

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION**

**Mon
384.5097285
F634
2013**

**Trabajo monográfico para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

Título:

Diseño de redes Wimax IEEE 802.16d en zonas rurales.

Autores:

Br. Yamil Enrique Flores González 2008-23235

Br. Beat Johan García Centeno 2008-23666

Tutor:

TKL Oscar Somarriba Jarquín

Managua, Nicaragua Diciembre 2013

Dedicatoria

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios por darme la vida y la fuerza para llegar hasta esta etapa de mi vida y luego a mis padres por todo el esfuerzo que han hecho por sacarme adelante.

Br. Yamil Flores González

Esta monografía es dedicada a mis padres, ya que son los que estuvieron desde un inicio y me encaminaron y acompañaron hasta la culminación y coronamiento de mi carrera. También a mis compañeros y profesores que han aportado conocimiento para nuestra culminación.

Gracias a todos, en especial a Dios.

Br. Beat García Centeno

Resumen

El presente trabajo monográfico muestra la realización de un diseño de red para proveer de servicios de banda ancha a las comunidades rurales de San Juan de Limay y San Juan del Río Coco por medio de la tecnología Wimax en su estándar IEEE 802.16d.

Se ha realizado un análisis de requerimientos de banda ancha para las comunidades rurales indicadas, las cuales son establecidas para definir las metas técnicas de la red. Estas metas son plasmadas para establecer requerimientos de escalabilidad, disponibilidad, desempeño, eficiencia, seguridad entre otros y que son críticas para el diseño de la red así como para las tecnologías a utilizar.

Por otro lado, el cálculo de tráfico se presenta de acuerdo al flujo de información entre las comunidades así como estadísticas que muestran el ancho de banda necesario para las aplicaciones en dependencia del crecimiento mundial y la posible cantidad de usuarios en la red.

Entre las aplicaciones que presenta este trabajo están:

- Servicio de voz sobre IP
- Servicio de Internet
- Servicio de correo electrónico
- Servicio de video conferencia

Estos serán proveídos mediante la red Wimax la cual es simulada a través de los software Radio Mobile y Atoll™.

Con estos dos software se presentan los enlaces desde los municipios de San Juan de Limay y San Juan del Río Coco a sus comunidades en la frecuencia de 5.8GHz valiéndose de antenas direccionales y omnidireccionales.

Finalmente se evalúa la red en su diseño físico de acuerdo a la comparación de los dos software y realizando la estimación de los costos para la implementación de la red en el año 2013.

Índice

Contenido

Introducción.....	1
Objetivos de la investigación	3
Justificación.....	4
Marco Teórico.....	5
1.1 Requerimientos de la red de banda ancha rural.....	16
1.2 Requerimientos Técnicos	18
1.2.1 Escalabilidad	18
1.2.2 Disponibilidad	20
1.2.2.1 Especificando los niveles de disponibilidad	20
1.2.2.2 Mean Time Between Failure y Mean Time to Repair	21
1.2.3 Rendimiento de red	22
1.2.3.1 Utilización óptima de la red	22
1.2.4 Desempeño	23
1.2.5 Fidelidad.....	23
1.2.6 Eficiencia.....	24
1.2.7 Seguridad.....	26
1.2.7.1 Identificando las partes valiosas de la red	26
1.2.7.2 Subcapa de Seguridad.....	28
1.2.8 Manejabilidad	29
1.2.9 Usabilidad	30
1.2.10 Adaptabilidad.....	31
1.2.11 Asequibilidad.....	32
2.1 Caracterizando el flujo de tráfico	35
2.1.1 Identificando las fuentes de tráfico y almacenamiento	35
2.1.2 Tipo de flujo de tráfico	37
2.2 Caracterizando la carga de tráfico.....	38
2.2.1 Requerimientos de ancho de banda para voz sobre IP.....	38
2.2.1.1 Determinación del número de canales de voz	42

2.2.2 Requerimientos de ancho de banda para datos.....	45
2.2.2.1 Correo electrónico.....	45
2.2.2.2 Acceso a Internet.....	47
2.2.2.3 Videoconferencia.....	49
2.3 Ancho de banda necesario por cada Telecentro.....	49
3.1 Topología.....	52
3.2 Diseño de la topología mesh.....	52
3.3 Arquitectura de la red Mesh.....	53
3.4 Protocolos de la red mesh.....	54
3.4.1 Reactivos o bajo demanda.....	54
3.4.1.1 Ad Hoc On-Demand Distance Vector – AODV.....	55
3.4.2 Proactivos.....	55
3.5 Localización de las comunidades.....	56
3.6 Nomenclatura de la red.....	58
3.7 Direccionamiento de la red.....	59
3.8 Administración de la red.....	62
3.8.1 Simple Network Management Protocol - SNMP.....	63
3.8.2 Nagios.....	64
3.8.3 Servidor de administración con Nagios.....	65
3.8.4 Habilitando el agente SNMP.....	66
3.8.4.1 En equipos con sistema operativo Windows 7.....	66
3.8.4.2 En Switches.....	66
3.8.4.3 En un Routers.....	67
4.1 Simulación en Radio Mobile.....	69
4.1.1 Localización de los puntos.....	69
4.1.2 Conexión de los puntos.....	72
4.1.3 Localización de la red San Juan de Río Coco.....	79
4.2 Diseño de red con Atoll™.....	82
4.2.1 Localización de los puntos.....	84
4.2.2 Especificación de las características de los equipos.....	85
4.2.3 Conexión de los puntos.....	87

4.3 Comparación de Radio Mobile y Atoll™	90
4.4 Base de Datos de Equipos Radiantes	92
4.5 Flujo de tráfico	93
4.6 Selección de Equipos	96
4.6.1 De transmisión	96
4.6.2 Para Telecentros.....	99
4.7 Solución energética para comunidades sin acceso a energía convencional	100
4.8 Diseño de la infraestructura de los Telecentros.....	103
4.9 Estimación de costos.....	104
Conclusiones	105
Recomendaciones.....	106
Bibliografía.....	107
ANEXOS	110
Anexo 1 Tabla de Erlang B	111
Anexo 2 Instalación de Nagios.....	112
Anexo 3 Configuración de Nagios.....	123
Anexo 4 Habilitando el agente SNMP en Windows 7.....	129
Anexo 5 Códigos para crear la Base de Datos en Visual Basic	132
Anexo 6: Diseño del sistema fotovoltaico.....	142
Anexo 7 Cableado de la red LAN de los Telecentros.....	155
Anexo 8 Características de los equipos	161

Introducción

El establecimiento de las telecomunicaciones modernas ha llegado a cambiar la forma con que las personas interactúan en el mundo laboral, académico y social, sin embargo, estos avances no siempre logran ser percibidos en todos los sectores sociales.

En el caso de Nicaragua en donde la mayor parte de su territorio nacional está conformado por zonas rurales y el acceso a las tecnologías de comunicación para estas zonas aún muy escaso debido a diversas limitantes, es necesaria la promoción de iniciativas que diversifiquen los canales de comunicación y por tanto faciliten el acceso a la información.

En Nicaragua, las áreas rurales debido a esta situación no les es fácil desarrollarse en sus actividades y esto se debe a que las empresas de telefonía radicadas en el país como Claro y Movistar no están entusiasmados por brindarles servicios de banda ancha, por ser éstas dispersas poco pobladas y no proveen suficientes beneficios económicos que sí les ofrecen las zonas urbanas densamente pobladas.

Una tecnología atractiva de telecomunicación por su desempeño y costo es Wimax [1]. Esta tecnología se podría enlazar con el proyecto FITEL (Fondo de Inversión de Telecomunicaciones) de TELCOR y el programa de banda ancha nacional. TELCOR a través de la dirección del FITEL, viene realizando esfuerzos significativos para fomentar e incentivar la participación de los operadores privados de telecomunicaciones en la prestación de servicios de telecomunicaciones y TIC al sector rural del país [2].

La tecnología Wimax es una de las mejores opciones para las zonas rurales por que presenta: alta cobertura, no necesita tener línea de vista entre los dispositivos terminales, velocidades de datos típicas de 75Mbits que las otras tecnologías inalámbricas difícilmente pueden ofrecer, las estaciones bases

soportan más usuarios que las redes metropolitanas basadas en WLAN y además es compatible con otros estándares anteriores a ésta [3]. Aparte de lo ya mencionado la tecnología Wimax soporta diferentes servicios como: acceso a Internet, redes móviles celulares, telefonía fija, transferencia de archivo multimedia y presentar una excelente calidad de servicio (QoS) [4].

En 2009 llegó Yota a Nicaragua, una empresa con orígenes en Rusia y con una trayectoria como la primera red inalámbrica en América Latina, que ofrece Internet de nueva generación. La compañía provee Internet de alta velocidad en cualquier momento dentro del área de cobertura. La experiencia del cliente de Yota es parecida al proveído por Wi-Fi, pero sin limitaciones cortas del hotspot tradicional de Internet [5]. Por otra parte, la compañía IBW Comunicaciones también provee servicios de Wimax para acceso al Internet principalmente en la ciudad capital y algunas zonas de la costa del Pacífico de Nicaragua como en la ciudad de Masaya y Ticuantepe.

La aplicación de estas tecnologías en las zonas alejadas del país ayuda a que las instituciones comunitarias locales, centros de salud, escuelas entre otros, cuenten con estas redes de comunicación que llevará a tener un mejor desarrollo, reduciendo las limitaciones en la educación y mejorando de este modo el acceso a la información.

Es por ello, que en este trabajo monográfico se presenta el diseño y estudio de la tecnología Wimax IEEE 802.16d ya que es la que brinda los servicios más apropiados que se ajustan a las exigencias de las zonas rurales de Nicaragua.

Objetivos de la investigación

General

- Diseñar una red inalámbrica para proveer el servicio de banda ancha en zonas rurales de Nicaragua utilizando tecnología Wimax fijo.

Específicos

- Identificar las principales aplicaciones de Wimax que se pueden aprovechar en zonas rurales así como sus ventajas y desventajas.
- Escoger una zona rural nicaragüense para desarrollar un ejemplo de diseño de una red con tecnología Wimax.
- Plantear un diseño de comunicación rural para ofrecer el servicio de banda ancha a la comunidad nicaragüense seleccionada.
- Evaluar la red inalámbrica en su diseño físico en la comparación de los resultados proveídos por las herramientas de software Radio Mobile y ATOLL™.
- Seleccionar los equipos necesarios para el diseño de la red de acuerdo a las simulaciones realizadas y que se utilizarán en la zona rural.
- Estimar el costo básico de la red mediante la cotización de precios de los equipos para el año 2013.

Justificación

Wimax es una tecnología complementaria de Wi-Fi y tiene muchos provechos de datos ya que ofrece más ancho de banda, así como mayores velocidades. Esto se puede aprovechar en las zonas rurales del país y permitirá desarrollar áreas claves parcialmente pobladas, por ejemplo puede permitir el acceso a aplicaciones educativas multimedia que facilitan los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por otro lado, en el sector salud, la banda ancha permite mejorar la gestión de información y facilita la prestación de servicios médicos de diagnóstico y tratamiento a distancia mejorando la atención al ciudadano.

La experiencia internacional muestra que un incremento en la penetración de la telefonía móvil del 10% conlleva a un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de un 0.50%; y que un incremento del 10% en el servicio de Internet de banda ancha representa un aumento de 1.3% en el PIB [6].

Así mismo, la aplicación de la tecnología Wimax se puede utilizar en la prevención de desastres para transmitir rápidamente las informaciones relacionadas a las entidades encargadas de la comunidad.

Es de este modo que el planteamiento de un modelo de comunicaciones Wimax para zonas rurales, a través de la banda ancha, que todos los ciudadanos puedan proveer y recibir servicios en línea. Esto les permite superar muchas barreras, en especial las geográficas y así tener acceso a aplicaciones avanzadas de nueva generación como e-gobierno, e-salud, e-educación y e-comercio. Estas aplicaciones podrán ser utilizadas en cualquier lugar con acceso a banda ancha, permitiendo la realización de una amplia gama de actividades que mejoran la calidad de vida de la población.

✓ Wimax

La tecnología WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) es una evolución de Wi-Fi que se distingue por conseguir mayor ancho de banda y alcance. Es un sistema que permite la transmisión inalámbrica de voz, datos y video en áreas de hasta 48 kilómetros de radio [7].

WiMAX es también conocido como IEEE 802.16, fruto del trabajo realizado entre 2002 y 2005 en el IEEE para la definición de nuevas propuestas tecnológicas que permiten cubrir las lagunas de las redes inalámbricas de banda ancha. Es decir, posibilitar redes inalámbricas de altas prestaciones en áreas metropolitanas sin línea de vista, viabilizar la distribución de conectividad por medios inalámbricos a zonas semiurbanas y rurales [8].

✓ Variantes del estándar IEEE 802.16

En el año 2003 se definió la variante 802.16a con coberturas “Near-LOS” (Line of Sight) y NLOS (Non LOS), para frecuencias entre 2 y 11 GHz (con y sin licencia) [9].

En junio de 2004 se aprobó el estándar 802.16d, en el que se establece un enlace de radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario. Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz.

En 2005, aparece la norma 802.16e que ofrece plena movilidad en los equipos terminales de usuario con itinerancia regional, roaming, en frecuencias inferiores a 6 GHz y brinda unas velocidades máximas de 15 Mbps con movilidad en canalizaciones de 5 MHz. Esto permite movilidad completa y el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS.

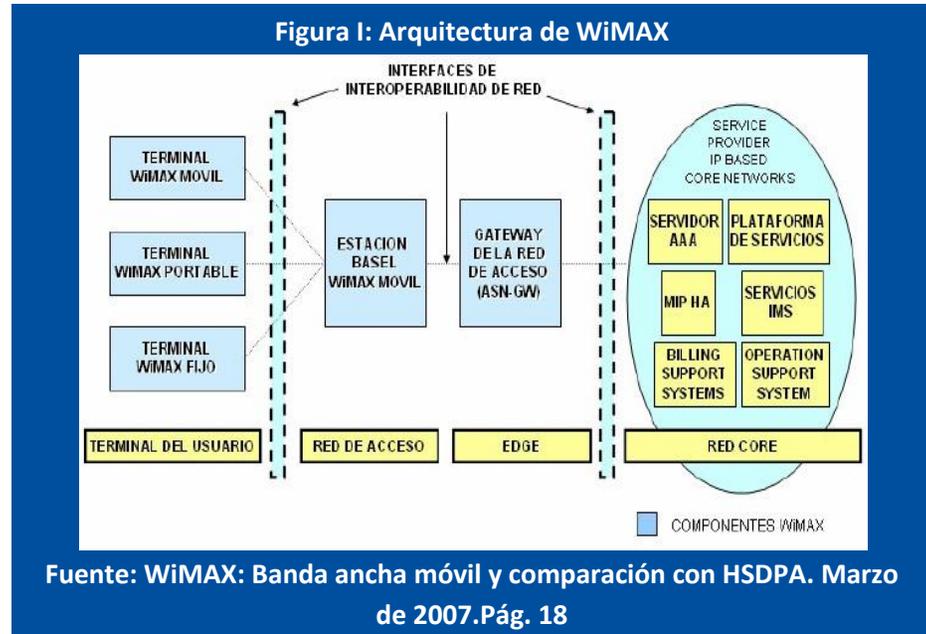
✓ **WiMAX Forum**

WiMAX está siendo desarrollado y promovido por el grupo de la industria WiMAX Forum. El objetivo principal de la WiMAX Forum es promover y certificar la interoperabilidad de los productos inalámbricos de banda ancha de conformidad con los estándares IEEE 802.16 y ETSI HiperMAN, además de acelerar la introducción WiMAX y la relación calidad-precio de éste para poder ofrecer los servicios de acceso inalámbrico de banda ancha en el mercado lo antes posible. Recibir el certificado del WiMAX Forum significa que el producto cumple el estándar, se certifica la compatibilidad e interoperabilidad con todos los productos del WiMAX Forum [8].

✓ **Arquitectura de WiMAX**

La arquitectura WiMAX está basada en una plataforma ALL-IP (todo IP), o sea, la conmutación de paquetes está presente en toda la arquitectura de extremo a extremo de la red (end-to-end), con esto se deja de lado la conmutación de circuitos como era tradicional en las redes de telefonía. La red WiMAX proporciona la flexibilidad para acomodarse a un amplio rango de opciones de implementación, como lo son:

- Cobertura y capacidad de radio para sectores densos o levemente poblados.
- Para ambientes urbanos, suburbanos y rurales.



- Soporta variados tipos de topologías.
- Coexistencia de servicios fijos, nomádicos y móviles en la misma red.
- Bandas licenciadas y no licenciadas, aunque es muy poco probable que se pueda hacer un despliegue móvil en bandas no licenciadas, debido al escaso control que se puede tener sobre la banda y las interferencias que le afectarían.

Las redes de telecomunicaciones se pueden dividir en cuatro grandes bloques: terminal de usuario, red de acceso, edge y núcleo o core. Ver Figura I.

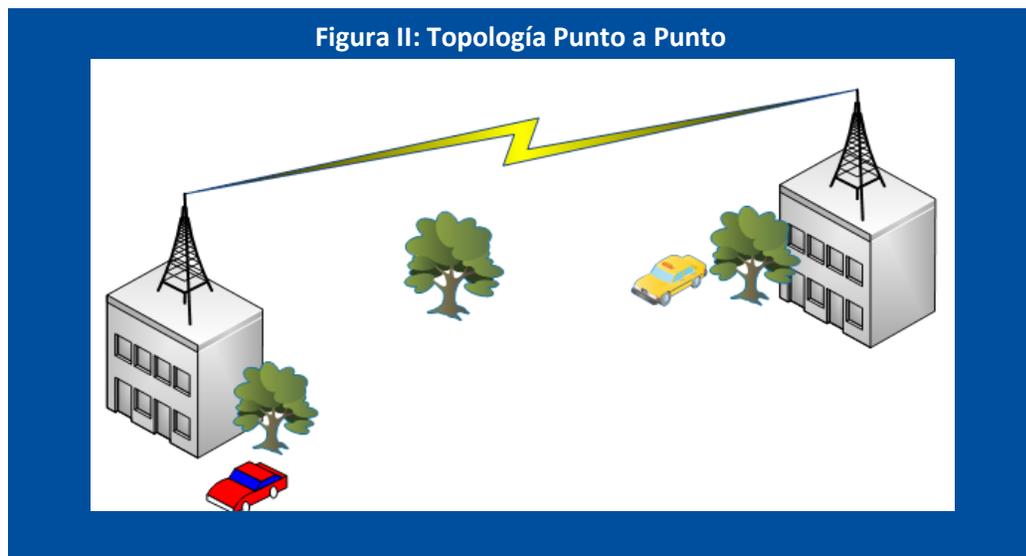
✓ Topología de la Red

Existen varias topologías de despliegue de red que pueden ser soportadas en las redes WiMAX. Las estaciones base son capaces de soportar su propia interconexión, dividiendo el ancho de banda disponible entre el dedicado a las comunicaciones de usuarios y el dedicado a la interconexión de las diferentes estaciones base [4].

✓ Topología Punto a Punto

Una red punto a punto es el modelo más simple de la red inalámbrica, compuesta generalmente por una estación base (BS) y una estación suscriptor (SS) en comunicación directa entre ambas. En esta topología se tiene un enlace de larga distancia de hasta 50 Km y una gran capacidad del enlace inalámbrico entre los dos sitios.

Este tipo de enlaces se utilizan habitualmente en conexiones dedicadas de alto rendimiento o enlaces de interconexión de alta capacidad. Es habitual su uso para enlaces punto a punto en clientes finales o para realizar backhaul de redes [10]. Ver Figura II.

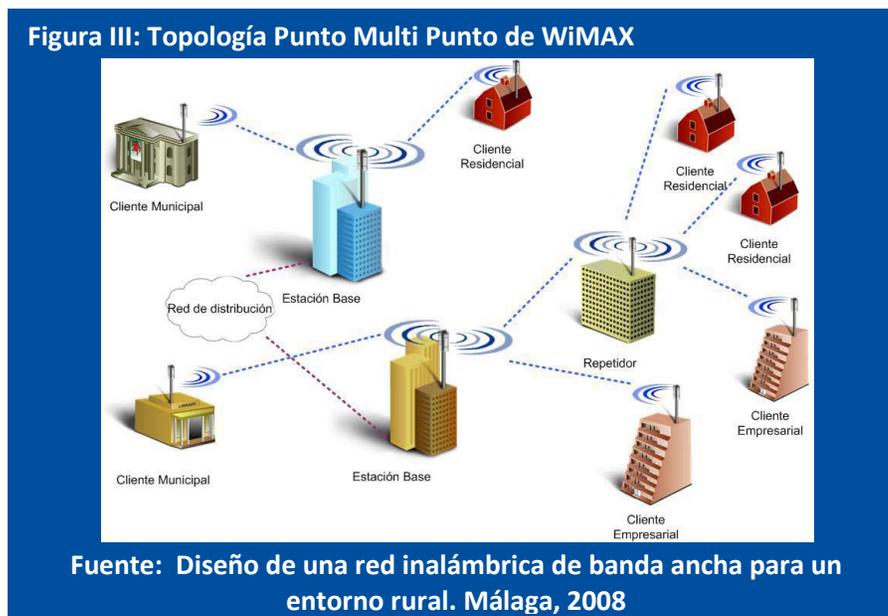


✓ Topología Punto Multi Punto

El enlace inalámbrico IEEE 802.16 opera con BS central y una antena sectorizada, la cual es capaz de manejar múltiples sectores independientes simultáneamente. Ver Figura III.

La BS es el único transmisor funcionando en esta dirección, de manera que transmite sin necesidad de coordinar con otras estaciones, excepto si utiliza TDD (Duplexación por División de Tiempo); que puede dividir en períodos de transmisión de uplink y downlink. Las estaciones de subscriptor (SS) comparten el uplink hacia la BS bajo demanda.

La MAC es orientada a conexión para el propósito de enrutar los servicios en las SS's y asociar los niveles de QoS. El flujo de servicio puede ser provisto cuando una SS es instalada en el sistema.

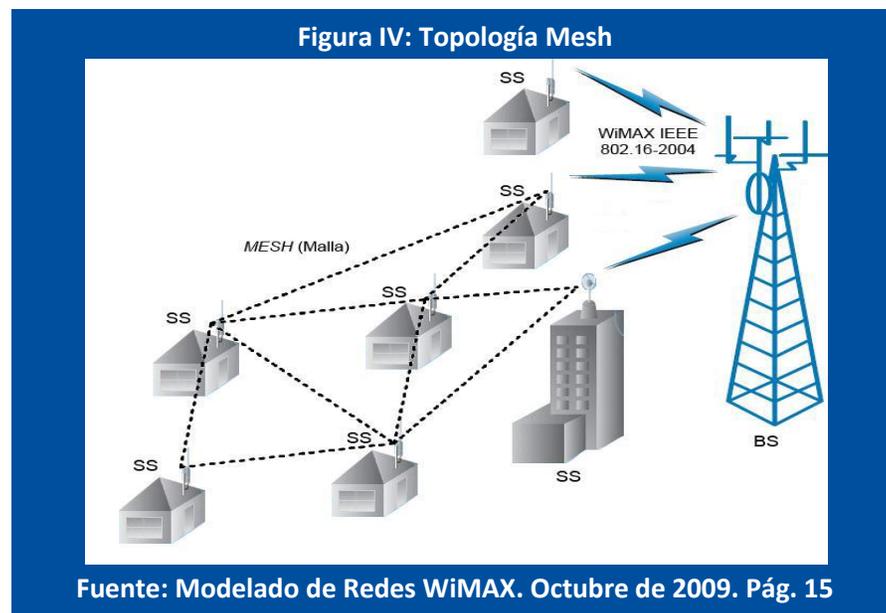


✓ Topología Mesh

Como alternativa a la topología punto-multipunto, el estándar especifica la topología mesh, en la cual una estación suscriptor se puede conectar a una o más estaciones suscriptoras intermediarias, hasta alcanzar la estación base. Ver Figura IV.

Estas redes se caracterizan porque cada nodo de usuarios está conectado a las estaciones bases y las comunicaciones se realizan a través de los nodos. Estas redes aprenden automáticamente y mantienen configuraciones en caminos dinámicos.

En las redes mesh, los nodos actúan como routers, que se instalan sobre una superficie extensa. Cada nodo transmite una señal de baja potencia, para alcanzar a los nodos vecinos, que a su vez reenvían la señal. Estas redes permiten adaptarse a los cambios de topología, ya que se pueden incorporar o eliminar nodos [11].



✓ **Capa MAC de WiMAX**

Ésta capa está diseñada principalmente para accesos PMP (Punto - MultiPunto) que tienen banda ancha y una tasa de datos muy alta. También tiene una gran variedad de elementos que permitan ofrecer una calidad del servicio (QoS).

Esta capa permite que un mismo terminal lo puedan compartir varios usuarios, la flexibilidad se la dan unos algoritmos que nos permiten tener cientos de usuarios finales con distintas anchos de banda o latencia. El sistema ha sido diseñado para incluir voz y datos, el protocolo de Internet (IP), y el de voz sobre éste (VoIP). Por esto WiMAX debe soportar ATM o protocolos basados en paquetes.

✓ **Bandas De Frecuencia**

WiMAX puede desplegarse en espectros que requieren licencia y en aquellos que no lo requieran por debajo de los 11 GHz. Dentro de este rango de frecuencias el espectro más probable está disponible en 2.3GHz, 2.4GHz, 2.5GHz, 3.5GHz, 5.8GHz.

El espectro disponible se divide en dos categorías distintivas: sin licencia y con licencia.

✓ **Bandas sin Licencia**

En la mayoría de los mercados, el espectro que no requiere licencia y que podría emplearse para WiMAX es 2.4GHz y 5.8GHz. Debido a que el espectro no requiere licencia, la barrera para ingresar es baja, por lo que hace más fácil que un posible operador comience a ofrecer servicios empleando este espectro.

Hay cuatro desventajas principales relacionadas con el uso del espectro que no requiere licencia: Interferencias, mayor competencia, potencia limitada y falta de disponibilidad.

✓ **Bandas con Licencia**

El espectro que requiere licencia se encuentra en las bandas de frecuencia de 700MHz, 2.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz.

El espectro que requiere licencia tiene un precio potencialmente alto, pero bien lo vale, ya que requiere una alta calidad de servicio. La mayor ventaja de tener el espectro que requiere licencia es que el licenciatarario tiene uso exclusivo del espectro. Está protegido de la interferencia externa, mientras que sus competidores sólo pueden ingresar en el mercado si también poseen o tienen un leasing del espectro.

✓ **Ancho de Banda**

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) define al servicio de banda ancha como la transmisión de datos a una velocidad mayor de 200 kilobits por segundo (Kbps) o 200,000 bits por segundo, en por lo menos una dirección: transmisión de bajada o de subida [12].

El concepto de banda ancha ha evolucionado con los años. La velocidad que proporcionaba RDSI con 128Kb/s dio paso al SDSL con una velocidad de 256 Kb/s. Posteriormente han surgido versiones más modernas y desarrolladas de este último, llegando a alcanzar desde la velocidad de 512 Kb/s hasta los 2 Mb/s simétricos en la actualidad [13].

✓ **Servicios de Banda Ancha**

Entre las múltiples ventajas que ofrece el servicio de banda ancha están la capacidad para obtener acceso a una amplia gama de recursos, servicios y productos que incluyen, pero sin limitarse a:

- Educación, cultura y entretenimiento (e-learning, e-training)
- Telesalud y telemedicina (e-health)
- Desarrollo económico/comercio electrónico (e-business)
- Gobierno electrónico (e-government)
- Seguridad Pública y Seguridad Nacional [14].

✓ **VoIP**

Voz sobre IP (Voice over IP) es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de redes TCP/IP. El tráfico de VoIP puede circular por cualquier red TCP/IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet. Esto significa que se envía la señal de voz (digitalizada) en paquetes, en lugar de enviarla (en forma digital o analógica) a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como en la RTPC/PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada/Public Switched Telephone Network) [15].

✓ **Radio Mobile**

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice.

Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo [16].

✓ **ATOLL™**

Atoll™ es un entorno de planificación radio basado en ventanas, fácil de usar, que da soporte a operadores de telecomunicaciones inalámbricas durante todo el tiempo de vida de la red. Desde el diseño inicial, hasta la fase de optimización y durante las distintas ampliaciones.

Más que una herramienta de ingeniería, Atoll™ es un sistema de información técnico abierto, escalable y flexible que puede integrarse fácilmente en otros sistemas de telecomunicaciones, aumentando la productividad y reduciendo los tiempos de desarrollo.

Atoll™ permite una amplia variedad de escenarios de implantación. Desde un único servidor, hasta configuraciones que usen computación paralela y distribuida.

Atoll™ se basa en mapas digitales del terreno. El programa permite realizar cálculos con la información que extrae de dichos mapas y de las bases de datos que el ingeniero genera con información de la red. Los mapas, bases de datos y los resultados de dichos cálculos se agrupan en archivos que el programa llama “proyectos” [17].

CAPITULO I
ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED

1.1 Requerimientos de la red de banda ancha rural

Se sabe que las comunidades rurales de Nicaragua enfrentan grandes desafíos en diferentes aspectos de la vida, pero específicamente en telecomunicaciones los retos son más grandes. En estos lugares algunas veces no hay el servicio de telefonía celular por ejemplo redes GSM o el que se provee no es muy bueno, afectando directamente a la población del lugar.

Estas comunidades presentan grandes necesidades en ámbito de las telecomunicaciones y el acceso a la información. Éstas se podrían resolver por medio del acceso a banda ancha ya que se puede proporcionar tanto el servicio de Internet de alta velocidad como el de VoIP.

Con la implementación de servicios de banda ancha se pretende mejorar la productividad e incrementar los ingresos y las ganancias del sector rural. Así se reducen los costos al acortar distancias entre las comunidades seleccionadas y de esta manera crear relaciones entre ellas, proveyendo de accesibilidad a un nuevo nivel.

La Tabla 1.1 presenta las diferentes aplicaciones que la red podrá proporcionar al conjunto de comunidades seleccionadas. La misión crítica de la aplicación de red se representa con número del 1 al 3 en el cual 1 representa muy crítico, 2 medianamente crítico y 3 no crítico.

El propósito del diseño de esta red es ofrecer los servicios que hay en zonas urbanas y que hasta ahora no se ofrecen en las zonas rurales alejadas del país. Esto por ser localidades de difícil acceso, apartadas de las cabeceras departamentales o por su alejada posición geográfica.

Tabla 1.1 Aplicaciones de red				
Nombre de la aplicación	Tipo de aplicación	¿Nueva aplicación?	Crítico	Comentarios
Correo electrónico	Datos	Si	2	Enviar y recibir correos.
Explorador Web	Datos, video, voz	Si	2	Navegación en Internet
Video conferencia	Video, voz	Si	1	Envío de datos y video
Telefonía IP	Voz	Si	1	Paquetes de voz
Publicaciones Web	Datos	Si	3	Enviar datos
Aprendizaje en línea	Datos, video, voz	Si	1	Recibir videos o documentos
Comercio electrónico	Datos	Si	2	Enviar ofertas, interacción con clientes.

Se pretende que el alcance de esta red sea bastante considerable ya que reúne dos conjuntos de red tipo WAN. La subred de las comunidades de San Juan de Limay y la subred de las comunidades de San Juan del Río Coco. La mayoría de los puntos estarán enlazados entre ellos y a la vez comunicados con sus respectivas cabeceras departamentales.

Es muy importante mencionar que se han elegido estas comunidades debido a que no poseen este tipo de servicios, por ser comunidades alejadas de difícil acceso pertenecientes al norte del país. Igualmente por que se han encontrado

documentos en las que se han hecho estudios similares pero en la frecuencia de 2.4 GHz [18]

El servicio de banda ancha además de ofrecer telefonía IP, ofrece por medio del Internet de alta velocidad los servicios de e-educación, e-salud, comercio electrónico entre otros más.

Al poseer estos servicios, los habitantes del sector rural podrán avanzar y desarrollarse mejor. De tal manera que a través del Internet podrían promover sus productos para comercializarlos fuera de sus comunidades o encontrar compradores fijos, brindándoles con esto una economía más estable. Así mismo se promovería cualquier recurso turístico de la zona para que tantos turistas nacionales y extranjeros inviertan en dicha zona.

La idea de proveer de estos servicios de banda ancha es para que tanto la población rural goce de los mismas oportunidades que goza la población urbana y explotar al máximo todos sus recursos. Una manera de hacer amigos, compartir ideas, nuevos comercios y generar negocios.

