓN DEL PROYECTO

A continuación se presenta, una vez concluido el diseño, los costos de inversión, así como los requerimientos de regulación legal para la realización de la ruta, para luego obtener un valor total de inversión que necesitaría este proyecto. Obteniendo la siguiente información:

#### 3.1 Costo de equipos de radio y red LAN

	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIDAD(Dólares)	P. TOTAL(Dólares)
RADIOENLACE	2	Unidad IDU (Dispositivo PoE básico) [18]	70	140
	2	Cable CAT5e(100 m) [21]	393.97	787.94
	2	Unidad ODU(WinLink 1000 Access) [17]	399	798
	16 tramos(cada tramo equivale a 3	Construcción de Torre Guyed [20]	55	880

Capítulo III: Valores referenciales de inversión del proyecto

	m)			
		Instalación del sistema microondas [20]	273.90	273.90
	2	Terreno para fijar torres	0	0
<b>RED LAN [19]</b>	1	Switch en core 8 puertos LAN	25	25
	3	tarjetas de red Ethernet Realtek tecnología PCI <sup>39</sup>	15	45
	10 m	cable de red	0.45	4.50
	12	Conectores de red	0.30	3.60
	6	Canaleta de red	1.30	7.80
	3	Terminales de	1.90	5.70

<sup>39</sup> Peripheral Component Interconnect- Interconexión de Componentes Periféricos. Es un bus de ordenador estándar para conectar dispositivos periféricos directamente a su placa base.

Capítulo III: Valores referenciales de inversión del proyecto

		red wallplate		
	5 m	Cable dúplex eléctrico	1.14	5.70
	1	Conector de electricidad	0.96	0.96
<b>TOTAL</b>				2978.1

Tabla 3-1: Costo de inversión.

