

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN.**



**RED DE BANDA ANCHA RURAL INALÁMBRICA PARA COMUNIDAD WASA  
KING, MINA ROSITA, REGIÓN AUTÓNOMA ATLANTICO NORTE DE  
NICARAGUA.**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO.**

**AUTOR:**

**Br. Berrios Sevilla Jorge Luis.  
Br. Izaguirre Galán Rodrigo José.**

**TUTOR.**

**Msc. Oscar Napoleón Martínez.**

**Managua, Nicaragua. 2017**

## AGRADECIMIENTOS.

### Dedicatoria.

- Dedico y doy gracias de este trabajo primero a Dios por darme la vida y permitirme llegar a esta etapa en la vida.
- A mis padres, por ser los que han dado el apoyo incondicional en todo momento y a mis profesores que fueron los encargados de guiarme en el camino al conocimiento.

***Br. Jorge Luis Berrios Sevilla.***

- Dios, sobre todas las cosas en este universo, por guiarme en todo momento de mi existir.
- Mis padres por ser el eje de apoyo incondicional, estando presente cuando más los necesito.
- Docentes, factores fundamentales en mi formación académica.

***Br. Rodrigo José  
Izaguirre Galán.***

## **RESUMEN.**

El acceso a las tecnologías es cada vez más urgente en nuestro país como proceso de aprendizaje y tecnificación, es por eso que se está trabajando para reducir la brecha digital en zonas rurales con la implementación de proyectos TIC para el desarrollo socioeconómico los cuales están trayendo excelentes resultados.

Rosita es un municipio ubicado a 480 Km del casco urbano de la ciudad de Managua, a una distancia de 13.5km a Wasa king, se encuentra a una altitud de 304 metros sobre el nivel del mar, cuenta según el último censo con una población 16,344 habitantes.

Uno de los problemas que tienen los pobladores de la comunidad Wasa king es el difícil acceso terrestre hacia Rosita más en época de invierno, así mismo la dificultad de acceso a servicios de telecomunicación en especial internet, por lo que se ven obligados a movilizarse hacia Rosita para poder comunicarse.

Debido a la problemática existente en la comunidad de Wasa king, en la presente investigación se ha desarrollado un diseño de radioenlace punto a punto para proporcionar internet a dicha comunidad con el propósito de llevar esta red de datos a los estudiantes y comunidad y proporcionar mejor vida socio-económica.

El Proyecto consiste en crear un radioenlace fiable y de calidad. Todo el proyecto iniciará en la alcaldía de Rosita como punto proveedor de internet hacia la comunidad de Wasa king.

## TABLA DE CONTENIDO.

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1 Objetivo General:.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos: .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Definición de Radioenlace:.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Vano: .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Antenas utilizadas:.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Parámetros básicos de un radioenlace:.....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Evaluación de la indisponibilidad:.....</b>	<b>11</b>
<b>2.6 Evaluación de la fidelidad o calidad.....</b>	<b>13</b>
<b>2.7 Radio Mobile.....</b>	<b>15</b>
<b>2.8 Tecnologías Utilizadas para Brindar Internet en Zonas Rurales.....</b>	<b>16</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO, ASPECTOS LEGALES, EQUIPOS TÉCNICOS REQUERIDOS EN EL RADIOENLACE Y ANCHO DE BANDA NECESARIO.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Comunidad Wasa king - Rosita.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.1 Parametros legales y aspetos tecnicos requeridos .....</b>	<b>210</b>
<b>3.1.2 Aspectos legales para ejecucion de radioenlace.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Equipos Tecnicos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1 Equipos de radio .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.2 Formas en las que se puede utilizar.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Equipos de red LAN .....</b>	<b>131</b>
<b>3.4 Energia solar necesaria .....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 Ancho de banda.....</b>	<b>35</b>
<b>4. SIMULACION, ANALISIS DE DISPONIBILIDAD, FIDELIDAD Y CALIDAD DEL RADIOENLACE .....</b>	<b>38</b>
<b>4. Simulacion .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Ubicación de cada estacion .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Determinacion del vano .....</b>	<b>411</b>

---

4.3 Frecuencia de operación .....	41
4.4 Propiedades de la red .....	42
4.5 Calculos teoricos.....	49
<b>5. PRESENTACION DEL PRESUPUESTO DEL RADIOENLACE Y LA VIABILIDAD DEL PROYECTO .....</b>	<b>65</b>
5.1 Presupuesto comunidad rosita:.....	63
5.2 presupuesto total del vano:.....	64
<b>6. CONCLUSIÓN. ....</b>	<b>65</b>
<b>7. RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>69</b>

## TABLA DE ILUSTRACIONES.

<i>Ilustración 1 Muestra de la toma de coordenadas mediante la aplicación MY GPS.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 2: Muestra de equipo de radio.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 3: Patrón de radiación de las antenas.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 4: Configuración como punto de acceso.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 5: Configuración como enlace punto a punto.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 6: Configuración como antena Wi - Fi.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 7: Interfaz de configuración.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 8: Conexión y función del POE.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 9: Muestra de switch a trabajar.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 10: Cable UTP.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 11: Diagrama básico del Sistema Eléctricos con paneles solares. ...</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 12: Propiedades del mapa.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 13: Ingreso de las coordenadas de Rosita en Radio Mobile.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 14: Ubicación Rosita Comunidad de Wasa king.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 15: Canales de frecuencia.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 16: Parámetros del vano.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 17: Topología de la red.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 18: Miembros pertenecientes al vano del radioenlace.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 19: Ingreso de las características en radio Mobile.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 20: Ingreso de las características del NanoStation M2 en radio mobile.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 21: Todos los puntos del radioenlace conectados.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 22: Conexión entre Rosita y Wasa king.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 23: Vista del radioenlace en Google Earth.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 24: Análisis del vano correspondiente a Rosita y Wasa king.....</i>	<i>49</i>

## LISTA DE TABLAS.

<i>Tabla 1: Objetivos de disponibilidad y fidelidad que los radioenlaces deben cumplir según la ITU.....</i>	14
<i>Tabla 2: Clasificación de la calidad del Radioenlace.....</i>	15
<i>Tabla 3: Información del sistema de los equipos de radio.....</i>	24
<i>Tabla 4: Especificaciones NanoStation M2. ....</i>	25
<i>Tabla 5: Determinación de los equipos de radio a utilizar. ....</i>	45
<i>Tabla 6: MTTR y MTBF recuperación de los equipos Ubiquiti. ....</i>	56
<i>Tabla 7: Signatura de algunos esquemas de modulación. ....</i>	60
<i>Tabla 8: Parámetros de calidad del vano del radioenlace. ....</i>	61
<i>Tabla 9: Presupuesto para Rosita. ....</i>	63
<i>Tabla 10: Presupuesto para Wasa king.....</i>	64
<i>Tabla 11: Presupuesto General.....</i>	64

## CAPÍTULO I.

En este capítulo abordaremos la parte inicial de nuestro trabajo monográfico mostrando la introducción, planteamiento del problema, nuestros objetivos justificación, antecedentes y nuestro aporte monográfico.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento, tiene como objeto el diseño y simulación de una red inalámbrica, bajo la finalidad de brindar acceso a los servicios de banda ancha incluyendo telefonía IP a comunidades que han quedado rezagados en la brecha digital [1]. Para este propósito se considerará un escenario definido como área rural llamado Wasa King de Rosita [14] [15], municipalidad perteneciente a la Región Autónoma Atlántico Norte de Nicaragua (RAAN). En este trabajo realizará el análisis técnico mediante el uso del estándar IEEE 802.11b (Wi-Fi) [19] [4], por ser una tecnología económica, accesible y ampliamente utilizada en escenarios similares a estas zonas alejadas del entorno urbano. El acceso de banda ancha es una de las necesidades más grandes que los pobladores de la comunidad de Wasa King de Rosita [14] [15] han presentado en los últimos años; los intentos por obtener servicios de banda ancha [16] han sido innumerables por parte de los pobladores de dicha comunidad, con resultados poco prometedores, tomando en cuenta que esta zona del atlántico nicaragüense cuenta con un alto índice de desempleo y subdesarrollo.

El ente regulador de la telecomunicaciones de Nicaragua (TELCOR)[3], mediante el Fondo de Inversión de Telecomunicaciones (FITEL) el cual tiene como razón de ser, el garantizar el acceso a los servicios de telecomunicaciones y tecnologías de la información a todos los habitantes de áreas rurales y de bajos ingresos del país, a través del financiamiento de proyectos orientados a la provisión de dichos servicios; tiene como objetivo el llevar el acceso de banda ancha a la comunidad de Wasa King de Rosita[14][15] en la Región Autónoma del Atlántico Nicaragüense.

De aquí el equipo que llevará a cabo este proyecto de culminación de estudios se puso en contacto con representantes de TELCOR [3], siendo atendidos por el Ing.

Eddy Ampié, actual responsable de la Unidad Coordinadora de Proyectos de esta institución, para determinar como a través de este trabajo monográfico[4] es posible ayudar a conseguir dicha meta, siendo la principal contribución, el diseño de la red, para que de esta manera pueda evaluarse su posible implementación, de forma que este escenario se convierte en una propuesta de culminación de estudios basada en una necesidad real donde estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería del área de Comunicaciones y Tecnologías[11] de la Información pueden contribuir al desarrollo de las TIC en Nicaragua, especialmente en zonas rurales que aún están bajo la brecha digital[22].

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Según los estudios realizados por las entidades estatales y en principio TELCOR, la población de Nicaragua que tiene acceso a internet es apenas del 14%, siendo las zonas rurales las más afectadas al quedar prácticamente incomunicadas, debido a los elevados costos de operación que representa implementar una red de banda ancha en estas zona por parte de los proveedores comerciales de estos servicios. Wasa King, una comunidad donde se vive de la agricultura rudimentaria, madera, ganadería, artesanía de bambú, servicios de medicina tradicional, comercio, caza, pesca y recolección, con altos índices de pobreza y sostenida por donaciones, ubicada a 13.5 km de Rosita sobre el río Bambana, y de difícil acceso vehicular más en época de invierno, debido a eso y a otros motivos TELCOR implementará una red inalámbrica de acceso a internet y telefonía IP de bajo costo como parte del servicio universal a las telecomunicaciones y metas del milenio mediante tecnología Wi-Fi. Estas comunidades al no tener ningún tipo de servicio para comunicarse.

Wasa King es una comunidad en la cual su población se ve en la necesidad de movilizarse a otro sector en este caso a Rosita para poder hacer uso de algún tipo de recurso ya sea este telefónico o de internet y así poder comunicarse, lo cual llega a determinar una necesidad inminente de llevar el acceso de banda ancha a esta zona rural del Caribe nicaragüense, implementando tecnología inalámbrica y proporcionando así los diferentes tipos de servicios que las personas de esta comunidad necesitan para poder comunicarse y entrar en contacto con nuevas oportunidades de desarrollo para ellos y para su región.

## 1.2 OBJETIVOS.

### 1.2.1 Objetivo General:

- Diseñar un sistema de comunicación inalámbrico mediante el estándar IEEE 802.11bgn Wi-fi que permita el acceso a Internet y telefonía IP en la comunidad rural Wasa King, Rosita perteneciente a la RAAN.

### 1.2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar los parámetros legales y equipos técnicos involucrados en la elaboración del diseño del radioenlace punto-punto.
- Determinar los requerimientos básicos y aspectos técnicos relacionados al diseño del proyecto.
- Establecer el ancho de banda necesario para proporcionar una buena velocidad de internet en la escuela.
- Evaluar la calidad del radioenlace en cuanto a disponibilidad y fidelidad.
- Simular la red de radioenlace.
- Realizar un presupuesto detallado para la previsión o estimación de gastos en la posible implementación del proyecto.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN.

La propuesta de nuestro proyecto tiene como objetivo el diseño y simulación de una red inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.11.bgn, partiendo del punto de vista económico, por el bajo costo que representa esta tecnología (diseño, simulación, implementación), por el bajo mantenimiento de la misma y una en la cual se puede brindar los servicios de telefonía IP y acceso a internet de banda ancha, así mismo cabe mencionar el aspecto técnico ya que no requiere de grandes procesos ingenieriles para su implementación respecto a un estudio de radioenlaces vía microondas con bandas licenciadas o de telefonía móvil. Los pobladores de la comunidad de Wasa King están en la necesidad de utilizar estos servicios debido a que las compañías de telefonía móvil y proveedores de servicios de internet no tienen presencia en esta zona del país, por alto coste de una implementación y la difícil recuperación monetaria de una inversión, por la pobreza que representa ese mercado, estando prácticamente incomunicados.

Con esta iniciativa se responderá a la necesidad existente de los pobladores de Wasa King de comunicarse a diferentes partes del territorio nicaragüense, con la finalidad de que estos pobladores no se vean obligados a salir a zonas lejanas en busca de estos servicios. El servicio de banda ancha es muy importante para los pobladores, primeramente como necesidad universal de estar comunicado con el mundo que sería el primer paso para eliminar la brecha digital, segundo como una herramienta para la educación, de esa manera erradicar el analfabetismo y la pobreza existente en comunidades como Wasa King, y por medio de ello

promover programas de educación, de salud y dar apertura a nuevas formas de negocio y desarrollo.

La salud juega un papel muy importante como parte de los altos índices de mortandad por falta de desconocimiento y comunicación a favor de una enfermedad, así como lo antes mencionado el primer paso a la globalización y digitalización es la comunicación global.

La tecnología Wi-Fi no necesita de grandes estructura o requerimientos para una posible implementación, ya que posee los suficientes elementos básicos en los equipo a enlazar, la confiabilidad y disponibilidad dependerán básicamente al suministro de energía y a la calidad de los equipos de Rx y Tx, que no es mucha diferencia existente entre los muchos tipos de gama tecnológica.

## 1.4 ANTECEDENTES.

Debido a la baja densidad poblacional existente en las zonas rurales de Nicaragua y al difícil acceso, no resulta viable la implementación de redes de acceso a banda ancha basadas en cable, por motivos técnicos, económicos y geográficos. Por tanto se plantean soluciones basadas en redes inalámbricas, para ofrecer acceso a servicios de datos, y evitar así que estas zonas queden aisladas de la Sociedad de Información [2], favoreciendo su desarrollo, en un beneficio social. En algunos casos el desarrollo de estas soluciones viene apoyado por políticas públicas de subvención dirigidas y ejecutadas por TELCOR.

Cabe resaltar que se han realizados proyectos en zonas como Tisey-Estelí por medio de un radioenlace punto-punto-multipunto en Wi-Fi desde Estelí hasta una comunidad llamada la Garnacha, esta comunidad ha sido beneficiada como proyecto de parte de TELCOR como por ejemplo, (Años anteriores a culminar dicho proyecto personal de hoteles tenían que ir al municipio de San Nicolás para revisar reservaciones en línea, ya que era el lugar más cercano geográficamente donde se podía contar con acceso a Internet pero la demora era tanta que se llegaba a perder muchas de ellas por el tiempo de respuesta de las mismas) luego de allí distribuyen a las comunidades cercanas como Tisey y Estanzuela, asimismo se implementó punto-punto en una hacienda-escuela de una comunidad lejana de La Dalia y actualmente en una comunidad llamada Wasa king siendo en este caso derivando de la fibra óptica de Claro en Rosita y transmitiendo por un radioenlace de Wi-Fi a dicha comunidad, que entre otras, todas ellas cuentan con tecnología a bajo costo. [3]

## CAPÍTULO II.

En esta segunda parte se estará presentando los principales fundamentos teóricos que permitirán crear una base teórica bien sustentada en relación al diseño de un radioenlace digital y sus principales requerimientos como son capacidad, disponibilidad y calidad.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

### 2.1 Definición de Radioenlace:

Se denomina, en general, radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación efectuada por ondas radioeléctricas. Cuando los terminales son fijos, se habla de radioenlaces del Servicio Fijo. Podemos definir los radioenlaces terrenales del servicio fijo como sistemas de radiocomunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de transmisión de información con unas características de disponibilidad y calidad determinadas. Generalmente, los sistemas de radioenlaces se explotan entre unos 2 GHz y 50 GHz, dependiendo de su capacidad. Según el tipo de modulación, pueden clasificarse los radioenlaces en analógicos y digitales.