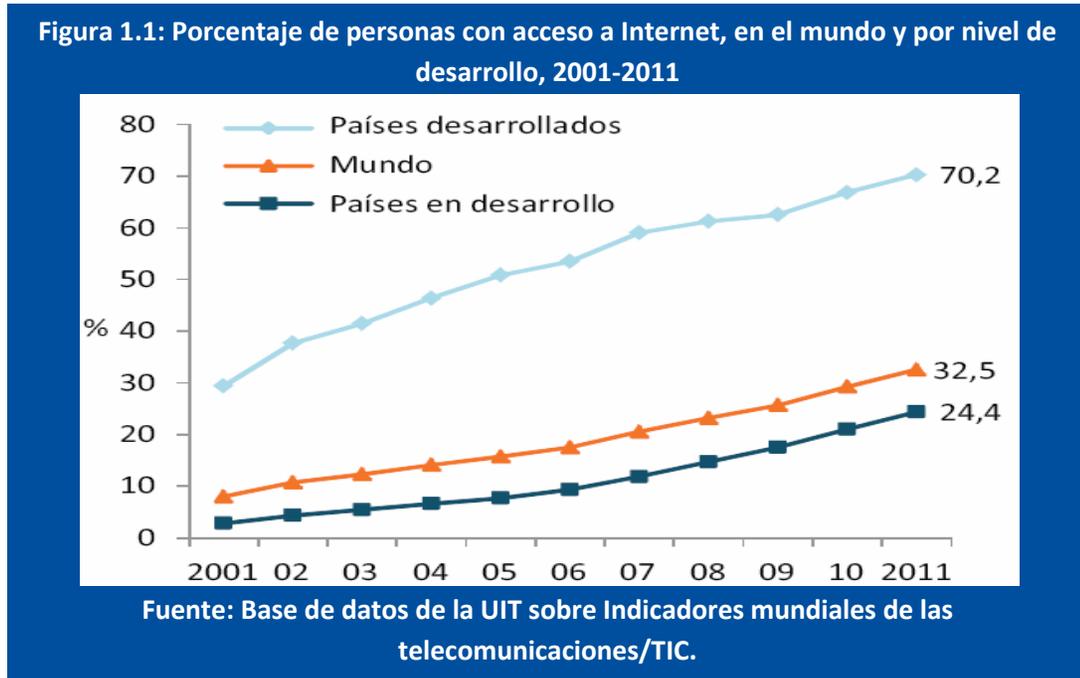
Para lograr esto es necesario fijar algunas metas técnicas que la red debe cumplir y las cuales se muestra a continuación.

1.2 Requerimientos Técnicos

1.2.1 Escalabilidad

Esta se refiere a la habilidad de la red para reaccionar y adaptarse sin perder calidad, o bien manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida. El diseño de red que proponemos consideramos que es de gran escalabilidad debido a la topología mesh que presenta por que se pueden añadir nuevos nodos a la red. La red WAN que se diseñará estará comprendida entre ciertas comunidades de los departamentos de San Juan del Río Coco y San Juan de Limay.

En el futuro se pretende que más comunidades se vayan añadiendo ya que desde el año 2001 al año 2011, el índice de personas que usan servicios de Internet aumentó (Figura 1.1) [19].



De acuerdo a la perspectiva de cobertura, la alternativa para solucionar dicho problema es la instalación de nuevas estaciones suscriptoras. Esto supone encontrar un emplazamiento adecuado para dicha estación base, equiparla y conectarla a la red troncal mediante la infraestructura de transporte adecuada.

Otro aspecto que hay que mencionar en la escalabilidad es el incremento de capacidad. Este se puede deber a que aumente la cantidad de abonados o que aumente el caudal demandado por estos.

Entre las alternativas de bajo costo están:

1. Añadir nuevas estaciones suscriptoras, redistribuyendo los usuarios entre las nuevas y las ya existentes.
2. Volver a dimensionar el ancho de banda requerido para cada una de las estaciones suscriptoras donde la demanda sobrepasa el ancho de banda ofrecido.

Entre las metas técnicas de escalabilidad para el diseño de red en zonas rurales tenemos:

- ✓ Proveer de los equipos necesarios a las comunidades para la conexión futura con la central principal.
- ✓ Conectar cada una de las centrales principales al resto de las comunidades que se incluyen en el proyecto.
- ✓ Resolver los problemas de conexión que se presenten en la red.

1.2.2 Disponibilidad

Como la red que vamos a diseñar es para un entorno rural, la disponibilidad no es extremadamente crucial como para redes empresariales que requieren que el sistema funcione "perfectamente" en todo momento.

1.2.2.1 Especificando los niveles de disponibilidad

Esta red se pretende que funcione 24 horas, siete días a la semana y que esté disponible como promedio 167.66 horas en las 168 horas por semana. Así la disponibilidad que presentamos es de 99.8%. Podemos decir que el nivel de disponibilidad es dado en gran parte a la topología mesh que posee la red, ya que la redundancia hace que la comunicación entre los puntos conectados tenga menos probabilidades de verse afectada.

Con este porcentaje de disponibilidad la red tendrá en cierto momento alguna situación de incapacidad, lo que se traduce en 20 minutos a la semana en la que la red no estará disponible.

Esto no sería muy aceptable si la falla se produjera los 20 minutos completos de una sola vez y en un momento crítico como pudiera ser un día en que la red alcanzara su mayor uso.

Pero si la indisponibilidad de la red se produjera dispersamente durante toda la semana, solo se tendrían 2.52 minutos al día en que la red está indisponible o también 7.2 segundos cada hora. En la mayoría de los casos los usuarios ni se darían cuenta del percance o sería bastante tolerante.

1.2.2.2 Mean Time Between Failure y Mean Time to Repair

La disponibilidad también se puede expresar en términos de Mean Time Between Failure – MTBF (Tiempo Promedio entre Falla) que es el tiempo en el cual la red funciona correctamente hasta que se presenta una falla y Mean Time to Repair – MTTR (Tiempo Promedio para Reparar) que es el tiempo requerido para solucionar el problema con la red. Estos se usan para determinar los periodos exactos en que la red está disponible e indisponible.

La ecuación para encontrar la disponibilidad por medio de este método es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \quad [20] \text{ (pág.56)}$$

Esta ecuación nos serviría para encontrar la disponibilidad si tenemos los tiempos deseados para cuando la red falle y cuando no. Pero la podríamos utilizar para encontrar el MTBF suponiendo que cualquier percance en la red sea solucionado en un promedio de dos horas.

Así despejamos MTBF y la ecuación resultante es presentada como:

$$\text{MTBF} = (\text{Disponibilidad} * \text{MTTR}) / (1 - \text{Disponibilidad})$$

La disponibilidad que calculamos anteriormente es de 99.8% y el valor para reparar cualquier problema es de 2 horas y así podemos encontrar MTBF como:

$$MTBF = (0.998^2)/(1-0.998)$$

$$MTBF = 998 \text{ horas}$$

Dado que la disponibilidad es considerada simplemente como una meta por porcentaje de funcionamiento y siendo estas del 99.8% la red no debe de fallar no más que una vez cada 998 horas o 41.58 días.

Hay que tomar en cuenta que tanto el tiempo de falla como del tiempo para reparar pueden variar y estos dependerán también de la demanda de red, el lugar y el tipo de la falla que se presente. Si la falla se presenta en un componente principal, este afecta a toda la red y pueda que el tiempo para reparar sea mayor que el tiempo que se necesite para solucionar una falla en un puerto de un switch que solo afecte al usuario terminal.

Entre las metas técnicas para el diseño de la disponibilidad están:

- ✓ Hacer el diseño con redundancia en todas las conexiones de red para asegurar que la continuidad de las comunicaciones se mantenga aun con fallas en la red o desastres.
- ✓ Especificar los requerimientos de disponibilidad de acuerdo a las necesidades en las zonas rurales.

1.2.3 Rendimiento de red

El rendimiento de la red está muy relacionado con los dos conceptos anteriores pero además está formado por los siguientes puntos, como son:

1.2.3.1 Utilización óptima de la red

Dado que esta red es de tipo WAN el valor de utilización óptimo de red debe de ser de un máximo del 70% del total del ancho banda ofrecido [20]. Con esto, los picos generados por el tráfico de red pueden ser manejados sin afectar del desempeño de red.

Las metas técnicas para este aspecto son:

- ✓ Verificar el promedio de utilización de la red de acuerdo a los picos de tráfico que generen las solicitudes de los usuarios en red.
- ✓ Conectar servidores y switches por medio de sistemas Ethernet full-duplex asumiendo que el promedio de utilización es excedido en explosiones de solicitudes.

1.2.4 Desempeño

El desempeño de red es medido por error transmitido por unidad de tiempo y varía de acuerdo a las características del rendimiento de red. Estas serán determinadas una vez sea especificado el tráfico de cada una de las aplicaciones en la red. El desempeño depende además del método de acceso a la red, la carga en la red y la tasa de error.

La meta técnica para el desempeño es:

- ✓ Determinar la cantidad de paquetes por segundo (PPS) que los dispositivos de inter-red pueden procesar sin perder ninguno.

1.2.5 Fidelidad

La fidelidad de la red se basa en que todos los paquetes que se envíen en la fuente sean los mismos que se reciban en el destino. Esto algunas veces no se puede dar en las redes de datos por las colisiones y problemas de envío que hacen que los paquetes se tengan que retransmitir.

Las colisiones nunca ocurren en los enlaces WAN. Si se ha de incluir routers en un punto determinado de la red se sabe que, la salida del comando interface serial en los routers de Cisco incluyen una cuenta de colisiones, y que debe ser ignorada [20].

Pero para conexiones WAN una meta para la fidelidad es:

- ✓ Especificar el límite de la tasa de error de bit (BER), asegurando que los errores de datos se mantengan bajo este límite.

1.2.6 Eficiencia

El IEEE 802.16-d/2004 soporta duplexado FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex). TDD será el duplexado definitivo para el futuro de WiMAX ya que las ventajas de las que se disponen son muchas.

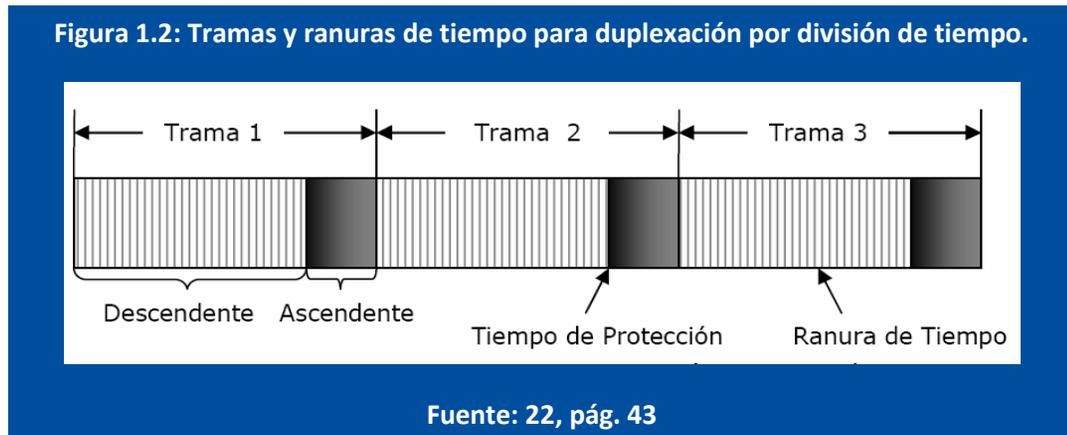
Con esta forma de duplexación de la señal se puede hacer uso eficiente de los equipos y del espectro ya que no son necesarias dos bandas de frecuencias como en FDD.

Utilizando TDD se pueden tener enlaces asimétricos y por lo tanto tendremos más flexibilidad a la hora de escoger las velocidades de downlink y de uplink. Así mismo se tendrá reciprocidad del canal para los dos enlaces y al operar en una sola banda frecuencial, habrá menos complejidad en los equipos [21].

Dentro de las aplicaciones en la red para zonas rurales tenemos VoIP e Internet. El tráfico de VoIP es simétrico, es decir que se envía tanta información como la que se recibe, y el de Internet es mayormente descendente, por lo cual la TDD ajusta los tiempos en el enlace ascendente y descendente de datos para ajustarlos al tráfico de red.

La estación base envía tramas periódicamente. Cada trama contiene ranuras de tiempo. Las primeras son para el tráfico descendente. Después se encuentra el tiempo de protección o guarda el cual es utilizado por las estaciones para cambiar de dirección. Por último están las ranuras para el tráfico ascendente.

El número de ranuras de tiempo dedicadas para cada dirección se puede cambiar de manera dinámica con el fin de que el ancho de banda en cada dirección coincida con el tráfico [22]. Ver Figura 1.2.



Una causa de ineficiencia son las tramas de cabeceras y una característica interesante de la capa física es su capacidad de implementar múltiples tramas MAC consecutivas en una sola transmisión física.

Esta característica mejora la eficiencia espectral al reducir el número de preámbulos y encabezados de capa física necesarios [22].

1.2.6.1 Retraso y variación de retraso

La ineficiencia de la red surge cuando la tasa de colisión es alta. Esta es generada cuando se da un aumento brusco en la demanda del tráfico, lo que provoca que haya retardos en las aplicaciones.

Para servicios de voz, el retardo es crítico. Este retardo puede estar dentro de 40ms y variar en 400 a 800 μ s [20], no así con el servicio de Internet ya que los paquetes se pueden retransmitir generando un retardo promedio de 100 ms. En aplicaciones de tiempo real no tiene ningún sentido tener ese tipo de retardo ya que la voz no sonaría bien si los paquetes llegaran después del tiempo en que deberían de llegar.

Aun así Wimax posee la capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 Mbps con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz y dará soporte para miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1.5 Hz a 20 MHz [22].

La tasa de datos en la práctica realmente dependerá de la distancia en que se encuentre el usuario, es decir, entre más lejos esté el usuario de la estación base, más baja será su tasa de datos.

Las metas técnicas para mejorar el desempeño en la red son:

- ✓ Minimizar la cantidad de ancho de banda usado por tramas de cabeceras mediante el uso de tramas de mayor tamaño permitidas por la capa MAC.
- ✓ Asegurar que el retraso en VoIP sea como máximo 40ms y de 100ms para datos.

1.2.7 Seguridad

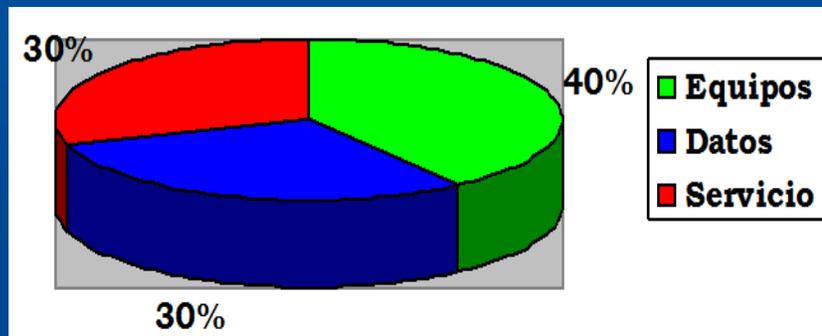
Una meta general en cualquier compañía es que los problemas de seguridad no afecten la habilidad de la compañía en proveer servicios.

Muchas empresas que usan tecnología Wimax tratan de ofrecer seguridad y priorizan lo que para ellos es más valioso. En muchas compañías lo más valioso son los equipos, para otros es proteger la información de los usuarios, en cambio para algunos es asegurar que se les ofrece el servicio a sus clientes en todo momento.

1.2.7.1 Identificando las partes valiosas de la red

Dado que nuestra red está dispuesta para zonas rurales lo que nosotros deseamos es proteger es una combinación de las tres anteriores, pero cerciorándonos que los costos al implementar seguridad no exceda los costos al recuperarse de un incidente de esta. La Figura 1.3 presenta una gráfica en la

Figura 1.3: Porcentaje de prioridad de la seguridad para la red de banda ancha en las zonas rurales seleccionadas.



que se muestra el porcentaje de seguridad que se le asigna a las partes valiosas de la red.

Estas deben ser protegidas de incapacidad, robo, alteración o a ser dañadas. Es por eso que hemos decidido que un 40% de la seguridad sea destinada a los equipos de red como servidores, switches equipos de transmisión, entre otros. Dichos equipos estarán en zonas rurales donde la pérdida de ellos sería un problema grave para el buen funcionamiento de la red.

Un 30 % de la seguridad se le dedica al servicio a los usuarios y se designa menos porcentaje que a los equipos ya que el nivel servicio que se le ofrece a la población no necesita ser tan alto como las redes de bancos o grandes empresas internacionales donde el servicio al cliente es lo primordial.

El otro 30% es dedicado a la seguridad de datos a los usuarios. Esta es solventada gracias a la subcapa de seguridad del estándar IEEE 802.16d y otros protocolos de transmisión a usar.

1.2.7.2 Subcapa de Seguridad

La subcapa de seguridad, provee a los subscriptores de privacidad a través de la red inalámbrica fija de banda ancha. Esto ocurre mediante la encriptación de las conexiones entre las SS (Subscriber Station) y BS (Base Station).

La seguridad también provee a los operadores una buena protección contra el hurto del servicio. La BS protege en contra de acceso no autorizado a estos servicios de transporte de datos mediante encriptación. La privacidad emplea un protocolo PKM (Privacy Key Management) de autenticación cliente/servidor donde la SS "cliente PKM" solicita claves, y la BS "servidor PKM", responde a estos requerimientos asegurando que un cliente SS individual recibe solamente el material para el cual está autorizado.

El protocolo de administración de claves usa certificados digitales X.509, el algoritmo de encriptación de clave pública (RSA - Rivest Shamir Adleman), y algoritmos de encriptación fuertes para realizar intercambio de claves entre la SS y BS. Todas las SSs deben tener instalado de fábrica un par de claves RSA o proveer un algoritmo interno para generar aquel par de claves dinámicamente. Si durante la negociación de capacidades, la SS especifica que no soporta seguridad, los pasos de autorización e intercambio de claves deben ser pasados por alto, y en este caso la BS es la que toma la decisión de autenticar o no a la SS [23].

Es notable que en las redes de datos la seguridad sea uno de los aspectos más importantes que hay que tener en cuenta. Es por esto que las metas técnicas que podemos mencionar son:

- ✓ Asegurar que los problemas de seguridad no afecten la habilidad de la red para ofrecer servicios a los usuarios.
- ✓ Proteger las partes más valiosas de la red de incapacidad, robo, alteración o daños.

- ✓ Permitir a los usuarios acceso a datos públicos de red.
- ✓ Detectar intrusos y aislar el daño que ellos puedan causar.
- ✓ Proteger los datos transmitidos al moverlos a través de los sitios en la red.
- ✓ Proveer de seguridad física para hosts y dispositivos de inter-red.
- ✓ Proteger aplicaciones y datos de virus.
- ✓ Entrenar a los usuarios y administradores de la red acerca de riesgos de seguridad y como evitar problemas de seguridad.

1.2.8 Manejabilidad

Las redes usualmente llegan a ser inmanejables y rápidamente salirse de control. Una red inmanejable es insegura [24].

La manejabilidad radica fundamentalmente en hacer el trabajo de los administradores fácil y se refiere a las actividades, métodos, procedimientos y herramientas que pertenecen a la operación, administración, mantenimiento y abastecimiento de sistemas interconectados [25].

Cuando hablamos de manejabilidad en la operación de la red nos referimos a que se asegurará de mantener la red funcionando y corriendo sin problemas. Esto también incluye monitorear la red para descubrir problemas tan pronto como sea posible, idealmente antes que afecten a los usuarios.

Con respecto a la administración se mantendrá los accesos a los recursos en la red y la manera en cómo estos sean asignados. En el proceso de administración se incluye todos los recursos dispuestos que sean necesarios para mantener la red bajo control.

Otro aspecto que se debe de mencionar para mantener un buen manejo de la red es el mantenimiento. El mantenimiento se preocupa del rendimiento, las reparaciones y actualizaciones por ejemplo cuando los equipos deben ser reemplazados, cuando un router necesita una actualización o cuando un nuevo switch es añadido a la red. El mantenimiento además involucra medidas

correctivas y preventivas para que la administración de red funcione mejor, ajustando los parámetros de configuración de los dispositivos.

Y por ultimo pero no menos importante es el abastecimiento, el cual se preocupa de la configuración de los recursos en la red para atender un servicio dado. Por ejemplo, este podría incluir disponer la red para que un nuevo usuario pueda recibir servicios de voz en otra zona rural.

Las metas técnicas para la manejabilidad son:

- ✓ Monitorear la red en todo momento para detectar cualquier problema antes de que afecte a los usuarios.
- ✓ Mantener la red bajo control mediante la adecuada administración de los recursos dispuestos.

1.2.9 Usabilidad

Usabilidad se relaciona con manejabilidad, pero esta se refiere a la facilidad con la cual los usuarios pueden tener acceso a la red y a servicios.

Para proveer de una buena usabilidad se hará retroalimentación durante el diseño y el proceso de desarrollo para asegurar que la red sea fácil y efectiva de usar. Con esto también se proporcionará de información valiosa a los usuarios que ayudará al mejor manejo de la red.

La usabilidad la consideramos un punto muy importante ya que es la que influye en la posibilidad de los usuarios en participar en los beneficios que la red ofrece. Así mismo la usabilidad influye en la escalabilidad de la red ya que si la red no dispone de una buena usabilidad, el número de usuarios decrecerá y por ende el plan de expansión de red no se daría en un futuro.

Para asegurar que nuestra red goce de buena usabilidad hemos decidido que podemos medirla mediante los siguientes ocho pasos en los cuales los usuarios:

1. Están consientes de los pasos que tienen que hacer para completar una tarea importante.
2. Deben de ser capaces de decidir como ejecutar los pasos.
3. Deben de saber cuando ellos han completado exitosamente una tarea.
4. Deben de ser capaces de reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores no críticos.
5. No deben de arriesgarse de hacer errores de los cuales no se puedan recuperar.
6. Deben de estar cómodos con la terminología usada en cualquier interface, conversaciones o documentación.
7. Deben de estar suficientemente cómodos con las interfaces para continuar usándolas.
8. Deben de estar conscientes del estado de la aplicación en todo momento [26].

Una meta técnica para la usabilidad es:

- ✓ Conseguir retroalimentación por parte de los usuarios mediante encuestas a realizar para conocer la usabilidad de la red.

1.2.10 Adaptabilidad

La adaptabilidad se refiere a la capacidad de la red para ajustarse a cualquier cambio y con esto mantener el correcto funcionamiento de la misma.

Para lograr esto se debe tomar en cuenta que las tecnologías que sean usadas sean fáciles de adaptar a otras en un futuro, así como nuevos protocolos, nuevas prácticas de negocios, nuevas metas técnicas, nuevas legislaciones y otras miles de posibilidades. Una mala adaptabilidad afecta la disponibilidad ya que una red que no puede adaptarse no ofrece una buena disponibilidad.

Para asegurar la adaptabilidad de la red, los equipos deben de presentar compatibilidad con muchas tecnologías de comunicación. Estos equipos se tendrán que actualizar periódicamente de manera tal que poco a poco las nuevas tecnologías vayan formando parte de la red.

Otro aspecto muy importante que debemos de mencionar es la topología mesh que se va a usar. Por lo cual si se presenta alguna contrariedad en los enlaces, la red no tendrá problemas en adaptarse ya que habrá conexiones redundantes y se buscará conexión de otro modo sin afectar los servicios de banda ancha.

La meta técnica para la adaptabilidad es:

- ✓ Asegurar la flexibilidad de red mediante la revisión de la compatibilidad de los equipos con otras tecnologías.

1.2.11 Asequibilidad

En términos de asequibilidad, Wimax es considerada como una de las tecnologías de acceso menos caras en el mercado en términos de instalación y despliegue así como suscripción. Además del gasto de acceso, la implementación de la red Wimax y costos de operación pueden ser mantenidos al mínimo administrando los costos de los componentes principales; tales como la red, la medida del espectro y la capacidad de cobertura [27].

El reuso de frecuencia dispone a la topología mesh basada en sistemas Wimax como la más asequible y viable comparado con otros casos que no lo son.

Las ventajas de la arquitectura mesh son los bajos costos de backhaul debido a la agregación de tráfico en lugares con backhaul cableados y la posibilidad de usar antenas de poca altura. La desventaja económica en la arquitectura mesh es el alto costo de contratar la torre de la estación base principal [28].

Con respecto a las antenas de las estaciones bases principales podrían estar ubicadas en las torres de Telcor en las cabeceras departamentales de San Juan del Río Coco y San Juan de Limay.

Para reducir el costo de operación en la red WAN se tienen las siguientes metas:

- ✓ Usar protocolos de enrutamiento que minimizan el tráfico así como tecnologías de bajo costo.
- ✓ Seleccionar equipos de red que sean fácil de configurar, operar, mantener y administrar.

Como se ha visto en este capítulo las metas técnicas son muy importantes en el diseño de red que incluye aspectos como la disponibilidad, desempeño, escalabilidad entre otros. Dichas metas nos ayudarán a reconocer las tecnologías para alcanzar nuestras expectativas y posibles cambios que pueda sufrir la red. Así mismo nos ayudarán al momento del diseño del tráfico que se va a manejar en la red el cual se presenta el en siguiente capítulo.

CAPITULO II
ANÁLISIS DE TRÁFICO

2.1 Caracterizando el flujo de tráfico

En esta sección se describe el flujo de tráfico entre las comunidades rurales de Nicaragua que han sido seleccionadas para proveerlas de servicios de banda ancha.

El análisis de tráfico se hace para cada una de las comunidades y estará enfocado a satisfacer sus principales necesidades mediante las aplicaciones que serán establecidas.

Para poder caracterizar el flujo de tráfico es necesario identificar las fuentes y destinos de la red. Así como determinar si el flujo de algunas aplicaciones es bidireccional simétrico o asimétrico.

2.1.1 Identificando las fuentes de tráfico y almacenamiento

Lo primero que se debe de hacer en el cálculo de tráfico es identificar los lugares que compondrán la red de banda ancha. Como se dijo anteriormente la red total se compondrá por dos subredes, San Juan de Limay y San Juan del Río Coco. Estas a su vez estarán comprendidas entre sus respectivas comunidades.

La subred de San Juan de Limay está compuesta por las siguientes comunidades:

- San Luís
- La Fraternidad
- San Lorenzo
- La Grecia
- El Carrizo
- El Ángel
- El Mojón

La subred de San Juan del Río Coco está compuesta por las siguientes comunidades

- El Ojoche
- San Marcanda
- El Varillal
- San Miguel
- Cristo Rey
- El Jobo

Las aplicaciones que serán proporcionadas a estas comunidades se presentan en la Tabla 2.1, así como la cantidad de posibles usuarios por cada uno de los telecentros y la ubicación de estos.

Tabla 2.1 Comunidades Usuarias			
Nombre de la comunidad	Número de usuarios	Ubicación de la comunidad	Aplicaciones por comunidad
TC San Juan de Limay	20	TELCOR de Limay	Internet, VoIP, Video Conferencia, email
TC San Luís	15	San Luís	Igual*
TC La Fraternidad	15	La Fraternidad	Igual
TC San Lorenzo	15	San Lorenzo	Igual
TC La Grecia	15	La Grecia	Igual
TC El Carrizo	15	El Carrizo	Igual
TC El Ángel 1	15	El Ángel 1	Igual
TC El Mojón	15	El Mojón	Igual
TC San Juan del Río Coco	20	TELCOR de Río Coco	Igual
TC El Ojoche	15	El Ojoche	Igual
TC San Marcanda	15	San Marcanda	Igual
TC El Varillal	15	El Varillal	Igual
TC San Miguel	15	San Miguel	Igual
TC Cristo Rey	15	Cristo Rey	Igual
TC El Jobo	15	El Jobo	Igual
Total Usuarios	235		

* TC: Telecentro

* Igual: Internet, VoIP, Video Conferencia, email.

Tabla 2.2 Servidores de cada subred			
Almacenador de Datos	Ubicación	Aplicación(es)	Usadas por
Servidor Linux de administración de red	Granja de servidores	Sistema de administración de red	Administración
Servidor de VoIP	Granja de servidores	VoIP	Todos
Servidor DHCP de Linux	Granja de servidores	Direccionamiento	Todos
Servidor Unix DNS	Granja de servidores	Naming	Todos
Router Cisco	Granja de servidores	Direccionamiento IP	Todos

Los servidores que se encargarán de proveer los servicios de banda ancha a las comunidades se muestran en la Tabla 2.2.

Estas granjas de servidores estarán ubicadas en las cabeceras departamentales de San Juan de Limay y San Juan de Río Coco para controlar, contener y distribuir la información.

2.1.2 Tipo de flujo de tráfico

Para fijar los tipos de aplicaciones que la red podrá soportar es necesario determinar el tipo de flujo de tráfico y como se caracteriza según dirección y simetría.

El flujo de tráfico que se ajusta a las aplicaciones de banda ancha es el flujo de tráfico servidor a cliente. Este tipo de tráfico es bidireccional y asimétrico ya que tanto el usuario y el servidor envían información pero el usuario las envía en pequeñas cantidades de datos en comparación a las que envían los servidores.

Como habíamos dicho anteriormente los servidores se ubicarán en San Juan de Limay y San Juan de Río Coco ya que es desde ahí donde se enlazaran a las otras comunidades. El flujo de tráfico entre ellos es de carácter servidor a servidor. Estas transmisiones pueden ser para aplicaciones de administración, para respaldar, implementar servicios de directorio, aplicar redundancia, entre otros. El flujo de la información generalmente es bidireccional pero la simetría depende de la aplicación.

Para la aplicación de video conferencia y voz sobre IP el flujo se puede caracterizar como punto a punto, dado que el tráfico es simétrico y ambas partes envían cantidades semejantes de información. Es bidireccional por que tanto el emisor como el receptor necesitan recibir y enviar datos en todo momento.

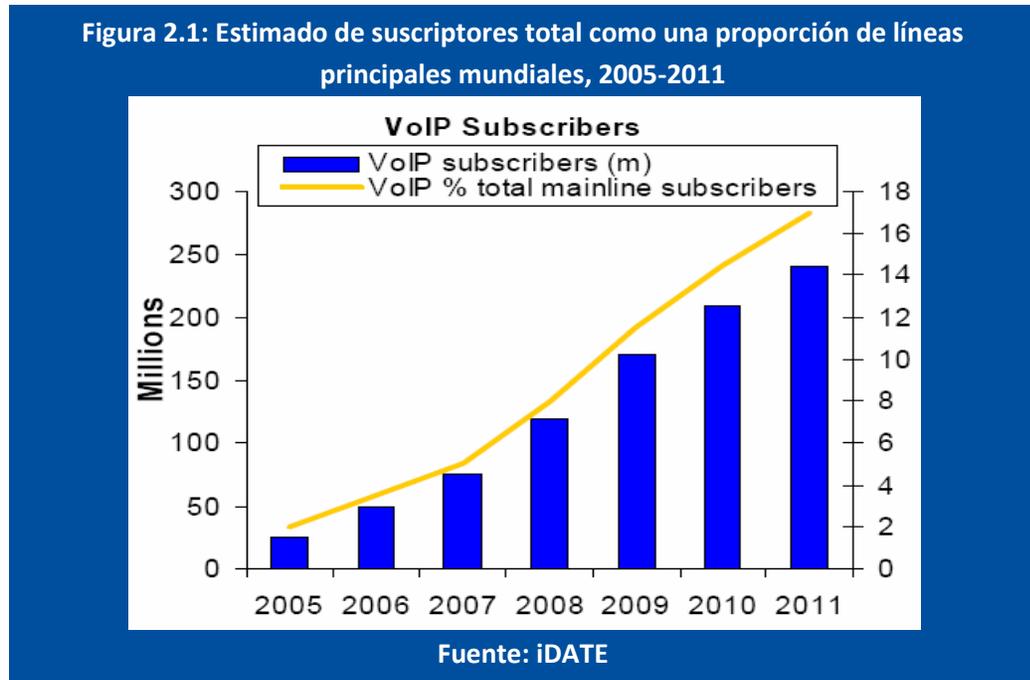
2.2 Caracterizando la carga de tráfico

Caracterizar la carga de tráfico es un punto muy importante al momento de cálculo del ancho de banda requerido para las aplicaciones que serán ofrecidas. Además un aspecto importante que se debe tener en cuenta en dicho cálculo es incluir el overhead de una transmisión; lo cual provoca un requerimiento mayor al valor determinado [23].