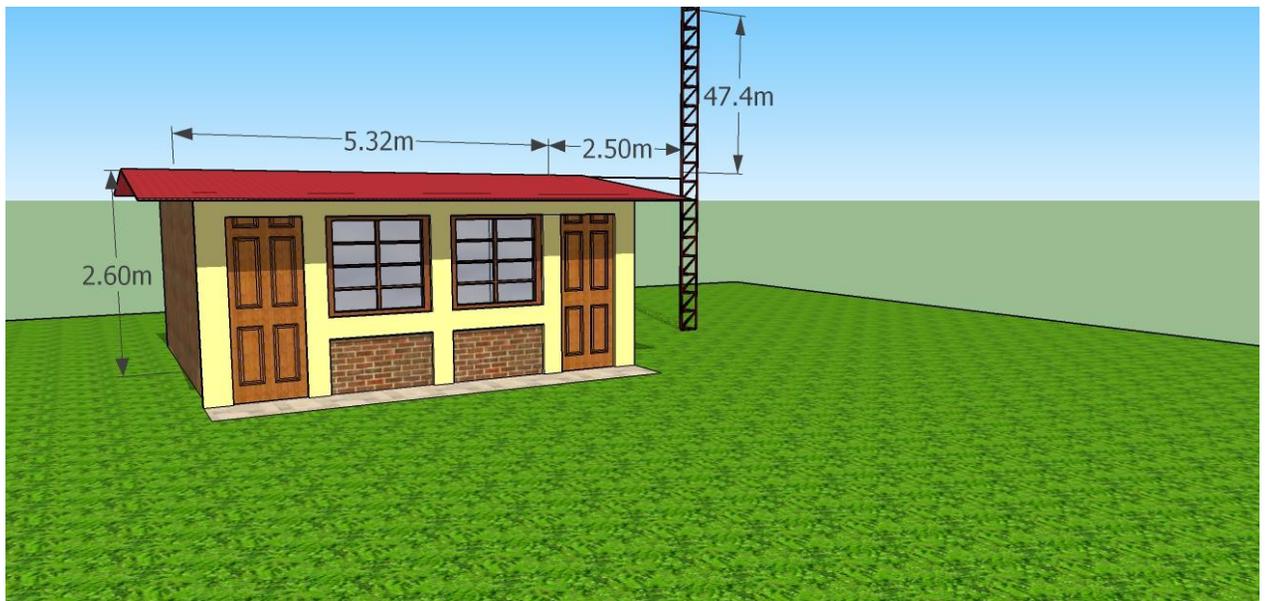


Figura 3-1-1: Especificaciones de distancia de cable CAT5e

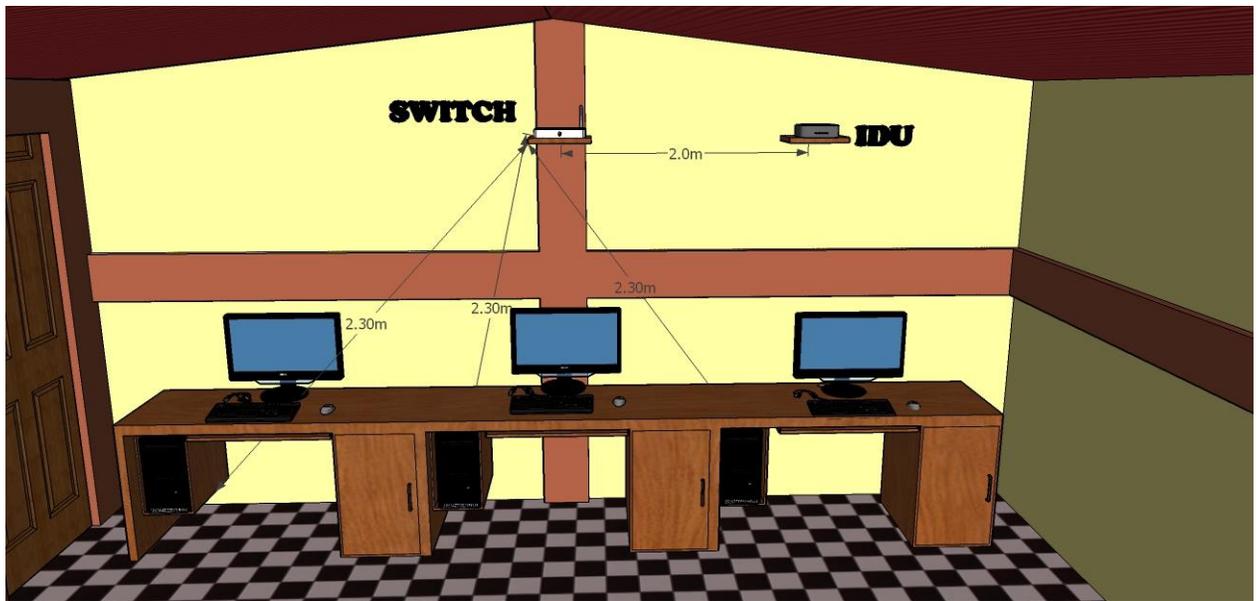


Figura 3-1-2: Especificaciones de distancia de cable de red.

### 3.2 Otras especificaciones

- Mensualidad servicio de conexión a la red global (2 Mb): 36.73 dólares.
- Alquiler de la torre de claro para transmisión (Self supporting): 1700 dólares sin mantenimiento y 5000 dólares con mantenimiento incluido. [22]
- No necesitamos invertir en terreno ya que la torre de transmisión se alquilará a claro y la de recepción se encuentra dentro de los terrenos de la escuela.
- Estos precios no incluyen los costos de mano de obra de instalación de la red LAN. Algunos precios fueron convertidos de córdobas a dólares con una tasa de cambio de 26.30 córdobas el dólar.