Los radioenlaces del servicio fijo hacen uso de la propagación troposférica en condiciones de visibilidad directa. En consecuencia, para salvar las limitaciones de alcance impuestas por la redondez de la Tierra y los obstáculos geográficos del terreno, se requiere la utilización de estaciones repetidoras, de manera que un radioenlace está constituido por dos estaciones terminales y un conjunto de estaciones repetidoras intermedias, o simplemente, repetidores.

### 2.2 Vano:

Se denomina vano a la sección de enlace radioeléctrico entre un terminal y un repetidor o entre dos repetidores. Como el trayecto del rayo debe estar despejado al menos en el 60% de la primera zona de Fresnel para el obstáculo peor y en condiciones normales de refractividad atmosférica, la longitud de los vanos tiene un límite superior, que es del orden de los 80 km para frecuencias inferiores a unos 10 GHz. Por encima de esta frecuencia, la atenuación por lluvia suele ser el factor que limita la longitud de los vanos.

## 2.3 Antenas utilizadas:

En general, en los radioenlaces se emplean antenas muy directivas, con buena relación delante-atrás, lo que permite establecer cada radiocanal empleando únicamente dos frecuencias, una para cada sentido de transmisión, las cuales se reutilizan en vanos sucesivos. Debido a esta fuerte reutilización de las frecuencias pueden producirse interferencia cocanal. Para reducir al mínimo los efectos de estas posibles interferencias, se cambia la polarización de la onda en cada vano.

## 2.4 Parámetros básicos de un radioenlace:

Son aquellos parámetros involucrados en la ecuación de Friis:

$$PR \text{ (dbm)} = PT \text{ (dm)} - LTT \text{ (dbm)} + GT \text{ (dB)} - Lb \text{ (dB)} + GR \text{ (dB)} - LTR \text{ (dB)}$$

Dónde:

- PT (dbm): Potencia de transmisión, entregada por el amplificador del transmisor a los circuitos de acoplamiento a la antena.
- LTT (dB), LTR (dB): Pérdidas en los circuitos de acoplamiento a la antena del transmisor y receptor, respectivamente.
- GT (dB), GR (dB): Ganancias de las antenas de transmisión y recepción, respectivamente.
- Lb (dB): Pérdida básica de propagación.
- PR (dbm): Potencia recibida, que se define a la entrada del amplificador de RF del receptor.

## 2.5 Evaluación de la indisponibilidad:

Se entiende por disponibilidad de un equipo o sistema su aptitud para desempeñar la función para la que ha sido proyectado. Se cuantifica por la probabilidad de que el sistema se encuentre en condiciones de funcionamiento en un momento dado.

Para que se considere una situación de indisponibilidad el sistema debe permanecer no operativo un tiempo mayor que un cierto valor de referencia  $T$ .

En este caso se dice que el sistema está indisponible durante ese tiempo, que se computa como tiempo de indisponibilidad. La indisponibilidad total es la suma de los intervalos de tiempo de indisponibilidad, dividida por el tiempo de observación. El tiempo  $T$  ha de ser suficientemente largo para obtener resultados estadísticamente significativos.

Se considera indisponibilidad a una interrupción o un intervalo de tiempo en el que se produce:

- Un corte parcial o total de la señal
- Aparece un ruido o una BER excesiva.
- Surge una fuerte discontinuidad en la señal
- Aparece una intensa distorsión.

Las interrupciones largas ( $T_{ind} > T_0$ ) han de tenerse en cuenta para el cálculo de la calidad en torno a disponibilidad y las interrupciones breves (más frecuentes) influyen el cálculo de la calidad en cuanto a fidelidad. Las interrupciones pueden ser causadas por

- Fallos o averías en los equipos
- Condiciones anómalas de propagación (lluvia y desvanecimientos)
- Interferencias (internas o externas)

La indisponibilidad total de una ruta de radioenlace se desglosa en dos componentes, indisponibilidad del equipo e indisponibilidad de propagación:

Dónde:

- $U(L)$ : Indisponibilidad de una ruta de longitud  $L$

-  $U_E(N)$ : Indisponibilidad del equipo, que se calcula por separado para cada una de las  $N$  secciones de conmutación, sumándose las indisponibilidades parciales.

-  $U_P(V)$ : Indisponibilidad de propagación, que se calcula por separado para cada vano  $V$ , combinándose las indisponibilidades parciales generalmente también de  $UP$  forma aditiva.

## 2.6 Evaluación de la fidelidad o calidad.

Los criterios de calidad en cuanto a fidelidad, especifican las degradaciones normales y máxima admisible que puede sufrir la información, junto con el tiempo máximo en que no debe rebasarse esa degradación. El parámetro básico de calidad de error de cualquier sistema de transmisión digital, es la Tasa de errores en los bits (BER). Debe resaltarse que la calidad de error de un sistema únicamente se define y evalúa cuando tal sistema se encuentra en estado disponible.

**Indisponibilidad:** pérdida de calidad (BER) durante un tiempo  $\geq T_0$

**Fidelidad:** pérdida de calidad (BER) durante un tiempo  $< T_0$

Distinguimos las siguientes situaciones de error:

- Segundo con errores (ES, Errored Second): Período de tiempo de 1 segundo en el que hay uno o más bits erróneos.
- Segundo con muchos errores (SES, Severely Errored Second): Período de 1 segundo en el que la tasa de errores BER es mayor que  $10^{-3}$ .
- Segundo sin errores (EFS, Error Free Second): Período de 1 segundo en que no hay errores de bit

Un periodo de tiempo de indisponibilidad comienza cuando la tasa de errores en los bits (BER, bit error ratio) en cada segundo es peor que  $1 \cdot 10^{-3}$  durante diez segundos consecutivos. Se considera que estos diez segundos son tiempo de indisponibilidad. Un nuevo periodo de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de un periodo de diez segundos consecutivos cada uno de los cuales tiene una BER mejor que  $10^{-3}$ . Con la nueva definición SES, se produce una indefinición en los periodos de un segundo que exhiben una BER exactamente igual a  $10^{-3}$ . Para resolver el problema, se aplica la siguiente modificación a G.821

*Tabla 1: Objetivos de disponibilidad y fidelidad que los radioenlaces deben cumplir según la ITU.*

Objetivo de características de error				
Parametro de calidad	Fraccion de tiempo de cualquier mes			
	Clase 1 280 km	Clase 2 280km	Clase 3 50Km	Clase 4 50Km
proporcion de segundos con muchos errores	0.0006	0.000075	0.00002	0.00005
Proporcion de segundos con errores	0.00036	0.0016	0.0016	0.004

La disponibilidad total debida a todas las causas para las SDFR de Clases 1 a 4 que utilizan sistemas de radioenlaces digitales y forman parte del tramo de grado medio de una conexión de la RDSI no exceda de los siguientes valores, considerando el porcentaje en un periodo de tiempo suficientemente largo para que sea válido estadísticamente

Se puede obtener un objetivo de indisponibilidad para SDFR de Clase 1 directamente de las Recomendaciones UIT-R F.556 y UIT-R F.557, dado que esta SDFR corresponde a la clasificación de grado alto. La subdivisión lineal del objetivo de la Recomendación UIT-R F.557 hasta una longitud de 280 km

proporciona un objetivo de 0,033% para una SDFR de Clase 1 (280 km). De acuerdo con la Recomendación UIT-R F.557, estos objetivos se atribuirán a los dos sentidos de transmisión, y a un periodo de observación probablemente superior a un año. Para la parte de grado medio de la conexión ficticia de referencia, se propone un objetivo global de indisponibilidad bidireccional comprendido entre 0,2% y 0,5%, basándose en los cálculos teóricos y en las mediciones efectuadas por las administraciones.

- Clase 1:0.033%
- Clase 2:0.05%
- Clase 3:0.05%
- Clase 4:0.1%

Las Recomendaciones ITU-R F.594, F.634, F.696 y F.697 establecen los objetivos de calidad de error para los radioenlaces digitales, en condiciones de disponibilidad para una conexión internacional por la ISDN.

*Tabla 2: Clasificación de la calidad del Radioenlace.*

Clasificación del circuito	Clasificación de la calidad	
	ESR	SESR
Grado local Rec. UIT- R F.697	0.012	0.00015
Grado medio Rec. UIT - R F.96	0.012	0.0004
Grado Alto Rec. UIT - R F.634	0.0032	0.00054
Rec. UIT -R F.634		

## 2.7 Radio Mobile.

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos

(Potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.).  
Que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet.

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Misión que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (90m). Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa, permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

## **2.8 Tecnologías Utilizadas para Brindar Internet en Zonas Rurales.**

**VSAT:** Las redes VSAT (Very Small Aperture Terminals) son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto-punto o, punto-multipunto (broadcasting) o interactiva.

## CARACTERÍSTICAS:

- Redes privadas diseñadas a la medida de las necesidades de las compañías que las usan.
- El aprovechamiento de las ventajas del satélite por el usuario de servicios de telecomunicación a un bajo coste y fácil instalación.
- Las antenas montadas en los terminales necesarios son de pequeño tamaño (menores de 2.4 metros, típicamente 1.3m).
- Las velocidades disponibles suelen ser del orden de 56 a 64 kbps.
- Permite la transferencia de datos, voz y video.
- La red puede tener gran densidad (1000 estaciones VSAT) y está controlada por una estación central llamada HUB que organiza el tráfico entre terminales, y optimiza el acceso a la capacidad del satélite.
- Enlaces asimétricos.
- Las bandas de funcionamiento suelen ser K o C, donde se da alta potencia en transmisión y buena sensibilidad en recepción.

**Canopy:** es una línea de producto inalámbrico de banda ancha orientado a proveer servicio de acceso de datos de alta velocidad en áreas de cobertura amplia o WMAN para lugares de difícil acceso.

Además de proveer servicio de banda ancha, el mismo posee un retardo bajo y controlado lo cual lo hace ideal como medio de acceso para servicios multimedia tales como VoIP y video.

Otra característica importante de Canopy es su bajo consumo de potencia, fácil instalación, alta inmunidad a interferencia y fácil configuración. Estas son algunas

de las razones por las cuales Canopy se ha hecho extensamente popular como medio para proveer servicios de acceso de banda ancha.

La solución Canopy se puede adaptar para satisfacer las necesidades de una amplia gama de comunidades de usuarios. La aplicación de Punto a Multipunto sirve tanto para domicilios particulares como para pequeñas empresas. O se puede usar la aplicación Bakhaul como enlace de datos dedicado para pequeñas comunicaciones de las zonas rurales.

## CAPÍTULO III.

Descripción del escenario, aspectos legales, equipos técnicos requeridos en el radioenlace y ancho de banda necesario.

### 3.1 COMUNIDAD DE WASA KING - ROSITA.

**Rosita** es una municipalidad de la Región Autónoma del Atlántico Norte, en la República de Nicaragua. El término municipal limita al norte con el municipio de Waspán, al sur con el de Prinzapolka, al este con los municipios de Puerto Cabezas y Prinzapolka, y al oeste con los municipios de Siuna y Bonanza.<sup>2</sup> La cabecera municipal está ubicada a 480 km de la ciudad de Managua.

#### Coordenadas:

Las coordenadas exactas fueron obtenidas de la siguiente manera.

Mediante la visita de campo que se realizó. Haciendo uso de un teléfono celular con sistema Android y GPS integrado, conexión de datos 3G y la aplicación “MY GPS Coordinantes” que se encuentra en google play store, para ello fue necesario estar ubicado en el lugar exacto. Observar Figura 1.



*Ilustración 1 Muestra de la toma de coordenadas mediante la aplicación MY GPS*

### 3.1.1 Parámetros legales y equipos técnicos requeridos.

#### 3.1.2 Aspectos legales a tomar en cuenta para la ejecución del radioenlace.

Como lo establece el **artículo 8** de la **LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y SERVICIOS POSTALES- LEY No. 200**, Aprobada el 21 de Julio de 1995. Publicado en La Gaceta No. 154 de 18 de Agosto de 1995, los servicios de telecomunicaciones se clasifican en: servicios públicos, servicios de interés general, servicios de interés especial, servicios de interés particular y servicios no regulados.

Según las definiciones acerca de cada uno de los servicios de telecomunicaciones y lo expresado en el **Artículo 12** de esta ley, los Servicios de interés particular son aquellos establecidos por una persona natural o jurídica para satisfacer sus propias necesidades de comunicación, utilizando redes autorizadas o instalaciones propias. Estos servicios no pueden ser prestados a terceros, salvo que sean complementarios para el cumplimiento de un objetivo social. Se prestan por las redes privadas de telecomunicaciones, las cuales no pueden ser interconectadas a la red pública telefónica, excepto que sea autorizado por TELCOR.

Por lo cual se considera que el radioenlace punto-punto que se realizará desde la Alcaldía de Rosita para poder llevar el servicio de internet que poseen en sus oficinas hasta la comunidad Wasa king, “es un servicio de interés particular”. Ya que se pretende usar la banda libre de **frecuencia 2.4 GHz**. No se necesitara ningún tipo de licencia. Por ello, basado en lo establecido en los **artículos 18 y 61** de la presente ley, para poder implementar dicho radioenlace solamente se requerirá de registro, así como de un permiso cuando a juicio de TELCOR sea necesario para vigilar el cumplimiento de restricciones de interconexión de ciertos servicios de redes privadas. Para optar a dicho permiso se deben tomar en cuenta lo que indica el **artículo 64** de la ley general de telecomunicaciones, Toda solicitud de licencia, permiso o registro deberá contener los siguientes aspectos:

- A. Nombre de la persona natural o jurídica que lo solicita.
- B. Partida de nacimiento y número RUC del solicitante o de los socios.
- C. Prueba de que la sociedad está constituida legalmente.
- D. Información detallada de las inversiones y de las actividades que se pretendan realizar.
- E. Ubicación de la planta transmisora y de los estudios, así como los planos de los mismos, con indicación de los lugares en que se instalarán y memoria descriptiva.
- F. Potencia del transmisor, su marca, características generales del equipo de estudio, clase de antena, su altura y radiales, diagrama de directividad, si la hay, y área de servicio.

## 3.2 Equipos técnicos.

### 3.2.1 Equipos de radio:

#### a) Descripción.

Para poder enlazar las comunidad antes mencionada, se hará uso de los dispositivos Wi-fi de largo alcance que fabrica la empresa “Ubiquiti networks”; Dentro de esta familia de dispositivos se encuentran: NanoStationM5, NanoStationM2, NanoStationM3, NanoStationM365, NanoStationlocoM2, NanoStationlocoM5, NanoStationlocoM9. Donde los dígitos al final de cada modelo representa la frecuencia de operación de cada uno de ellos, por ejemplo: NanoStationM5 trabaja entre 5.7 a 5.8 GHz.

La diferencia que hay entre los NanostationM y los NanoStation locoM radica en la potencia de transmisión ya que los NanostationM son modelos más potentes y poseen antenas de mayor ganancia.

En el diseño de este radioenlace punto-punto trabajaremos en la frecuencia de 2.4 GHz por lo que haremos uso del **Nanostation M2**, lo cual requiere una mejor potencia de transmisión y recepción para nuestro radio enlace.