Es importante mencionar que con esto se evitarán problemas de cuello de botella que reducirán la disponibilidad de la red.

2.2.1 Requerimientos de ancho de banda para voz sobre IP

Básicamente podemos decir que VoIP es un método por el cual tomando señales analógicas de voz se les transforma en datos digitales que pueden ser transmitidos a través de Internet hacia una dirección IP determinada [29].



Las aplicaciones de VoIP han tenido mucha aceptación en los últimos años y representa menor costo que la telefonía convencional. La Figura 2.1 muestra el nivel de crecimiento de VoIP mundial desde el año 2005 al 2011.

Para lograr transportar la señal de voz a través de una red de Internet es necesario usar el protocolo IP (**I**nternet **P**rotocol). La voz corre sobre RTP (**R**eal-time **T**ransport **P**rotocol), que corre sobre UDP (**U**ser **D**atagram **P**rotocol) que corre a su vez sobre IP. Estos protocolos están siempre en una comunicación de VoIP [30].

La señal analógica es dividida en paquetes digitales los cuales a su vez se dividen en tramas. Estas tramas tendrán una duración determinada en milisegundo con un peso en bytes que la determina el método de codificación. Cada paquete de datos tendrá un peso en bytes que es igual al peso de trama multiplicado por la cantidad de tramas que tenga el paquete. A este peso total se le agrega el peso de las tres cabeceras IP. El peso de las cabeceras da un total de 40 bytes (20 de IP, 8 de UDP y 12 de RTP) [30]. A esto además se le agrega el peso de las cabeceras del nivel de enlace que se va a utilizar.

Para el cálculo del ancho de banda es necesario disponer de la información del codificador a utilizar. La codificación es un conjunto de transformaciones de la señal que representa la información a transmitir con el fin de mejorar la eficiencia de la comunicación [23].

En la Tabla 2.3 se muestra un listado de los codificadores más utilizados con sus parámetros [30].

Tabla 2.3 Codificadores para la aplicación de VoIP				
CODEC	DRc [kbps] *	Tt [ms]**	Tla⁺	Algoritmo
G.711	64kbps	0.125	-	PCM
G.726	16,24,32,40	0.125	-	ADPCM
G.729	8	10	5ms	CS-ACELP
G.723.1	6.4 ó 5.3	30	7.5ms	ACELP/MP-MLQ
G.728	16kbps	0.625	-	LD-CELP
iLBC	15.2 ó 13.33	20 ó 30	-	BI-LPC
GSM	13	22.5	-	RPE-LTP

* DRc = Tasa de datos voz codificada (kbps)

** Tt = Tamaño de trama (ms)

+ Tla = Retardo de "lookahead" (ms)

En este caso se ha elegido el método de codificación G.729, debido a que es un codificador utilizado por Asterisk que hace uso eficiente de los recursos dispuestos [31]. La Tabla 2.3 muestra que la tasa de voz codificada del G. 729 es de 8 Kbps con tiempos de trama de 10 milisegundos y con tres tramas por paquete. Ya con esto se puede proceder al cálculo de ancho de banda necesario para la aplicación de VoIP.

Tamaño de trama= (DRc) (Tt)

Tamaño de trama = (8Kbps) (10ms) (1Byte/8Bits)

Tamaño de trama = 10 Bytes

Tamaño de paquete= (3) (10Bytes)

Tamaño de paquete= 30 Bytes

Teniendo el tamaño del paquete de voz hay que recordar que se le ha de sumar la sobrecarga de cabeceras IP y el peso del valor del encabezado en función del nivel de enlace. En este caso el nivel de enlace es Ethernet.

En la Figura 2.2 se muestra en detalle los valores que hay que sumarle al peso del paquete IP.

Figura 2.2: Tamaño de la cabecera del nivel de enlace Ethernet

7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 - 1500 bytes	4 bytes	12 bytes
Preambulo	SFD	MAC Dest	MAC Origen	Tipo/ Long	DATAGRAMA IP	FCS	IFG

Fuente: 29, pág. 9

Si sumamos en la figura la cantidad de bytes de encabezado más el tráiler, obtendremos 38 bytes, y este es el valor que habrá que utilizar en el cálculo. Muchas veces se olvida considerar los campos que están en gris debido a que no poseen información concreta sino que cumplen funciones de sincronismo a nivel de acceso al medio [30].

Sobrecarga total= Cabeceras IP + Encabezado del nivel de enlace

Sobrecarga total = 40Bytes + 38Bytes

Sobrecarga total = 78 Bytes

Tamaño del paquete VoIP = Tamaño de paquete + sobrecarga total

Tamaño del paquete VoIP = 30Bytes+78Bytes

Tamaño del paquete VoIP = 108Bytes

Ancho de banda (Kbps) = (Tamaño del paquete VoIP/Duración del paquete) x (8bits/1Byte) e

Ancho de banda (Kbps) = (108Bytes/30ms) x (8bits/1Byte)

Ancho de banda (Kbps) = 28.8Kbps

2.2.1.1 Determinación del número de canales de voz

Para hacer la estimación de tráfico ofrecido se va a considerar que cada uno de los telecentros de la red realiza 3 llamadas en la hora más cargada. Tomando en cuenta una duración promedio de llamada de 108 segundos (1.8 minutos), en zonas rurales [32].

Con los datos anteriores se pueden calcular el volumen de tráfico de la siguiente ecuación [31].

$$V = \sum_{i=1}^n t_i = c \cdot d_m$$

$$V = (3 \text{ llamadas/hora}) (1.8 \text{ minutos/hora})$$

$$V = 5.4 \text{ minutos}$$

Donde c es la cantidad de solicitudes de servicio y d_m la duración media de cada llamada.

Con el volumen de tráfico se obtiene la intensidad de tráfico de la siguiente ecuación [31].

$$A = \frac{V}{T} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{V}{T} = \frac{c \cdot d_m}{T} [\text{Erlang}]$$

$$A = 5.4 \text{ minutos}/60 \text{ minutos}$$

$$A = 0.09 \text{ Erlang}$$

Donde $T = 60$ minutos la cual corresponde a la hora cargada.

Otro factor que a tomar en cuenta es el grado de servicio (GoS). Esta define la probabilidad de que las llamadas sean bloqueadas por falta de línea. Para el caso de esta red se va a tomar un GoS de 0.05, esto quiere decir que de cada 100 llamadas ofrecidas 5 serán bloqueadas.

Una vez con los datos de intensidad de tráfico (V), un grado de servicio de 0.05 (5%) y haciendo uso de las tablas de Erlang B se determina la cantidad de

canales por cada telecentro que compone la red. Ver tablas de Erlang B en el Anexo 1.

El cálculo anterior da como resultado 2 canales de voz para cursar el tráfico en la hora más cargada para cada uno de los telecentros.

Es importante mencionar que se ha estimado realizar 3 llamadas en la hora más cargada por telecentro, debido a que no se encontraron registros estadísticos del flujo de llamadas en zonas rurales. Aún si este flujo de llamadas se cuadruplicara, el cálculo de los dos canales soportaría eficazmente dicho tráfico.

En la Tabla 2.4 se muestran la cantidad de canales de voz para cada uno de los telecentros y la cantidad total que se necesitan para nuestra red.

Tabla 2.4 Cantidad de canales de voz	
Nombre de la comunidad	Nº de Canales de voz
TC San Juan de Limay	2
TC San Luís	2
TC La Fraternidad	2
TC San Lorenzo	2
TC La Grecia	2
TC El Carrizo	2
TC El Ángel 1	2
TC El Mojón	2
TC San Juan del Río Coco	2
TC El Ojoche	2
TC San Marcanda	2
TC El Varillal	2
TC San Miguel	2
TC Cristo Rey	2
TC El Jobo	2
Total de Canales de voz	30

Tomando en cuenta la cantidad de canales de voz requerido para cada uno de los telecentros, es necesario calcular el de ancho de banda. Este dependerá del método de codificación G.729 el cual nos da una velocidad de 28.8Kbps.

Así para el caso del telecentro de San Juan de Limay se tiene la cantidad de 2 canales de voz, a la velocidad del codificador de 28.8Kbps. De este modo tenemos que el ancho de banda para este y los otros telecentro es de:

$$BW = (2 \text{ canales}) (28.8\text{Kbps})$$

$$BW = 57.6 \text{ Kbps}$$

En la Tabla 2.5 se tiene la cantidad de ancho de banda por cada telecentro.

Tabla 2.5 Ancho de Banda necesario para VoIP		
Nombre de la comunidad	Ancho de banda [Kbps]	Ancho de banda con VAD* [Kbps]
TC San Juan de Limay	57.6	28.8
TC San Luís	57.6	28.8
TC La Fraternidad	57.6	28.8
TC San Lorenzo	57.6	28.8
TC La Grecia	57.6	28.8
TC El Carrizo	57.6	28.8
TC El Ángel 1	57.6	28.8
TC El Mojón	57.6	28.8
TC San Juan del Río Coco	57.6	28.8
TC El Ojoche	57.6	28.8
TC San Marcanda	57.6	28.8
TC El Varillal	57.6	28.8
TC San Miguel	57.6	28.8
TC Cristo Rey	57.6	28.8
TC El Jobo	57.6	28.8

* VAD: *Voice Activity Detection*

Para disminuir el ancho de banda se considera la utilización de supresión de silencios VAD (Voice Activity Detection). Con este se evita que paquetes sin información de voz sean enviados. Una conversación tiene intercambios de voz en ambos sentidos pero regularmente una sola persona está hablando a la vez.

El VAD se encarga de suprimir los paquetes que carecen de información audible; es decir, elimina los paquetes correspondientes a los silencios durante una conversación. Utilizando el VAD se puede reducir los requerimientos de ancho de banda incluso hasta un 50% [34].

2.2.2 Requerimientos de ancho de banda para datos

2.2.2.1 Correo electrónico

Para poder dimensionar el ancho de banda de correo electrónico es necesario tomar en cuenta el tamaño promedio de los correos.

La información que podemos mandar a través de Internet es muy amplia e igualmente entre mas información mandemos, mayor será el tamaño del correo electrónico.

Algunas páginas de correo electrónico como Yahoo.com permiten adjuntar archivos de hasta 25MB, pero a eso se le ha de sumar la información extra de texto que se redacta normalmente en cada uno de los correos.

Esta información puede llegar a poseer un tamaño de 20 Kbyte, en tanto que un documento gráfico posee un mayor tamaño.

Se considera que el tamaño promedio de los archivos que se envían es de 500 Kbytes [35].

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 para correo electrónico.

$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{email}} \times T_{\text{carga}}$$

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

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

Donde:

T_{usuario} = Tráfico de correo electrónico por cada usuario

T_{email} = Tamaño promedio del correo electrónico

T_{carga} = Carga de correo electrónico de usuario por hora

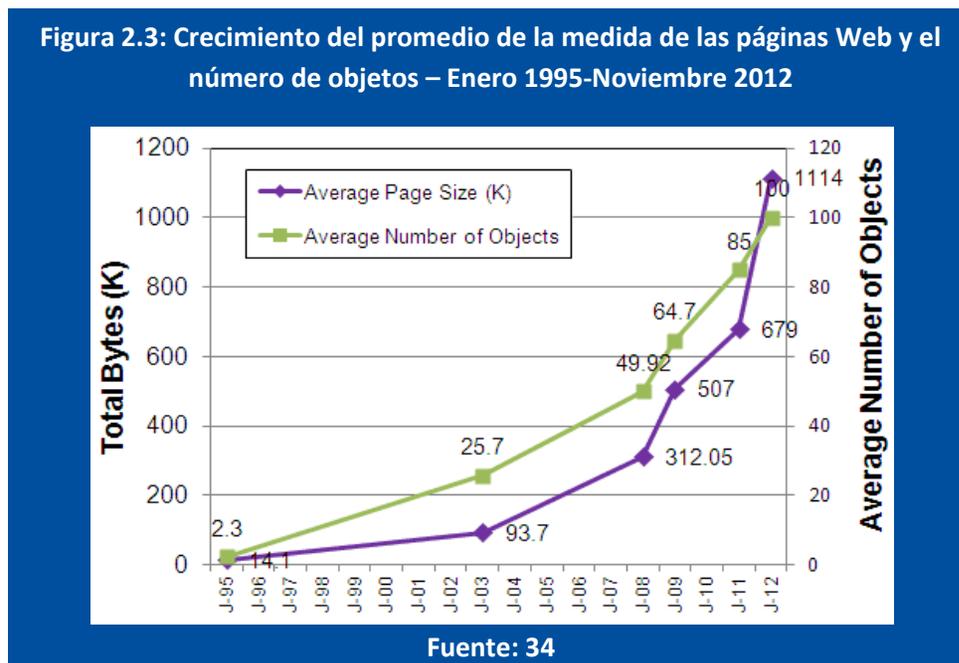
La Tabla 2.6 muestra el tráfico de correo electrónico por telecentro y el total de la red.

Tabla 2.6 Ancho de Banda necesario para correo electrónico			
Nombre de la comunidad	Nº de equipos	Tráfico por usuario [Kbps]	Tráfico por TC [Kbps]
TC San Juan de Limay	5	4.62	23.1
TC San Luís	5	4.62	23.1
TC La Fraternidad	5	4.62	23.1
TC San Lorenzo	5	4.62	23.1
TC La Grecia	5	4.62	23.1
TC El Carrizo	5	4.62	23.1
TC El Ángel 1	5	4.62	23.1
TC El Mojón	5	4.62	23.1
TC San Juan del Río Coco	5	4.62	23.1
TC El Ojoche	5	4.62	23.1
TC San Marcanda	5	4.62	23.1
TC El Varillal	5	4.62	23.1
TC San Miguel	5	4.62	23.1
TC Cristo Rey	5	4.62	23.1
TC El Jobo	5	4.62	23.1
Total	75	Total [Kbps]	346.5

2.2.2.2 Acceso a Internet

Para poder calcular los requerimientos de ancho de banda para el acceso a Internet es importante conocer cuál es el tamaño promedio en Kbytes por sitios Web.

El tamaño promedio de las páginas Web se ha triplicado desde el año 2008. En los últimos cinco años, de 2008 a finales de 2012, la página Web promedio creció de 312Kbytes a 1114Kbytes (ver Figura 2.3), más de 3,5 veces mayor [36].



Durante el mismo período de cinco años, el número de objetos en la página Web promedio ha aumentado más del doble desde 49,9 hasta 100 objetos por página en noviembre de 2012.

Podemos considerar que cada usuario visita 2 páginas Web por minuto ya que se trata de Internet de banda ancha.

$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{sitio web}} \times T_{\text{carga}}$$

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

$$T_{\text{usuario}} = 297 \text{ Kbps}$$

Donde:

T_{usuario} = Tráfico de sitios Web por cada usuario

$T_{\text{sitio Web}}$ = Tamaño promedio de cada sitio Web

T_{carga} = Tiempo de carga de cada sitio Web.

La Tabla 2.7 muestra el tráfico de los sitios Web por telecentro.

Tabla 2.7 Ancho de Banda necesario para acceso a Internet			
Nombre de la comunidad	Nº de equipos	Tráfico por usuario [Kbps]	Tráfico por TC [Kbps]
TC San Juan de Limay	5	297	1485
TC San Luís	5	297	1485
TC La Fraternidad	5	297	1485
TC San Lorenzo	5	297	1485
TC La Grecia	5	297	1485
TC El Carrizo	5	297	1485
TC El Ángel 1	5	297	1485
TC El Mojón	5	297	1485
TC San Juan del Río Coco	5	297	1485
TC El Ojoche	5	297	1485
TC San Marcanda	5	297	1485
TC El Varillal	5	297	1485
TC San Miguel	5	297	1485
TC Cristo Rey	5	297	1485
TC El Jobo	5	297	1485
Total	75	Total [Kbps]	22,275

2.2.2.3 Videoconferencia

La video conferencia es un método de comunicación diseñado para realizar encuentros a distancia. Este permite la interacción visual y auditiva entre personas de cualquier parte del mundo que posean equipos compatibles y enlace de transmisión entre ellos.

El vídeo o el audio en tiempo real requieren un ancho de banda alto ya que los paquetes de audio y video se generan muy rápidamente. Si la red no cuenta con el ancho de banda suficiente, la imagen y el sonido parecen congelarse y luego seguir [37].

El sistema de video conferencia a utilizar en la red tendrá la calidad suficiente para ser aceptable, lograr compartir archivos y tener cualquier tipo de reuniones sin que los participantes tengan que trasladarse al lugar del evento.

Para poder disponer del servicio de videoconferencia y tener resultados aceptables, el ancho de banda también debe ser aceptable. Es decir, que permita tener una secuencia de imágenes de 15 fps (frames per second) lo cual genera una apariencia notablemente natural y por esto es necesario contar con un mínimo de 128 Kbps [37].

Se ha estimado que en cada telecentro se designe un equipo el cual sea para el uso del servicio de videoconferencia. Este servicio se ha dispuesto así ya que no se considera que sea de alta demanda como Internet, correo electrónico o VoIP donde los cálculos se han hecho para el peor de los casos.

2.3 Ancho de banda necesario por cada Telecentro

El ancho de banda total necesario para cada uno de los telecentros se obtiene de la suma de de los anchos de banda para voz sobre IP, correo electrónico, acceso a Internet y videoconferencia.

La Tabla numero 2.8 muestra el resultado de los cálculos realizados para el dimensionamiento de ancho de banda para cada uno de los casos.

Tabla 2.8 Ancho de Banda necesario total para los telecentros					
Nombre de la comunidad	Tráfico en Kbps por:				Ancho de Banda Total [Kbps]
	VoIP	Email	Acceso Internet	Video-conferencia	
TC San Juan de Limay	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC San Luís	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC La Fraternidad	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC San Lorenzo	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC La Grecia	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC El Carrizo	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC El Ángel 1	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC El Mojón	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC San Juan del Río Coco	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC El Ojoche	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC San Marcanda	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC El Varillal	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC San Miguel	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC Cristo Rey	28.8	23.1	1485	128	1664.9
TC El Jobo	28.8	23.1	1485	128	1664.9

Los datos anteriores muestran que para cada telecentro de las comunidades de San Juan del Río Coco como para las comunidades de San Juan de Limay se debe de proporcionar una conexión de 2 Mbps.

CAPITULO III
DISEÑO DE LA RED LÓGICA

3.1 Topología

En las redes de comunicaciones existen diferentes tipos de topologías y una de ellas que abarca varios aspectos de conexión son las redes mesh. Estas son redes híbridas ya que comprenden dos tipos de topologías inalámbricas, y entre ellas están la de tipo Ad-hoc y la de infraestructura. Básicamente las redes mesh son redes con topología de infraestructura y los dispositivos pueden llegar a tener cobertura con punto de acceso directa o indirectamente por medio de alguna tarjeta de red.

Dada dichas razones, la topología que vamos a usar en esta red es la de tipo Mesh, así las terminales van a estar interconectadas unas con otras, generando redundancia entre ellas.

El objetivo de crear la red con este tipo de topología es debido a que se pueden crear otras redes y además pueden ser gestionadas por sus propios usuarios. También al poseer una alta redundancia, es una topología confiable que dará el servicio de banda ancha inclusive en situaciones de catástrofes sirviendo como red de emergencia.

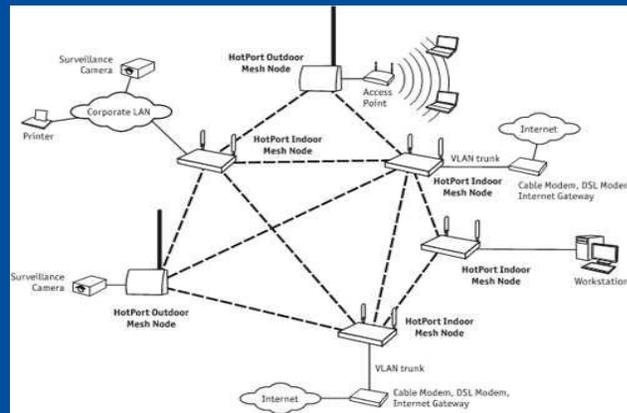
3.2 Diseño de la topología mesh

La topología mesh se conforma de un conjunto de nodos que están conectados entre sí para poder recibir y transmitir datos de un nodo a otro en diferentes caminos. Con esta distribución en los enlaces, las comunicaciones tendrán menos probabilidades de verse interrumpidas.

Este tipo de topología se caracteriza porque cada nodo es simultáneamente un usuario de los servicios de banda ancha de la red y un potencial repetidor para los otros nodos [38].

La Figura 3.1 muestra un ejemplo de lo que es la topología mesh.

Figura 3.1: Topología de la red Mesh



Fuente: 38, Pág. 28.

3.3 Arquitectura de la red Mesh

La red mesh mostrada en este proyecto es dirigida para zonas rurales, es por ello que se ha elegido un tipo de arquitectura plana. Esto es debido a que se reducen los costos y solo se necesita cooperación entre los nodos de la red.

Este tipo de arquitectura se adecua a los requerimientos de la red ya que todos los dispositivos están al mismo nivel jerárquico, mostrándose como una arquitectura práctica de aplicar.

La arquitectura en esta red se compondrá de todas las estaciones suscriptoras conformadas por los telecentros comunitarios de los municipios de San Juan de Limay y de San Juan del Río Coco. Estos estarán interconectados unos con otros con un nivel de redundancia media. Para reducir los costos de equipos repetidores, solo se harán conexiones entre puntos con línea de vista o que aun careciendo de ésta tengan un buen nivel de enlace.

Con una arquitectura plana los equipos suscriptores se podrán comunicar entre sí fácilmente debido al tipo de conexión mesh y si fallase alguna conexión entre dos suscriptores, se podrá proveer de comunicación por cualquier otro camino redundante que se halla creado.

3.4 Protocolos de la red mesh

Existen dos tipos de protocolos de enrutamiento de la red mesh. Estos son los reactivos y los proactivos. De ellos dos hemos elegido usar el tipo de protocolo proactivos por tener tablas de enrutamiento actualizadas evitando retrasos en la comunicaciones y además por estar más disponibles a trabajar con estándares fijos. No obstante mencionamos también las características de los protocolos reactivos así como algunos de ellos.

3.4.1 Reactivos o bajo demanda

Este tipo de protocolos no necesita que cada nodo de la red mantenga la información de enrutamiento siempre disponible. Esta información se actualiza en función de las necesidades.

Lo que se pretende con esto es que la red no tenga carga de señalización innecesaria. Es un tipo de protocolo muy útil cuando la información viaja frecuentemente por las mismas rutas o rutas muy parecidas.

El envío de los paquetes no comienza hasta que la ruta no se encuentra establecida, lo que provoca un retraso en el envío de los primeros paquetes. Una vez finalizado el envío, se guarda en la memoria caché la tabla de enrutamiento durante un tiempo determinado, transcurrido el cual la ruta se invalida [39].

Como ejemplo de protocolo reactivo tenemos a AODV (Ad- Hoc On-Demand Distance Vector).

3.4.1.1 Ad Hoc On-Demand Distance Vector – AODV

Se trata de un protocolo reactivo y su tabla de enrutamiento sólo se actualiza bajo demanda, almacenando la información el tiempo necesario para que se realice la comunicación.

Cuando un nodo demanda información, envía mensajes de “route request” (RREQ) y espera a que los nodos adyacentes contesten con un mensaje del tipo “route reply” (RREP) para formar la ruta.

Una vez creada la ruta, si un nodo falla se envía un mensaje de error (RERR) al que demanda para que pueda calcular una nueva ruta óptima. El protocolo está diseñado para redes móviles Ad-Hoc con gran cantidad de nodos y distintos grados de movilidad.

Existe un retardo generado por no estar actualizando la tabla de enrutamiento, pero AODV logra menor pérdida de paquetes durante una comunicación ya establecida [39].

3.4.2 Proactivos

Al contrario de los reactivos, este tipo de protocolo intenta mantener la información de enrutamiento correcta en cada nodo de la red y en cada momento.

La principal ventaja de este tipo de protocolos es que permite saber en cada momento quién está dentro o fuera de la red, sin necesidad de esperar a que se establezcan rutas. La carga de la CPU y el alto tráfico de red que genera son algunas de sus desventajas pero aun así proporcionan un alto rendimiento.

Algunos ejemplos de protocolos proactivos son: MMRP (Multiple MAC Registration Protocol), OSPF (Open Shortest Path First), OLSR (Optimized Link State Routing), OLSR con ETX, HSLS (Hazy Sighted Link State), TBRPF (Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding) [38].

Existe también el protocolo híbrido el cual combina el protocolo reactivo y el proactivo. Un ejemplo de ello es *Hybrid Wireless Mesh Protocol (HWMP)*.

Analizando cada uno de los protocolos proactivos, se ha podido observar que los que se ajustan a las características de la red mesh para las comunidades del norte del país están los protocolos OSPF y OLSR.

El protocolo OSPF posee un tipo de enrutamiento dinámico que se puede usar para redes en las cuales no halla frecuentes cambios de topología ni alto número de nodos, sin embargo a medida que la red crece la cantidad de nodos aumenta y las tablas de enrutamiento se hacen más grandes. Esto no es aceptable debido a que el ancho de banda es limitado y el uso de memoria y CPU aumenta en cada nodo.

Es debido a esto que se ha optado por usar el protocolo OLSR. Con éste, el número de retransmisiones es reducido ya que el nodo "A" solo transmite a sus nodos vecinos, y éstos a vez a sus nodos próximos para crear las tablas de enrutamiento. Con OSPF el nodo "A" retransmitiría a toda la lista del vecindario. Así aunque aumentara la cantidad de nodos en la red OLSR mantendría el uso de memoria y de CPU a un nivel muy aceptable [40].

3.5 Localización de las comunidades

La red mesh estará compuesta por dos sub redes. La sub red uno tendrá como estación base a San Juan de Limay y la subred dos tendrá como estación base a San Juan del Rio Coco.

Las comunidades que se muestran en la Figura 3.2 son parte de la sub red uno, la cual se forma por la estación base en San Juan de Limay y las estaciones subscriptoras correspondientes.

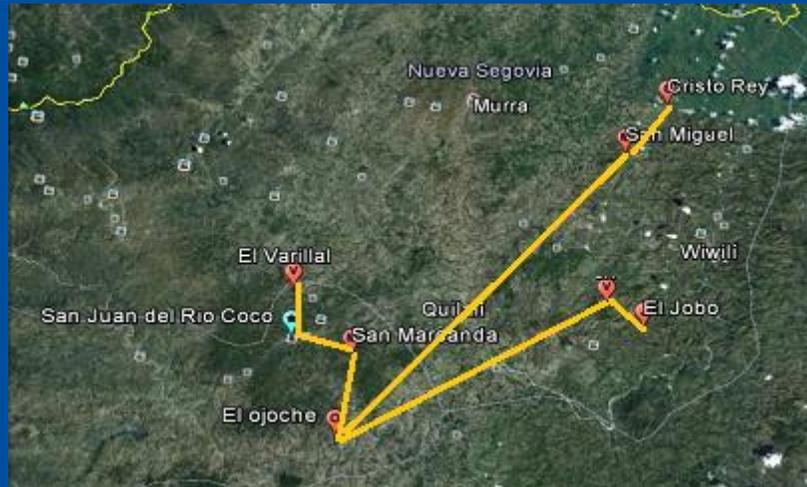


La posición geográfica de la estación base y de las estaciones suscriptoras correspondientes a la sub red uno, se presentan en la Tabla 3.1.

En la Figura 3.3 se puede apreciar las comunidades cercanas a San Juan del Río Coco y que son parte de la sub red número dos.

Tabla 3.1 Localización de las estaciones suscriptoras San Juan de Limay

Nombre de la comunidad	Latitud	Longitud
San Juan de Limay	13°10'14"N	86°36'25.3"O
San Luís	13°15'02.3"N	86°28'35.4"O
La Fraternidad	13°15'44.8"N	86°30'27.8"O
San Lorenzo	13°08'17.2"N	86°37'12.4"O
La Grecia	13°10'49.6"N	86°34'22.7"O
El Carrizo	13°14'28.9"N	86°40'45.8"O
El Ángel	13°15'54.7"N	86°40'22.4"O
Mojón	13°18'17.8"N	86°40'29.0"O

Figura 3.3: Sub red 2. Comunidades cercanas a San Juan de Río Coco

Fuente: Mapa resultante del uso de Google Earth™. © Google Inc.

La sub red dos, compuesta por la estación base de San Juan del Río Coco y sus correspondientes estaciones suscriptoras se ubica geográficamente según la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Localización de las estaciones suscriptoras de la San Juan de Río Coco

Nombre de la comunidad	Latitud	Longitud
San Juan del Río Coco	13°33'19.3"N	86°09'59.1"O
El Ojoche	13°29'07.4"N	86°08'27.2"O
San Marcanda	13°31'54.9"N	86°07'37.3"O
El Varillal	13°35'12.1"N	86°09'53.6"O
San Miguel	13°42'10.3"N	85°53'36.3"O
Cristo Rey	13°44'40.9"N	85°49'44.4"O
El Jobo	13°32'49.20"N	85°52'49.0"O

3.6 Nomenclatura de la red

El uso de la nomenclatura en la red es muy útil ya que resume cada uno de los nombres de los equipos a un estándar sencillo y muy comprensible al momento

de diseño y uso de la misma. En la Tabla 3.3 se muestra la nomenclatura que seguirán los nombres de los equipos a usar.

Tabla 3.3 Nomenclatura de la red

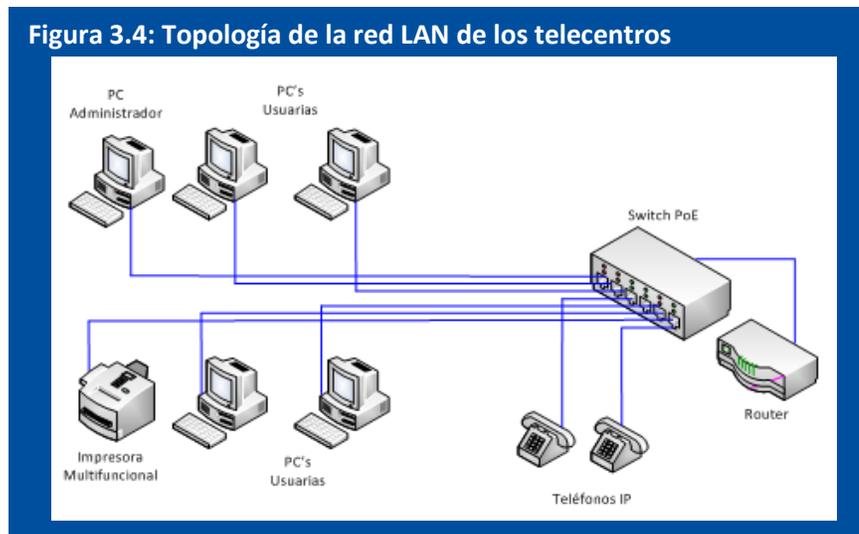
Dispositivos		Ejemplo	
EB + numero	Estación Base	EB01	Estación Base numero 1 de la red
ES + numero	Estación Suscriptora	ES01	Estación Suscriptora numero 1 de la red
PC + numero	Computadora	PC01	Computadora numero 1 de la red
TIP + numero	Teléfono IP	TIP01	Teléfono IP numero 1 de la red
SVR + numero	Servidor	SVR01	Servidor numero 1 de la red
RPD + numero	Repetidor	RPD01	Repetidor numero 1 de la red

3.7 Direccionamiento de la red

Para la asignación de direcciones IP en la red es necesario hacer el cálculo de subneteo (subneting). Como contamos con cinco computadoras, una impresora y dos teléfonos en cada telecentro, es necesario disponer de ocho direcciones IP. Así también necesitaremos una dirección IP de red y una más para broadcast, resultando un total de diez direcciones IP.

La Figura 3.4 muestra la topología de red con los equipos que se utilizaran en un telecentros común.

Dado que tendremos quince telecentros en total, y que por cada uno necesitamos diez direcciones IP, vemos que una máscara clase C satisface nuestra necesidades.



Asumiendo una dirección IP de 192.128.16.0 y con el tipo de máscara clase C (255. 255. 255.0), comenzamos a hacer el cálculo para la asignación de direcciones.