## CONCLUSIONES

- El sistema de microondas es una novedad en el sector que, una vez que se implemente llegará a satisfacer la necesidad de internet para la educación.
- Las características del equipo de microondas utilizado por la ruta diseñada permite un correcto funcionamiento del sistema.
- Para escoger las características que debe tener el sistema de radio microondas que se ajusten a las necesidades de la escuela el coyolito se ha considerado como principales parámetros en orden de importancia, a: confiabilidad de los equipos, experiencia de trabajo con marcas utilizadas, potencia de trabajo, velocidad de datos, precio, soporte técnico, tamaño de los equipos, seguridades, facilidades de manejo y estándares recomendados para enlaces microondas.
- La altura de las antenas se justifica con las características geográficas del lugar para poder lograr un buen desempeño del enlace microondas, proporcionando una línea de vista libre de obstrucciones.
- El sistema de radioenlace se ajusta eficientemente a las necesidades actuales y futuras de tráfico en la región.
- En el lugar donde se realizaría las instalaciones del sistema, se pudo confirmar que existe el espacio físico y capacidad de energía necesaria para colocar los equipos de radio microondas y las antenas.
- Los niveles teóricos de potencia de recepción permiten asegurar que la operación del enlace son técnicamente posibles y que trabajarían dentro de las recomendaciones del fabricante de los equipos de radio.
- El valor para la adquisición e implementación de un sistema de radio microonda y que cumpla con las características del diseño realizado en este proyecto es de 2978.1 dólares lo cual es un bajo costo para los beneficios que tendría la escuela y representaría una inversión factible para la educación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Torres Jiménez, José Luis. «Estudio de radio propagación VHF extendido y ubicación de antena para comunicación tierra-aire». Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de ingeniería electrónica. Medellín 2006.
- [2] Marugan Merinero, Juan. «Diseño de infraestructura de red y soporte informático para un centro público de educación infantil y primaria» Escuela universitaria de informática. Junio 2010.
- [3] Rosero Almeida, Víctor Vinicio. «Análisis de alternativa de optimización del sistema de comunicaciones petroproducción enlace distrito quito- distrito amazónico». Escuela politécnica nacional. Quito, enero 2007.
- [4] Martínez Faneyth, Luis Alejandro. «Diseño de una Red de Radio Enlaces que permita interconectar al operador 103,7 FM con la región centronorte del país». Maracay, Julio 2008.
- [5] «Normativa de Culminación de Estudios». Consejo Universitario, Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua 1995.
- [6] «Radiocomunicaciones.pdf»
- [7] Ing. López Bravo, Luis Francisco. «Packet Tracer – Creando una nueva topología». Universidad Nacional de Ingeniería.
- [8] «Sistema inalámbrico de transmisión de banda ancha, Manual del usuario Winlink 1000, versiones 1.9.30»
- [9] Buettrich, Sebastian. «Cálculo de Radioenlace».
- [10] Ponce, Enrique de miguel; Molina Tortosa, Enrique; Monpó Maicas, Vicente. « Redes wifi inalámbricas manual».
- [11] Ramos Pascual, Francisco. «Diseño de radioenlaces». Universidad Politécnica de Valencia.
- [12] «Pathloss 4.0 manual».
- [13] <http://orientacion.galeon.com/>
- [14] <file:///G:/tesis/Información/MANUAL-DE-PATH-LOSS-4.htm>
- [15] <http://www.networkcomputing.com/netdesign/wireless1.html>
- [16] <http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

[17] [http://www.ebay.com/itm/Radwin-Winlink-1000-ODU-HE-F58-FCC-AT0060310-/281387012746?pt=LH\\_DefaultDomain\\_0&hash=item4183f9128a](http://www.ebay.com/itm/Radwin-Winlink-1000-ODU-HE-F58-FCC-AT0060310-/281387012746?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item4183f9128a)

[18] TELSSA, Telecomunicaciones y Sistemas S.A.

[19] PC sistemas.

[20] LGB Nicaragua (Luis Garcia Barrera) <http://www.grupolgb.com/>

[21] <http://gictronics.com/4556-at0040106-radwin-2000-winlink-1000-100m-cat5-idu-odu-outdoor-ethernet-cable.html>

[22] Ing. José Francisco Valle Velázquez, Responsable de equipo de mantenimiento Claro – Esteli.



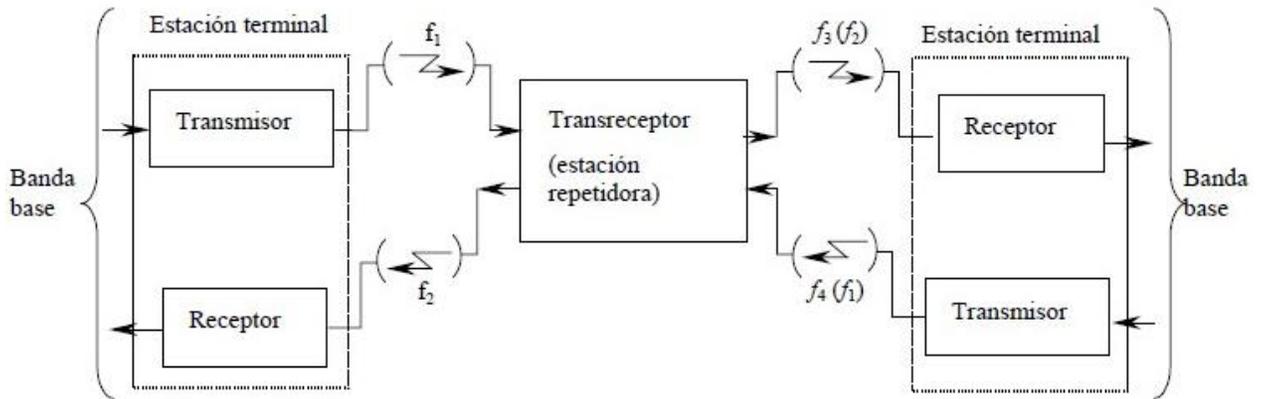


Figura: Elementos de un sistema de radio.