*Ilustración 2: Muestra de equipo de radio.*

*Tabla 3: Información del sistema de los equipos de radio.*

System Information		
Model	NanostationM2	NanostationlocoM2
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port
Operating Frequency (MHz)		
Worldwide	2412-2462	2412-2462
Physical/Electrical/Environmental		
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80
Weight	0.4 kg	0.4 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W
Polarization	Dual Linear	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting	Pole Mounting Kit Included	
Power Method	Passive Power over Ethernet	
Operating Temperature	-30 to 75° C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4	
Antenna Information		
Gain	10.4-11.2 dBi	8.5 dBi
Cross-pol Isolation	23 dB Minimum	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1
Beamwidth	55° (H-pol) / 53° (V-pol) / 27° (Elevation)	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)
System Information		
Model	NanostationM2	NanostationlocoM2
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port
Operating Frequency (MHz)		
Worldwide	2412-2462	2412-2462
Physical/Electrical/Environmental		
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80
Weight	0.4 kg	0.18 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	5.5W
Polarization	Dual Linear	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting	Pole Mounting Kit Included	
Power Method	Passive Power over Ethernet	
Operating Temperature	-30 to 75° C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4	
Antenna Information		
Gain	10.4-11.2 dBi	8.5 dBi
Cross-pol Isolation	23 dB Minimum	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1
Beamwidth	55° (H-pol) / 53° (V-pol) / 27° (Elevation)	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)

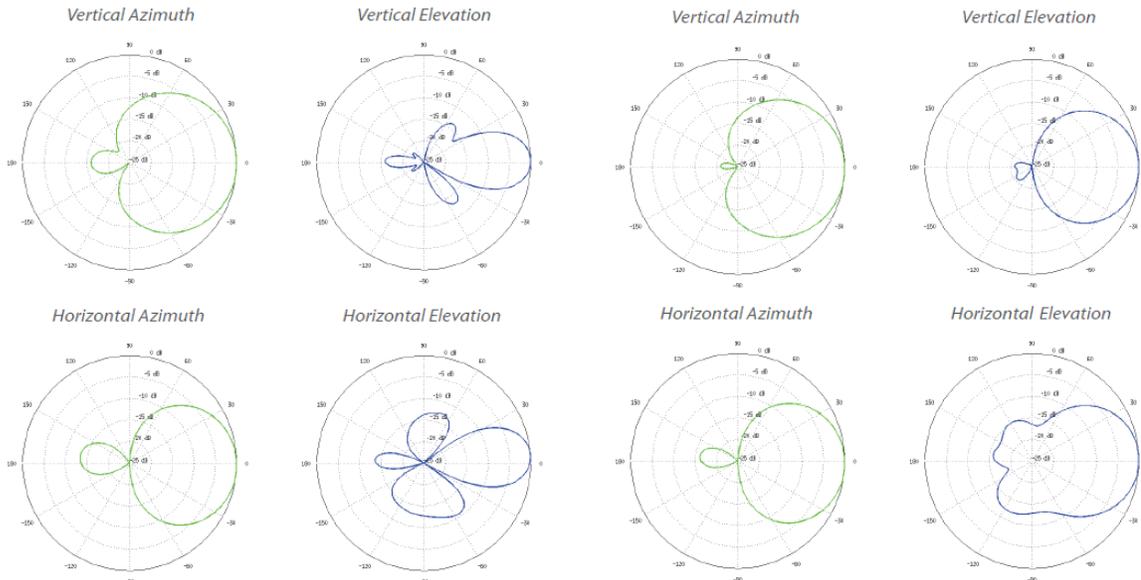
*Tabla 4: Especificaciones NanoStation M2.*

<b>NanoStationM2 Specifications</b>						
<b>Output Power: 28 dBm</b>						
	2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS			2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS		
	Data Rate/M	Avg. TX	Tolerance	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
<b>11b/g</b>	1-24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB	36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB	48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB	54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	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	23 dBm	± 2 dB	MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB	MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB	MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB	MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB	MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB	MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB	MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB	MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB	

## NanoStationM2

## Antenna Information

## NanoStationLocoM2

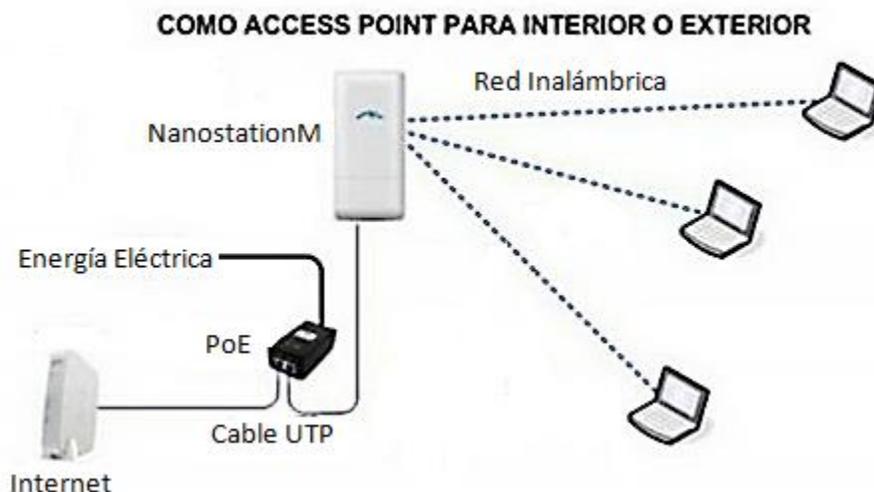


*Ilustración 3: Patrón de radiación de las antenas.*

### 3.2.2 Formas en las que se pueden utilizar:

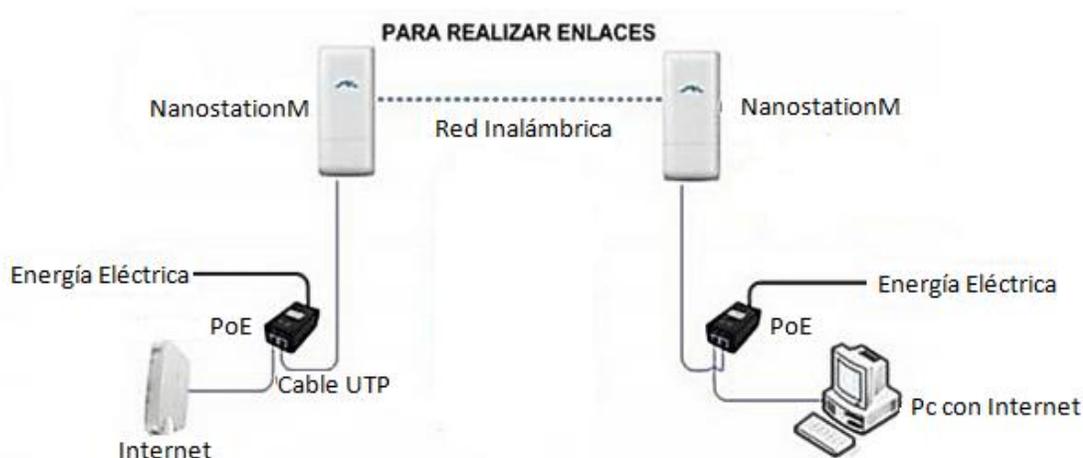
Las antenas Ubiquiti NanostationM pueden instalarse en exteriores, ya que están totalmente aisladas y preparadas para aguantar el sol, la lluvia, el viento, y es capaz de resistir a las oxidaciones. Existen tres maneras en las cuales se pueden Utilizar los dispositivos NanoStation.

- 1) Los equipos de la familia de los NanoStation pueden funcionar como amplificador Wi-fi, conectados al router de ADSL o fibra y se configura como emisora, entonces emitirá una red Wi-fi a la que podrás conectar tus dispositivos directamente, para que tengan Internet.



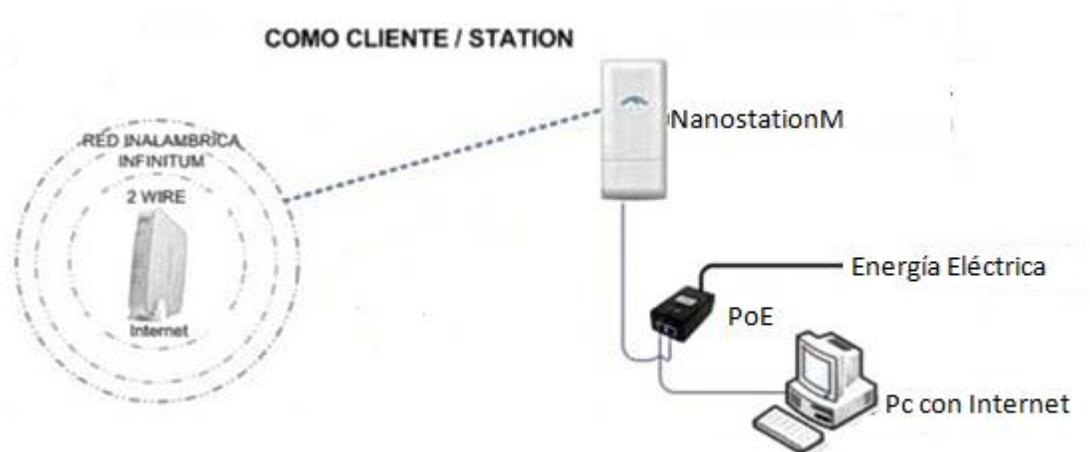
*Ilustración 4: Configuración como punto de acceso.*

- 2) Los NanoStation M2 tiene un alcance máximo de 15 Kilómetros en condiciones ideales, este se consigue utilizando dos de ellos, una actúa como emisora de la señal Wi-fi y otra como receptora, de este modo se puede crear un enlace entre dos puntos a 15 kilómetros de distancia. Esta distancia se alcanza siempre que haya visión directa entre las antenas y ningún obstáculo, en caso de haber obstáculos la distancia se va reduciendo.



*Ilustración 5: Configuración como enlace punto a punto.*

- 3) Los NanoStation también pueden funcionar como antena Wi-fi de largo alcance, funciona al revés que en el primer caso, se configura como receptora de señal Wi-fi y se conecta a un router neutro, entonces es capaz de captar otras señales y enviarlas al router, luego se conectan los demás dispositivos al router para que estos tengan Internet.

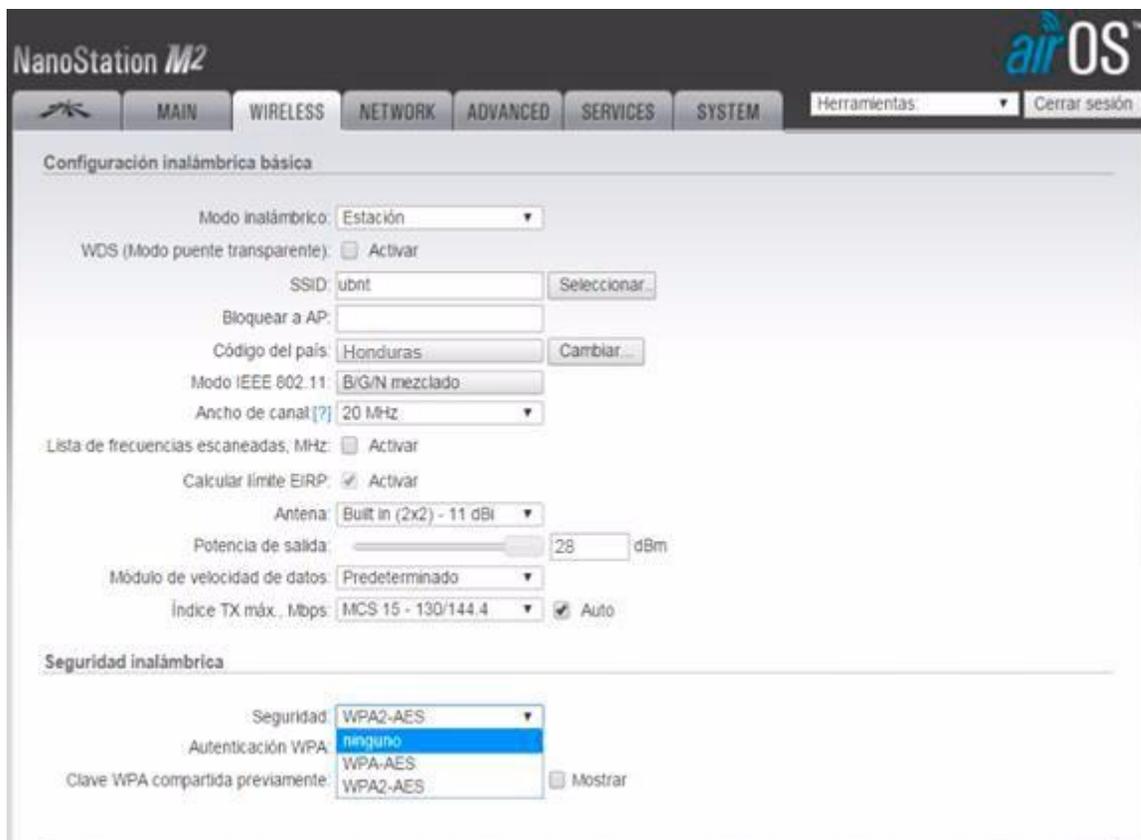


*Ilustración 6: Configuración como antena Wi - Fi.*

## **b) Interfaz de configuración.**

Para poder configurar los equipos NanoStation en cualquiera de las tres maneras, se hace uso de la interfaz del sistema llamado AirOS.

AirOS es un sistema operativo avanzado, con potentes funciones inalámbricas y de enrutamiento. Basado en una interfaz simple e intuitiva, permite el máximo rendimiento de la serie NanoStation de productos Ubiquiti, que están basados en IEEE 802.11n.

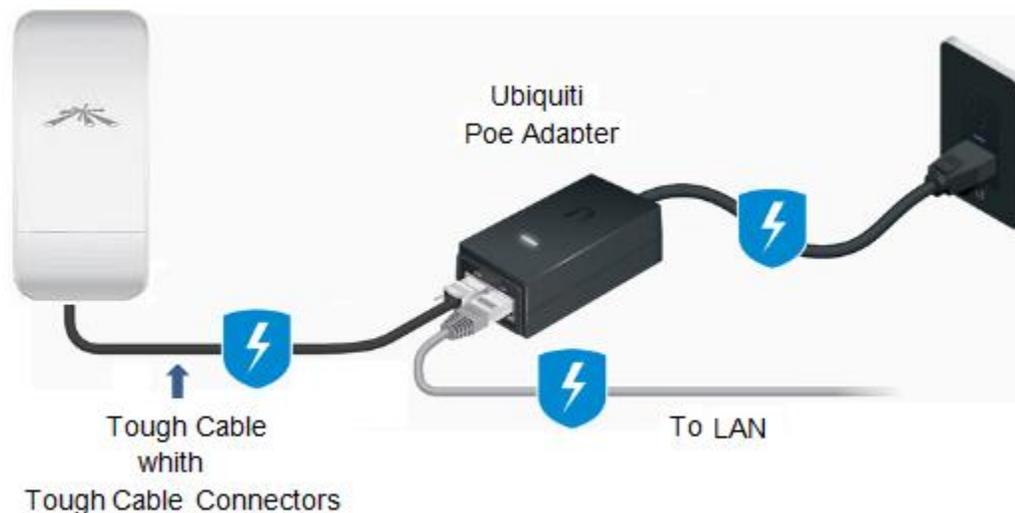


*Ilustración 7: Interfaz de configuración.*

### **c) Power Over Ethernet Adapters.**

Los NanoStation y todos los dispositivos Ubiquiti en general vienen con un dispositivo llamado POE (Power over Ethernet Adapters), el cual actúa de intermediario entre la red LAN, el enchufe de corriente eléctrica y la antena NanoStation. El POE sirve para proteger a la antena de fluctuaciones y de problemas con la corriente electrostática.