Tomando cuatro bits de la parte de red de la máscara, disponemos de dieciséis redes de dieciséis hosts cada una. Mostrando los bits de la parte de red en binario nos queda de la siguiente manera:

255. 255. 255. 1111 0000

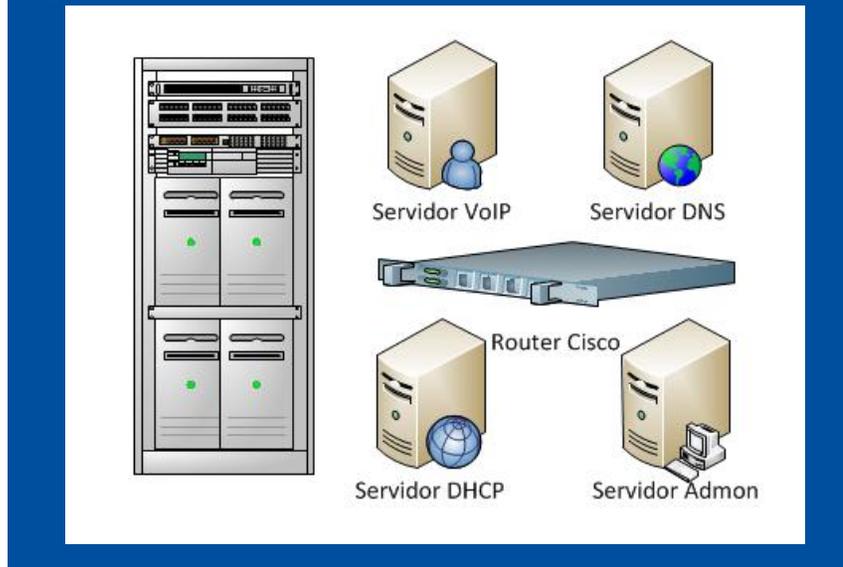
Como disponemos de dieciséis hosts por cada telecentro, usamos una dirección IP para red, otra para broadcast y ocho para los equipos. Con esto nos quedan seis direcciones disponibles para futuras expansiones en la red, mas una red libre que ha quedado disponible ya que solo necesitamos quince para este cálculo.

Ya con esto, la máscara de red pasa de ser 255. 255. 255.0 (/24) a 255. 255. 255.240 (/28). La Tabla 3.4 muestra las redes resultantes del cálculo anterior.

Tabla 3.4 Cálculo de subneteo y asignación de direcciones IP

Nombre del Telecentro	Dirección de Red	Mascara de red	Primera dirección útil	Ultima dirección útil	Dirección Broadcast
San Juan de Limay	192.128.16.0	/28	192.128.16.1	192.128.16.14	192.128.16.15
San Luís	192.128.16.16	/28	192.128.16.17	192.128.16.30	192.128.16.31
La Fraternidad	192.128.16.32	/28	192.128.16.33	192.128.16.46	192.128.16.47
San Lorenzo	192.128.16.48	/28	192.128.16.49	192.128.16.62	192.128.16.63
La Grecia	192.128.16.64	/28	192.128.16.65	192.128.16.78	192.128.16.79
El Carrizo	192.128.16.80	/28	192.128.16.81	192.128.16.94	192.128.16.95
El Ángel 1	192.128.16.96	/28	192.128.16.97	192.128.16.110	192.128.16.111
San Juan del Río Cocco	192.128.16.112	/28	192.128.16.113	192.128.16.126	192.128.16.127
El Mojón	192.128.16.128	/28	192.128.16.129	192.128.16.142	192.128.16.143
El Ojoche	192.128.16.144	/28	192.128.16.145	192.128.16.158	192.128.16.159
San Marcanda	192.128.16.160	/28	192.128.16.161	192.128.16.174	192.128.16.175
El Varillal	192.128.16.176	/28	192.128.16.177	192.128.16.190	192.128.16.191
San Miguel	192.128.16.192	/28	192.128.16.193	192.128.16.206	192.128.16.207
Cristo Rey	192.128.16.208	/28	192.128.16.209	192.128.16.222	192.128.16.223
El Jobo	192.128.16.224	/28	192.128.16.225	192.128.16.238	192.128.16.239

Figura 3.5: Servidores para las red Wimax mesh



En cada cabecera de red además de disponer de los equipos del telecentros mostrados en la Figura 3.4, se dispondrán de servidores que se encargaran de proveer los servicios de banda ancha. Estos fueron mencionados en la Tabla 2.2 y se muestran en la Figura 3.5.

3.8 Administración de la red

Para lograr una buena administración de red es necesario disponer de ciertos servidores que aseguren el buen funcionamiento de las aplicaciones de red. Para ello se dispone de un servidor DHCP para asignación de direcciones IP, un servidor DNS para Internet, un servidor para la aplicación de VoIP y un servidor para la administración de red. Estos han sido mencionados en la Tabla 2.2 en la sección de tráfico.

Para el sistema de administración consideramos necesario que el servidor destinado cuente con un sistema de administración que funcione con el protocolo SNMP.

3.8.1 Simple Network Management Protocol - SNMP

El protocolo SNMP es utilizado para intercambiar información de gestión entre los dispositivos de la red. Su idea original fue monitorizar y gestionar redes manteniendo un esquema de simplicidad y efectividad, pero con el crecimiento de la popularidad de TCP/IP, se propuso como un estándar de gestión de redes.

La idea es que SNMP sea un componente integral y esencial de todos los sistemas TCP/IP, por ello, todos los protocolos por debajo del nivel de aplicación tienen sus componentes SNMP.

SNMP también se ha extendido para cubrir equipos no TCP/IP y algunos protocolos propietarios, constituyéndose en el estándar más ampliamente utilizado para la recogida de información de gestión de red [41].

La aplicación que se encarga de la comunicación con los elementos de red es el gestor, que es la implementación en el servidor de administración usando el protocolo SNMP. El servidor de administración de red será ubicado en la cabecera de la red de San Juan de Limay y la de San Juan del Río Coco.

Tendremos un software en el elemento de red en los equipos remotos que se denominará agente y cuya función es, por un lado, recoger información de los eventos que se producen en el dispositivo, y por otro comunicarse con el gestor.

El reconocimiento de fallas por parte de un agente en un equipo administrado permite liberar la carga de la estación de la red mejorando el ancho de banda [42].

La comunicación entre el gestor y el agente puede producirse de dos maneras:

1. El gestor puede preguntar al agente acerca del valor de alguna variable
2. El agente puede informar al gestor acerca de algún hecho importante.

El protocolo SNMP es para poder ofrecer un funcionamiento correcto de la red, ya que por medio de este protocolo podemos estar monitoreando cada una de los equipos remotos que componen nuestra red.

El servidor de administración es el que funcionará para este caso como gestor del protocolo SNMP. Éste estará alerta a los mensajes que generen los agentes, en este caso, cada uno de los equipos de las comunidades a las que se les dará servicio.

Los agentes estarán enviando mensajes al servidor de administración ubicado en San Juan de Limay o San Juan de Río Coco, de acuerdo a los eventos que sucedan en los equipos en los telecentros. También cuando el gestor, en este caso el servidor de administración, envíe solicitudes de información a los agentes.

El gestor en este caso será el software de administración Nagios el cual se instalará en un servidor con sistema operativo Ubuntu, destinado a la administración de los equipos de red.

3.8.2 Nagios

En Internet podemos encontrar muchos tipos de softwares de administración de red de uso comercial y del tipo GPL (General Public License). Para este proyecto es una buena opción hacer uso del software libre ya que no incurrimos en numerosos gastos y brindamos un buen nivel de administración a la red de telecentros.

La aplicación de administración a usar será Nagios debido a que es un software de monitorización de redes de código abierto y ampliamente utilizado. Se trata de un software que proporciona una gran versatilidad para consultar prácticamente cualquier parámetro de interés de un sistema. Genera alertas cuando los márgenes definidos por el administrador de red son excedidos y estas alertas pueden ser recibidas por los responsables correspondientes mediante (entre otros medios) correo electrónico y mensajes SMS [43].

Con el programa Nagios instalado en el servidor, se tendrá que configurar cada uno de los equipos de la red. Los equipos que pueden verse involucrados en la

administración van desde routers, switches, gateways, computadoras, teléfonos, impresoras entre otros.

3.8.3 Servidor de administración con Nagios

El servidor como hemos mencionado se le deberá instalar el software Nagios, el cual es de tipo GPL. Al utilizar este tipo de software no incurrimos en gastos de licencia, reduciendo los costos que se pueden generar durante todo el proyecto. Nagios los podemos instalar en Linux como en Windows y utiliza el protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

El nivel de seguridad de administración de Nagios con licencia es mayor que el de Nagios versión libre, pero dada el tamaño y el propósito de nuestra red, basta utilizar la versión libre.

Para la instalación de Nagios en el servidor, es necesario descargar el “Core” de Nagios en su página oficial y luego se le irán añadiendo los plugins.

Como hemos dicho anteriormente Nagios lo podemos conseguir para Windows y para Linux, en este último caso para Ubuntu, Fedora y Suse.

Comúnmente el servidor en el que se instala Nagios usa Linux y dado esto podemos considerar bajar Nagios gratis para Ubuntu.

En la página oficial de Nagios (<http://nagios.org/>) podemos encontrar los pasos a seguir para poder instalar fácilmente Nagios en Ubuntu.

En la página oficial de Nagios seleccionamos “documentación” y a continuación la versión de Nagios que prefiramos. De la tabla de contenidos seleccionamos descargar Nagios para Ubuntu.

En el Anexo 2 podemos ver la instalación de Nagios con más detalle.

Lo único que Nagios logra hacer una vez que lo instalamos en el servidor de administración, es monitorizar la máquina local. Pero lo que nosotros queremos es que monitorice también otros equipos. Para ello tenemos que configurar

Nagios en Ubuntu y añadir los equipos que vamos a monitorizar por medio de sus direcciones IP asignadas. Así mismo agregar a cada host el servicio que se va a monitorizar. Esto lo podemos ver más detallado en el Anexo 3.

3.8.4 Habilitando el agente SNMP

3.8.4.1 En equipos con sistema operativo Windows 7

De considerar usar el servicio SNMP en las computadoras de los telecentros, es necesario que se configure cada una de ellas de acuerdo al sistema operativo que usarán, en este caso lo haremos funcionar con Windows 7.

La configuración del SNMP es muy sencilla y también de la misma forma se puede configurar para el sistema operativo Windows Vista.

En el Anexo 4 podemos ver la configuración del servicio SNMP para estos equipos.

3.8.4.2 En Switches

De la misma manera que las computadoras necesitan tener habilitado el servicio SNMP, los routers y switches también necesitan hacerlo.

La monitorización de un switch tiene muchas ventajas ya que además de conocer el estado de éste, se puede saber el estado de los equipos que conecta. Esto quiere decir que si un switch carece de conexión también lo harán las computadoras que tenga a su cargo y por ende no será necesario comprobar este mismo servicio en las computadoras.

La manera de configurar cada uno de estos equipos es mediante comandos que se ejecutan en consola. Cabe mencionar que estos comandos funcionan para switches y routers pertenecientes a la marca de Cisco Enterprise.

Existen diferentes maneras de entrar a la consola de estos equipos, en este caso haremos uso del programa de software libre llamado "Putty".

Instalamos Putty en la computadora donde luego conectaremos el switch. Por medio de Putty aparecerá una ventana en la cual podremos ejecutar los siguientes comandos.

```
Switch>
Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch (config) # snmp-server enable traps
Switch (config) # snmp-server community public ro
Switch (config) # snmp-server enable traps
```

En el primer paso entramos al dispositivo a modo configuración global por medio de “enable” y luego habilitamos las interrupciones (traps) para alertar al SNMP sobre la situación en la red.

Luego de ello especificamos la comunidad y damos permisos, ya sean de lectura y escritura (rw) o de solo lectura (ro) y por último habilitamos las interrupciones.

Una vez hecho esto el servicio SNMP queda activado en el switch [44].

3.8.4.3 En un Routers

Como habíamos mencionado anteriormente, la configuración de un router es casi igual a la configuración de un switch. Conectando el router a la computadora, ejecutamos los siguientes comandos por medio de Putty.

```
Router>
Router> enable
Router# configure terminal
Router (config) # snmp-server community public ro
Router (config) # snmp-server enable traps
```

Esta vez entramos como configuración global del router. Especificamos la comunidad y damos permisos, ya sean de lectura y escritura (rw) o de solo lectura (ro) y por último habilitamos las interrupciones.

CAPÍTULO IV
DISEÑO DE LA RED FÍSICA

4.1 Simulación en Radio Mobile

Radio Mobile como se ha mencionado ya, es un software compartido de uso libre, que sirve para realizar simulaciones de redes por medio del modelo de radio propagación Longley-Rice. Este software nos permite realizar conexiones a diferentes frecuencias entre los puntos a enlazar. Los obstáculos entre los puntos se muestran de acuerdo a diferentes mapas de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés.

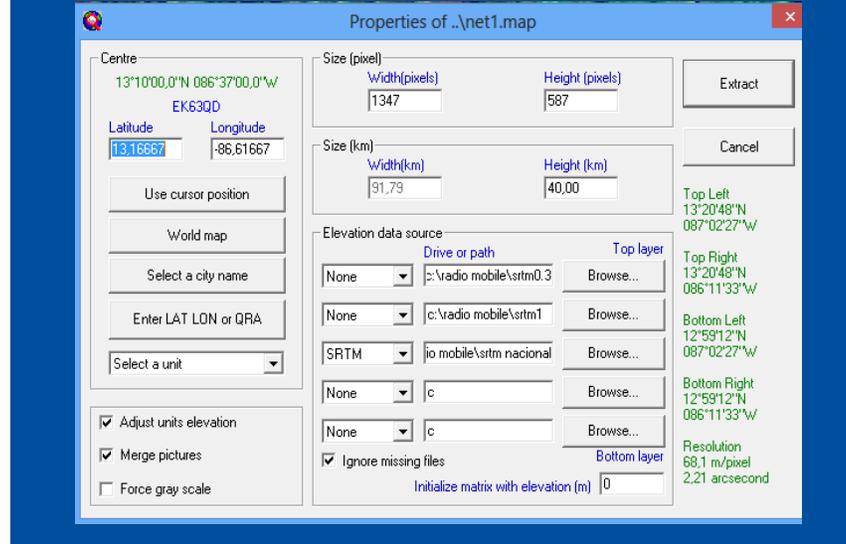
Este modelo de propagación permite calcular las atenuaciones de la señal durante el transcurso del transmisor hacia el receptor en terrenos irregulares. El modelo tiene en cuenta el terreno, el clima, las condiciones del subsuelo y la curvatura del terreno. Fue diseñado para frecuencias entre los 20MHz y 20GHz, para longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

4.1.1 Localización de los puntos

Para poder comenzar a situar los puntos de conexión en Radio Mobile, primero se debe de generar un mapa de elevación. Este se consigue en Internet en el sitio web del Laboratorio de Propulsión Jet (JPL), en particular la base de datos Suttle Radar Topography Mission (STRM) para el caso de Nicaragua lo hemos llamado "SRTM NACIONAL".

El mapa lo generaremos en "Propiedades de mapa" donde ubicamos el centro del mapa con la localización de la estación base. Para el caso de la primera red, la cabecera de red será el punto de San Juan de Limay. También se seleccionará el número de pixeles de la imagen y la elevación en kilómetros desde donde se verá el mapa, esto es mostrado en la Figura 4.1.

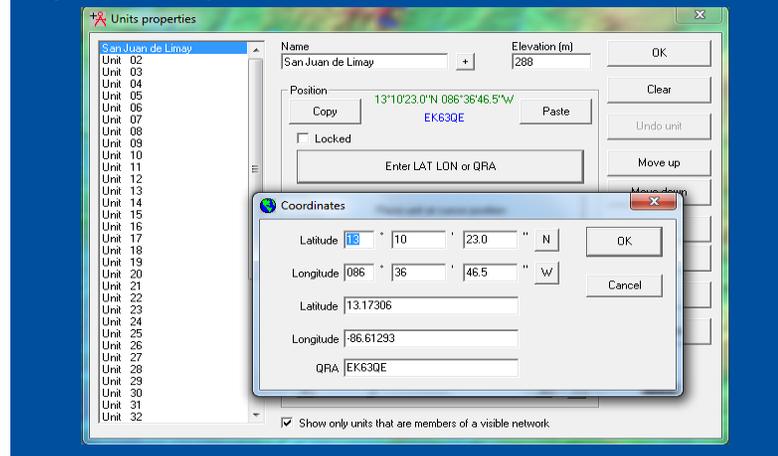
Figura 4.1: Propiedades de Mapa



Una vez generado el mapa de elevación de terreno se introducen cada uno de los puntos a conectar. En este caso los puntos son las comunidades rurales de San Juan de Limay.

Para lograr esto se debe seleccionar “Propiedades de Unidades” en la barra de herramientas, generando una ventana que lleva su nombre. En la parte superior de esta ventana se escribe el nombre de la comunidad que se va a ubicar y en la pestaña “Introducir LAT LON o QRA” se escribe la longitud y latitud del punto que se quiere situar. Ver Figura 4.2.

Figura 4.2: Propiedades de Unidades



En la Tabla 3.1 del diseño de la red lógica, se muestra la posición geográfica de cada uno de las comunidades de San Juan de Limay. Con esta información se pueden ubicar todos los puntos restantes.

Tabla 3.1 Localización de las estaciones suscriptoras de la San Juan de Limay

Nombre de la comunidad	Latitud	Longitud
San Juan de Limay	13 10 14 N	086 36 25,3 O
San Luís	13°15'02.3"N	86°28'35.4" O
La Fraternidad	13°15'44.8"N	86°30'27.8" O
San Lorenzo	13 08 17,2 N	086 37 12,4 O
La Grecia	13 10 49,6 N	086 34 22,7 O
El Carrizo	13 14 28,9 N	086 40 45,8 O
El Ángel	13 15 54,7 N	086 40 22,4 O
El Mojón	13 18 17,3 N	086 40 28,9 O

Luego de haberse agregado la posición geográfica de todas las comunidades, en el mapa deberán de aparecer cada uno de los puntos como se muestra en la Figura 4.3.

Figura 4.3: Comunidades de San Juan de Limay en Radio Mobile



4.1.2 Conexión de los puntos

Todas las comunidades se conectarán de acuerdo a la topología mesh, siguiendo un modelo redundante. Primero se procederá a conectar cada una de las comunidades más cercanas a San Juan de Limay y luego se añadirán las que están más distantes. Para ello en la barra de herramientas se ha de seleccionar "Propiedades de red" la cual permite establecer los enlaces entre los puntos que se quieren conectar.

El estándar IEEE 802.16d presenta dos tipos de banda, una banda licenciada y otra no licenciada. Esta última se presenta en dos bandas de frecuencias las cuales son de 2.4GHz y 5.8GHz. La frecuencia 5.8GHz en el caso de Nicaragua no está regulado por parte de TELCOR, pero éste tiene en cuenta que es una frecuencia libre que está siendo utilizado para radio aficionados en otros países [45].

En las propiedades de red es donde se seleccionará la frecuencia a utilizar. En este caso se utilizaremos la banda de 5.8 GHz. ya que es el espectro de frecuencias de trabajo menos explotado en el país y que se usará en este proyecto debido a que exento de licencia y es donde existen más ofertas de equipos Wimax tipo mesh en el mercado.

Así como escoger la banda de frecuencias a operar, se deben de establecer ciertos parámetros para poder simular las conexiones de red tales como el tipo de polarización, el tipo de clima, la topología, el tipo de sistema a usar entre otros. Referente al tipo de sistema a utilizar se establecerán datos como la potencia de transmisión, en este caso de 15dBm, la sensibilidad de recepción de -92dBm, el tipo de antena variará de omnidireccional si es transmisor o direccional si es receptor en las comunidades rurales, la ganancia y su altura. Respecto a la potencia, en el rango de frecuencia exento de licencia hay una restricción, que es la existencia de un límite con respecto a la PIRE (Potencia Isotrópica radiada efectiva), la cual no debe exceder 36dBm para 5.8GHz.

Todos los parámetros establecidos son importantes ya que no todas las estaciones presentan las mismas condiciones. En la red habrá transmisores, en este caso la estación de San Juan de Limay y San Juan de Río Coco. También estaciones receptoras que son las demás comunidades y en algunos casos repetidores debido al terreno montañoso y accidentado del norte de nuestro país.

Para establecer los enlaces entre las comunidades se hacen uso de los datos anteriormente mencionados. Este procedimiento de enlazar cada una de las comunidades es el mismo, pero como se ha dicho anteriormente se iniciará por las que están más cerca de San Juan de Limay.

En la Tabla 4.1 se presenta los tres tipos de sistemas a utilizar tanto para la red de San Juan de Limay como para San Juan del Río Coco. Estos serán introducidos en la pestaña “sistemas” de la ventana propiedades de unidades.

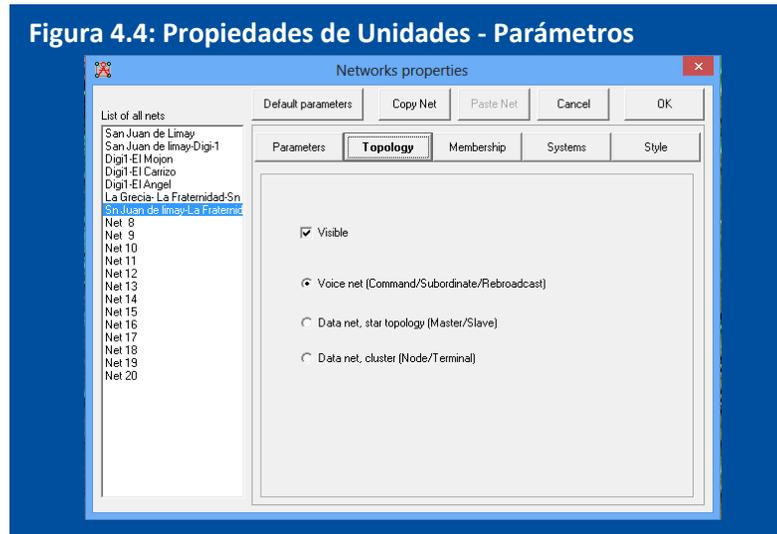
En la pestaña “Topología” se pueden encontrar tres tipos de esta:

1. La red de voz en la que se usa transmisores receptores y repetidores,
2. La red de datos con topología estrella en la cual solo hay un emisor y el resto son receptores.

Tabla 4.1: Propiedades de los sistemas a usar

Sistema	Transmisor	Receptor	Repetidor
Potencia de transmisión	15 dBm	15 dBm	15 dBm
Sensibilidad	-92 dBm	-92 dBm	-92 dBm
Pérdida de línea	0.5 dB	0.5 dB	0.5 dB
Tipo de antena	Omnidireccional	Direccional	Omnidireccional
Ganancia de la antena	22 dBi	22 dBi	22 dBi
Altura de la antena	30 m	20 m	20 m
Polarización	Vertical	Vertical	Vertical

1. La red de datos tipo clúster en la que se usan nodos y terminales.
Se ha decidido usar la topología de red de voz ya que en cierto momento se han de necesitar repetidores para lograr enlazar alguna comunidad de la red. Véase Figura 4.4.



En la pestaña “Miembros” se han de seleccionar los lugares a enlazar. De acuerdo a la conexión de San Juan de Limay y La Grecia, se pondrá a San Juan de Limay con parámetros de transmisor y a La Grecia con parámetros de receptor, mostrado en la Figura 4.5.

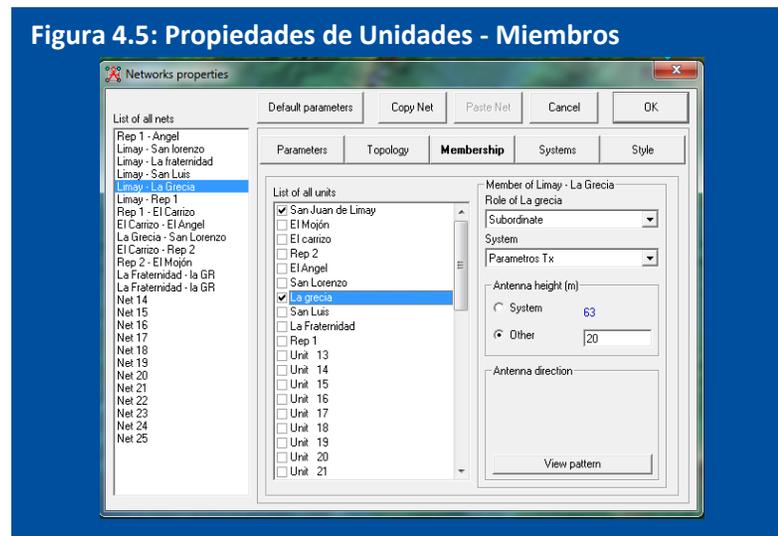
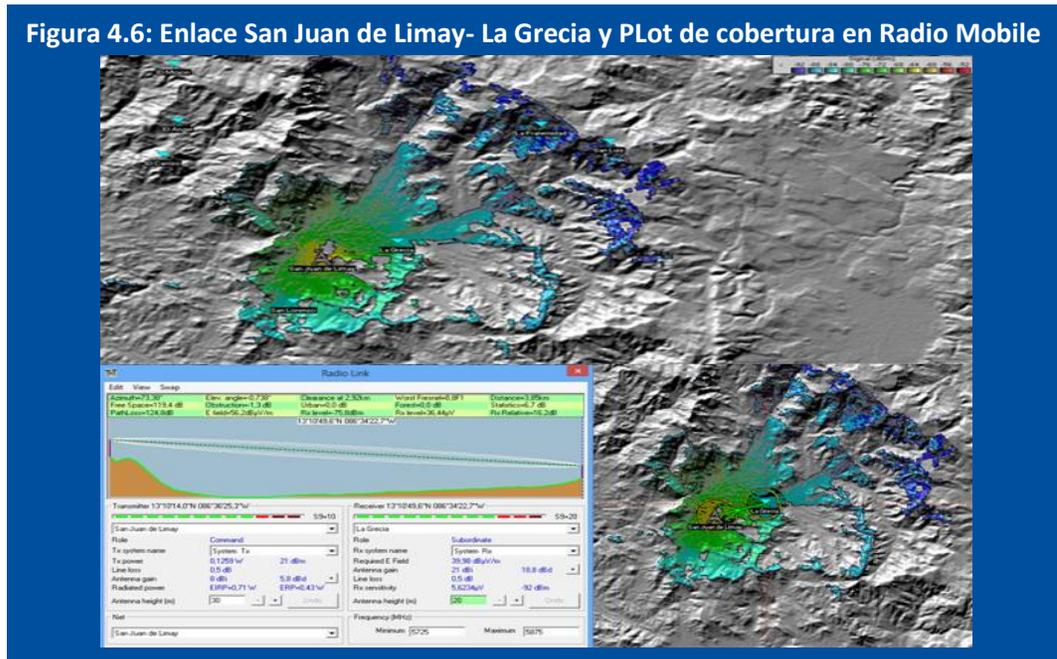


Figura 4.6: Enlace San Juan de Limay- La Grecia y PLOT de cobertura en Radio Mobile

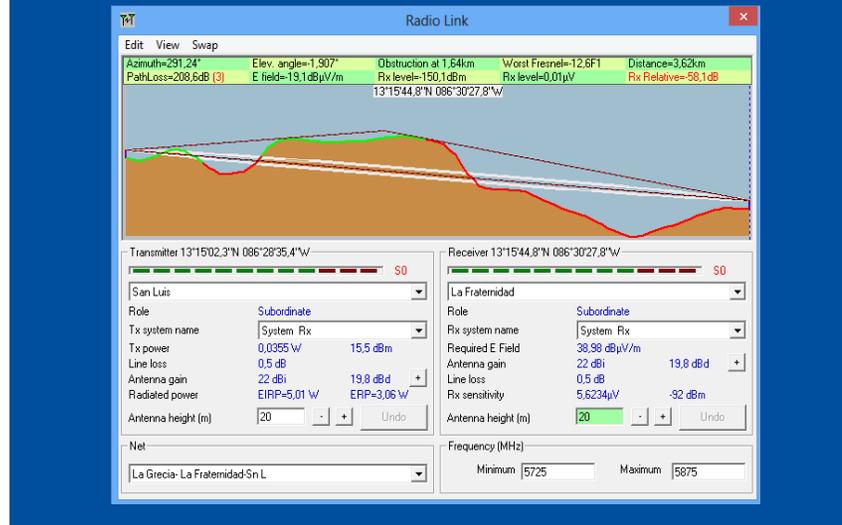


En la Figura 4.6 se puede apreciar el primer enlace creado así como el patrón de radiación de la estación principal en San Juan de Limay mostrado gracias a la opción *Polar radio coverage* de la herramienta (📶), con esto se procede a conectar las demás comunidades restantes con la estación base en San Juan de Limay. También se pretende conectar las comunidades entre ellas.

La topología mesh consiste en que todos los puntos estén conectados entre ellos, pero debido a geografía del lugar es difícil obtener este resultado. Es de este modo que la topología mesh a usar será parcial, lo que indica que algunas comunidades se comunicarán usando conexiones intermedias.

El enlace entre las comunidades de La Fraternidad y San Luis es un ejemplo de cuando las comunicaciones no se pueden realizar debido a los obstáculos entre ambos puntos que causan que la atenuación de la señal de radio sea muy grande. Por esta razón para poder comunicarse entre ellos tendrán que pasar un punto intermedio que será San Juan de Limay. La Figura 4.7 muestra el enlace de estas dos comunidades.

Figura 4.7: Enlace San Luis - La Fraternidad en Radio Mobile



El enlace entre San Juan de Limay y las comunidades de El Carrizo, El Ángel y El Mojón no se pudieron establecer debido a que la intensidad de la señal de radio en el receptor es muy baja en estos casos, esto porque las irregularidad del terreno provoca mucha atenuación de la misma señal. Esto se muestra en la Figura 4.8.

Para poder dar servicios a ambas comunidades se ha considerado hacer uso de un repetidor (Digi-1) ubicado en una zona alta del lugar.

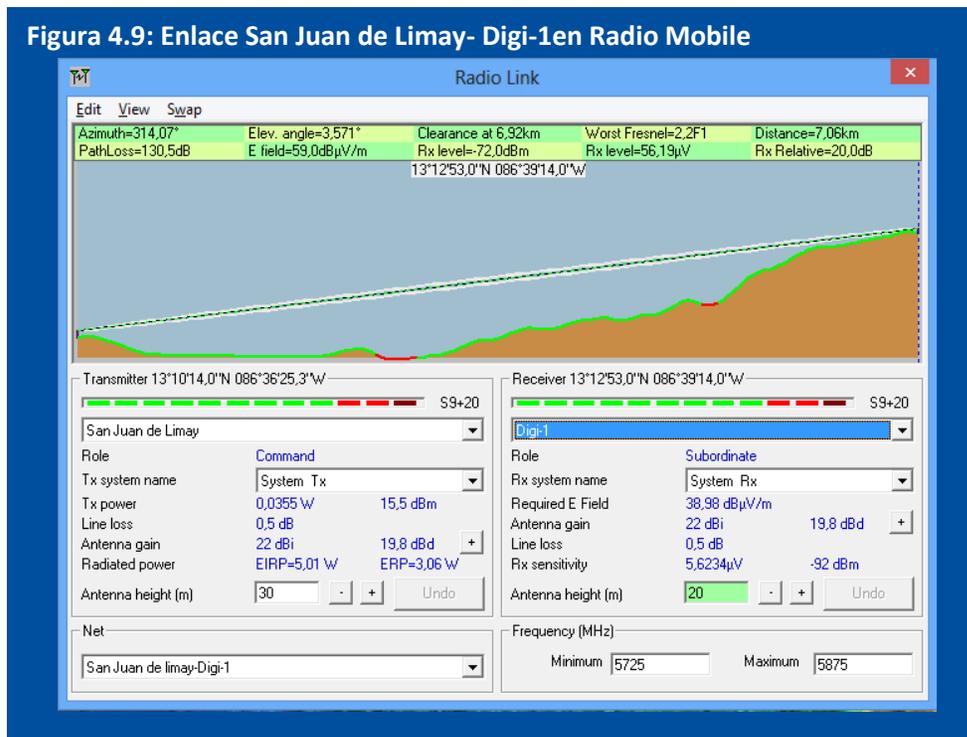
Figura 4.8: San Juan de Limay, El Carrizo, El Ángel en Radio Mobile



Este logrará enlazar ambos puntos a la misma vez y tendrá las coordenadas 13° 12' 53.0" latitud Norte y 86° 39' 14.5" longitud Oeste.