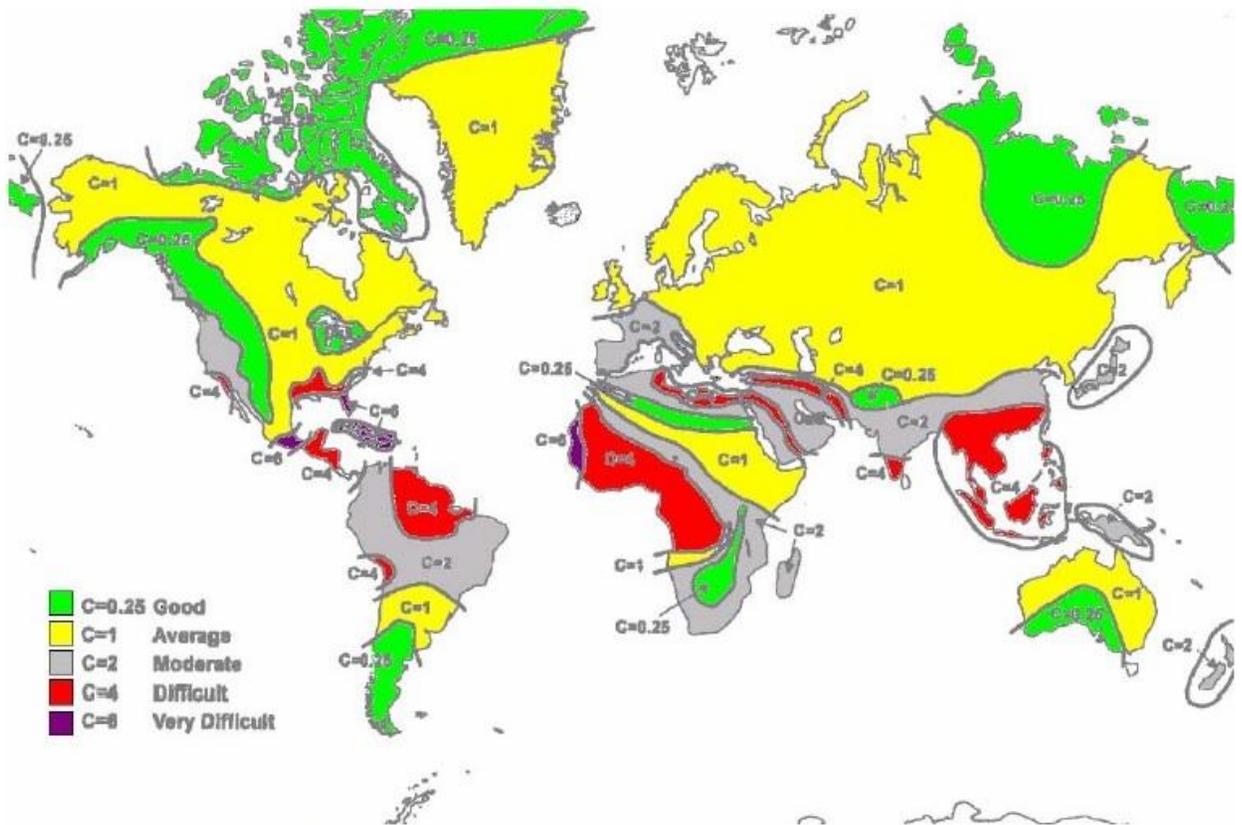


Figura: Contornos del factor C

# Climate/Terrain Factor

Value	Description
Good (C=0.25)	Mountains and dry climate
Average (C=1)	Average terrain and climate
Moderate (C=2)	Moderate terrain and climate
Difficult (C=4)	Over water or humid climate
Very Difficult (C=6)	Extreme humid climate

*Figura: Valores del factor C.*



*Figura: Kit de instalación de ODU.*



# PC' SISTEMAS

COMPUTADORAS PERSONALES Y SISTEMAS.

Dirección: Esc. 16 de Julio 4c. al Norte, Estelí, Nicaragua.

CEL: 8697-5452 / MAIL: gaitanr@gmail.com / RUC: 1611104790000V

Cliente: David Gaitán

Dirección: Estelí

Teléfono: 88407781

Fecha: 16/08/2014

**PROFORMA.**

Cant.	Descripción	Precio en dólares	
		P.U.	Total \$
1	Switch encore 8 puertos LAN	25.00	25.00
3	Tarjetas de red Ethernet Realtek	15.00	45.00
1	Metros de cables de red	0.45	0.45
1	Conector RJ45	0.30	0.30
1	Canaleta de red	1.30	1.30
1	terminales de red Wallplate	1.90	19.00
		<b>Total :</b>	<b>\$ 91.05</b>

Oferta válida por 25 días.

Nuestros precios ya incluyen IVA.

Ing. Gonzalo Gaitán Rugama.  
representante PC' Sistemas.

Figura: Proforma PC' SISTEMAS