Esquema de conexión:



*Ilustración 8: Conexión y función del POE.*

#### **d) Protocolo AirMax.**

AirMax es una tecnología que permite velocidades reales de TCP/IP para exteriores de más de 150 Mbps y consiste en un diseño de vanguardia de hardware de radio, antenas MIMO de estación base de clase portadora y un potente protocolo TDMA que ofrece velocidad y escalabilidad de red sobre distancias de enlaces de varios kilómetros.

El protocolo TDMA de AirMax fue diseñado teniendo en cuenta la velocidad y la escalabilidad. Tradicionalmente, las soluciones más económicas de radio de banda para exteriores sin licencia se han basado en el estándar 802.11 (o Wi-fi). Si bien estas soluciones ofrecen buenos resultados en implementaciones de pequeña escala, pierden calidad de rendimiento de manera exponencial a medida que se agregan más clientes y causan colisiones y retransmisiones. La tecnología AirMax

de Ubiquiti soluciona estos problemas a través del uso de un protocolo de hardware TDMA acelerado que consiste en un coordinador de sondeo inteligente con programación inteligente y detección nativa de paquetes VOIP. El resultado es una red que puede escalar a cientos de clientes por estación base y a la vez mantiene baja latencia, alto rendimiento y calidad de voz sin interrupciones.

Junto con la implementación de este protocolo TDMA de última generación, Ubiquiti presenta una cartera de tecnologías de antenas MIMO que ofrece un rendimiento de clase portadora con pérdida de retorno,

Aislamiento de polarización cruzada, ganancia, inclinación vertical eléctrica y características de amplitud de haz que por lo general se encuentran sólo en las antenas de estación base celulares de la más alta calidad. Las antenas han sido diseñadas y evaluadas de forma práctica para garantizar un rendimiento óptimo, al utilizar el protocolo AirMax y el hardware AirMax de radio MIMO 2x2.

### 3.3 Equipos de la red LAN:

Para los laboratorios de cómputo se utilizarán los switch para la conexión de las distintas computadoras y para conectar el interfaz del radioenlace. Se utilizará un switch de 16 puertos para cada punto incluyendo a la alcaldía que es donde se proveerá de servicio a las demás escuelas. A continuación las características y figura ilustrativa del modelo del switch.

#### SWITCH 16 PUERTOS NEXXT 10/100 ASFRM164U1



*Ilustración 9: Muestra de switch a trabajar.*

### Características.

Conmutador multipropósito capaz de enlazar segmentos de 10 y 100 Mbps. Cada puerto crea un segmento de red independiente de 10 Mbps o 100 Mbps

Permite extender el ancho de banda disponible

16 Puertos independientes con ancho de banda de 10Mbps apto para 200Mbps.

Admite el control por contrapresión en el modo semidúplex y IEEE 802.3x para operar en el modo dúplex

El tipo de línea de transmisión será un cable STP par trenzado para realizar todas las conexiones del radioenlace y UTP del switch hacia las distintas computadoras de los laboratorios de cómputo.



*Ilustración 10: Cable UTP.*

## Características:

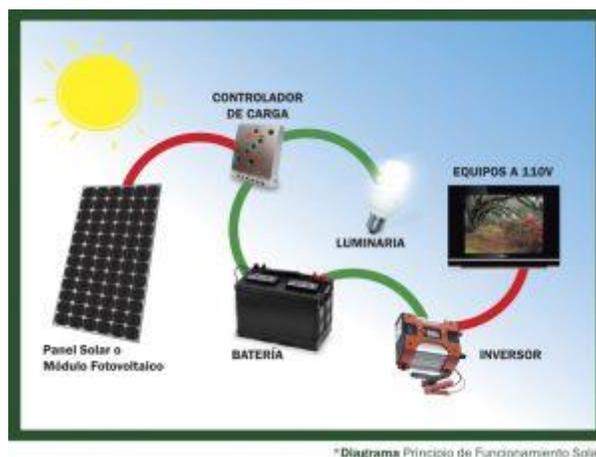
- ❖ Bajo costo en su contratación.
- ❖ Alto número de estaciones de trabajo por segmento.
- ❖ Facilidad para el rendimiento y la solución de problemas.
- ❖ Puede estar previamente cableado en un lugar o en cualquier parte.

### 3.4 Energía solar necesaria.

Al momento de implementar el radioenlace punto a punto para proporcionar internet a la comunidad de Wasa King de Rosita, Será necesario hacer uso de la energía solar fotovoltaica para poder alimentar los equipos en los sitios donde no exista la red eléctrica.

La energía solar fotovoltaica genera energía eléctrica directamente de los rayos luminosos, gracias el efecto fotovoltaico que altera el campo eléctrico existente entre dos capas de semiconductores, produciendo corriente continua. Esta generación de energía ocurre dentro de los paneles solares fotovoltaicos cuyos tamaños, formas y potencias son diversos en el mercado. Los paneles solares fotovoltaicos pueden estar hechos de diferentes materiales pero el silicio es el más utilizado. Se usa este material (arena) porque es muy abundante, lo cual ayuda a que el precio de los paneles no sea más elevado. Así, el silicio usado para construir las células fotovoltaicas de los paneles solares puede ser de tres formas: Mono cristalino, Poli cristalino y Amorfo.

Los sistemas fotovoltaicos constan de:



*Ilustración 11: Diagrama básico del Sistema Eléctricos con paneles solares.*

**Panel Solar:** Transforma la energía del sol en energía eléctrica, **Batería de ciclo profundo:** Almacena la energía generada para poder utilizarla en cualquier momento del día o la noche. **Controlador:** Protege la batería contra posibles sobrecargas causadas por el excedente de energía proveniente del panel. **Inversor:** Convierte la energía del panel solar DC a energía AC 110V

### 3.5 Ancho de Banda.

Para determinar el ancho de banda necesario para proporcionar una buena velocidad de internet, se debe de considerar lo siguiente: Si todos los dispositivos de comunicación operan a la misma velocidad de transmisión de datos, todos invierten el mismo tiempo en enviar paquetes del mismo tamaño. Si están operando a velocidades más altas, el paquete de información se transfiere más rápidamente. Esto nos permite entender que para elegir un ancho de banda específico en nuestro diseño hay que considerar la capacidad de funcionamiento de los equipos técnicos que formaran parte del radioenlace así también como el proveedor de internet al punto de acceso central.

### Cargas de páginas web

Para calcular los requerimientos de ancho de banda para el acceso a Internet es necesario saber cuál es el tamaño promedio en Kbyte por sitio Web.

El tamaño promedio de una página Web es de 1114Kbytes por página con un número de 100 objetos promedio por página o imágenes, también se calcula que un usuario accede a dos páginas web por minuto asumiendo el peor de los casos:

$$T \text{ usuario} = T \text{ sitio web} * T \text{ carga}$$

Calculo para que tengan 10 usuarios

$$T \text{ usuario} = (1114\text{Kbytes/sitio Web}) (1 \text{ sitio web}/30 \text{ seg}) (8\text{bits/Bytes})$$

$$T \text{ usuario} = 148.5\text{Kbps}$$

Trafico de página Web de 10 usuarios:

$$T \text{ web} * 10 = 1485\text{Kbps}$$

Consumo de ancho de banda por correo.

Suponiendo que cada usuario haga uso del correo electrónico una cantidad de cuatro veces por hora, se procede a realizar los cálculos del ancho de banda por correo electrónico.

$$T \text{ usuario} = T \text{ email} * T \text{ carga}$$

$$T \text{ usuario} = (520\text{Kbytes/correo}) (4 \text{ correos}/3600\text{seg}) (8\text{bits/Bytes})$$

$$T \text{ usuario} = 4.62\text{Kbps}$$

Dónde:

T usuario = Trafico de correo electrónico por cada usuario

T email = Tamaño promedio del correo electrónico

T carga = Carga de correo electrónico de usuario por hora

T usuario \* 10 = 4.62Kbps \* 10 = 23.1Kbps Trafico por correo electrónico.

Ancho de banda total para 10 usuarios

Esto se obtiene sumando todas las cargas de tráfico de los diferentes servicios tenemos:

$$T \text{ correo} + T \text{ web} = 23.1\text{Kbps} + 1485\text{Kbps} = 1508 \text{ Kbps}$$

**Por tanto para el laboratorio de la comunidad Wasa king se necesitara mínimo 1.5 Mbps**

**Trafico de página Web de 15 usuarios:**

$$T \text{ usuario} = (1114\text{Kbytes/sitio Web}) (1 \text{ sitio web}/30 \text{ seg}) (8\text{bits/Bytes})$$

$$T \text{ usuario} = 148.5\text{Kbps}$$

$$T \text{ web} * 15 = 2227.5 \text{ Kbps.}$$

Consumo de ancho de banda por correo.

Suponiendo que cada usuario haga uso del correo electrónico una cantidad de cuatro veces por hora, se procede a realizar los cálculos del ancho de banda por correo electrónico.

$$T \text{ usuario} = T \text{ email} * T \text{ carga}$$

$$T \text{ usuario} = (520\text{Kbytes/correo}) (4 \text{ correos}/3600\text{seg}) (8\text{bits/Bytes}) \quad T \text{ usuario} = 4.62\text{Kbps}$$

Dónde:

T usuario = Trafico de correo electrónico por cada usuario

T email = Tamaño promedio del correo electrónico

T carga = Carga de correo electrónico de usuario por hora

Trafico por correo electrónico en el laboratorio de 15 usuarios

$$T \text{ usuario} * 15 = 4.62\text{Kbps} * 15 = 69.3\text{Kbps} \quad \text{Trafico por correo electrónico.}$$

## Ancho de banda total para 15 usuarios

Esto se obtiene sumando todas las cargas de tráfico de los diferentes servicios tenemos:

$$T \text{ correo} + T \text{ web} = 69.3 \text{ Kbps} + 2227.5 \text{ Kbps} = 2296.8 \text{ Kbps}$$

**Por tanto se necesitara mínimo 2 Mbps para una navegación aceptable.**

Como recomendaciones proponemos instalar un firmware para regular las visitas de páginas pornográficas y redes sociales para así tener disponible la red para los propósitos primordiales, de esta manera se podrá optimizar la red.

## CAPÍTULO IV.

Simulación, Análisis de Disponibilidad, Fidelidad y Calidad del  
Radioenlace.

## 4. Simulación.

Mediante el software Radio Mobile y Google Earth se realizó la simulación del radioenlace que partiendo de la Alcaldía de Rosita, conectará con la localidad de Wasa king.

### 4.1 Ubicación de cada estación.

Se inició ingresando las propiedades del mapa (Figura11) tomando como referencia uno de los puntos, además se introdujeron las coordenadas de cada punto a conectar (Figura12), para poder obtener la ubicación exacta de cada uno de ellos (Figura13).

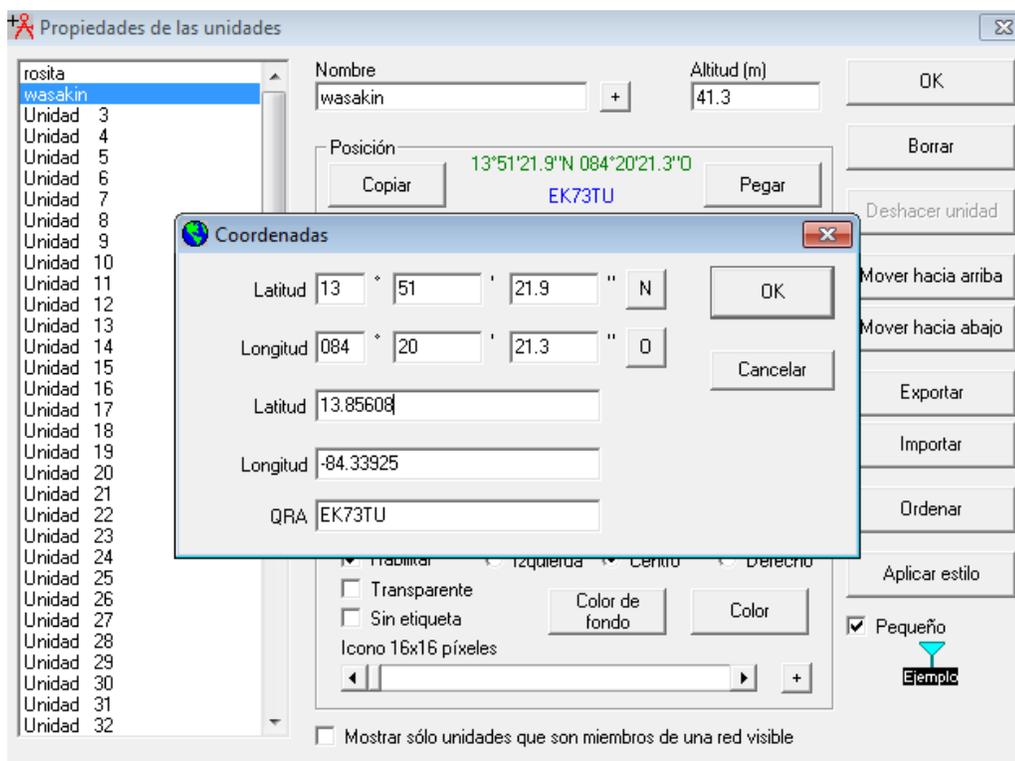
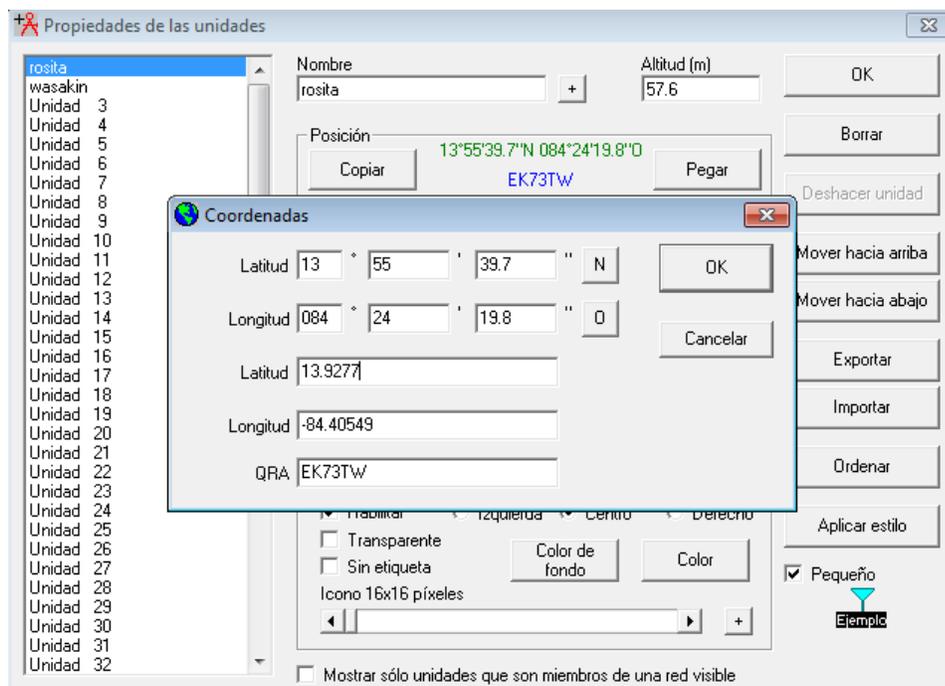
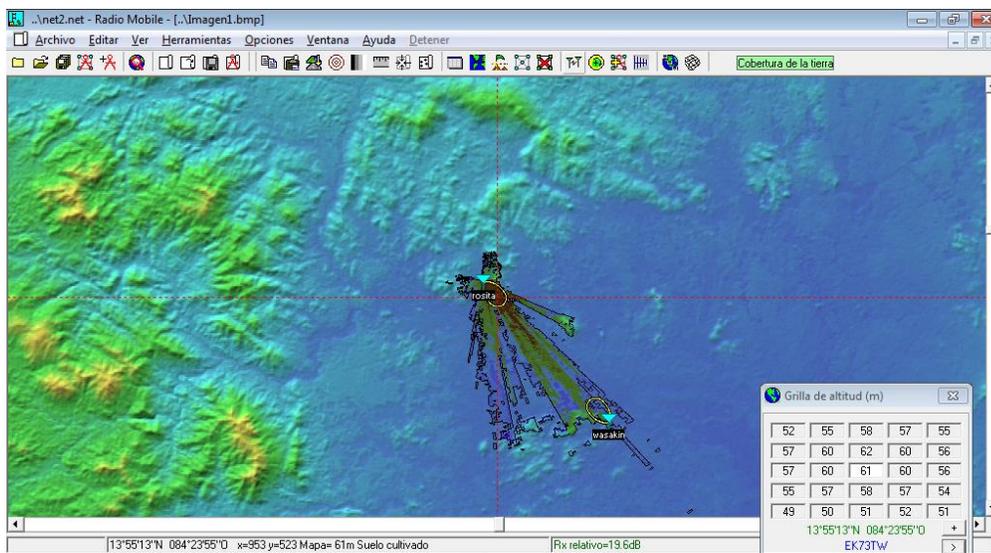


Ilustración 12: Propiedades del mapa.