Una vez ubicado el repetidor se establecerá un enlace de San Juan de Limay a éste y del repetidor a las otras dos comunidades.

La Figura 4.9 muestra el enlace de San Juan de Limay al repetidor y la Figura 4.10 los enlaces del repetidor (Digi-1) a las otras dos comunidades.



Con la utilización del repetidor se logró realizar el enlace de las comunidades a la cabecera de red en San Juan de Limay la cual es la estación base de la primera subred.

Los enlaces de la red de San Juan de Limay con sus respectivas comunidades se muestran en la Figura 4.11.

Figura 4.10: Enlace San Juan de Limay- Carrizo y Ángel en Radio Mobile

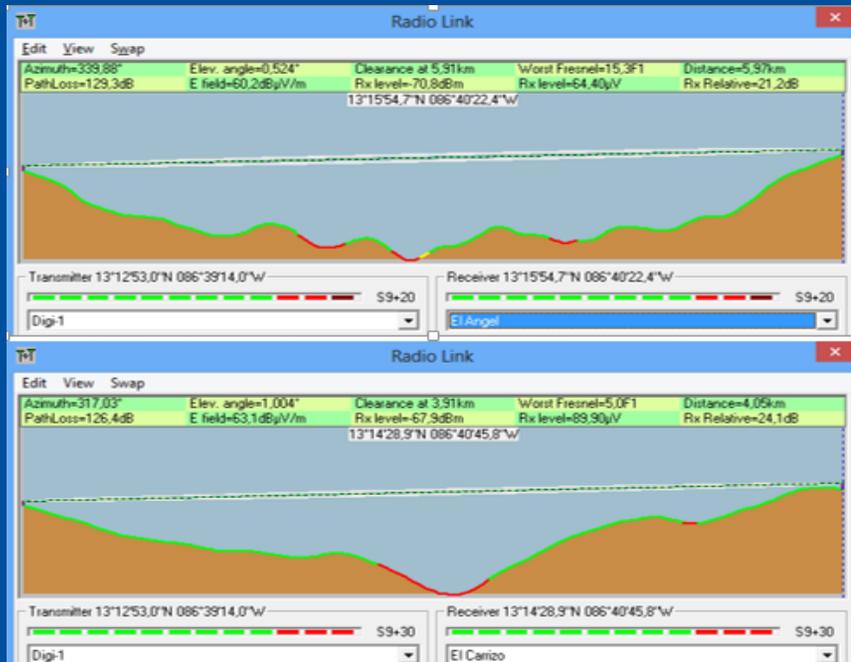
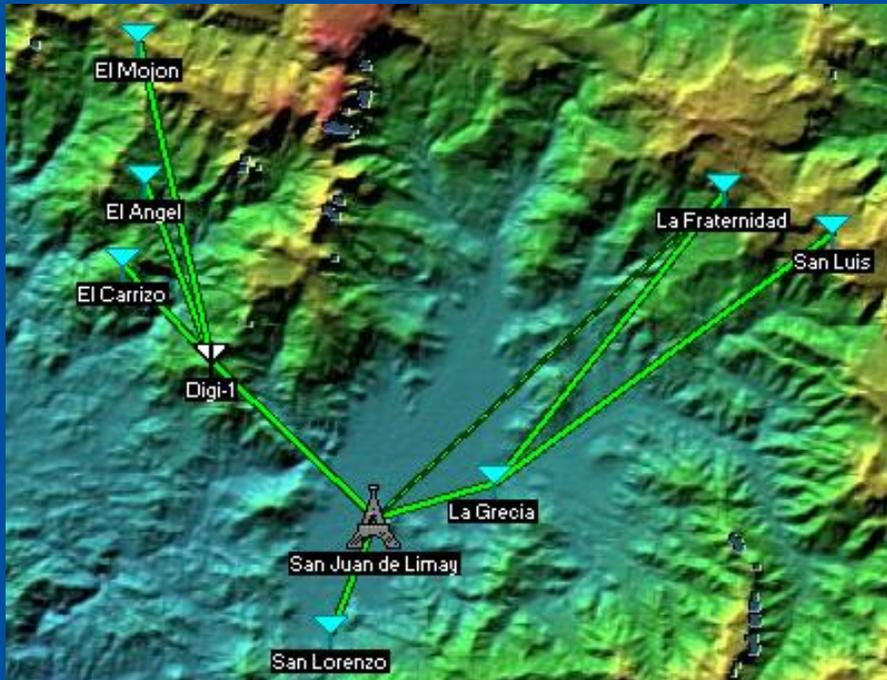


Figura 4.11: Enlaces de la red San Juan de Limay en Radio Mobile



4.1.3 Localización de la red San Juan de Río Coco

Para el desarrollo de la red de San Juan del Río Coco se hace uso también de los parámetros que se muestra en la Tabla 4.1 de la red anterior y de igual forma con los pasos para realizar los enlaces. Para ubicar geográficamente a las comunidades de San Juan del Río Coco el mapa de elevación de terreno se hizo uso de la Tabla 3.2 del diseño de la red lógica.

Tabla 3.2 Localización de las estaciones suscriptoras de la San Juan de Río Coco

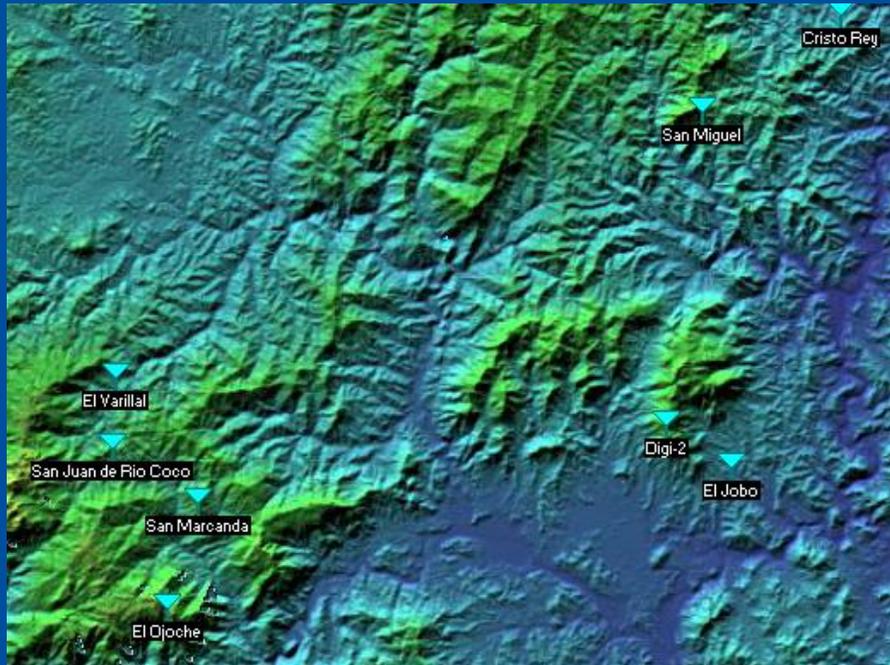
Nombre de la comunidad	Latitud	Longitud
San Juan del Río Coco	13°33'19.3"N	86°09'59.1"O
El Ojoche	13°29'07.4"N	86°08'27.2"O
San Marcanda	13°31'54.9"N	86°07'37.3"O
El Varillal	13°35'12.1"N	86°09'53.6"O
San Miguel	13°42'10.3"N	85°53'36.3"O
Cristo Rey	13°44'40.9"N	85°49'44.4"O
El Jobo	13°32'49.20"N	85°52'49.0"O

Una vez ubicados los puntos de la red de San Juan del Río Coco en el software Radio Mobile, se procede a realizar los enlaces entre ellos. La ubicación de las comunidades rurales se muestra en la Figura 4.12.

En esta subred se presentaron problemas para interconectar algunas comunidades así como en la subred de San Juan de Limay. Por lo cual también se necesitó la ayuda de un repetidor (Digi-2) para enlazar a El Jobo por medio del Ojoche, que es una de las comunidades que se le brindará servicios de banda ancha.

Este repetidor estará ubicado en las coordenadas: 13° 33' 56" latitud Norte y 85° 54' 36.7" de longitud Oeste. Las demás comunidades se enlazarán unas con otras en forma de cadena y siguiendo una estructura de multi saltos. Haciendo

Figura 4.12: Red San Juan del Río Coco en Radio Mobile



esto podemos proveer a las comunidades más alejadas de servicios de banda ancha, pero una limitación es que algunos enlaces dependen unos de otros.

Sin embargo esto se ha hecho de esta manera ya que es la única forma de crear los enlaces en este tipo de terreno montañoso que caracteriza a esta parte del país, sin incurrir en la creación de más repetidores y antenas direccionales para poder enlazar a la mayoría de las comunidades.

Uno de los enlaces directos con la estación cabecera en San Juan del Río Coco es con San Marcanda la que presenta un buen nivel de enlace a la frecuencia de trabajo. La Figura 4.13 muestra el escenario descrito.

En la Figura 4.15 se presentan los enlaces establecidos entre las comunidades de San Juan de Río Coco a la frecuencia de 5.8 GHz con una topología de red tipo mesh en el software en Radio Mobile.

Figura 4.13: Red San Juan del Río Coco-San Marcanda en Radio Mobile

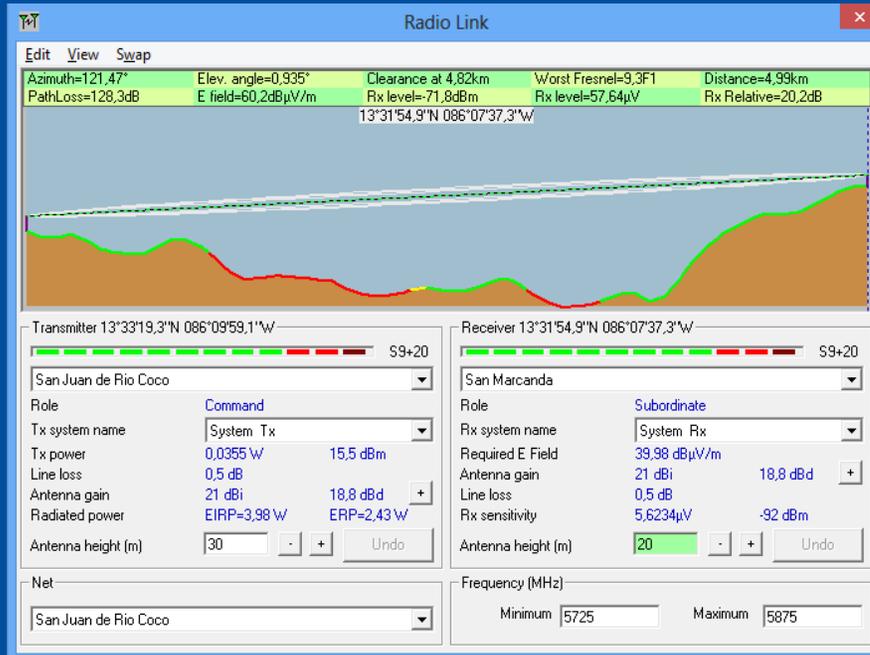
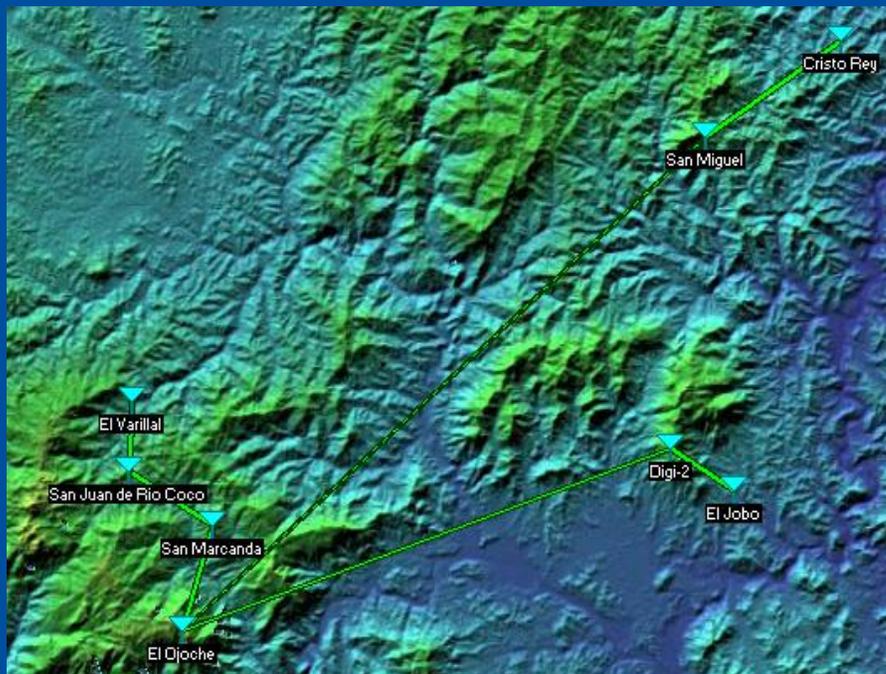


Figura 4.15: Enlaces de la red San Juan del Río Coco en Radio Mobile

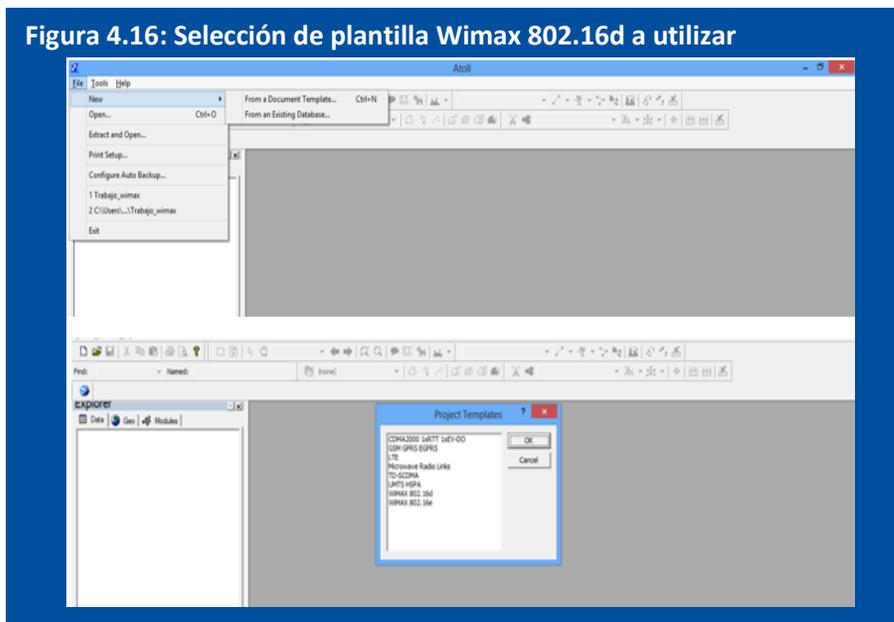


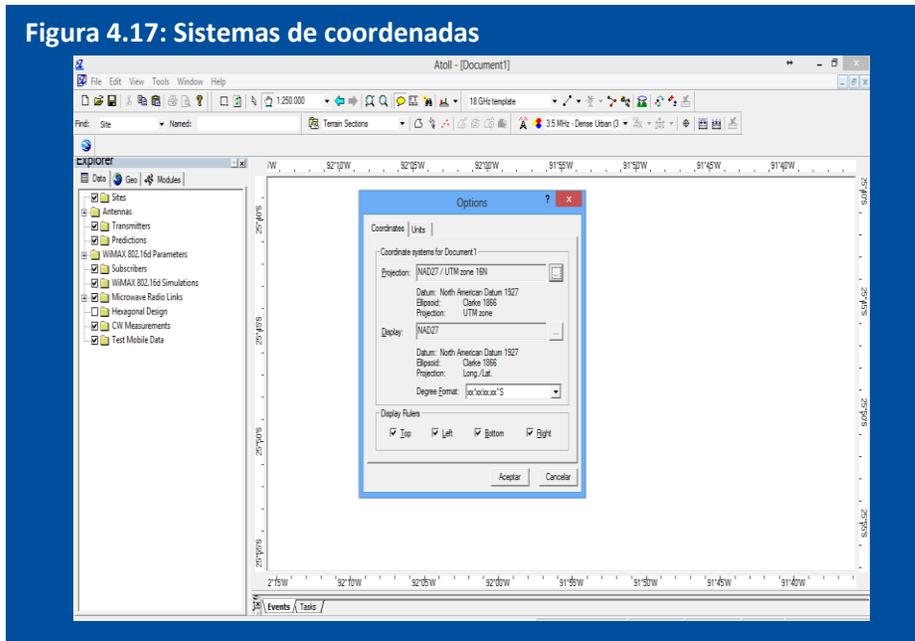
4.2 Diseño de red con Atoll™

Como se ha mencionado ya, Atoll™ proporciona un conjunto completo e integrado de herramientas y funciones que permiten crear un proyecto de planificación de radio en una sola aplicación. Es así que se puede guardar todo el proyecto en un solo archivo, o se puede vincular el proyecto a archivos externos.

Para poder crear las redes en Atoll™ a como se realizó anteriormente con Radio Mobile, se tiene que seleccionar la plantilla del proyecto en que se trabajará. En este caso se utiliza la plantilla del estándar 802.16d. Para ello, en la pestaña llamada “File” se selecciona la opción “New”. En esta opción se seleccionará “From a Document Template” y luego seleccionamos la plantilla a utilizar como se muestra en la Figura 4.16.

Una vez seleccionada la plantilla con la cual se ha de trabajar en el desarrollo de la red, se configura el sistema de coordenada a utilizar. Para ello, en la pestaña “Tool” se selecciona la opción “Options”. En la ventana que se abrirá aparecen dos pestañas llamadas “Coordinates” y “Units” respectivamente.





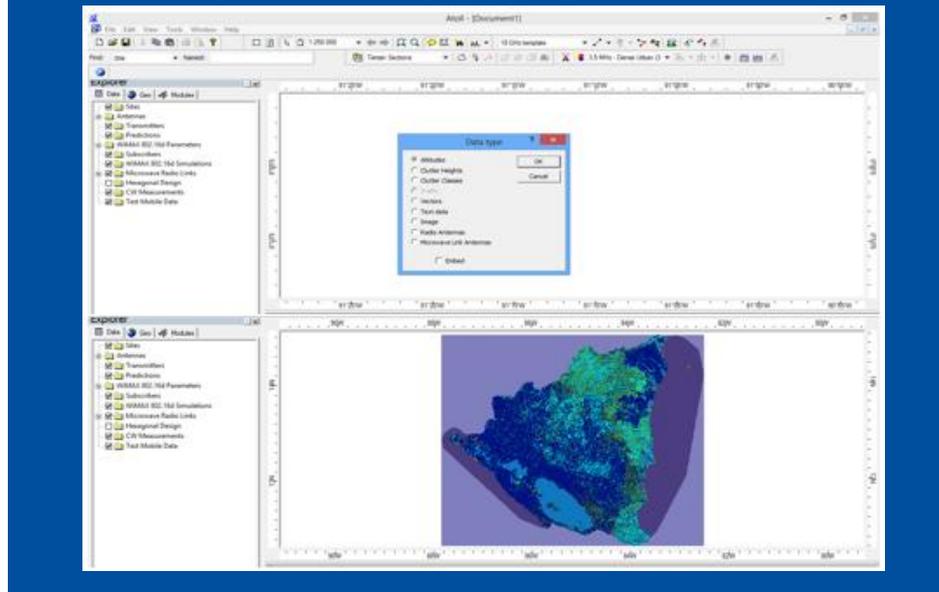
En la pestaña “Coordenates” se ha de seleccionar la opción “Projection” y las coordenadas WGS 84 / UTM zone 16N y luego en la opción “Display” con WGS 84, como se muestran en la Figura 4.17.

El siguiente paso a realizar es importar los mapas de elevación de terreno. Este paso es importante debido que Atoll™ lo utiliza para los cálculos de propagación y sin ellos no se aprovecharía todas las herramientas que ofrece este software, como predicciones, perdidas de propagación, cobertura, entre otros.

El principal mapa que se va a utilizar es el de elevaciones debido a que los sitios donde se encuentran los transmisores y estaciones suscriptoras son en zonas rurales. Es por ello que no se considera necesario hacer uso de mapas de elevación de edificios ya que las alturas de los éstos en estas comunidades se consideran despreciables.

Para la inserción de mapas en el Atoll™ de la pestaña “File” seleccionamos la opción “Import”, y ubicamos la carpeta que contiene los mapas.

Figura 4.18: Mapas de elevación para Nicaragua de Atoll™



Una vez realizado esto, aparecerá una ventana que indica que tipo de información va a brindar dichos mapas, tales como: altitudes, clutter heights y clutter classes. Los cuales se utilizarán en este estudio de propagación. (Véase la Figura 4.18)

4.2.1 Localización de los puntos

Una vez ya definido el sistema de coordenada se pueden ubicar los sitios de la red de San Juan de Limay de la misma forma que se realizó en Radio Mobile. Para ello en la carpeta “Site”, se selecciona la opción “New” y se introducen las coordenadas de las comunidades que conformaran la red de San Juan de Limay. Ver la Figura 4.19.

De esta misma manera se van ubicando las diferentes comunidades que conforman la red de San Juan de Limay y las cuales se muestran en la Figura 4.20.

Figura 4.19: Localización de los comunidades con sus coordenadas

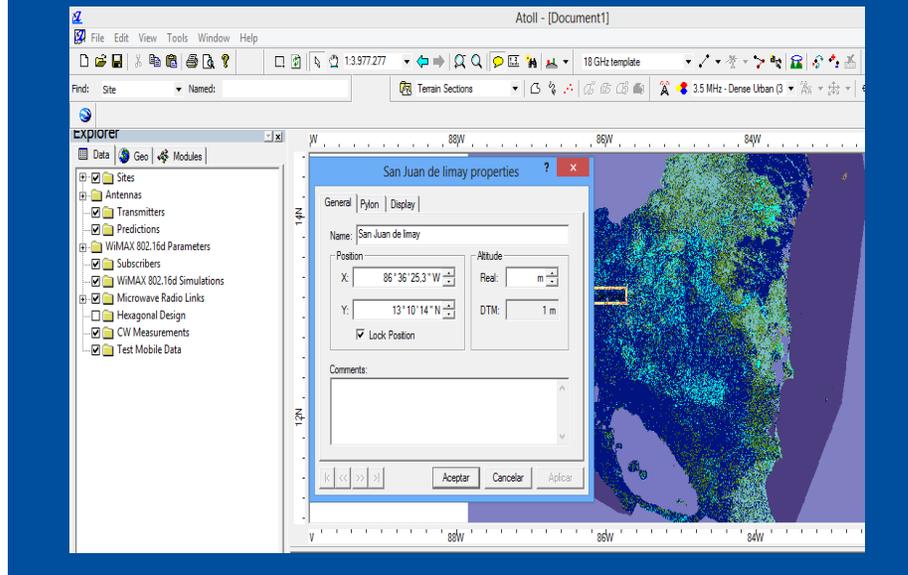
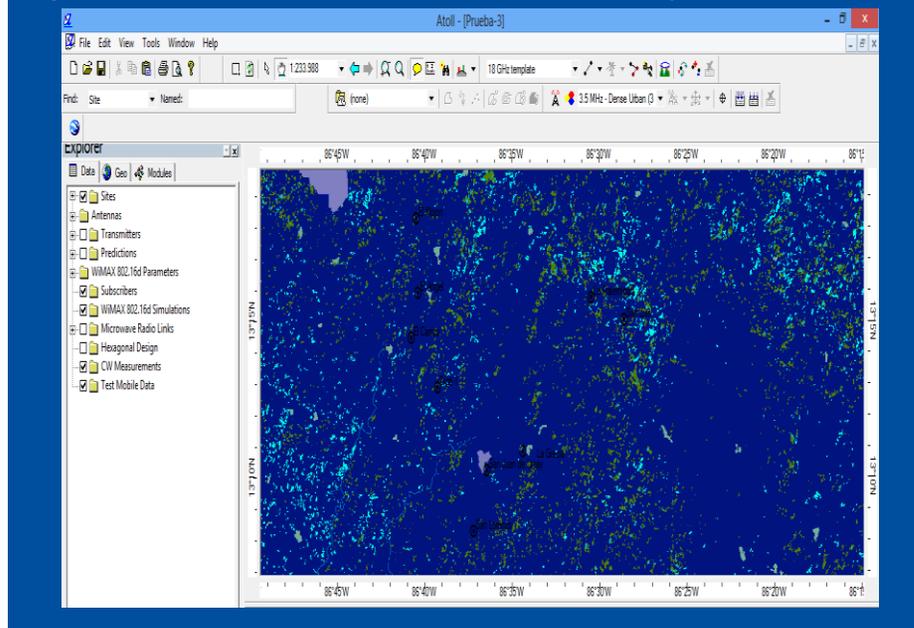


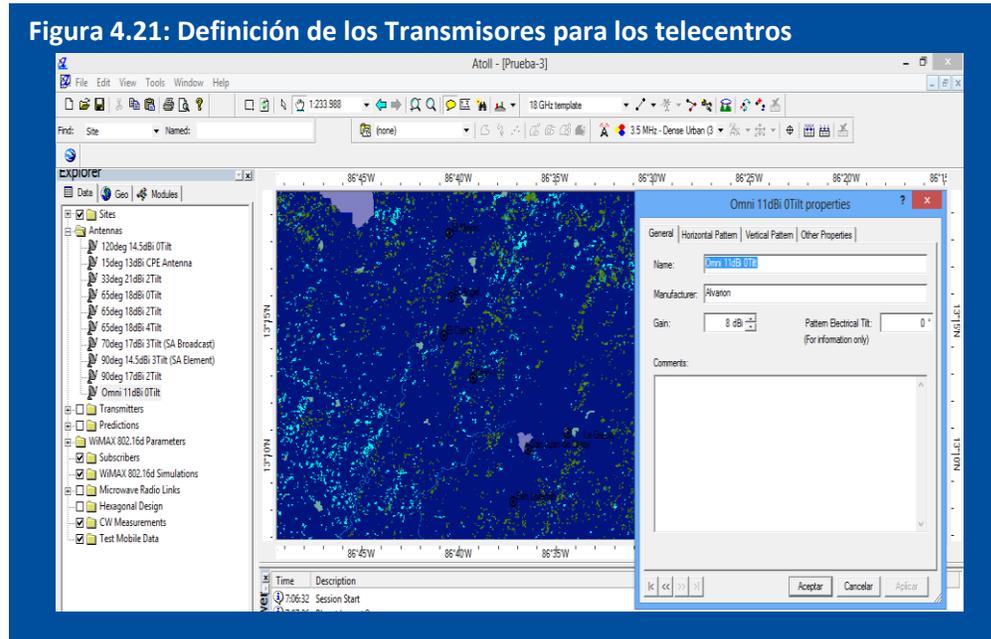
Figura 4.20: Comunidades de la red San Juan de Limay



4.2.2 Especificación de las características de los equipos

Luego de haber ubicado las comunidades en el mapa geográfico, se deben de definir los trasmisores para cada telecentro. Los parámetros de cada uno de ellos se establecen de acuerdo a las características de los equipos a utilizar. Las características de los equipos se ven en el Anexo 8.

Para ellos de la pestaña Data se seleccionamos la opción “New”. Allí se selecciona la antena que se ha de utilizar, la celda y el tipo de propagación (en este caso se usará una antena omnidireccional de 8 dBm y de acuerdo al modelo de propagación Longley-Rice), como se muestra en la Figura 4.21.



Así mismo se definen las antenas mediante el panel izquierdo de la ventana principal en la carpeta llamadas “Antenas” y nos mostrara las diferentes antenas con su patrón de radiación y frecuencia de trabajo la cual adaptaremos a nuestros parámetros de red. Ver Figura 4.22.

Por otro lado, en la Figura 3.28 se muestran todos los telecentros con los transmisores ya definidos.

Figura 4.22: Definición de las características de las antenas

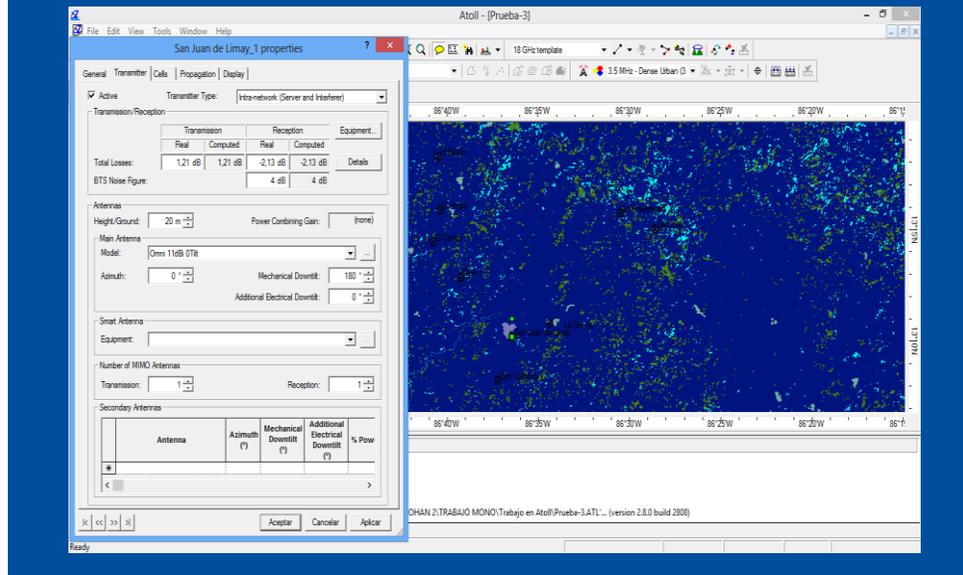
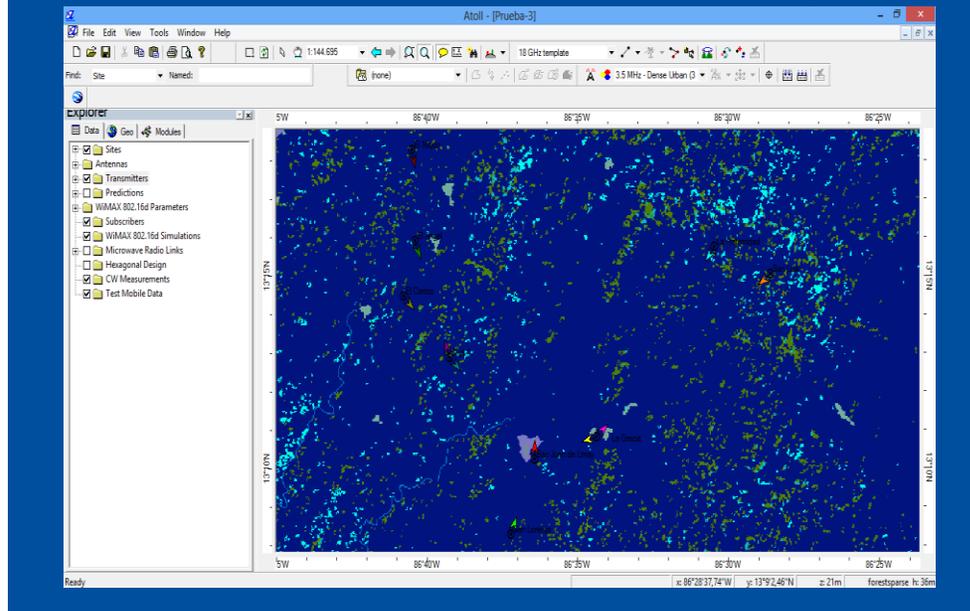


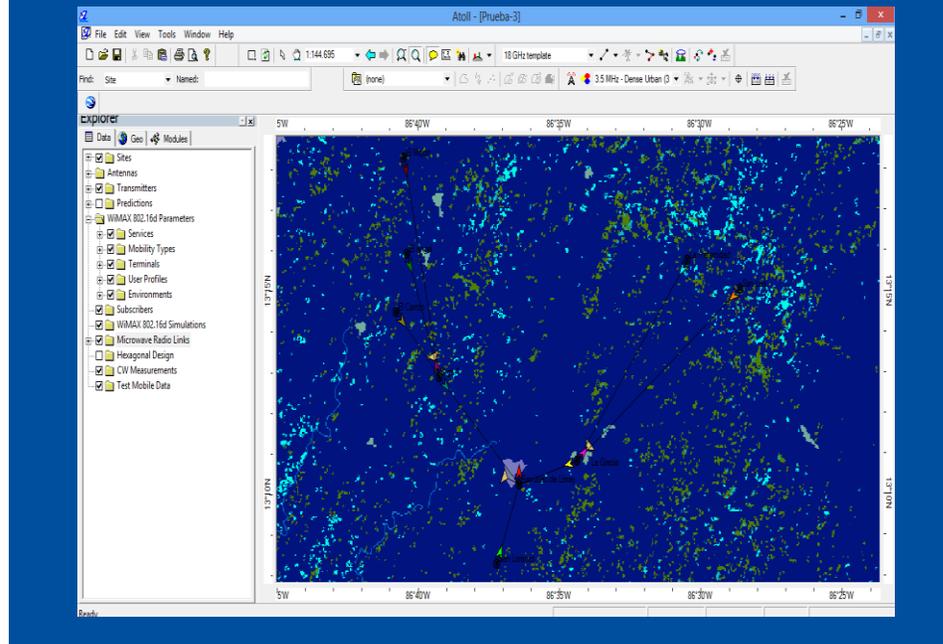
Figura 4.23: Transmisores de los telecentros de San Juan de Limay



4.2.3 Conexión de los puntos

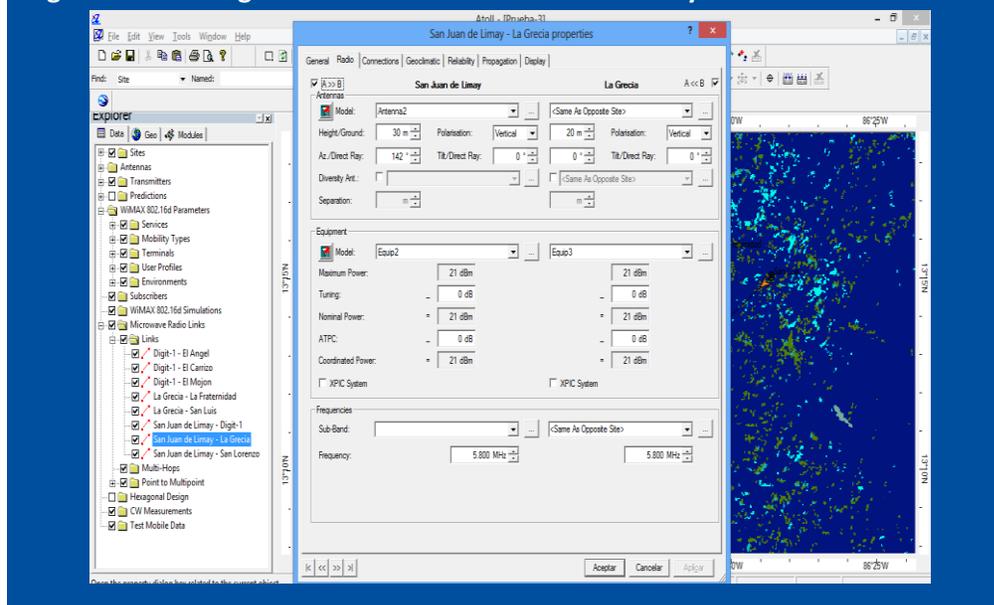
Una vez establecidos los parámetros de los equipos y las características de las antenas, se crean los enlaces correspondientes de la red, hacemos seleccionando la herramienta llamada “New Link” y a continuación se selecciona telecentros a enlazar, para ello ver la Figura 4.24.