*Ilustración 13: Ingreso de las coordenadas de Rosita en Radio Mobile.*



*Ilustración 14: Ubicación Rosita Comunidad Wasa king.*

Un factor indispensable en los enlaces de radiofrecuencia (RF) y en el diseño de este radioenlace punto a punto es que exista línea de vista(LOS) entre el transmisor y el receptor del vano, ya que esto facilita la propagación de las ondas electromagnéticas evitando perdidas muy considerables ocasionadas por

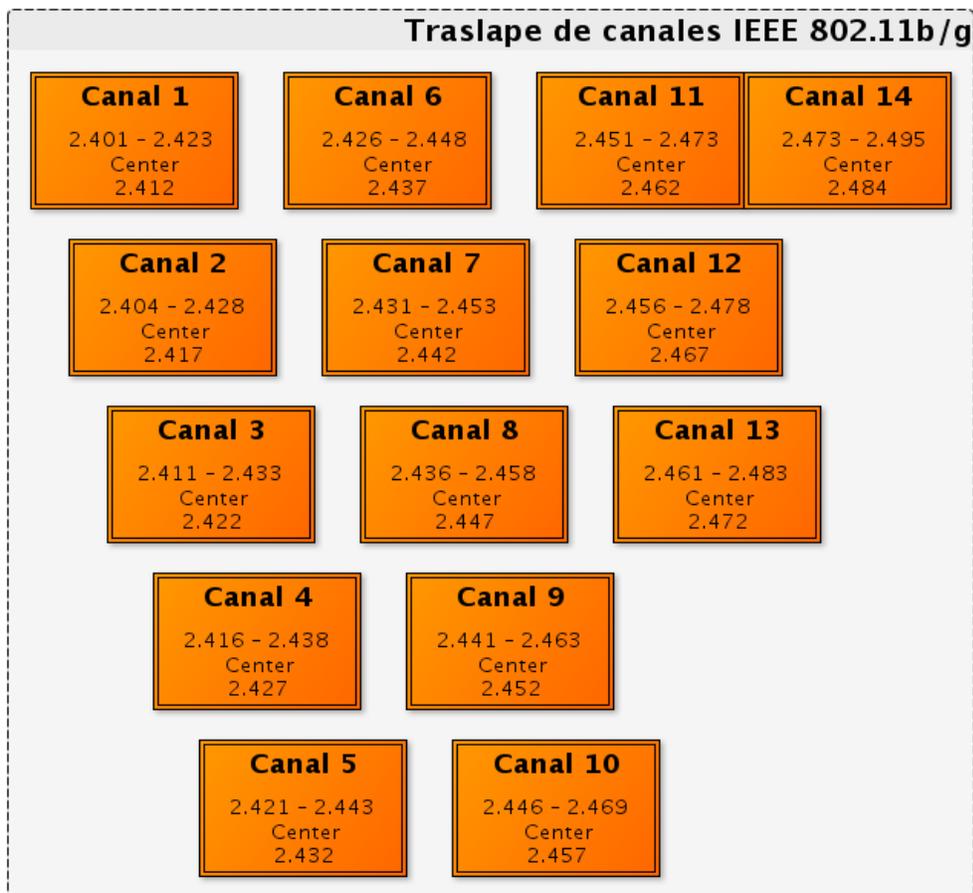
fenómenos como la difracción y la reflexión. Además que se pretende usar equipos de bajo costo y trabajar en 2.4 GHZ.

## 4.2 Determinación del Vano.

Contando ya con la ubicación de todas las estaciones, durante la simulación se hicieron pruebas variadas para determinar el vano que compondrían el diseño óptimo del radioenlace punto a punto. Para ello fue necesario analizar la mejor LOS, la altura de torre requerida y la distancia entre las estaciones transmisoras y receptoras correspondientes al vano.

## 4.3 Frecuencia de operación.

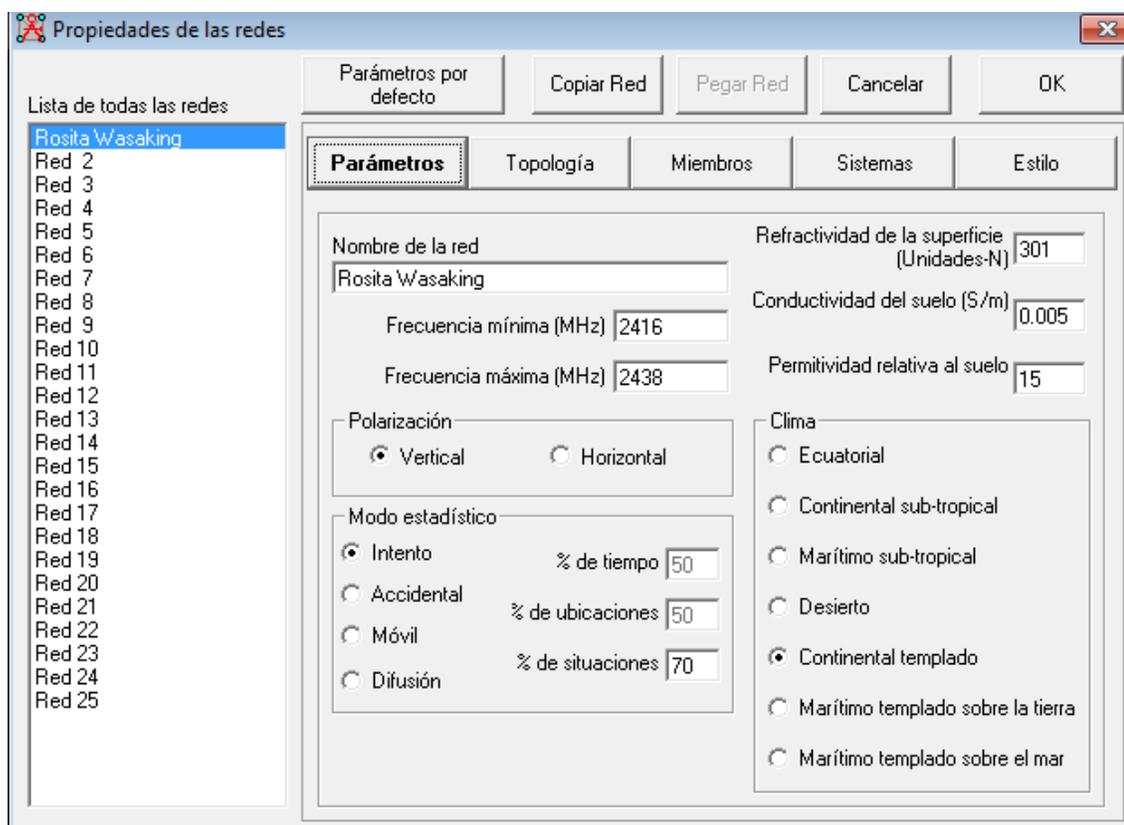
Debido a que las torres estarán ubicados dos o tres equipos de radio quienes operan entre 2412-2462 MHz. (Tabla 3), para evitar interferencias se utilizaron tres canales de los once disponibles en 2.4 GHZ definidos por el estándar **IEEE 802.11b/g**, dichos canales son el 4, 6 y 8 (Figura16).



*Ilustración 15: Canales de frecuencia.*

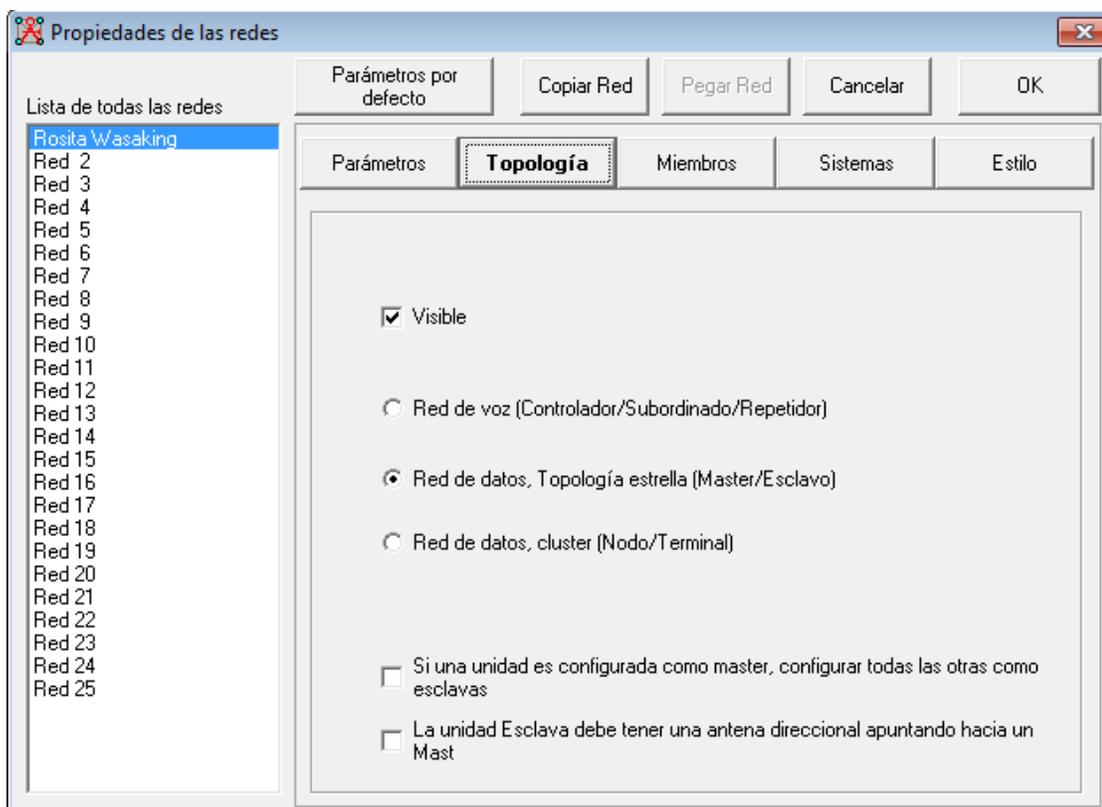
#### **4.4 Propiedades de la red.**

Se determinó una frecuencia de trabajo de 2.4GHz utilizando los canales ya mencionados anteriormente (Figura16), polarización vertical, se seleccionó un suelo promedio con conductividad del suelo 5mS/m, permitividad relativa al suelo de 15, refractividad de la superficie 301N, clima sub-tropical.

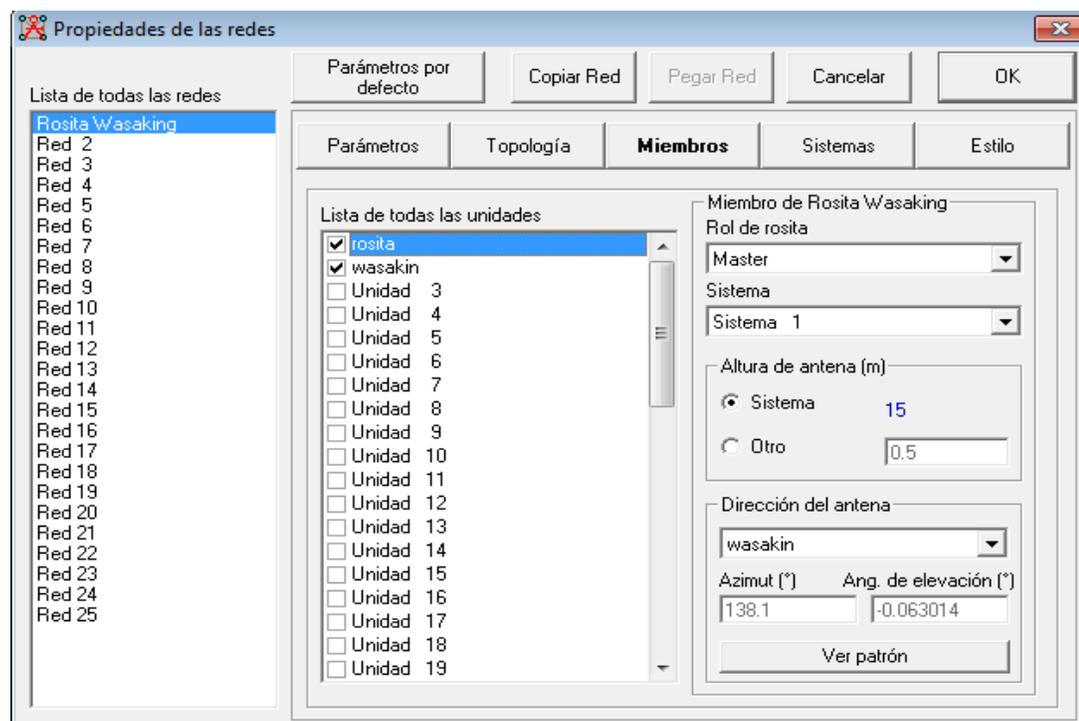


*Ilustración 16: Parámetros del vano.*

La topología utilizada en esta red de datos, es la de master - esclavo (Figura18) por lo que constara con dos miembros, un transmisor y un receptor los cuales serán master y esclavo respectivamente, con las antenas orientadas una viendo hacia la otra (Figura19).



*Ilustración 17: Topología de la red.*



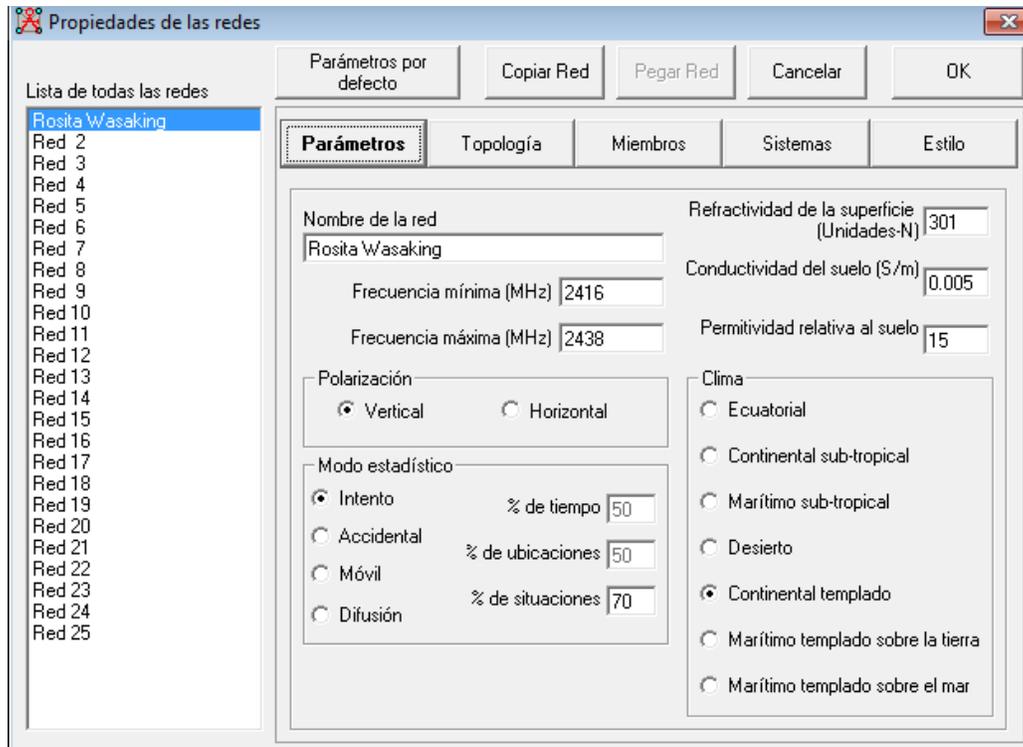
*Ilustración 18: Miembros pertenecientes al vano del radioenlace.*

Se ingresó en radio Mobile las características técnicas del sistema del equipo de la empresa Ubiquiti (Tablas 3, 4,5) como es el Nanostation M2 (Figura20) así como sus puntos de conexión (Figura21).

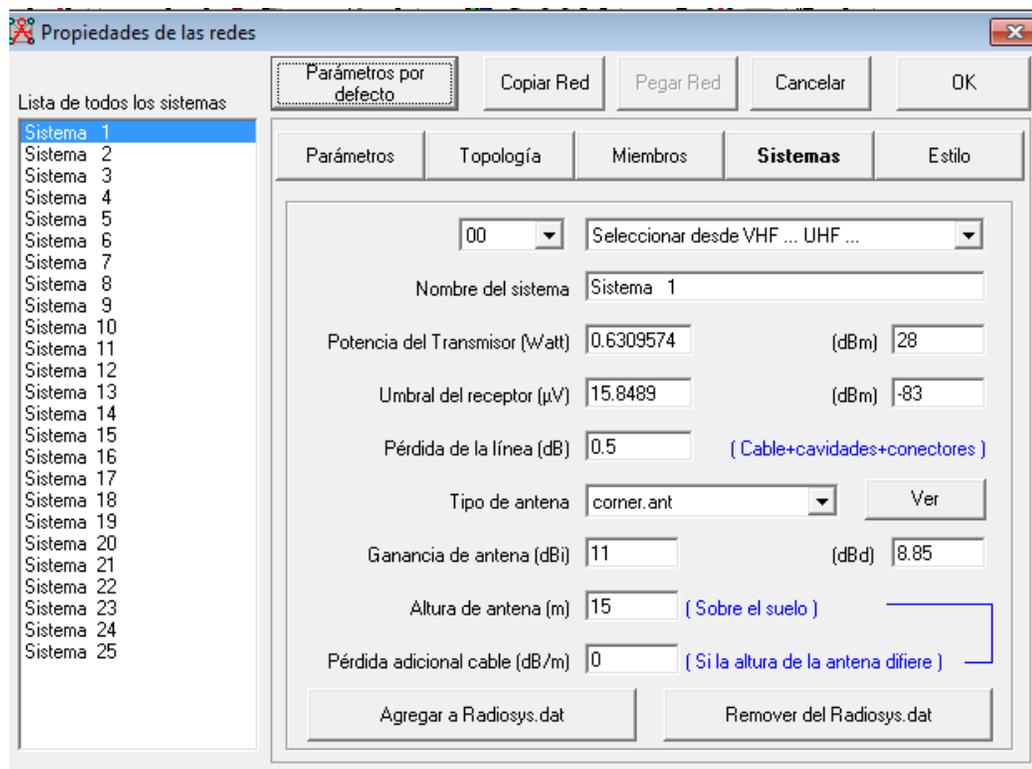
Haciendo múltiples pruebas en la simulación, se demostró que la longitud de este radio enlace es relativamente corta y cuya estación trasmisora está ubicada en la parte urbana, por lo tanto haremos uso de dos equipos Nano Station M2 ya que cuenta con la suficiente potencia para cubrir la distancia de 13.5 KM. Ver Tabla6 y Figura15.

*Tabla 5: Determinación de los equipos de radio a utilizar.*

Vano Transmisor → Receptor	Transmisor	Altura del Tx en la torre	Receptor	Altura del Rx en la torre
<b>Rosita-Wasa king</b>	M2	15 metros	M2	16 metros

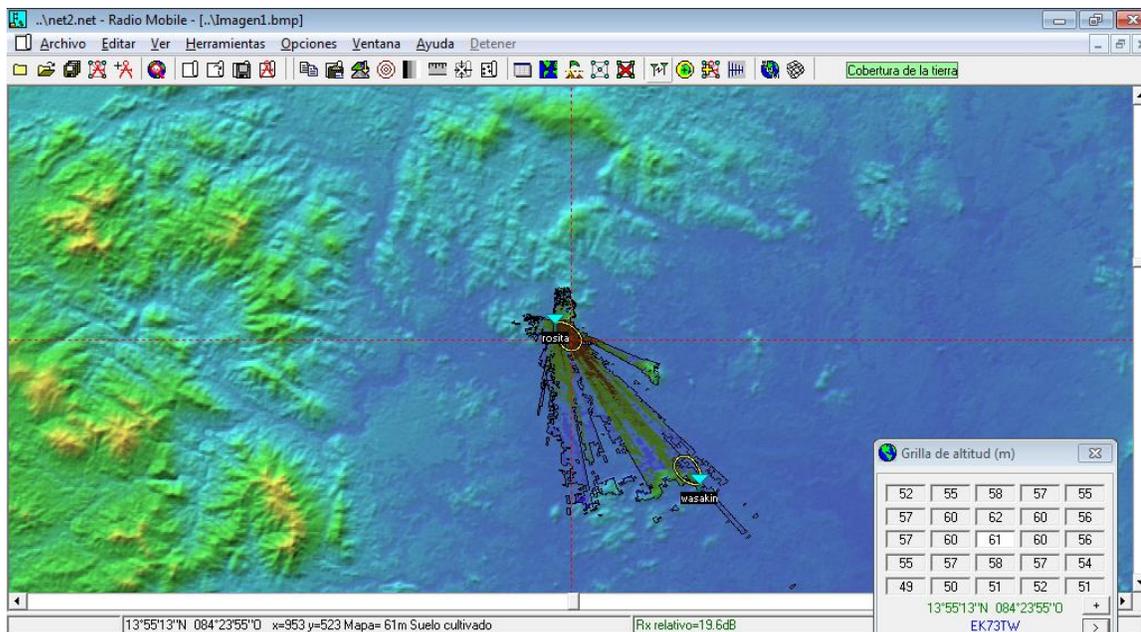


*Ilustración 19: Ingreso de las características en radio Mobile.*

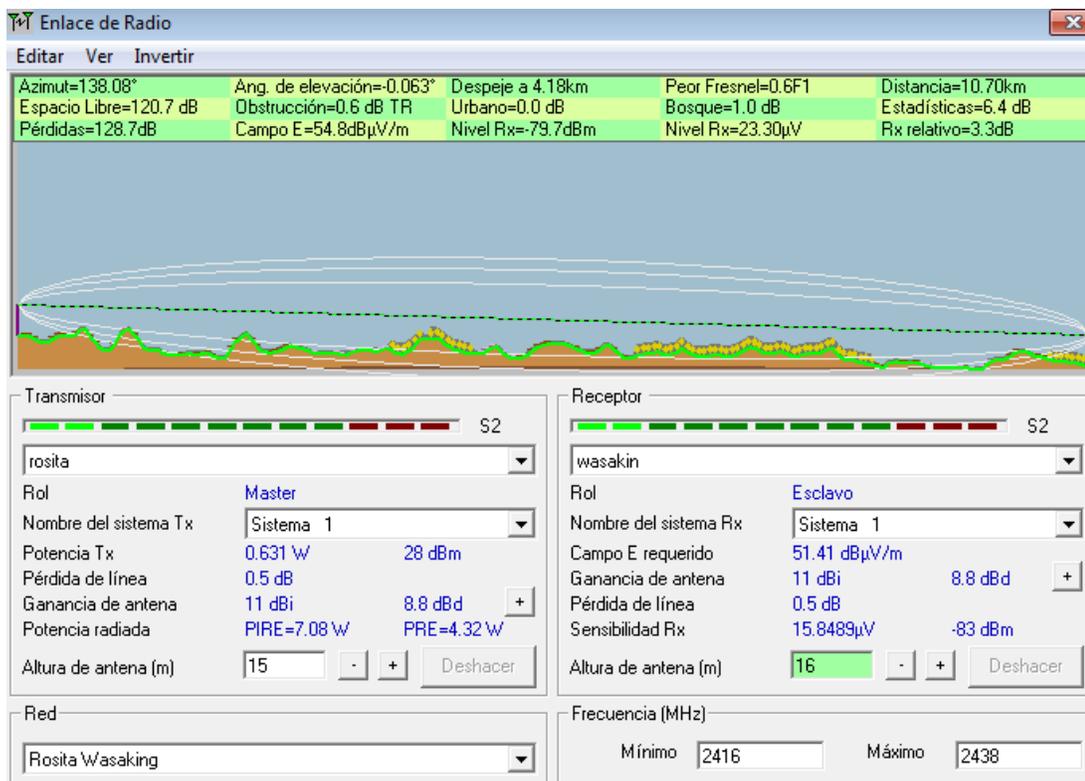


*Ilustración 20: Ingreso de las características del NanoStation M2 en radio Mobile.*

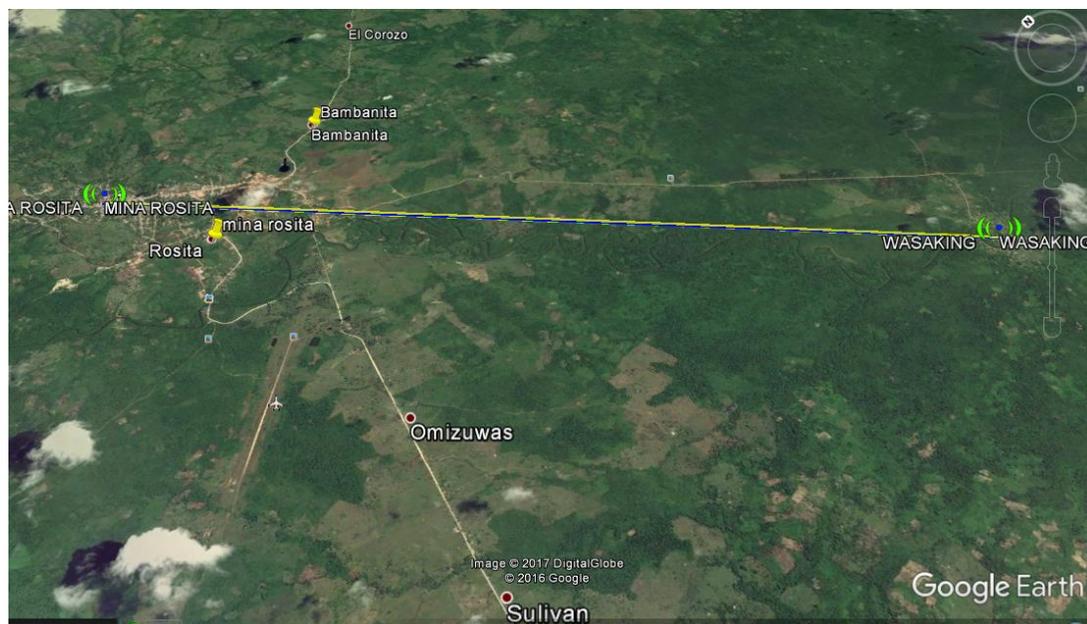
A continuación se muestran una serie de imágenes en las que se logra apreciar el correcto enlace de las estaciones, además se observa que el nivel de la señal está por debajo del umbral de recepción y que existe Línea de vista entre las estaciones.



*Ilustración 21: Todos los puntos del radioenlace conectados.*



*Ilustración 22: Conexión entre Rosita y Wasa king.*



*Ilustración 23: Vista del radioenlace en Google Earth.*

#### 4.5 Cálculos teóricos

Mediante la siguiente grafica se representara las condiciones del trayecto en el cual el cual el sistema de Rosita actúa como estación transmisora y Wasa king como receptor, para ello se toma como referencia el posible obstáculo de mayor altura que presenta dicho trayecto.

Dónde:

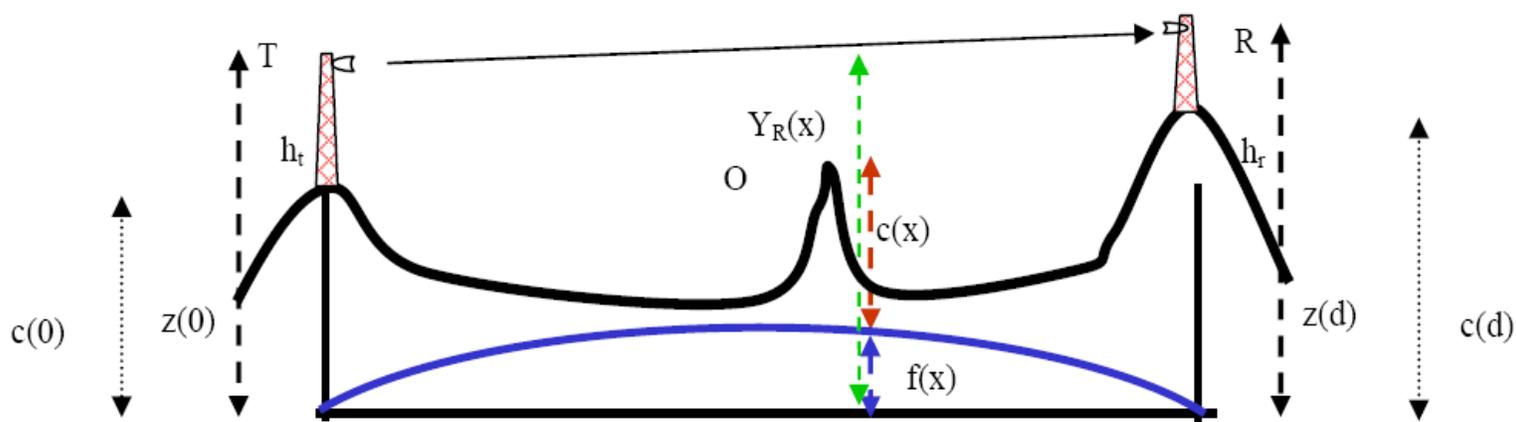


Ilustración 24: Análisis del vano correspondiente a Rosita y Wasa king.

$C(0)$ = altura de la superficie en la que está ubicado la torre del transmisor.

$h_t$ = altura de la torre trasmisora.

$Z(0)$ = altura total en la que estará colocado el equipo transmisor.

$F(x)$ = protuberancia de la tierra.

$C(x)$ = Altura del obstáculo sobre el nivel del mar.

$Y_r(x)$ = altura del rayo sobre la base.