Figura 4.24: Definición de los radios enlaces.

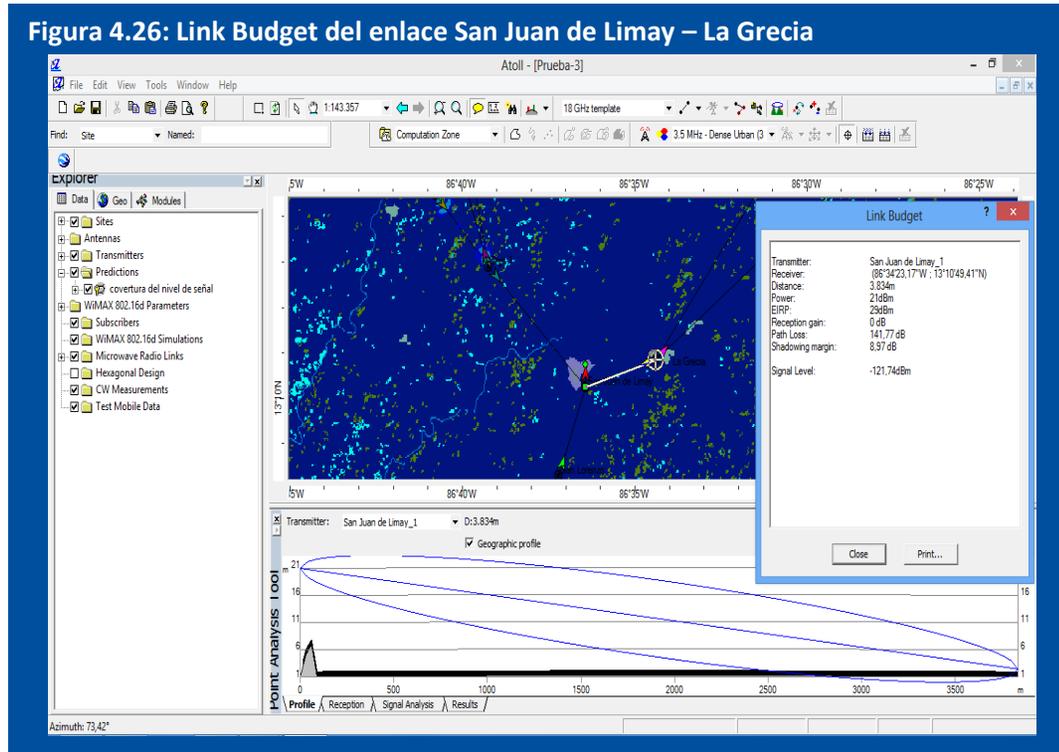


Luego de haber creado los enlaces se hace necesario definirles algunas características restantes de los equipos y antenas a utilizar. Para ello, en la carpeta Microwave Radio Links, aparecerán los enlaces creados. Como ejemplo se elige el enlace de San Juan de Limay con La Grecia, y luego seleccionamos la opción propiedades, como se muestra en la Figura 4.25.

Figura 4.25: Configuración del enlace San Juan de Limay – La Grecia



Ya definidos los equipos para cada enlace, se realiza el balance de potencia o “Link Budget”. Para ello, primeramente se selecciona el transmisor, luego en la ícono “Point Analysis tool” de la barra de herramientas y por último dirigir hacia el otro transmisor. Una vez hecho esto, se mostrara una ventana de la cual se ha de seleccionar la opción “Link Budget”. La Figura 4.26 nos muestra el escenario mostrado.



Para la red de San Juan del Río Coco se efectúa el mismo procedimiento realizado para la red de San Juan de Limay, dado que se usan los mismos mapas y las características de los equipos a usar, cambiando únicamente la localización de las comunidades, para obtener los resultados del Link Budget.

4.3 Comparación de Radio Mobile y Atoll™

De acuerdo a los estudios y simulaciones realizadas en los dos software Radio Mobile y Atoll™ se ha podido realizar los respectivos análisis de radio propagación basado en el modelo Longly Rise para la redes de telecentros en las zonas rurales bajo consideración. A continuación comentaremos las diferencias que hemos podido observar entre estos software de diseño de radio enlaces.

Con respecto al software Radio Mobile, hemos podido localizar los puntos geográficos de cada una de las comunidades gracias al complemento de Google Earth. Este nos muestra cada una de las comunidades gracias a los mapas de elevación de terreno SRTM proporcionados por la NASA & JPL y que son suficientes para generar los resultados de pérdidas.

En cambio Atoll™ nos ofrece desde el inicio una plantillas de proyectos con diferentes tecnologías como son: LTE, UMTS HSPA, Wimax 802.16e y en nuestro caso Wimax 802.16d. Las opciones que Atoll™ ofrece para esta versión son: la información geográfica como mapas de terreno, mapas de elevación e incluso perfiles de tráfico y una parte de módulos en la cual podemos elegir diferentes modelos de propagación como también características de las antenas a utilizar en los transmisores.

Al igual que Radio Mobile, Atoll™, necesita hacer uso de mapas de elevación de terreno (SRTM de la NASA) y mapas de alturas de los edificios de la localidad de estudio. Conseguir el mapa de elevación de terreno no presenta muchos problemas, sin embargo para utilizar el resto de mapas con información especializada de elevación de edificios representa mayor dificultad, debido a que necesitan ser comprados a instituciones que posean información cartográfica del país.

Con respecto a la manera en que Radio Mobile calcula los radio enlaces vemos que se necesita especificar la frecuencia de trabajo, el tipo de polarización de las antenas, así como su ganancia; pérdidas de línea de transmisión, sensibilidad

de los receptores y altura. Con esto, se hace la estimación de pérdidas de acuerdo al modelo Longley-Rice y por supuesto hemos observado que han sido necesarios algunos repetidores para lograr enlazar las comunidades más alejadas.

Por otro lado, en Atoll™ se especifican la frecuencia de trabajo, el tipo de modulación, el modelo de propagación y las características de los equipos a usar como: ganancias de antena, el patrón de radiación de la misma, nivel de ruido de los equipos, pérdidas por los conectores, longitud del feeder entre otros, que hace que el nivel de señal en el receptor sea más exacto debido a la mayor cantidad de factores que toma en cuenta para ello.

Dado todo lo anteriormente mencionado vemos que la herramienta de simulación Radio Mobile es de mucha utilidad para realizar radio enlaces contando con información general y que sirve de base para realizar la estimación de balance de potencia, en cambio Atoll™, mejora el nivel de exactitud, con los reportes que muestran los niveles de potencia recibido, el margen de obstrucción, distancia del enlace entre otros.

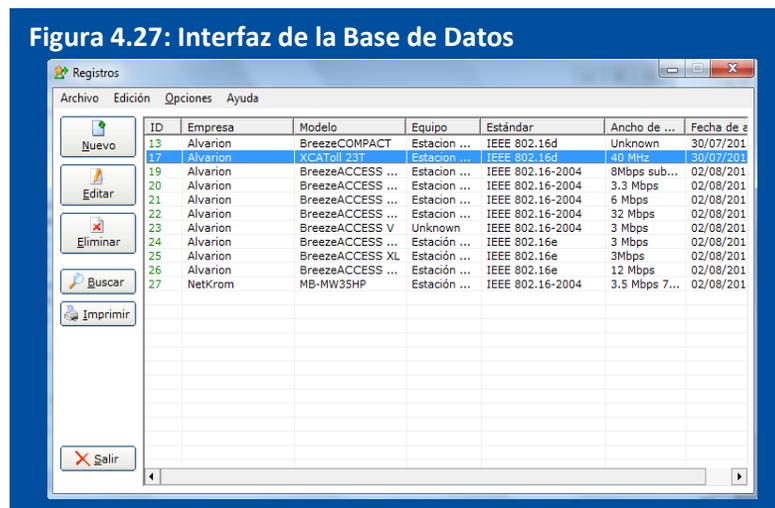
Así mismo en Atoll™, se puede realizar el estudio de radio propagación, y puede obtener predicciones tanto de cobertura de señal, cobertura por medio de throughput; que permite observar qué transmisor o terminal puede tener el privilegio de “Down link” como “up link” de los servicios que ofrece la red.

Es por estas características que vemos a Atoll™ como una herramienta más completa, confiable y profesional en el diseño de redes de comunicaciones, sin embargo el costo obtener licencias para este software nos hace ver que Radio Mobile es una herramienta de muy bajo costo para el diseño de redes de comunicación alcanzando un 98% de exactitud en los resultados en comparación con el software Atoll™.

4.4 Base de Datos de Equipos Radiantes

Mediante la búsqueda de información acerca de los equipos radiantes transmisores y receptores se ha podido realizar una base de datos en MS Visual Basic™ que facilite la búsqueda de equipos de acuerdo a sus respectivas especificaciones.

En este sistema la información de los dispositivos se han organizado y clasificado en función del tipo de equipo, la tecnología que se use, el ancho de banda entre otros. La Figura 4.27 presenta la interfaz de la base de datos donde muestra los equipos.



Esta interfaz presenta varias opciones, entre ellas está la capacidad de agregar nuevos registros, modificarlos o eliminarlos. Se ha pensado que a medida que la base de datos vaya creciendo ha de ser necesario filtrar la información ya sea de acuerdo a la empresa fabricante, el modelo o el tipo de equipo a utilizar. Así mismo se puede mandar a imprimir la información deseada.

Los administradores de la red mediante estas opciones tendrán la posibilidad de agregar, modificar o eliminar registros y de esta manera actualizar la base de datos de acuerdo a las tecnologías que vayan surgiendo.

Este sistema también se ha desarrollado con el objetivo de que los usuarios en un intento de expansión puedan seleccionar dentro de una amplia gama de registros los equipos de transmisión que se ajusten a sus necesidades en el futuro.

Los códigos para la creación de la base de datos se muestran en el Anexo 5.

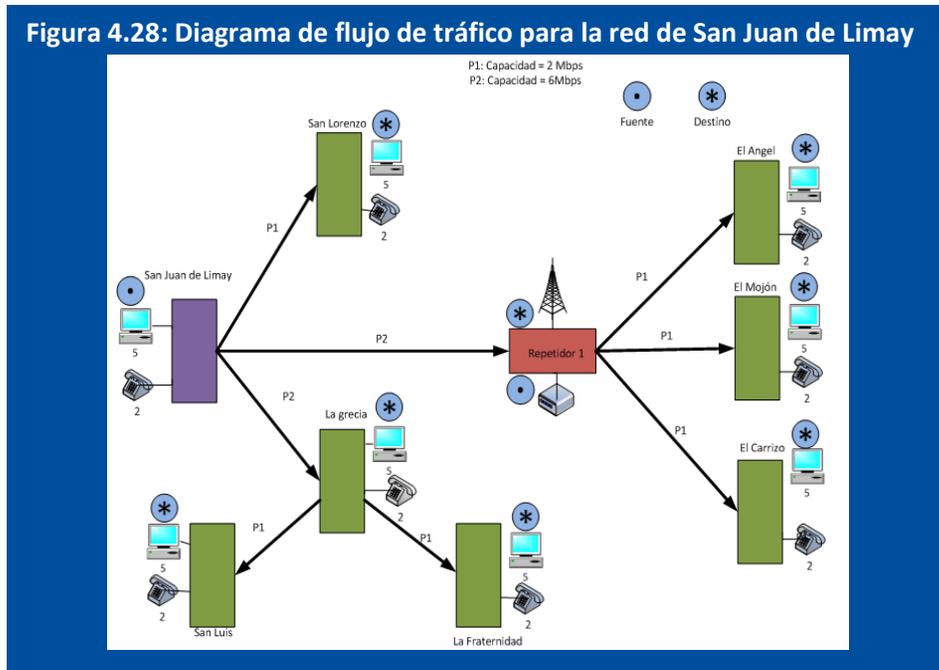
4.5 Flujo de tráfico

El diseño de flujo de tráfico es uno de los puntos muy importantes para el dimensionamiento y selección de los equipos de transmisión. Esto debido a que por medio de este análisis podemos determinar la cantidad de ancho de banda y el nivel de desempeño para cada uno de los enlaces de la red.

Lo que se ha querido mostrar con esto no es solo notar cada posible flujo de tráfico, sino más bien presentar aquellos enlaces que tienen un gran impacto en el diseño y arquitectura de la red. En el capítulo dos titulado “Análisis de Tráfico” se han realizado los cálculos para el ancho de banda necesario que se ha de disponer por cada uno de los telecentros y que jugaran un papel muy importante en este análisis.

De hecho se ha visto que no siempre los enlaces se establecen directamente con la estación cabecera en San Juan de Limay o en San Juan del Río Coco sino que se ha dispuesto que algunos telecentros sean capaces de transmitir a otros más alejados ya que les es imposible establecer una conexión directa con la cabecera departamental.

En la Figura 4.28 se presenta el flujo de tráfico para la red de San Juan de Limay. Así como los equipos que dispondrán los telecentros.



Dichos equipos determinan quienes son las fuentes y destinos de la red, sin embargo las cabeceras de red departamentales son consideradas como fuentes ya que proveen de servicios de banda ancha a las comunidades. Estas también pueden ser consideradas como fuentes cuando envían información por medio de correo electrónico y transmiten video conferencia, pero para este análisis se considerará lo contrario ya que el volumen de tráfico de las cabeceras es mayor al de las comunidades rurales.

Cabe mencionar que los enlaces de San Juan de Limay con La Grecia y el Repetidor 1 requieren de un mayor nivel de desempeño, ya que además de recibir servicios son los que proveen a otras comunidades como es el caso de La Grecia.

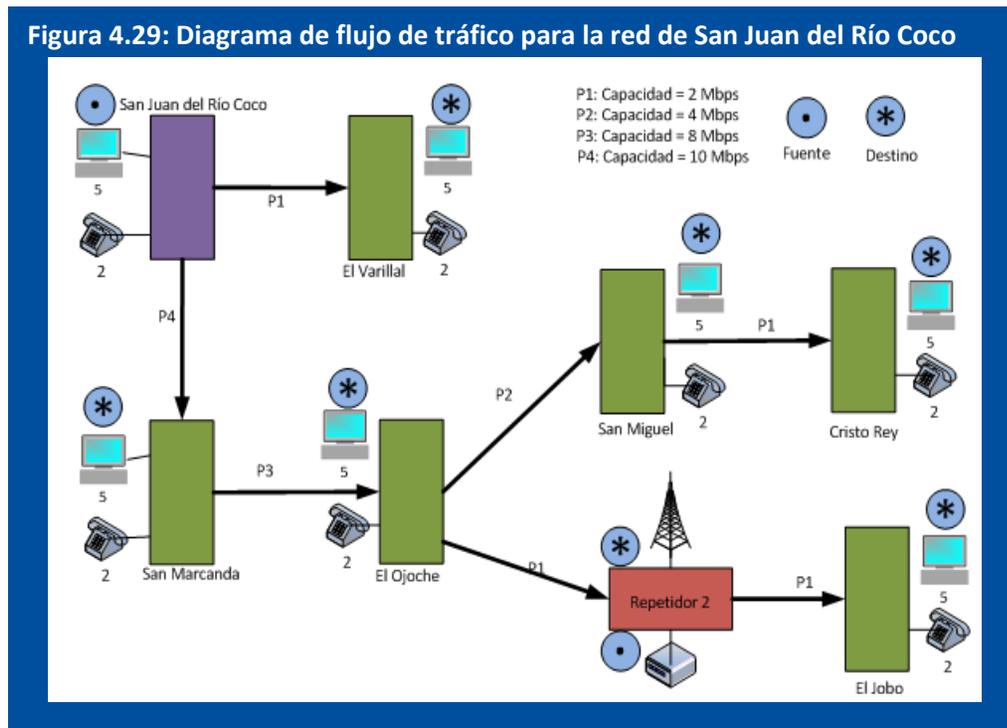
El ancho de banda que debe disponer cada uno de los telecentros es de 2Mbps, no obstante hay que tener en cuenta que existen otros tipos de flujos, por ejemplo el caso de La Grecia y para el Repetidor 1 (Digi-1), en los que el flujo incrementa a 6Mbps.

Igualmente la estación maestra en San Juan de Limay necesita transmitir con un flujo inicial de 14 Mbps como mínimo, para poder proveer de servicios de banda ancha a cada una de sus comunidades.

De manera similar la Figura 4.29 muestra el flujo que hay en la red de San Juan del Río Coco.

Para este escenario los enlaces directos con la cabecera departamental no se pueden establecer debido a terreno montañoso de la región. Es por ello que la estación cabecera provee de servicios a la comunidad de San Marcanda la cual provee a su vez a las comunidades de El Ojoche, San Miguel, Cristo Rey y El Jobo, este último mediante el uso del Repetidor 2 (Digi-2).

Con el análisis de tráfico para esta segunda red vemos la necesidad de solventar cuatro tipos de flujos. El primero es el que llega a un telecentro sin tener que retransmitir a ningún otro punto como es el caso de El Varillal, Cristo Rey y El Jobo el cual es de 2Mbps.



Luego de ello se puede ver que el flujo va incrementando en relación a la cantidad de comunidades a las que hay que retransmitir. Éste es el caso de San Marcanda la cual debe de disponer de un flujo de 10 Mbps.

Como se puede observar, el análisis de flujo ayuda a seleccionar y a evaluar tecnologías para la red así como los requerimientos de desempeño de ciertos enlaces. Una vez alcanzado esto se procede a la selección de los equipos transmisores como son las estaciones base, estaciones suscriptoras y los repetidores.

4.6 Selección de Equipos

4.6.1 De transmisión

En la sección anterior se logró notar las tasas de datos necesarias para los equipos a usar en el sistema de transmisión y que serán las adecuadas para los flujos de datos en las dos sub redes.

Para San Juan de Limay se usará una estación cabecera Alvarion AU-D-SA-5.8-360-VL la cual posee una antena omnidireccional externa con ganancia de 8 dBi a 5.8 GHz. Con este equipo se logra dar cobertura a La Grecia, San Lorenzo y al Repetidor 1.

De manera similar la comunidad de La Grecia utilizará una estación maestra Alvarion AU-D-SA-5.8-90-VL con una antena sectorial de 90° con ganancia de 16 dBi, para dar cobertura a las comunidades de La Fraternidad y San Luis. Estas dos últimas al igual que El Mojón, El Ángel, El Carrizo y San Lorenzo dispondrán de un equipo Breeze Access VL CPE el cual posee una antena plana de polarización vertical con 20 dBi de ganancia.

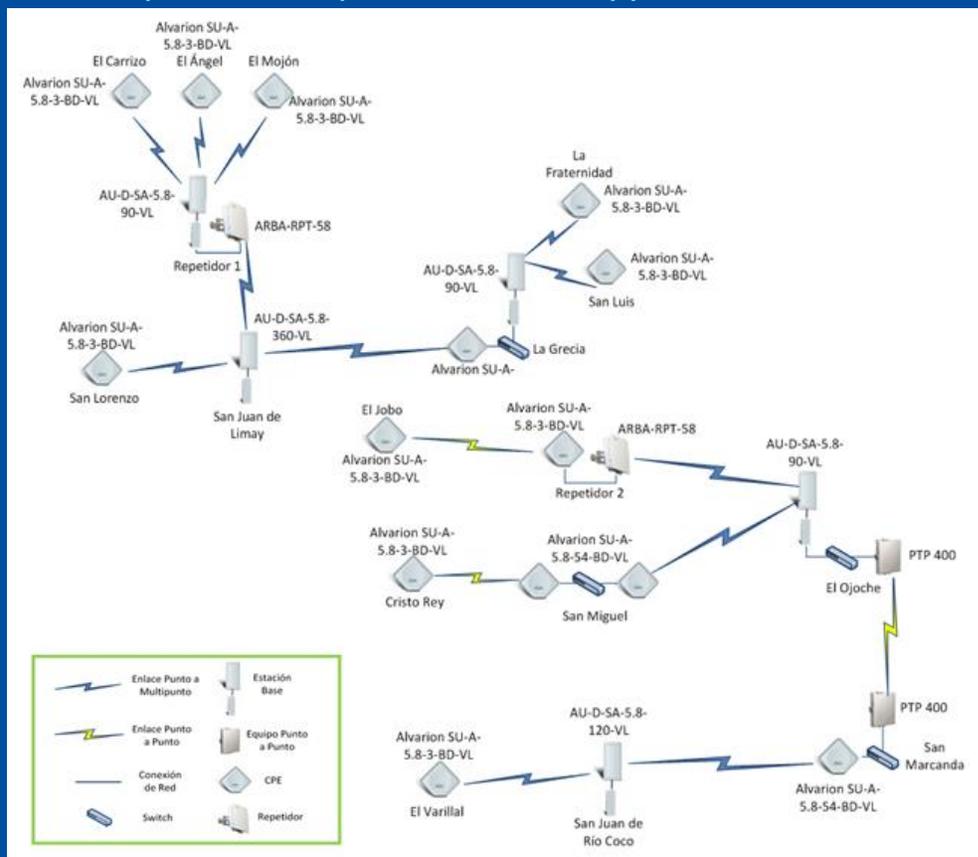
El Repetidor 1 dispondrá de un equipo de Alcentia Systems ARBA-RPT-50 que posee una ganancia máxima de 120 dB. Este equipo tiene una antena integrada de 23 dBi y con esto se dará cobertura a El Mojón, El Carrizo y El Ángel.

Para San Juan de Río Coco se hará uso de una estación maestra Alvarion AU-D-SA-5.8-120-VL. Este equipo posee una antena externa de 15 dBi de ganancia y dará cobertura a las comunidades de El Varillal y San Marcanda.

Así mismo la comunidad de San Marcanda podrá retransmitir a El Ojoche por medio de equipos punto a punto de Motorola Serie PTP 400 con antenas integradas con ganancia de 23 dBi y 7° de apertura.

A su vez la comunidad de El Ojoche transmitirá por medio de un equipo Alvarion AU-D-SA-5.8-90-VL al Repetidor 2 y a la comunidad de San Miguel, éste último logrará dar cobertura a la comunidad de Cristo Rey. El equipo Breeze Access VL CPE de Alvarion será usado también en las comunidades restantes como El Jobo, Cristo Rey, El Varillal y San Marcanda.

Figura 4.30: Esquema de la red para San Juan de Limay y San Juan del Río Coco.



Por otro lado el repetidor 2 al igual que el repetidor 1 dispondrá del equipo Albentia Systems ARBA-RPT-50 para dar cobertura a El Jobo.

Todo lo anteriormente dicho se puede resumir por medio de la Figura 4.30 que muestra el esquema de la red con los equipos a utilizar para la red de San Juan de Limay y San Juan del Río Coco.

Es importante mencionar que en cada lugar donde se ubiquen las antenas es necesario instalar un pararrayos, surge protector y un sistema de tierra para proteger los equipos de transmisión.

Una vez indicado los equipos necesarios para la interconexión de las comunidades, es necesario hacer el cálculo de los costos de todos los equipos de transmisión y estos se presentan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Estimación de los costos de los equipos radiantes

Equipo	Cantidad	Unitario U\$*	Total U\$
Estación Base Alvarion AU-D-SA-5.8	5	1,970	9,850
CPE Alvarion SU-A-5.8-54-BD-VL	4	275	1,100
CPE Alvarion SU-A-5.8-3-BD-VL	10	115	1,150
Motorola – Serie PTP 400	2	300	600
Albentia Systems ARBA-RPT-58	2	320	640
Pararrayos STORMASTER LPI	15	943	14,145
Belkin Pivot-Plug Surge Protector	15	25	375
Sistema de puesta a tierra 35m	2	785	1,570
Sistema de puesta a tierra 25m	13	635	8,225
RSL-100L-10 Torre de 30 m	2	12,489.00	24,978
RSL-70L-17 Torre de 21.33 m	13	7,939.00	103,207
Subtotal			165,840

* Precios de amazon.com, shop.bizsyscon.com, sinsa.com.ni y Syscom®.

Es importante mencionar que a algunos de estos precios es necesario agregarles el costo de aduana, y permisos por el ente regulador Telcor que se tiene que pagar al llegar al país.

4.6.2 Para Telecentros.

En secciones anteriores se han indicado los equipos con que contará cada telecentro, pero ahora los mencionaremos de nuevo incluyendo el costo estimado para cada uno de ellos.

La red de San Juan de Limay y San Juan de Río Coco constará de ocho y siete telecentros respectivamente, dando un total de quince. Cada uno de estos telecentros constará de cinco computadoras, dos teléfonos IP, una impresora multifuncional, un switch PoE de doce puertos y un router.

En el caso de las cabeceras departamentales se agregará a lo anteriormente mencionado cuatro servidores, un switch de 12 puertos y un router Cisco para acceso de servidores.

La Tabla 4.3 muestra la cantidad total de equipos por toda la red así como la estimación de sus costos.

Tabla 4.3: Estimación de los costos de los equipos en telecentros

Equipo	Cantidad	Unitario U\$*	Total U\$
Computadora HP	75	676.66	50,749.50
Teléfono IP Yealink	30	60	1,800.00
Impresora HP	15	90	1,350.00
Switch 12 puertos	17	341	5,797.00
Router DLINK DAP 1155 N	15	26.91	403.65
Servidores	8	1089	8,712.00
Router Cisco Access Server	2	184.75	369.50
Subtotal			69,181.65

* Precios de Datatex y Systems Enterprise

En el diseño de la red de telecentros también se ha considerado el caso de comunidades que no se cuente con acceso a energía eléctrica, y así presentar un diseño que se ajuste a los recursos que ofrecen las diferentes comunidades rurales del país. Por ello, se ha pensado en una solución de energía renovable, para este caso una solución fotovoltaica sería la mejor opción.

4.7 Solución energética para comunidades sin acceso a energía convencional

En muchas comunidades rurales del país existe el inconveniente de falta del servicio de energía eléctrica y es por ello que se han desarrollado muchas soluciones de energía renovable.

Las fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Algunas de estas fuentes están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

Existen varios tipos de energía renovables, como son:

- Energía mareomotriz (mareas)
- Energía hidráulica (embalses)
- Energía eólica (viento)
- Energía solar (Sol)
- Energía de la biomasa (vegetación)

Cada una de estos tipos de energías se usan en diferentes condiciones, como por ejemplo la energía mareomotriz o energía hidráulica se usan más en lugares cercanos a las costas, la energía eólica tiene más auge en lugares donde los vientos obtienen mayores velocidades de lo normal. Es por ello que por ser un país ubicado en la zona tropical y sabiendo las condiciones de las comunidades rurales de nuestro país se ha optado por escoger una solución solar.

Con la implementación de este tipo de sistema se han pensado en algunas medidas para reducir los gastos de energía, estos son: el uso de tabletas, la reducción de la cantidad de teléfonos y hacer un diseño con tres días de autonomía debido al tipo a la radiación solar que gozamos los países tropicales.

La radiación solar juega un papel muy importante es por ello que se ha obtenido información de ésta mediante la NASA (National Aeronautics and Space Administration) cerca del punto con latitud. 13° norte y longitud -86° oeste.

En el Anexo 6 se hace referencia al sistema de energía fotovoltaica y cálculo de radiación solar obtenido de la NASA. También se realizan los cálculos para el diseño de un telecentro que funcione bajo esta tecnología y haciendo uso de equipos de bajo consumo.

Con cada uno de los cálculos realizados se ha podido dimensionar lo que sería una instalación fotovoltaica. Esta constaría de 2 módulos solares de 12 voltios cada uno conectados en paralelo, los que alimentarían 3 baterías de 12 voltios a 105 Amperios hora.

Este conjunto tendrá un controlado de carga que soporte 15 Amperios de entrada y que trabaje a 12 voltios. Para los equipos de corriente alterna se hizo el cálculo de acuerdo a la potencia de cada una de las cargas a conectar, dándonos como resultado un inversor DC/AC con una capacidad mayor de 58.08 watts de potencia.

Todos estos cálculos del sistema fotovoltaico fueron realizados para un telecentro en cualquiera de las zonas rurales de San Juan de Limay o de San Juan de Río Coco que no gocen de energía convencional.

Los costos de los equipos que se han de usar para la implementación del sistema fotovoltaico se presentan en la Tabla 4.4. Esto sin incluir el costo de cables, cajas, tornillos entre otros, ya que dependen de las dimensiones del telecentro y varían de acuerdo a estos, pero para ello agregamos un 15% del costo obtenido para considerar dichos gastos.

Tabla 4.4: Estimación de los costos de implementación fotovoltaica			
Cantidad	Equipo	Costo/Unidad (U\$)*	Costo (U\$)
2	Panel de 12 v de 200W	629	1,258
3	Batería de 105 Ah	133	399
1	Regulador de 15A	65	65
1	Inversor 100W	35	35
Subtotal			1,757
Total (con el 15% de gastos extras)			2,021

* Precios de tecnosolonline.com.ni

Así mismo en la Tabla 4.5 se muestra los costos de los equipos de cómputo para un telecentro que funcione con energía fotovoltaica.

Tabla 4.5: Estimación de los costos de equipos de cómputo para un telecentro fotovoltaico.			
Cantidad	Equipo	Costo/Unidad (U\$)*	Costo (U\$)
1	Router DLINK DAP 1155 N	26.91	26.91
4	Tableta Huawei	270	1,080
1	Teléfonos IP Yealink	60	60
Subtotal			1,166.91

* Precios de [Datatex](http://Datatex.com.ni), [Sistemas Enterprise](http://SistemasEnterprise.com.ni) y claro.com.ni

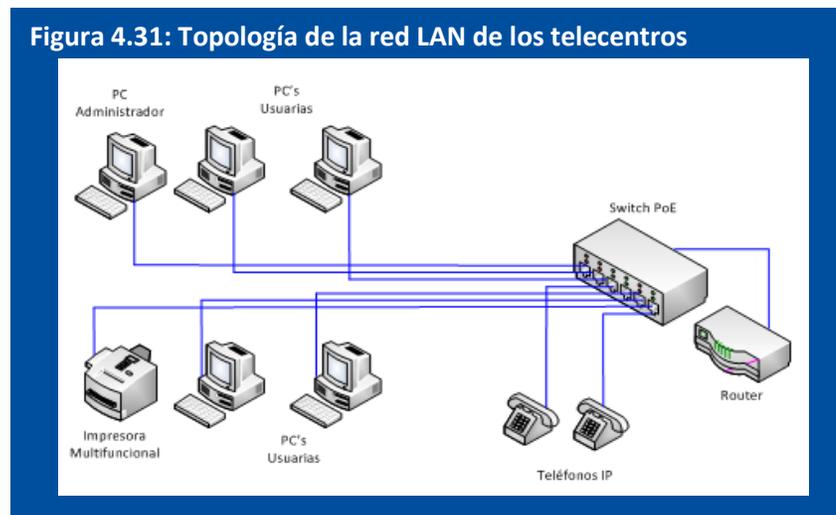
Habiendo asegurado los equipos que se han de utilizar en los telecentros y la disponibilidad de energía eléctrica es importante hacer mención al tipo de cableado estructurado a implementar e indicar la cantidad de materiales a usar para lograr esta labor.

4.8 Diseño de la infraestructura de los Telecentros

Dentro del telecentro se debe de escoger una arquitectura de comunicaciones centralizadas o distribuidas que depende del tamaño del edificio. Para pequeños edificios, un esquema centralizado con todos los cables terminando en un punto de comunicaciones de un mismo piso es posible ya que muchas tecnologías LAN asumen que las estaciones de trabajo no están a más de 100 metros de la conexión a ISP.

Debido a que el cableado estructurado es más una implementación que un diseño no se cubre con muchos detalles en este trabajo. Sin embargo la importancia de tener un buen cableado no será descartada debido a que a diferencia de muchos equipos, el cableado en una red LAN dura muchos más años antes de que las tecnologías cambien.

El telecentro poseerá una red LAN, la cual conectará a cada uno de los equipos a usar para proveer de servicios a las comunidades de San Juan de Limay y San Juan de Río Coco. La topología a usar es de tipo estrella debido a la cantidad de equipos y las dimensiones del telecentro, ver Figura 4.31. Este tipo de topología permite un fácil diseño e instalación, además de que si una conexión falla no afecta al resto de los equipos, además de ser un sistema centralizado que permite una mejor administración.



Con esto, los equipos se conectaran a un punto determinado dentro del edificio mediante la tecnología Fast Ethernet que pertenece al estándar IEEE 802.3u.

Se ha seleccionado este estándar debido al alto rendimiento y la velocidad de transmisión de 100Mbps que requieren los sistemas de banda ancha. El cálculo y las especificaciones de materiales se presentan con más detalles en el Anexo 7, mostrando con esto que el costo estimado para los materiales del cableado estructurado tiende a ser de U\$ 3,945.1 por todos los telecentros de la red

4.9 Estimación de costos

En esta sección se muestra un resumen de los cálculos realizados para luego presentar un costo total para la implementación del sistema. Véase la Tabla 4.6.

Tabla 4.6: Estimación del costo total de la red de telecentros

Ítem	Costo estimado en U\$
Equipos Radiantes	165,840.00
Equipos para los Telecentros	69,181.65
Cableado Estructurado	3,945.10
Subtotal	238,966.75

Los costos anteriores son para los telecentros en general pero si las condiciones exigen de un telecentro comunitario que funciones con energía fotovoltaica es necesario tomar en cuenta el gasto en que esto incurriría. Es por ello que la Tabla 4.7 a continuación presenta el costo para este tipo de casos.

Tabla 4.7: Estimación del costo total de un telecentro fotovoltaico

Ítem	Costo estimado en U\$
Solución Fotovoltaica	2,021.00
Equipos para un Telecentros Fotovoltaico	1,166.91
Subtotal	3, 871.91

Conclusiones

Con el fin de proveer servicios de banda ancha a las zonas rurales del norte de Nicaragua se puede concluir que:

Fue muy importante haber realizado investigaciones acerca de las aplicaciones de la tecnología Wimax ya que así se comprendieron los beneficios de ésta para aplicarlos en las zonas rurales de nuestro país.

Los municipios de San Juan de Limay y San Juan del Río Coco de Nicaragua son localidades muy alejadas y carecen de recursos para ofrecer mejores servicios de salud, comercio y educación, y que con una red de acceso se logra reducir estos obstáculos mejorando el nivel de vida de la población.

También, se establecieron requerimientos técnicos para el rendimiento de la red Wimax ya que éstas determinaron el tipo de diseño de la red y las tecnologías a usar, esto para cumplir las exigencias de las aplicaciones a implementar. Es por ello que se determinó el flujo de tráfico de acuerdo dirección y simetría, el tipo de protocolo a usar para establecer requerimientos de dichas aplicaciones así como el de ancho de banda necesario, la disponibilidad, calidad de servicio entre otros.

Por medio de las simulaciones se logró notar que el software Radio Mobile es menos complejo en el diseño de redes inalámbricas y menos exacto al momento de mediciones de potencias de señal, en cambio el software Atoll™ mejoró el nivel de confiabilidad en los reportes de mediciones gracias a que en él se especifican las características de los equipos a usar más detalladamente.

Así mismo, se concluye que el proceso de selección de los equipos de transmisión como: estaciones suscriptoras, estaciones bases y repetidores para proveer de cobertura a las comunidades es muy de muchísima importancia ya que con esto se logró obtener más exactitud en las simulaciones de Atoll™.

Además de esto, se realizó un estimado de los costos de la red para el año 2013, sin embargo por ser un documento de tipo ingenieril no se incluyeron costos de diseño.

Por último pero no menos importante es mencionar que se elaboró un artículo en forma de manuscrito acerca de este trabajo monográfico que espera ser sometido al foro adecuado

Recomendaciones

- Profundizar en la instalación y mantenimiento de equipos de transmisión servidores y equipos de cómputo, para asegurar un buen servicio a las comunidades rurales.
- Capacitar a la población rural acerca del uso de las tecnologías en los telecentros así como a los responsables y administradores en la solución de problemas de red local.
- Desarrollar un estudio acerca del tráfico de llamadas y cantidad de correos electrónicos en zonas rurales para asegurar la cantidad de canales y ancha de banda en los cálculos de tráfico realizados.
- Ahondar en el estudio del software Atoll™ para asegurar los enlaces y estimar con más detalle las pérdidas en cada uno de ellos así como el desempeño de la red.
- Realizar el estimado del costo en mano de obra necesario para la implementación de la red de telecentros e incluir en estos los costos de aduana y permisos por el ente regulador TELCOR.
- Para determinar la auto sostenibilidad del proyecto se recomienda realizar estudios con la organización pertinente, en este caso con el Fondo de Inversión de Telecomunicaciones FITEL.

Bibliografía

- [1] <http://www.contactforum.com.mx/articulos/3438.html>
- [2] http://www.telcor.gob.ni/Desplegar.asp?PAG_ID=15
- [3] http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnología_inalámbrica_usada_en_áreas_rurales
- [4] <http://sx-de-tx.wikispaces.com/WIMAX>
- [5] <http://www.elnuevodiario.com.ni/empresas/111644>
- [6] San Román Edwin. Cómo expandir banda ancha en zonas rurales y servicio universal. Mundo Mediatelecom. Abril del 2012.
- [7] <http://www.pedrocores.com/wimax.pdf>
- [8] Araujo Gerson, et al. Redes Inalámbricas para zonas Rurales. Perú, GTR-PUCP, 2008.
- [9] López Delegido Fernando. Red de Acceso de Banda Ancha mediante WiMAX en zonas rurales y costeras. Universidad Autónoma de Madrid, Julio 2009.
- [10] Yambay Yolanda & Camacho Cristian. Estudio y diseño de una red Wimax caso práctico Fastnet-Riobamba. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador 2009
- [11] http://www.umtsforum.net/pdf/wimax_quobis.pdf. Pág. 24
- [12] http://transition.fcc.gov/cgb/broadband_spanish.htm
- [13] http://es.wikipedia.org/wiki/Banda_ancha
- [14] <http://www.broadbandforamerica.com/es/¿qué-es-banda-ancha>
- [15] Rendón Gallón Álvaro et al. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para zonas rurales - Aplicación a la atención de salud en países en desarrollo. España, CYTED, 2011
- [16] <http://es.scribd.com/doc/32612811/Manual-Radio-Mobile>
- [17] Álvarez Pérez Antonio. Planificación radioeléctrica con Atoll. Universidad de Sevilla. Abril 2008.
- [18] Somarriba Jarquín Oscar. Wireless Mesh Network Base on Wimax: A Broadband Technology for Rural Communications. CONCAPAN XXXII. Noviembre 2012. Managua, Nicaragua.

-
- [19] www.itu.int/ict/publications/idi/index.html
- [20] Oppenheimer Priscilla. Top-Down Network Design. 2da Edición.
- [21] Anglès Vázquez Albert. Despliegue y Análisis de la cobertura de una red Wimax basada en el IEEE 802.16-2004. Junio 2008.
- [22] Andrade Ruiz Teresa. Tecnologías Inalámbricas WiFi y Wimax. Marzo 2009.
- [23] Quinapallo Morales Juan Pablo. Diseño de una red inalámbrica para interconectar la matriz de la cadena de farmacias Pharmacy's con sus diferentes sucursales ubicadas en la ciudad de Quito. Agosto 2006
- [24] http://www.nsa.gov/ia/_files/vtechrep/ManageableNetworkPlan.pdf
- [25] http://en.wikipedia.org/wiki/Network_management
- [26] Diehn I. Dhiah el et al. Usability Inspection of Anonymity Networks. 2009.
- [27] Mohammad Alnabhan & Matar Nasim. WiMax Technology Adoption in Education: A case for Jordan. Junio 2012.
- [28] Gunasekaran Vinoth & Harmantzis Fotios. Affordable Infrastructure for Deploying WiMAX Systems: Mesh v. Non Mesh. Julio 2005.
- [29] www.telefoniavozip.com/voip/que-es-la-telefonía-ip.htm
- [30] Larent. Cálculo de ancho de banda en VoIP.2008
- [31] <http://saghul.net/blog/documentos-cc/e-verano-07/curso-asterisk-everano-07.pdf>
- [32] http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/995/ALIA_GA_ALIAGA_WALTER_CDMA_450MHZ_JUNIN.pdf?sequence=1
- [33] <http://www.argencon.org.ar/sites/default/files/018.pdf>, pág. 2.
- [34] Diseño de una red inalámbrica de voz y datos utilizando tecnología Wimax para interconectar las dependencias de petroproducción con el bloque 15 en el distrito Quito. 2007.
- [35] Estudio y diseño de una red LAN híbrida, utilizando las tecnologías Wimax y Wi-Fi, para brindar servicios de video sobre IP e Internet de banda ancha incluyendo transmisión de voz y datos, en la universidad central del Ecuador. Julio 2006.
- [36] <http://www.websiteoptimization.com/speed/tweak/average-web-page/>

-
- [37] Estudio y diseño del sistema de comunicaciones para la transmisión de voz, datos y videoconferencia para Xerox del Ecuador. Agosto 2003.
- [38] Pérez González Tania & Granados Bayona Ginés. Redes Mesh. Universidad de Almería, Octubre 2011.
- [39] Piermattei Monney Gerardo Roman & Garcia Ferrari Bruno Eduardo. Análisis de los protocolos de ruteo OLSR y AODV en redes Ad-Hoc IBSS. EST 2012.
- [40] Batiste Troyano Albert. Protocolos de encaminamiento en redes inalámbricas mesh: un estudio teórico y experimental. Junio 2011
- [41] <http://www.unainet.net/documents/SNMP.pdf>
- [42] http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/networks/Presentacion_snm p.pdf
- [43] <http://es.wikipedia.org/wiki/Nagios>
- [44] <http://es.scribd.com/doc/8770104/25/HABILITAR-EL-AGENTE-SNMP-EN-UN-SWITCH-Y-EN-UN-ROUTER>
- [45] Telcor.gov.ni
- [46] Gómez García de Garayo Jon. Instalar Nagios en Ubuntu. Abril 2010.
- [47] https://es.wikipedia.org/wiki/Transport_Layer_Security
- [48] <http://es.wikipedia.org/wiki/Perl#Descripci.C3.B3n>
- [49] <http://es.wikipedia.org/wiki/SSH>
- [50] <http://es.wikipedia.org/wiki/Postfix>
- [51] Gómez García de Garayo Jon. Configurar Nagios en Ubuntu. Junio 2010
- [52] <http://nagioses.blogspot.com/2009/03/monitoreando-maquinas-con-windows.html>
- [53] http://www.bfisolar.es/objects/202_2_1573281543/dossier_bfisolar.pdf
- [54] http://www.it46.se/courses/solar/materials/es/IT46_es_energia_solar_introduccion.pdf
- [55] http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf
- [56] <http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/cantidad-de-radiacion-solar-en-panama-costa-rica-y-nicaragua/>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de Erlang B

Erlang B Traffic Table

N/B	Maximum Offered Load Versus B and N										
	B is in %										
	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14

Anexo 2

Instalación de Nagios

✓ Instalación de Nagios en Ubuntu [46]

Para instalar Nagios en Ubuntu lo primero que debemos hacer es descargar los archivos de la página oficial de Nagios en este caso vamos a instalar la versión 3.2.1. Debemos descargar dos paquetes:

- nagios-3.2.1.tar.gz
- nagios-plugins-1.4.14.tar.gz

Estos también se pueden bajar con líneas de comandos, una vez que el sistema operativo Ubuntu ha sido instalado en el servidor.

```
wget
```

```
http://prdownloads.sourceforge.net/sourceforge/nagios/nagios-3.2.1.tar.gz
```

```
wget
```

```
http://prdownloads.sourceforge.net/sourceforge/nagiosplug/nagios-plugins-1.4.14.tar.gz
```

✓ Requisitos de instalación

Antes de poder instalar Nagios en Ubuntu es necesario instalar otros paquetes como son:

- Apache 2
- PHP
- GCC: librerías de desarrollo y compilación
- GD: librerías de desarrollo

Para instalar Apache 2 ejecutamos:

```
sudo apt-get install apache2
```

Instalamos PHP:

```
sudo apt-get install libapache2-mod-php5
```

Instalamos GCC:

```
sudo apt-get install build-essential
```

Por último, instalamos GD:

Para versiones anteriores a la 6.10 (ésta incluida):

```
sudo apt-get install libgd2-dev
```

A partir de la versión 7.10:

```
sudo apt-get install libgd2-xpm-dev
```

✓ Información de cuenta de usuario

Una vez instalados los paquetes para poder instalar Nagios en Ubuntu es necesario crear una cuenta de usuario Nagios con su contraseña. Para ello necesitamos que todas las líneas de comandos entren en modo "root" y para ello simplemente usamos el código `sudo -s` al inicio de cada comando.

Creamos una nueva cuenta de usuario "nagios" y contraseña:

```
/usr/sbin/useradd -m -s /bin/bash Nagios
```

Con la opción `/bin/bash` indicamos que intérprete de comandos usaremos. Le damos un password, que introduciremos dos veces:

```
passwd nagios
```

Creamos un nuevo grupo “nagcmd”, para permitir comandos externos:

```
/usr/sbin/groupadd nagcmd
```

Introducimos al usuario nagios en el grupo nagcmd:

```
/usr/sbin/usermod -a -G nagcmd Nagios
```

Ahora introducimos al usuario de apache “www-data” en el grupo nagcmd, ya que la aplicación lo necesita para hacer sus gestiones:

```
/usr/sbin/usermod -a -G nagcmd www-data
```

✓ **Compilación e instalación de Nagios en Ubuntu**

Una vez que ya hemos preparado el sistema para instalar Nagios en Ubuntu, podemos pasar a la compilación e instalación del mismo. Antes de empezar es importante mencionar que en la página oficial de Nagios podemos encontrar paquetes compilados y listos de instalar pero no siempre son los de la última versión por eso es recomendable compilarlos por nuestra cuenta.

Para proceder a la instalación de Nagios, descomprimos el paquete de Nagios:

```
tar xzf nagios-3.2.1.tar.gz
```

Accedemos a la carpeta que acabamos de descomprimir:

```
cd nagios-3.2.1
```

Ejecutamos el script de configuración de Nagios pasándole el nombre del grupo que acabamos de crear:

```
./configure --with-command-group=nagcmd
```

Compilamos el código fuente de Nagios:

```
make all
```

Por último, instalamos los archivos binarios de Nagios en Ubuntu:

```
make install
```

Ahora vamos instalar otros scripts y configuraciones que son de utilidad. Instalar script de inicio:

```
make install-init
```

Instalar ejemplos de ficheros de configuración:

```
make install-config
```

Dar permisos al directorio de comandos externos:

```
make install-commandmode
```

✓ **Personalización en la configuración de Nagios**

Hasta aquí hemos instalado el “core” de Nagios en el servidor de Ubuntu. Recordemos que el sistema está monitoreando a la red y de encontrarse algún fallo se le notificará al responsable por medio de correo electrónico, mensaje de texto y/o a través de la interfaz grafica del sistema.

Para ello hemos escogido el envío de correos electrónicos para reportar algún fallo que se presente en la red.

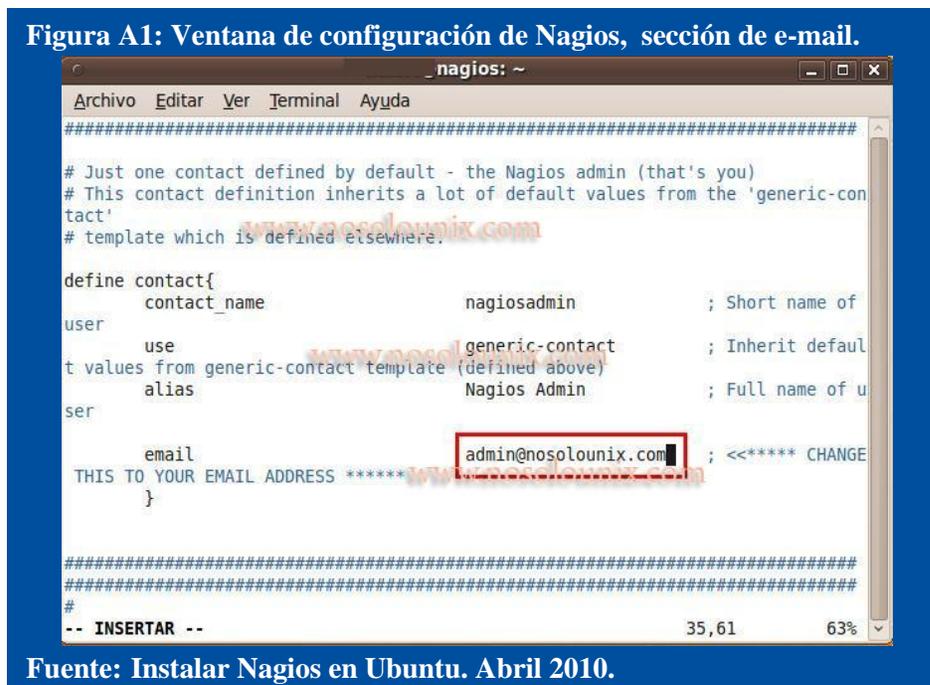
En este caso vamos a modificar la dirección de e-mail que usaremos para las notificaciones de Nagios, para ello abrimos contacts.cfg con un editor de textos:

```
vim /usr/local/nagios/etc/objects/contacts.cfg
```

De presentarse alguna contrariedad con el comando anterior podemos usar gedit:

```
gedit /usr/local/nagios/etc/objects/contacts.cfg
```

Cambiamos la dirección de correo de la línea 35 por la dirección de correo electrónico a la que queremos que nos manden las notificaciones. La figura A1 muestra la ventana en la que cambiamos la dirección de correo electrónico.



✓ **Configuración de la interfaz web**

Para poder acceder a la interfaz web de Nagios es necesario configurarlo. Para esto, instalamos el archivo de configuración de Nagios en Apache.

```
make install-webconf
```

Luego de ello creamos un usuario (nagiosadmin) que pueda acceder vía web a Nagios:

```
htpasswd -c /usr/local/nagios/etc/htpasswd.users nagiosadmin
```

Luego de agregar el nombre de usuarios introducimos nuestra contraseña. Hay que recordar la contraseña ya que luego de crear el usuario es necesario reiniciar Apache para que los cambios surtan efecto.

```
/etc/init.d/apache2 reload
```

✓ **Instalación de los plugins de Nagios**

Una vez que hayamos instalado y configurado una cuenta de usuario en Nagios es importante que le instalemos los plugins ya que estos nos permiten ver los procesos, aplicaciones, medidas y otras opciones que nos ayudarán a monitorear mejor la red. Para ello descomprimos los plugins de la misma forma que lo hemos hecho para instalarlos.

```
tar xzf nagios-plugins-1.4.14.tar.gz
```

Entramos a la carpeta que acabamos de descomprimir y luego compilamos e instalamos los plugins.

```
cd nagios-plugins-1.4.14/
```

```
./configure --with-nagios-user=nagios --with-nagios-group=nagios  
--with-openssl=/usr/bin/openssl --enable-perl-modules
```

Con "*with openssl*" habilitamos el soporte para SSL (*Secure Sockets Layer*) que es un protocolo criptográfico que proporciona comunicaciones seguras por una red, comúnmente Internet [47].

Con "*enable-perl-modules*" habilitamos los módulos de perl para poder trabajar con perl. Éste es un lenguaje de propósito general utilizado para un amplio rango de tareas incluyendo administración de sistemas, desarrollo web, programación en red, entre otros [48].

Con lo anterior ya realizado procedemos finalmente a instalar.

```
make  
make install
```

✓ Inicio de Nagios en Ubuntu

Ahora vamos a configurar Nagios para que se inicie automáticamente junto con Ubuntu. Para ello usamos el script que hemos generado antes con "*make install-init*":

```
In -s /etc/init.d/nagios /etc/rcS.d/S99nagios
```

Luego de esto, mediante la ventana de configuración de Nagios, podemos ver que si hemos cometido algún error durante la instalación. La figura A2 muestra como debería verse una instalación en la cual no se encuentran errores o advertencias.

De no encontrarse errores, procedemos a iniciar Nagios.

```
/etc/init.d/nagios start
```

Figura A2: Ventana de configuración de Nagios, errores y advertencias

```

nagios: ~
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Ayuda
Checked 1 contact groups.
Checking service escalations...
Checked 0 service escalations.
Checking service dependencies...
Checked 0 service dependencies.
Checking host escalations...
Checked 0 host escalations.
Checking host dependencies...
Checked 0 host dependencies.
Checking commands...
Checked 24 commands.
Checking time periods...
Checked 5 time periods.
Checking for circular paths between hosts...
Checking for circular host and service dependencies...
Checking global event handlers...
Checking obsessive compulsive processor commands...
Checking misc settings...

Total Warnings: 0
Total Errors: 0

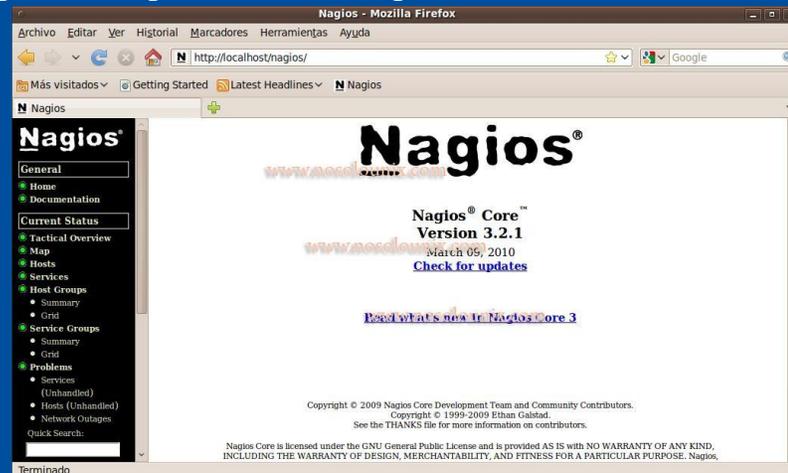
Things look okay - No serious problems were detected during the pre-flight check
ikasle@nagios:~$

```

Fuente: Instalar Nagios en Ubuntu. Abril 2010.

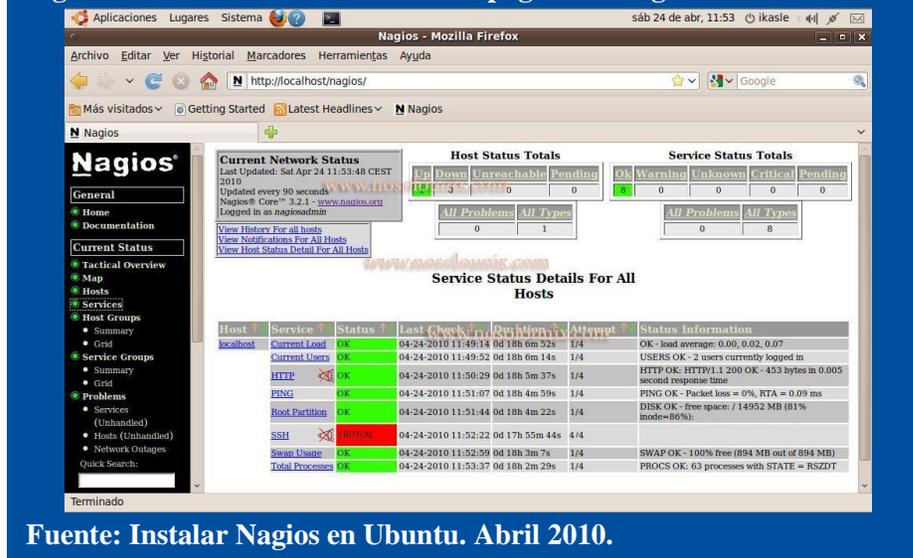
✓ Interface Web de Nagios

De haber hecho todo correctamente no presentaríamos problemas en entrar a Nagios por algún explorador Web. Luego de abrir el explorador entramos en <http://localhost/nagios/>. Este nos pedirá el nombre de usuario y la contraseña que hemos elegido en la sección de “Configuración de la interfaz Web”. La Figura A3 muestra la página de inicio de Nagios.

Figura A3: Página de inicio de Nagios

Fuente: Instalar Nagios en Ubuntu. Abril 2010.

Figura A4: Detalle de Servicios en la página de Nagios



Fuente: Instalar Nagios en Ubuntu. Abril 2010.

Para poder ver los servicios que se están ejecutando, seleccionamos la opción "services" del menú izquierdo.

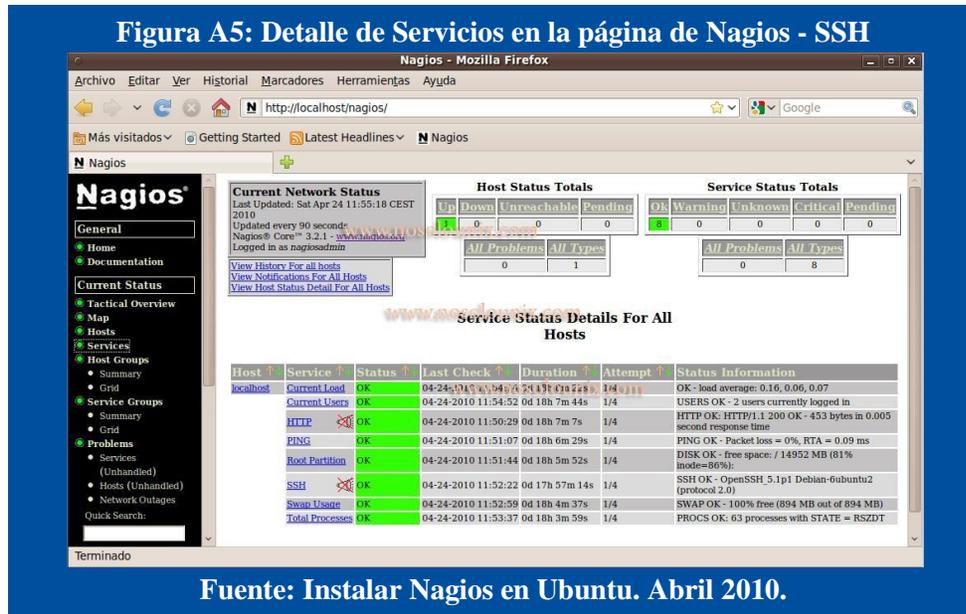
Si el SSH (Secure Shell) no está instalado, el estado será "CRITICAL" como lo podemos ver en la Figura A4.

SSH o Secure Shell es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, y sirve para acceder a máquinas remotas a través de una red [49].

Para corregir esto solamente es necesario instalar SSH.

```
sudo apt-get install ssh
```

Con esto el estado de SSH pasará de "CRITICAL" a "OK" como muestra la Figura A5.



✓ Modificaciones extras

En la sección “Personalización en la configuración de Nagios”, hemos escogido que las notificaciones de Nagios las envíen por medio de correo electrónico a una cuenta determinada. Sin embargo, para recibir dichas notificaciones es necesario instalar algún servidor de correo.

En este caso vamos a instalar postfix como servidor de correo. Postfix es un servidor de correo de software libre, creado con la intención de que sea una alternativa más rápida, fácil de administrar y segura al ampliamente utilizado Sendmail [50].

```
apt-get install postfix
```

En este caso instalaremos postfix con la opción de "Internet con <smarthost>", con esta opción indicamos que vamos a usar un servidor de correo externo para enviar los emails.

En el nombre del sistema de correos introducimos "nagios.local". Luego de esto, introducimos la IP del servidor externo de correo que vamos a usar.

Por otro lado necesitamos instalar mailx para enviar emails por línea de comandos:

```
apt-get install mailx
```

Por último solo hacemos una prueba para poder ver que el servidor de correos funcione correctamente.

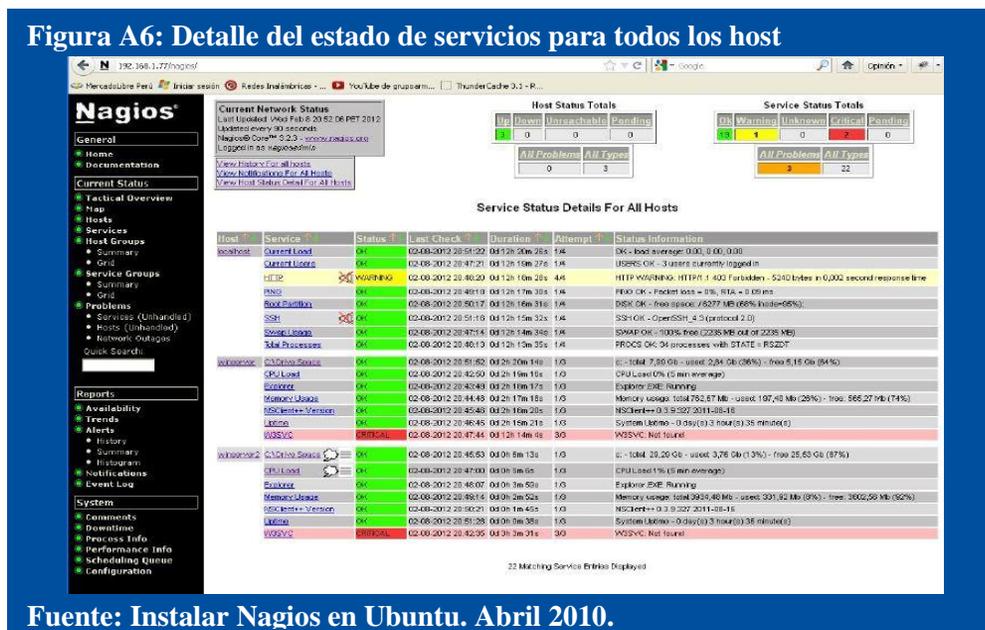
```
echo "PRUEBA" | mail -s "ASUNTO" admin@nosolounix.com
```

Una vez hecho esto reiniciamos Nagios.

```
sudo /etc/init.d/nagios restart
```

Con todo esto podemos decir que hemos instalado y configurado correctamente Nagios en Ubuntu.