$C(0)$  = altura de la superficie en la que está ubicado la torre del receptor

$h_t$  = altura de la torre receptora

$Z(0)$  = altura total en la que estará colocado el equipo receptor

$X$  = distancia del transmisor al obstáculo

$D$  = distancia total entre en vano.

$Z(x)$  = altura respecto al obstáculo a tierra plana

$$\begin{array}{lll} Z_0 = C_0 + h_t = 553\text{mts} & C_x = 468\text{ mts} & Z_d = C_d + h_r = 411\text{mts} \\ C_0 = 538\text{ mts} & x = 0.83\text{ km} & C_d = 395\text{mts} \\ h_t = 15\text{ mts} & d = 6.47\text{km} & h_r = 16\text{ mts} \end{array}$$

La protuberancia o curvatura de la tierra está dada por la ecuación:

$$f(x) = \frac{x(d-x)}{2kR_0} \quad \text{Donde } R_0 \text{ es el radio de la tierra y equivale a: } R_0 = 6370\text{ Km}$$

$K$  es el factor de radio efectivo y se calcula de la siguiente manera:

$$k = \frac{157}{157 + \Delta N}$$

En la cual  $\Delta N$  es la variación de la refractividad ( $N$ )

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial H} \sim -\frac{Ns}{H}$$

$N \sim N_s$

Según la ITU-R P.453,  $N$  puede modelarse en función de  $p$  (mbar), Presión del vapor de agua  $e$  (mbar) y Temperatura absoluta  $T$  ( $K^\circ$ ) como:

$$N = \frac{77.6}{T} \left( p + \frac{4810e}{T} \right)$$

La recomendación ITU-R P.453 brinda los datos de abajo como una referencia, en condiciones normales en la superficie, con lo cual obtenemos:

$$p=1013\text{mb}$$

$$e=10.2\text{mb}$$

$$T=290\text{K}^\circ$$

$$N = \frac{77.6}{290} \left( 1013 + \frac{4810 \times 10.2}{290} \right) \approx 316$$

De la recomendación ITU-R P.453 se establece valores estándares de referencia:  $N_s \approx 315$ , y una altura de referencia estándar,  $H=7.35\text{Km}$

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial H} \sim - \frac{N_s}{H}$$

$$\Delta N = \frac{-316}{7.35} \qquad \Delta N = -42.99$$

$$k = \frac{157}{157 + \Delta N}$$

$$k = \frac{157}{157 + (-42.99)}$$

$$k = 1.37$$

$$f_{(x)} = \frac{0.83(13.5 - 0.83)}{2(1.37)(6370)} = 6.02 \times 10^{-4} = 0.602 \text{ mts}$$

Por lo que la altura efectiva del obstáculo respecto a tierra plana  $Z(x)$  será:

$$z(x) = c(x) + f(x) = 468m + 0.602 = 468.602m$$

Calculamos el radio de la primera zona de Fresnel ( $R_1$ ):

$$R_1 = 548 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f(d_1 + d_2)}} \longrightarrow \begin{matrix} R_1 (m) \\ f (MHz) \\ d_1, d_2 (Km) \end{matrix}$$

$d_1$ : Distancia física entre las posiciones proyectadas de la antena transmisora y el centro del obstáculo sobre la línea de la superficie terrestre

$d_2$ : Distancia física entre las posiciones proyectadas del centro del obstáculo y la antena receptora sobre la línea de la superficie terrestre

$f$ : frecuencia de operación del radioenlace

$$R_1 = 548 \sqrt{\frac{(0.83)(12.67)}{2400(0.83 + 12.67)}}$$

$$R_1 = 9.87 \text{ mts}$$

La altura del rayo está dada por:

$$\frac{Y_{R(x)} - Z_{(0)}}{x} = \frac{Z_{(d)} - Z_{(0)}}{d} \longrightarrow Y_{R(x)} = Z_{(0)} + \frac{x}{d} (Z_{(d)} - Z_{(0)})$$

$$Y_{R(x)} = 553 + \frac{0.83}{13.5} (411 - 553)$$

$$Y_{R(x)} = 544.28m$$

Despejamiento en la primera zona de Fresnel

$$h(x) = Y_{R(x)} - Z(x)$$

$$h(x) = 544.28 - 468.602$$

$$h(x) = 75.678 m$$

$$\left| \frac{h(x)}{R_1(x)} \right| = \left| \frac{42.688}{9.87} \right| = 7.66 \times 100\% = 76.6\%$$

76.6% >> 60% Hay total línea de vista por lo cual no consideramos las pérdidas por difracción.

Perdidas por propagación

$$L_b = L_{bf} + L_g$$

L<sub>bf</sub>= pérdidas de propagación en espacio libre

L<sub>g</sub>= pérdidas por gases.

Según la ecuación de Friss

$$L_{bf} = 92.5 + 20 \log_{10} f (\text{Ghz}) + 20 \log_{10} d (\text{Km})$$

$$L_{bf} = 92.5 + 20 \log_{10} (2.4) + 20 \log_{10} (13.5)$$

$$L_{bf} = 120.71 \text{ db}$$

Las pérdidas por gases se obtienen mediante la siguiente ecuación  $L_g = (\gamma_0 + \gamma_w)d$  y Según la curva de atenuación gaseosa se obtiene que para una frecuencia de  $f=2.4\text{GHz}$

$$\gamma_0 + \gamma_w = 0.007\text{db/Km}$$

$$L_g = (0.007) (13.5)$$

$$L_g = 0.0945\text{ db}$$

Ya con todos los resultados de las distintas perdidas podemos calcular las pérdidas totales del radioenlace.

$$L_b = L_{bf} + L_g$$

$$L_b = 120.71 + 0.0945 + 0.9705$$

$$L_b = 121.775\text{ db}$$

### Margen bruto de desvanecimiento

$$M_3 = C - T_h$$

C = Potencia que llega al receptor

$$C = P_t - L_{tt} + G_t - L_b + G_r - L_{tr}$$

$P_t$  = potencia de transmisor que equivale (28 dbm.)

$L_{tt}$  = perdidas de la línea de transmisión. En este caso es el cable UTP para la cual se atenúan 13 db por cada 100 metros a una velocidad de transmisión de 4 Mbps, tomamos el valor de 1.5 db para una distancia promedio 15 metros.

$G_t$  = Ganancia de la antena transmisora (11 db).

Lb= pérdidas por propagación (121.775 db)

Gr= ganancia de la antena receptora (11 db)

Ltr= pérdidas de la línea transmisión (1.5 db)

$$C = 28 \text{ dbm} - 1.5\text{db} + 11\text{db} - 121.775\text{db} + 11\text{db} - 1.5\text{db}$$

$$C = -74.775 \text{ dbm}$$

$$M_3 = -74.775\text{dbm} - (-83\text{dbm})$$

$$M_3 = 8.225\text{dbm}$$

Calidad de disponibilidad

$$U_T = U_E + U_P$$

$U_E$ = indisponibilidad de los equipos.

$U_P$ = Indisponibilidad de propagación.

Para los dispositivos Ubiquiti se obtiene un MTBF de dos años y medio aproximadamente, y un MTTR de por lo menos 24 horas.

*Tabla 6: MTTR y MTTBF recuperación de los equipos Ubiquiti.*

DESCRIPCION	MTTR	HORAS	MTBF	HORAS
Equipo Tx	MTTR <sub>TX</sub>	24	MTBF <sub>TX</sub>	21.900
Equipo Rx	MTTR <sub>RX</sub>	24	MTBF <sub>RX</sub>	21.900

$$U_E = \frac{MTTR_{TX}}{MTBF_{TX}} + \frac{MTTR_{RX}}{MTBF_{RX}}$$

$$U_E = \left( \frac{24}{21900} + \frac{24}{21900} \right) \times 100\%$$

$$U_E = 0.2191 \%$$

Como la indisponibilidad de los equipos es muy alta decidimos utilizar enlace redundante de la forma 1 + 1 para bajar la indisponibilidad y tener una mejor calidad del radioenlace.

$$U_{E \text{ redundante}} = \frac{N+1}{2} * U_E^2 = \frac{1+1}{2} * (0.002191)^2 = 4.804x 10^{-6}$$

$$U_{E \text{ redundante}} \% = U_{E \text{ redundante}} * 100 = 4.804x 10^{-4} \%$$

Indisponibilidad del radioenlace para propagación:

$$U_p = P$$

*Se iguala M3 con la atenuación excedida por lluvia*

$$M_3 = 0.12 A_{0.01} P^{-(0.546+0.043 \log P)}$$

Se calcula  $A_{0.01}$

Elaborado por: Br. Jorge Berrios, Br. Rodrigo Izaguirre.

Tutor: Msc. Oscar Napoleón Martínez.

56

$$A_{0.01} = \gamma_R d_{\text{eff}}(\text{km})$$

$$\gamma_R = k R^\alpha$$

Según el mapa de precipitación Nicaragua se encuentra en la región P el valor de R para un porcentaje de tiempo 0.01

$$R = 145$$

Según Rec ITU-R P838-3; para una polarización vertical los valores de  $k_v$  y  $\alpha_v$

$$k_v = 0.0001464$$

$$\alpha_v = 1.0085$$

$$\gamma_R = (0.0001464)145^{1.0085}$$

$$\gamma_R = 0.0221$$

Formulas tomadas del libro transmisiones de radio capítulo 5.18

$$d_{\text{eff}} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}}$$

$$d_0 = 35e^{-(0.015 R_{0.01})}$$

$$d_0 = 35e^{-(0.015 \times 145)} = 3.9762\text{km}$$

$$d_{\text{eff}} = \frac{13.5}{1 + \frac{13.5}{3.9762}} = 3.07 \text{ km}$$

$$A_{0.01} = (0.0221)(2.37) = 0.0678$$

$$M_3 = (0.12)(0.0698)P^{-(0.546+0.043 \log P)}$$

$$\frac{12.67}{(0.12)(0.0678)} = P^{-(0.546+0.043 \log P)}$$

$$\log \frac{12.67}{(0.12)(0.0678)} = -0.546 \log P - 0.043 \log P^2$$

$$0.043 \log P^2 + 0.546 \log P + 3.19$$

$$\log P = -6.3488$$

$$P = 10^{-6.3488} = 0.0000447\% = U_P$$

$$U_T = U_{E \text{ redundante}} + U_P$$

$$U_T = 4.804 \times 10^{-4}\% + 0.0000447\% = 0.000525\%$$

Según ITU el valor de indisponibilidad máx. De hasta 280k

$$ITU = 0.000525\%$$

Por lo cual cumple con los criterios y es un radioenlace de calidad

Para determinar la calidad de fidelidad del radioenlace, o interrupción total por desvanecimiento se hará uso de la siguiente ecuación.

$$P_{TT} = P_{TP} + P_{TS}$$

Donde:

- $P_{TP}$  = Desvanecimiento plano.
- $P_{TS}$  = Desvanecimiento selectivo.
- $P_{TT}$  = Desvanecimiento Total.

El cálculo de  $P_{TP}$  depende del Factor de aparición del desvanecimiento ( $P_0$ ) y del margen bruto de desvanecimiento ( $M_3$ ).

$$P_{TP} = P_0 10^{\frac{M_3}{10}} \times 100 \%$$

Para obtener el valor de  $P_0$  se utilizara el método de Mojoli, el cual indica que  $P_0 = 0.3 a b (f/4) (d/3)^3$  Donde:

- **f** es frecuencia en GHz
- **d** es la longitud del enlace en Km
- **a** es un parámetro descriptivo del clima.  $a \in [.25, 4]$ .

1) *Climas templados* **a=1**

2) *Climas secos y montañosos,* **a=0.25**

3) *Climas húmedos o que presentan variaciones térmicas intensas (ej.: desiertos),* **a=4**

- **b** parámetro que incluye la influencia del terreno. Se calcula como:

$$b = \left( \frac{S}{15} \right)^{-1.3}$$

- **S** es el coeficiente de rugosidad del terreno en metros. Desviación típica de las alturas del perfil topográfico, sobre el nivel del mar tomando muestras cada 1 km excluyendo los extremos.

En este caso tomaremos un valor de  $a=0.25$  y el promedio de la altura del terreno  $S$  en el trayecto del radioenlace tomando muestras cada 1 km. es de  $(409 + 358 + 400 + 376 + 415)/5 = 391$  metros.

Por lo que  $P_0$  y  $P_{TP}$  serán:

$$b = \left(\frac{391}{15}\right)^{-1.3} = 0.0144$$

$$P_0 = (0.3) (0.25) (0.0144) \left(\frac{2.4}{4}\right) \left(\frac{6.47}{3}\right)^3$$

$$P_0 = 6.5 \times 10^{-3}$$

$$P_{TP} = (6.5 \times 10^{-3}) \times 10^{\frac{12.67}{10}} \times 100 \% = 0.035$$

Para encontrar el desvanecimiento selectivo se hará uso de la expresión de mejora en la cual indica:

$$P_{TS} = 4.32 n k \left(\frac{\tau m^2}{\tau s^2}\right)$$

Donde:

- ❖ El Factor de actividad multi trayecto ( $n$ ) se define como.  $\eta = 1 - \exp(-0.2 \cdot P_0^{0.75})$
- ❖  $K$  es la Signatura normalizada, constante que depende de la signatura del receptor para la cual existen valores típicos con y sin ecualización según el esquema de modulación.

Tabla 7: Signatura de algunos esquemas de modulación.

Metodo de modulación	K: signatura BER = $10^{-3}$	
	no ecualizada	si
64 QAM	15.4	0.4
16 QAM	5.5	0.3
4 PSK	1	0.3

- ❖  $T_m$  es el valor medio del retardo, expresado como  $T_m = (0.7) (d/50)^{1.3}$  con  $d$  en **km** y  $T_m$  en **ns**.
- ❖  $T_s$  es el periodo de símbolo expresado en **ns**, el cual está dado por  $T_s = \frac{\log_2 M}{R_b}$  Siendo  $R_b$  la velocidad de transmisión y  $M$  el Mary del esquema de modulación.

Entonces se obtiene los valores siguientes:

$$n = 1 - e^{-0.2P_0^{0.75}} \quad n = 1 - e^{-0.2(6.5 \cdot 10^{-3})^{0.75}} = 4.56 \cdot 10^{-3}$$

$$\tau m = 0.7 \left( \frac{6.47}{50} \right)^{1.3} = 0.049$$

$$\tau s = \frac{\log_2 16}{29} = 137.9 \text{ ns}$$

$$K = 5.5$$

$$P_{TS} = 4.32 (4.56 \cdot 10^{-3})(5.5) \left( \frac{0.049^2}{137.9^2} \right) = 1.3 \cdot 10^{-8}$$

$$p_{TT} = p_{TP} + p_{TS} = 0.035 + 0.00000013\% = 0.011400013\%$$

*Tabla 8: Parámetros de calidad del vano del radioenlace.*

Descripción	Valor	Localidad (vano)
Zona de Fresnel	76.6% total línea de vista	Rosita-Wasa king
Perdidas de propagación	121.775dB	Rosita-Wasa king
Margen bruto de desvanecimiento	8.22 dB	Rosita-Wasa king
Valor de indisponibilidad	0.000525 % no cumple los criterios de la ITU-R F.557	Rosita-Wasa king
Fidelidad	0.011400013 % cumple con los criterios de la ITU-R F.557	Rosita-Wasa king

Elaborado por: Br. Jorge Berrios, Br. Rodrigo Izaguirre.

Tutor: Msc. Oscar Napoleón Martínez.

61

## CAPÍTULO V.

Presentación del presupuesto del radioenlace y la viabilidad del proyecto para la comunidad de Wasa king.

## 5.1 Presupuesto de la comunidad Rosita:

### Comunidad de Rosita

Equipos	Cantidad	Costo
Antena y Transmisor	1	\$95
Cable STP	30 mtrs	\$12
Terminales RJ45	30	\$9.9
Estabilizadores(ups)	4	\$312
Switch	1	\$58
Estructura de la antena	1	\$725
Horas de instalación	15 dias	\$2881
Supresores de picos eléctricos	1	\$21
Supresores de picos para radio	1	\$19
Cables y tensores para torre	100Mtr	\$350
<b>Total</b>		<b>\$4482.9</b>

*Tabla 9: Presupuesto para Rosita.*

Equipos	Cantidad	Costo
Computadoras	15	\$2250
Antena y Transmisor	1	\$95
Cable STP	40 mtrs	\$16
Terminales RJ45	40	\$13.2
Estabilizadores(ups)	4	\$312
Puestos de trabajos o escritorios	15	\$456
Sillas	17	\$526
Switch	1	\$58
Estructura de la antena	1	\$725
Proyector	1	\$603
Horas de instalación	15 dias	\$3136
Supresores de picos eléctricos	1	\$21
Cables y tensores para torre	100mt	\$350
Supresores de picos para radio	1	\$19
<b>Total</b>		<b>\$8580.2</b>

**Comunidad Wasa king**

*Tabla 10: Presupuesto para Wasa king.*

**5.2 Presupuesto total haciendo la suma de todos los vanos:**

<b>Localidad</b>	<b>total</b>
Rosita.	\$4482.9
Wasa king	\$8580.2
<b>Total</b>	<b>\$13063.1</b>

*Tabla 11: Presupuesto General.*

## 6. CONCLUSIÓN.

### **Análisis de la viabilidad y los beneficios que se obtendrán al llevarse a cabo la implementación del proyecto.**

- Estudio de las necesidades: Se han visitado y examinado las distintas ubicaciones de los sitios sobre dónde se requiere desplegar la red, identificando de esta manera lugares propicios para la instalación de los equipos inalámbricos e identificando las características orográficas. Esto indica que a pesar del acceso remoto a la región de Rosita, existe viabilidad geográfica puesto que hay lugares donde las antenas con todos sus equipos puedan ser instalados.
- Diseño de la red: Utilizando las herramientas Radio Mobile y ayudado de Google Earth se procederá a realizar los perfiles del terreno y a calcular los niveles de señal esperados. En base a esto se diseñará la red, eligiendo el equipamiento adecuado que se ajusten a los requerimientos. El uso de estas herramientas nos permitirá de una manera viable, encontrar las características físicas y técnicas de cada uno de los equipos de tal forma que puedan ser usados en la implementación del proyecto y que estos puedan estar totalmente alineados con las simulaciones previamente hechas. Esto nos permite demostrar que el proyecto cuenta con gran viabilidad en el aspecto económico porque no se realizaran gastos innecesarios en equipos.

### **Beneficios**

- Estos son algunos beneficios obtenidos por la implementación de la red punto a punto, de nuestro proyecto:
- Escalamiento ilimitado en cantidad de dispositivos, es decir la cantidad de conexiones para los usuarios.
- Bajos costos de implementación

- Sencilla implementación, debido a que cada uno de los equipos usados son fáciles de implementar, una vez hecha la torre de la antena.
- Respaldo de Datos transmitidos.
- Escalabilidad de la red, es decir se pueden ofrecer más servicios en un futuro ya que a través de una red punto a multipunto se pueden ofrecer servicios de acceso a internet inalámbricas y transmisiones de VoIP. De esta manera se pueden crear PBX en lugares de administración públicas, como alcaldías, policías, centros de salud, etc. Para que puedan realizar llamadas sin ningún costo alguno.
- Los usuarios podrán acceder a toda la información obtenida en el internet con el propósito de realizar sus investigaciones y ser partícipes de cursos gratis ofrecidos online.

## Recomendaciones

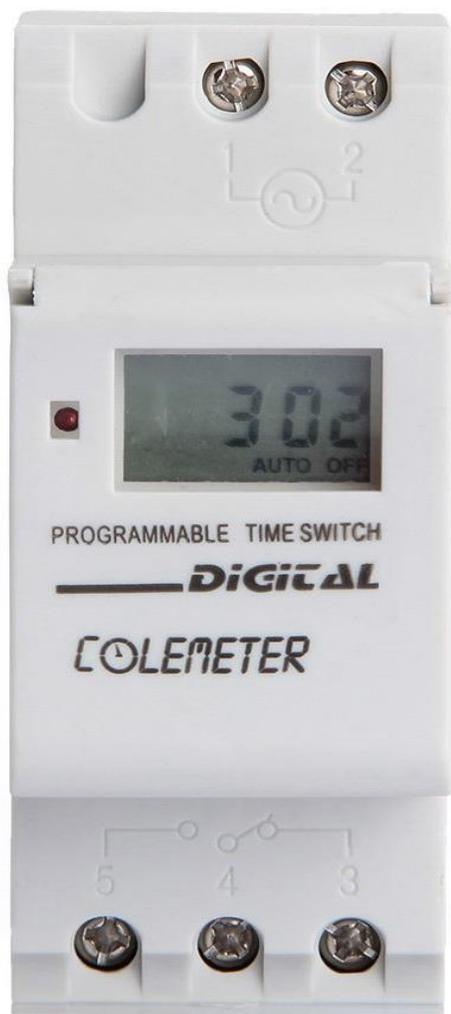
- Para una posible ampliación y requerimiento de más ancho de banda se recomienda cambiar equipos por unos de más ganancia de antena y potencia.
- Se recomienda no exceder el número de conexiones de usuario a fin de asegurar una navegación estable, rápida y de calidad.
- Instalar sistema de seguridad, control parental, firewall o programas y/o configuraciones en el navegador y pc a fin de evitar paginas no educativas (paginas SPAM o no deseadas).
- Crear servidor en la nube como medio de almacenamiento para biblioteca virtual y así acceder y guardar documentos sin necesidad de saturar la red de datos y almacenamiento de la pc.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] <http://www.cisco.com/web/ES/products/telefonía-IP.html>
- [2] Manuel Castek. 1998. La era de la información. Alianza Editorial (Disponible en: <http://funredes.org/socinfodo/pres/DP1.pdf>. Consultado el: 20 de Enero del 2015)
- [3] [www.telcor.gob.ni/](http://www.telcor.gob.ni/) Entrevista a representante de Telcor
- [4] <http://redwifi.wordpress.com/definicion-de-wifi/>
- [5] Cadena P. Felipe J. 2012. Diseño de una red WI-FI; Caso de estudio zona rural. Tesis Lic. Eléctrico y Electrónico. Universidad Autónoma de México. Fac. Ing., 123 p.
- [6] Enríquez C. Laura S, Ramírez L. Rodrigo. 2009. Implementación de una red inalámbrica; Biblioteca Central. Tesis Ing. Comp. Universidad Autónoma de México. Fac. Ing., 97 p.
- [7] <http://definicionexacta.wordpress.com/2007/01/29/%C2%BFque-es-un-router>
- [8] Julio Cesar Chávez Urrea. 2007. Protocolo TCP/IP. Monografias.com (Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos/protocolotcpip/protocolotcpip.shtml>. Consultado el: 22 Enero 2015)
- [9] Kioskea.net. Junio 2014. Protocolo TCP. (Disponible en: <http://es.kioskea.net/contents/281-protocolo-tcp>. Consultado el: 22 Enero 2015.)
- [10] ITU. 2009. El protocolo de transmisión de voz por internet. Tendencia en las reformas de telecomunicaciones 2009. (Disponible en: <http://www.itu.int/net/itunews/issues/2009/07/21-es.aspx>. Consultado: 2 Abril 2015)
- [11] Unión Internacional de Telecomunicaciones. 2005. Manual sobre redes basadas en el protocolo de internet y asuntos conexos. ITU. Pag. 1-48.
- [12] [http://www.tizimin.uady.mx/tesis/tesis\\_final\\_jesus.pdf](http://www.tizimin.uady.mx/tesis/tesis_final_jesus.pdf)
- [13] Ineter. Diciembre 2003. Mapa político de la RAAN; División política de la RAAN, 4823x3990. 2da edición. Nicaragua.
- [14] Wikipedia. 2014. Rosita, Nicaragua. (Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Rosita\\_%28Nicaragua%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Rosita_%28Nicaragua%29).) Consultado: 2 de Febrero 2015
- [15] <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/ATLANTICO%20NORTE/rosita.pdf>
- [16] Sebastián Buettrich. Calculo de radioenlace. 2007. Pag. 1-22. En: Tricalcar. [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf)
- [17] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/soriano\\_m\\_jc/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/soriano_m_jc/capitulo2.pdf)
- [18] <https://www.eae-publishing.com/>
- [19] ITU. 2002. Categorías de calidad de servicio para los usuarios de los extremos de servicio multimedia. Sistemas y medios de transmisión, Sistemas y redes digitales. T-REC-G.1010-200111-I Pag. 1-16.
- [20] Grupo de radiocomunicación. Departamento SSR. Tutorial de Radio Mobile. 2007. Pag. 1-31.
- [21] <http://www.sector14.net/~curt/srtm>
- [22] ITU. ¿Qué es la brecha digital? (Disponible en: [https://www.itu.int/wsis/basic/faqs\\_answer.asp?lang=es&faq\\_id=43](https://www.itu.int/wsis/basic/faqs_answer.asp?lang=es&faq_id=43). Consultado: 5 Marzo 2015)

# ANEXOS.

## Temporizador Electrónico LCD Digital Programable Interruptor de Relé de tiempo

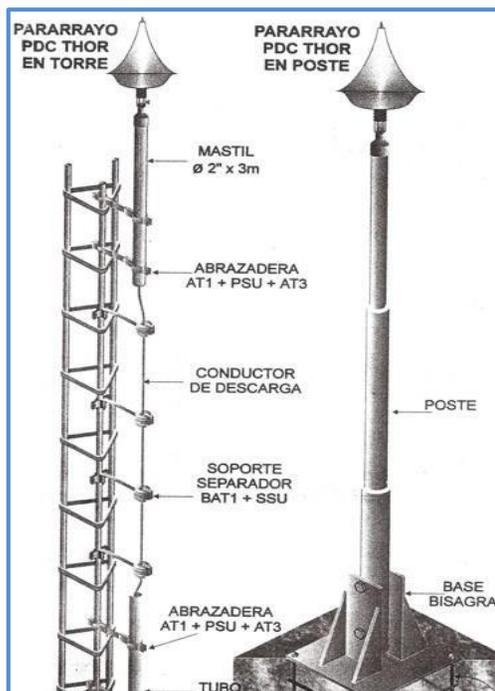
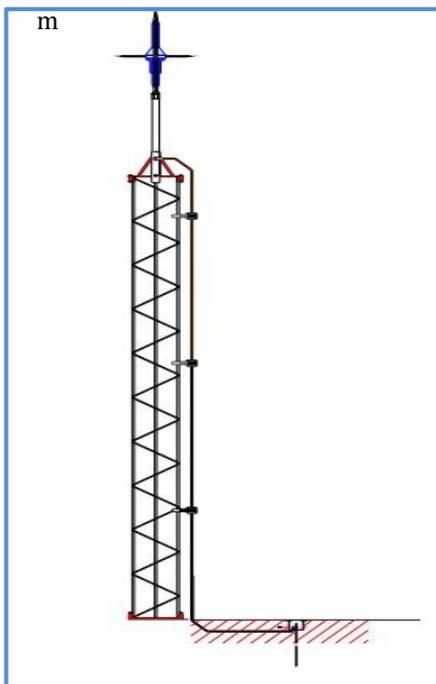


- Tiene configuración para alcanzar una precisión hasta los minutos, autonomía de batería 150h.
- Voltaje nominal, AC 180 ~ 264V 50/60Hz, se usa del interruptor de la casa, es muy práctico.
- La última tecnología COMS de cuarto, micro-controlador.
- La electrónica digital de propósito general, con el tiempo switch programas diarios y semanales.
- Repite los programas con configuraciones de 8 ON en 8 OFF, Capacidad de carga: 16A / 250V AC.

## Sistema de protección de equipos.

La torre en la cual se montarán los equipos, contará con una protección contra rayos para un consumo máximo de potencia de 260 watts, para esto se instalará un pararrayo atmosférico marca Pulsar 60 de acero inoxidable con una longitud de 3mts, sujetado por un mástil de acero inoxidable de 2.3mts seguido de un cable conductor de una longitud de 80 pies, que va desde el mástil hasta la puesta tierra que estará a 80cm de profundidad y se extiende en un área de 12mts<sup>2</sup> y al final esta sea la vía de descarga.

El pararrayo tiene un radio de protección de 45 mtrs esto garantiza la protección de los equipos que se montaran en la torre, como antenas, radio, PoE11 (Power Over Ethernet) y UPS.



<b>TECNOSOL</b>							<b>Oferta de ventas</b>			
<b>SUCURSAL DE CASA MATRIZ</b>							<b>No. 7902</b>			
RUC No: J0310000012806							Fecha:			
Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua							22/Octubre/2011 13:18			
Teléfonos: PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871										
E-mail: info@tecnosolsa.com.ni Website: http://www.tecnosolsa.com.ni										
<b>Cliente:</b> CN-00120 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNI				<b>Dirección:</b> PISTA PRINCIPAL JUAN PABLO I I						
<b>Contacto:</b>				<b>Teléfono:</b>						
<b>Validez de la oferta:</b> 15 DIAS				<b>Plazo de entrega:</b>		<b>Fax:</b>				
<b>Condición de pago:</b> Credito 120 dias				<b>Vendedor:</b> Kathy Ayala						
<b>E-mail:</b>										
<b>Id Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Descuento</b>	<b>Sub-Total</b>	<b>Impuesto</b>	<b>Total Final</b>		
01-01-0166	MODULO SOLAR RENESOLA 260W-30.5V	UNIDAD	1	312.00	0.00	312.00	0.00	312.00		
02-01-0101	BATERIA ABIERTA SUNPOWER GENERATION SPG-225AH 6V CICLO PROFUNDO	UNIDAD	2	120.00	0.00	240.00	0.00	240.00		
02-03-0087	INVERSOR SUNPOWER GENERATION SPG 800W 12V MSW	UNIDAD	1	60.00	0.00	60.00	9.00	69.00		
02-02-0052	REGULADOR EGE MPPT 20 12V/24V	UNIDAD	1	109.99	0.00	109.99	16.50	126.49		
06-08-0129	KIT DE ACCESORIOS ELECTRICOS (VARIOS COMPONENTES)	UNIDAD	1	20.00	0.00	20.00	3.00	23.00		
06-08-0529	KIT BASICO 2X14	UNIDAD	1	10.38	0.00	10.38	1.56	11.94		
06-08-0028	CABLE BC1 2/0 ROJO	UNIDAD	1	11.00	0.00	11.00	1.65	12.65		
06-08-0126	KIT P/ESTRUCTURA DE UN PANEL SOLAR	UNIDAD	1	7.30	0.00	7.30	1.09	8.39		
09-01-0001	SERVICIO DE MANO OBRA POR INSTALACION	UNIDAD	1	100.00	0.00	100.00	15.00	115.00		

## Regulador de voltaje



### TriStar MPPT



Morningstar's TriStar MPPT solar controller with TrakStar Technology™ is an advanced maximum power point tracking (MPPT) battery charger for off-grid photovoltaic (PV) systems up to 3kW.

**Model Numbers**

TS-MPPT-60, TS-MPPT-45, TS-MPPT-30

**Key Features and Benefits**

- :: Maximizes Energy Harvest
- :: Extremely High Reliability
- :: Very High Efficiency
- :: Extensive Networking and Communication Capabilities
- :: Metering and Data Logging
- :: Certified to IEC 62093



## Sistema de almacenamiento de energía solar