En la figura A6 vemos como se vería la interfaz web de Nagios monitoreando los equipos de la red, una vez que éstos sean añadidos los host.



Anexo 3

Configuración de Nagios

✓ Configuración de Nagios en Ubuntu [51]

Nagios está instalado en `"/usr/local/nagios"` y presenta la siguientes estructura de carpetas:

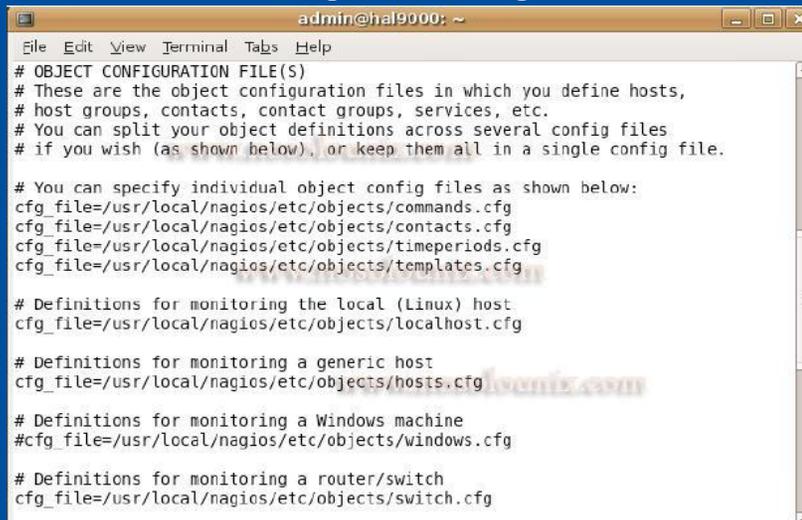
- **bin:** Están los ejecutables de Nagios
- **etc:** Contiene los archivos de configuración
 - **objects:** Archivos de configuración para los distintos dispositivos a monitorizar
- **libexec:** Son los scripts para monitorizar.

El archivo de configuración general está en `"/usr/local/nagios/etc/nagios.cfg"`. En éste archivo es donde definimos todos los "archivos de configuración" que se van a incluir. También encontramos otras configuraciones, de manera que debemos quitar los comentarios a aquellos que vayamos a usar.

Los archivos de configuración para los distintos equipos que se van a monitorizar se ubica en `"/usr/local/nagios/etc/objects"`.

Estos son para configurar: equipos con base en Linux, equipos con base en Windows, host genéricos, routers y switches entre otros.

En la Figura A7 podemos ver los archivos de configuración antes mencionados que pertenecen a la carpeta "objects".

Figura A7: Archivos de configuración de Nagios


```

admin@hal9000: ~
File Edit View Terminal Tabs Help
# OBJECT CONFIGURATION FILE(S)
# These are the object configuration files in which you define hosts,
# host groups, contacts, contact groups, services, etc.
# You can split your object definitions across several config files
# if you wish (as shown below), or keep them all in a single config file.

# You can specify individual object config files as shown below:
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/commands.cfg
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/contacts.cfg
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/timeperiods.cfg
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/templates.cfg

# Definitions for monitoring the local (Linux) host
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/localhost.cfg

# Definitions for monitoring a generic host
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/hosts.cfg

# Definitions for monitoring a Windows machine
#cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/windows.cfg

# Definitions for monitoring a router/switch
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/switch.cfg

```

Fuente: Configurar Nagios en Ubuntu. Abril 2010.

✓ Añadir un nuevo host

Para añadir un host que funcione con base a Windows seleccionamos el archivo “windows.cfg”. Al abrir este archivo nos aparece un ejemplo de host. Para añadir el nuevo host solamente cambiamos los parámetros existentes y si lo deseamos podemos añadirlo a un grupo determinado.

Para este caso vamos a añadir un ordenador de Windows y lo vamos a introducir a un grupo llamado “Windows computer”

```

define host{
use windows-computer
host_name win2K7
alias computer-SJDL
address 192.128.16.1
hostgroups Windows-computer-SJDL
}

```

Como podemos ver en “host_name” escribimos win2k7 para referenciar que tenemos un servidor de Windows 2007, para diferenciar entre servidores, hemos

escrito en “alias” al lugar al pertenece el servidor, en este caso a San Juan de Limay (SJDL). Así mismo la dirección IP usada es la primera dirección útil que anteriormente habíamos calculado para este municipio.

Recordemos que tenemos catorce direcciones IP que podemos usar y por ende no tenemos problemas en usar algunas para los servidores.

En “hostgroups” hemos puesto Windows-computer-SJDL para diferenciar entre todos los grupos que vayamos a crear. Esto debido a que tendremos quince grupos de telecentros a administrar.

✓ **Añadir un nuevo Servicio**

El objetivo de haber agregado un nuevo host es para poder monitorear sus servicios y verificar por medio del software Nagios si están funcionando correctamente.

Entre los servicios que podemos monitorear en una máquina están:

- Uso de Memoria
- Carga en CPU
- Uso en Disco Duro
- Estado en Servicios
- Procesos ejecutándose, entre otros.

Agregaremos un servicio al host (Windows computer) que ya hemos añadido. Para ello al final del archivo windows.cfg veremos algunos ejemplos de servicios. De entre todos los ejemplos mostrados, vamos a monitorizar HTTP.

```
define service{
use generic-service
host_name Win2K7
service_description HTTP Win2K7
```

```
check_command check_http  
}
```

Los servicios que se estén monitoreando en Nagios tienen cuatro posibles estados:

- OK: Todo en orden
- WARNING: Se ha alcanzado el umbral de alerta, pero no se ha llegado al umbral de crítico
- CRITICAL: Se ha superado el umbral crítico o el plugin interrumpe el test después de un tiempo
- UNKNOWN: Ha ocurrido un error en el plugin. Por ejemplo, se ha utilizado un parámetro erróneo [52].

Luego de agregar el servicio al host, tenemos que hacer que los cambios surtan efecto. Como ya hemos dicho antes, hay que descomentar el fichero de configuración de Windows (windows.cfg) en el fichero “nagios.cfg”:

```
# Definitions for monitoring a Windows machine
```

```
cfg_file=/usr/local/nagios/etc/objects/windows.cfg
```

Así mismo debemos asegurar que los cambios realizados no provocan errores. Para ello debemos ejecutar el binario “nagios” con la opción `-v`, y luego de ello reiniciamos Nagios.

```
/usr/local/nagios/bin/nagios -v /usr/local/nagios/etc/nagios.cfg
```

```
sudo /etc/init.d/nagios restart
```

Así como hemos agregado un ordenador de Windows, podemos agregar más equipos como por ejemplo, otros servidores, computadoras basadas en Linux, routers, switches entre otros. Todos estos trabajando vía SNMP.

✓ Interfaz web de Nagios

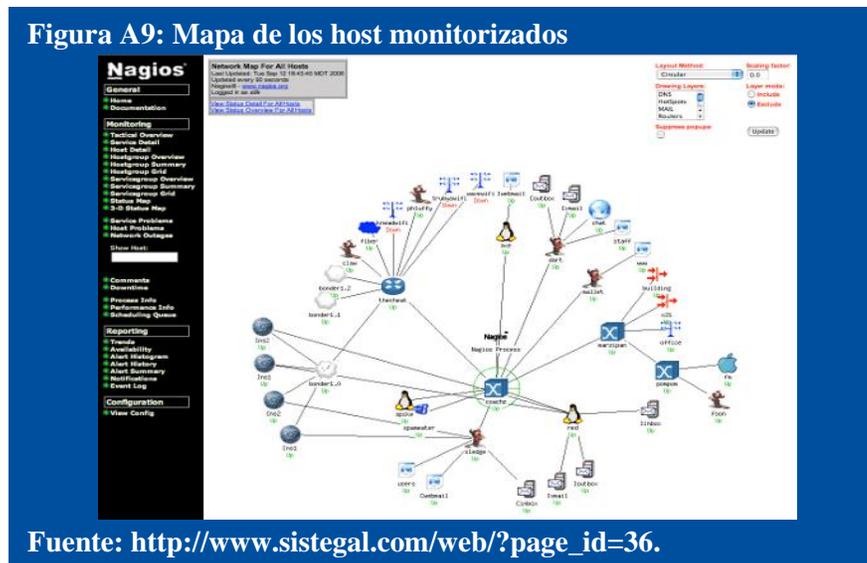
Una vez instalado el software de administración en el servidor y de haber agregado los equipos remotos, podemos visualizar el estado de los host. La columna "Duration" especifica desde cuándo ha sido visto, desde que ha sido añadido o desde que se ha recuperado de una caída, así como el estado de los servicios. Ver figura A8.

También podemos ver un mapa con todos los host monitorizados. Este se muestra en la figura A9.

Por defecto los iconos del mapa no aparecen. Para ello debemos descargar dos paquetes de iconos:

- Base images
- Cook images





Debemos descomprimir los dos paquetes en la carpeta "/usr/local/nagios/share/images/logos". Ahora solo debemos definir para cada host un icono (statusmap_image, icon_image), del cual el padre del mismo es parents, para que las conexiones en el mapa se muestren adecuadamente.

Para que el host que ya hemos agraddo se muestre con un icono, modificamos el archivo windows.cfg de la siguiente manera:

```
define host{
use windows-computer
host_name Win2K7
alias computer-SJDL
address 192.128.16.1
hostgroups windows-computer
statusmap_image win40.gd2
icon_image win40.gif
parents Default_gateway
}
```

Así se ha configurado Nagios en Ubuntu. Ahora se puede seguir incluyendo nuevos dispositivos que se quieran monitorizar.

Anexo 4

Habilitando el agente SNMP en Windows 7

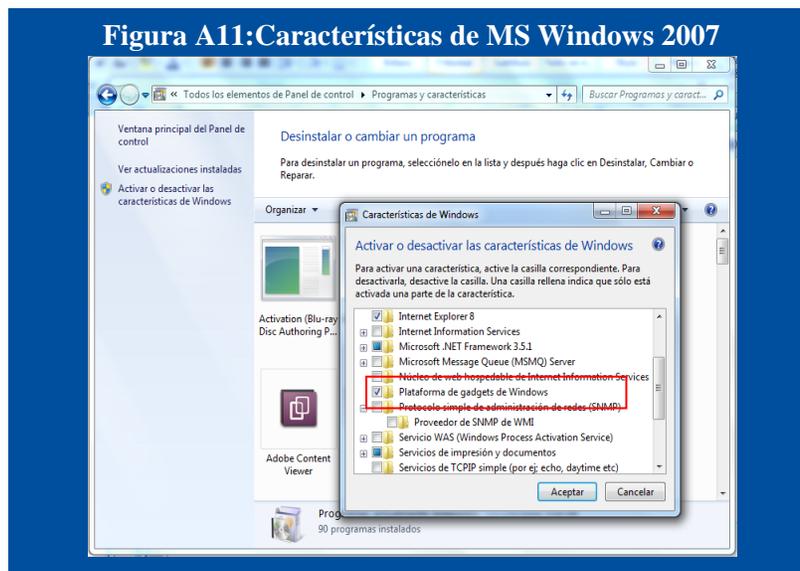
Para configurar el servicio SNMP en cada una de los equipos, vamos a “panel de control” y seleccionar la opción “programas y características”. La figura A10 muestra el escenario explicado.

Figura A10: Ventana de Panel de control MS Windows 2007



Se selecciona la opción “Activar o desactivar las características de Windows” en la parte izquierda de la ventana.

Figura A11: Características de MS Windows 2007



Una vez hecho esto aparecerá una ventana llamada “Características de Windows” en la que se debe marcar la casilla “Protocolo simple de administración de redes SNMP”. Ver Figura A11.

Así mismo se debe asegurar que la subcarpeta “Proveedor de SNMP de WMI” también sea seleccionada, expandiendo la carpeta “Protocolo simple de administración de redes SNMP”.

Puede que automáticamente aparezca un mensaje de reinicio de la computadora, que de ser necesario habrá que hacerlo.

El siguiente paso será seleccionar la opción “Herramientas administrativas” en el panel de control y luego en la opción “Administración de equipos”. Ver Figura A12.

Seleccionar “Servicios y aplicaciones” y luego en “Servicios”. Bajar hasta encontrar el “Servicio SNMP”. Aquí es muy importante no confundir el “Servicio SNMP” con “SNMP trap”. Ver Figura A13.

En propiedades de “Servicio SNMP”, revisamos que la opción de “Aceptar paquetes SNMP de cualquier host”, esté activa en la pestaña “seguridad”.

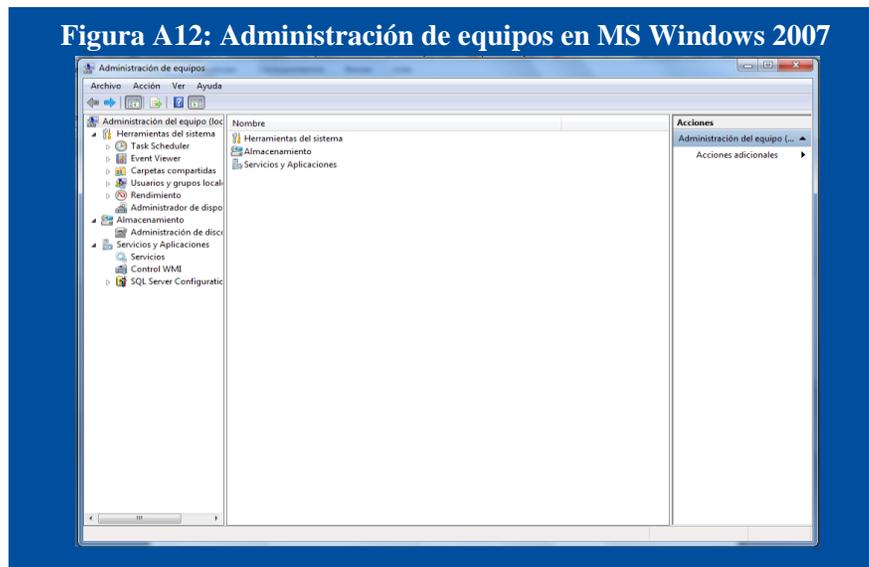
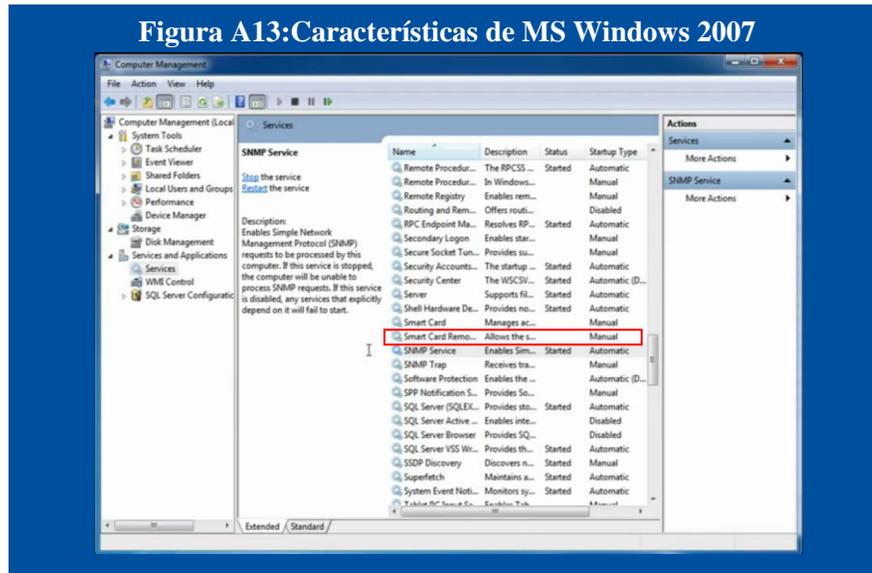


Figura A13: Características de MS Windows 2007



Para finalizar se debe de agregar un nombre de comunidad el que será de tipo público y dejar los derechos de comunidad en lectura y escritura. Se escribe un nombre de comunidad el cual se agrega y se da aceptar.

Siguiendo este procedimiento, es que podemos habilitar el servicio de SNMP en cada una de las computadoras que tengan sistema operativo Windows 7 y también para Windows Vista.

Anexo 5

Códigos para crear la Base de Datos en Visual Basic

✓ Ventana "Principal"

Option Explicit

'Botones de opción

.....

Private Sub cmdOpciones_Click(Index As Integer)

Select Case Index

Case 0: Call Agregar

Case 1: Call Editar

Case 2: Call Eliminar

Case 3: Unload Me

Case 4: frmFilter.Show , Me

Case 5: Call mnulImprimir_Click

End Select

End Sub

'Abre el formulario para Editar el registro seleccionado en el ListView

.....

Private Sub Editar()

Dim i As Integer

' verifica que hay datos en el ListView y que hay uno seleccionado

If (LV.ListItems.Count = 0) Then

MsgBox "No hay ningún registro para editar", vbInformation

Exit Sub

End If

If (LV.SelectedItem Is Nothing) Then

MsgBox "Debe seleccionar previamente un registro para poder editarlo", vbInformation

Exit Sub

End If

```

With FrmEdit
' obtiene el elemento seleccionado
.lblID = LV.SelectedItem.Text

For i = 1 To 5
    .Text1(i).Text = LV.SelectedItem.ListSubItems(i).Text
Next

.lblFecha = LV.SelectedItem.ListSubItems(6).Text

.IdRegistro = LV.SelectedItem.Text

.ACCION = EDITAR_REGISTRO

    .Show vbModal

End With

End Sub

' Elimina el registro actual seleccionado
.....

Private Sub Eliminar()

    If (LV.ListItems.Count = 0) Then

        MsgBox "No hay ningún registro para eliminar", vbInformation

        Exit Sub

    End If

    ' verifica que hay datos en el ListView y que hay uno seleccionado

    If (LV.SelectedItem Is Nothing) Then

        MsgBox "No hay registro seleccionado para eliminar", vbInformation

        Exit Sub

    End If

    With LV.SelectedItem

        ' pregunta

        If MsgBox("Se va a eliminar el registro : " & vbNewLine & _
            String(50, "-") & vbNewLine & _

```

```
"ID: " & .Text & vbNewLine & _
"Empresa " & .ListSubItems(1).Text & vbNewLine & _
"Modelo: " & .ListSubItems(2).Text, _
vbExclamation + vbYesNo, "Eliminar") = vbYes Then
' Elimina
cnn.Execute "delete from Personas where Id = " & .Text & ""
' refresca el recordset
rs.Requery 1
' vuelve a cargar los datos en el ListView
Call CargarListView(LV, rs)
End If
End With
End Sub
Sub Agregar()
' Acción
FrmEdit.ACCION = AGREGAR_REGISTRO
FrmEdit.IblFecha = Format(Date, "mm/dd/yyyy")
' Abre el Form
FrmEdit.Show 1
End Sub
Sub Salir()
Call Desconectar
Unload Me
End
End Sub
Private Sub Form_Load()
' Abre la conexión
Call IniciarConexion
```

```
' carga el Recorset con todos los datos
rs.Open "select * from Personas", cnn, adOpenStatic, adLockOptimistic
' llena el ListView
Call CargarListView(LV, rs)
End Sub

Private Sub LV_DbIclick()
    Call Editar
End Sub

Private Sub LV_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
    Dim Item As ListItem
    Set Item = LV.HitTest(x, y)
    If Not Item Is Nothing And Button = vbRightButton Then
        Item.Selected = True
        Me.PopupMenu mnuEdicion
    End If
End Sub

' menus
.....

Private Sub mnuAgregar_Click()
    Call Agregar
End Sub

Private Sub mnuEditarRegistro_Click()
    Call Editar
End Sub

Private Sub mnuEliminarReg_Click()
    Call Eliminar
End Sub
```

```
Private Sub mnulmprimir_Click()
    Set DataReport1.DataSource = rs
    DataReport1.Show 1
End Sub

' salir
.....

Private Sub mnuSalir_Click()
    Call Salir
End Sub

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)
    Dim ret As VbMsgBoxResult
    ret = MsgBox("¿ Salir ?", vbInformation + vbYesNo)
    If ret = vbNo Then
        Cancel = True
    Else
        Call Salir
    End If
End Sub
```

✓ **Ventana “Editar Registros”**

Option Explicit

Enum EACCION

AGREGAR_REGISTRO = 0

EDITAR_REGISTRO = 1

End Enum

Public IdRegistro

Public ACCION As EACCION

```
Private Sub cmdGuardar_Click()
On Error GoTo ErrorSub
    ' Valida el Nombre que no este vacio
    .....

    If Trim(Text1(1)) = "" Then

        MsgBox "El nombre de Empresa de registro no puede estar vacio", vbCritical, "Datos
incompletos"

        Text1(1).SetFocus

        Exit Sub

    ' Valida el Apellido
    .....

    ElseIf Trim(Text1(2)) = "" Then

        MsgBox "El Modelo no puede estar vacio", vbCritical, "Datos incompletos"

        Text1(2).SetFocus

        Exit Sub

        Exit Sub

    End If

    'Agrega el registro
    .....

    Select Case ACCION

    Case EDITAR_REGISTRO

        cnn.Execute "UPDATE Personas set Empresa = " & Text1(1) & _
            ", Modelo = " & Text1(2) & _
            ", Equipo = " & Text1(3) & _
            ", Estándar = " & Text1(4) & _
            ", Ancho_de_Banda = " & Text1(5) & _
            " where Id = " & IdRegistro & ""

    Case AGREGAR_REGISTRO
```

```
        cnn.Execute      "INSERT      INTO      Personas      "      &
"(Empresa,Modelo,Equipo,Estándar,Ancho_de_Banda,FechaDeAlta) VALUES(" & _
        Text1(1) & "," & _
        Text1(2) & "," & _
        Text1(3) & "," & _
        Text1(4) & "," & _
        Text1(5) & "," & _
        Format(Date, "dd/mm/yyyy") & ")")

End Select

rs.Requery 1

Call CargarListView(FrmPrincipal.LV, rs)

DoEvents

Unload Me

Set FrmEdit = Nothing

Exit Sub

ErrorSub:

MsgBox Err.Description

End Sub

Private Sub cmdCancelar_Click()

    Unload Me

End Sub

Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

    If KeyCode = vbKeyEscape Then

        Unload Me

    End If

End Sub
```

✓ Ventana “Filtrar”

Option Explicit

Private Sub ChameleonBtn1_Click()

 Unload Me

End Sub

' Ordena en forma Ascendente y descendente el LV

.....

Private Sub CmdOrdenar_Click(Index As Integer)

 CmdOrdenar(0).Value = False

 CmdOrdenar(1).Value = False

 CmdOrdenar(Index).Value = True

 Call Filtrar

End Sub

Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)

 If KeyCode = vbKeyEscape Then

 Unload Me

 End If

End Sub

Private Sub Form_Load()

 With FrmPrincipal

 Me.Move (.Left + .LV.Left), _

 (.LV.Height + .LV.Top + .Top + 500)

 End With

 Call Filtrar

End Sub

Private Sub txtSearch_Change()

 Call Filtrar

End Sub

```
Private Sub Combo1_Click()
    Call Filtrar
End Sub

Private Sub Combo2_Click()
    Call Filtrar
End Sub

Public Sub Filtrar()
    Dim Campo, OrderByCampo, Orden As String
    Dim SQL As String

    If Combo1.ListIndex = -1 Then
        Combo1.ListIndex = 0
    End If

    If Combo2.ListIndex = -1 Then
        Combo2.ListIndex = 0
    End If

    If Combo1.ListIndex = 0 Then
        Campo = "Id"
    ElseIf Combo1.ListIndex = 1 Then
        Campo = "Empresa"
    ElseIf Combo1.ListIndex = 2 Then
        Campo = "Modelo"
    End If

    Select Case Combo2.ListIndex
        Case 0: OrderByCampo = "Id"
        Case 1: OrderByCampo = "Empresa"
        Case 2: OrderByCampo = "Modelo"
        Case 3: OrderByCampo = "FechaDeAlta"
    End Select
```

```
If CmdOrdenar(0).Value Then Orden = "asc"
If CmdOrdenar(1).Value Then Orden = "desc"

' si el recorset está abierto lo cierra
If rs.State = adStateOpen Then
    rs.Close
End If

SQL = "SELECT * FROM Personas Where " & _
      Campo & " like " & txtSearch & _
      "%' order by " & OrderByCampo & " " & Orden

rs.Open SQL, cnn, adOpenStatic, adLockOptimistic
Call CargarListView(FrmPrincipal.LV, rs)
End Sub
```

Anexo 6: Diseño del sistema fotovoltaico

✓ Energía solar fotovoltaica

La llamada energía fotovoltaica es la que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de células fotovoltaicas, integrantes de módulos solares, mediante la intervención del llamado efecto fotovoltaico. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, almacenar en acumuladores para un uso posterior, e incluso introducir en la red de distribución eléctrica [53].

El sistema fotovoltaico está compuesto por tres partes principales, el de captación de la energía, regulación y el de almacenamiento de la misma. Para poder captar la energía solar es necesario hacer uso de paneles solares.

✓ Generador fotovoltaico

Es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica. Está formado por un conjunto de paneles o módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo. La corriente que da un campo de paneles varía proporcionalmente a la irradiación solar [54]. Véase la Figura A14.

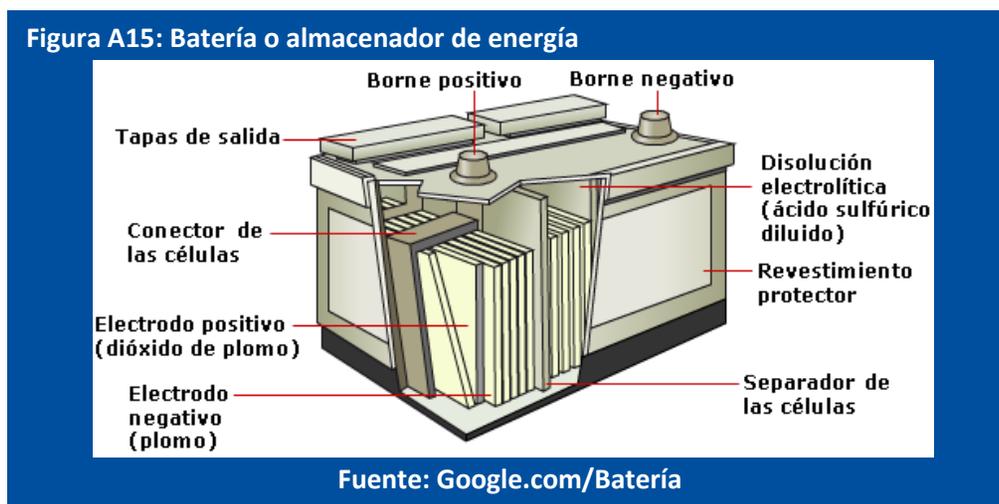


✓ Acumulador de energía

Se encarga de almacenar la energía producida por los paneles que no se consume inmediatamente para disponer de ella en periodos de baja o nula irradiación solar. Ver Figura A15.

La acumulación se realiza en forma de energía eléctrica mediante el uso de baterías, usualmente de plomo ácido. Los acumuladores electroquímicos como las baterías de plomo ácido también cumplen dos importantes misiones:

- Suministrar una potencia instantánea superior a la que el campo de paneles puede generar, necesaria para la puesta en marcha de algunos elementos.
- Determinar el margen de tensiones de trabajo de la instalación.



✓ El regulador de carga

Asegura que la batería funcione en condiciones apropiadas, evitando la sobrecarga y sobre-descarga de la misma, fenómenos ambos muy perjudiciales para la vida de la batería. El procedimiento que utiliza para ello es determinar el estado de carga de la batería a partir de la tensión a la que ésta se encuentra. En la Figura A16 se muestra un regulador de carga convencional.

A partir de este parámetro y el conocimiento del tipo de tecnología que se usa en la batería se controla la entrada y salida de corriente en la misma. El regulador puede incluir otros elementos que, aunque no sean imprescindibles, realizan útiles tareas de control o seguridad: amperímetros, voltímetros, contadores de amperios-hora, temporizadores, alarmas, etcétera.

Figura A16: Regulador de carga



Fuente: [Google.com/regulador de carga](https://www.google.com/search?q=regulador+de+carga)

✓ El convertidor

La electricidad que proporciona el sistema paneles-acumulador es continua, y se extrae a una tensión determinada, lo cual no siempre coincide con las exigencias de los equipos de consumo. Un convertidor continua- alterna (DC-AC en inglés), permite alimentar equipos que funcionen con corriente alterna. Ver Figura A17. Si fuese necesario también se pueden usar convertidores continua-continua (DC-DC en inglés) que transformen la tensión continua de las baterías en tensión de alimentación también continua pero de distinto valor.

Al momento de diseñar un sistema de comunicaciones que usa energía fotovoltaica es recomendable que todas las cargas trabajen a la tensión que suministran las baterías evitando el uso de convertidores [9].

Figura A17: Conversor de corriente fotovoltaicoFuente: [Google.com/Convertidor_Fotovoltaico](https://www.google.com/search?q=Convertidor_Fotovoltaico)

✓ Equipos de consumo

Los equipos de consumo son todos los que se agreguen al telecentro, entre estos se incluyen las computadoras, impresora, teléfonos, iluminación y todos los equipos de red.

Es necesario tomar en cuenta que los equipos a usar deben de ser de bajo consumo para ahorrar energía y reducir el costo en la compra de más paneles fotovoltaicos que generen más energía así como baterías de almacenamiento.

✓ Generación de energía

Para generar energía fotovoltaica es necesario contar con los paneles solares por supuesto, pero se debe de tomar en cuenta la cantidad de potencia demandada por el telecentro al que se le dará servicio.

Los paneles fotovoltaicos presentan voltajes de 6, 12 ó 24 voltios generalmente. Estos se pueden asociar en un arreglo para aumentar el voltaje o la corriente necesaria para proveer de energía al telecentro.

Es importante que todos los paneles que se conecten sean iguales (misma marca y mismas características), pues cualquier dispersión afecta al funcionamiento del sistema. Incluso en el caso de que los paneles sean nominalmente iguales, presentarán alguna dispersión en sus características,

debido al propio proceso de fabricación (habitualmente $\pm 10\%$), y eso se ha de tener en cuenta a la hora de hacer el montaje [9].

✓ **Calculo de carga para el sistema fotovoltaico**

En esta sección se realizará el cálculo de carga para un telecentro y es preciso mencionar que esto solo se hace para aquellos que no cuenten con energía convencional. Los equipos que disponga este tipo de telecentro serán distintos a los que posean los demás con el fin de evitar el alto consumo energético, sin dejar de un lado el objetivo principal que es darle servicios de banda ancha a las comunidades alejadas del país.

Entre los equipos que se han de tomar en cuenta son: la estación suscriptora, un router inalámbrico de cuatro puertos, un teléfono IP, cuatro tabletas, un convertidor DC- AC así como algunas luces donde se ubique el telecentro.

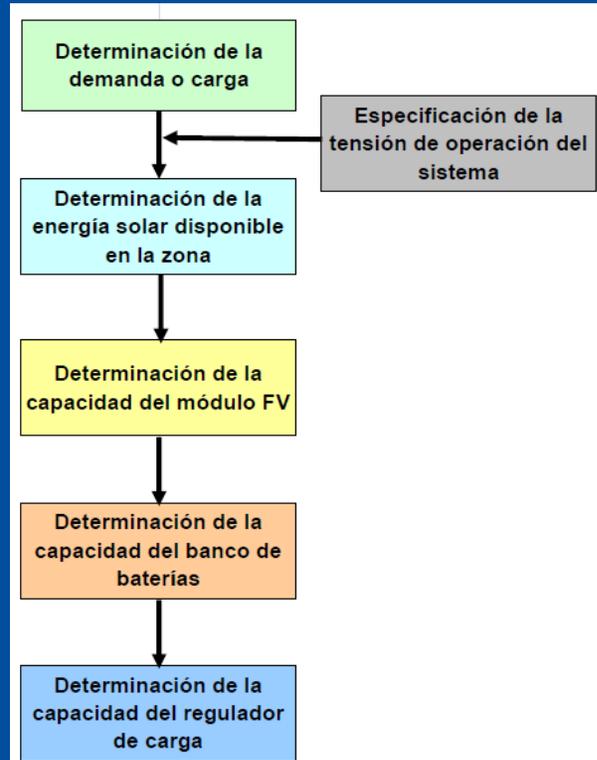
La elección de estos equipos se hace de acuerdo al consumo energético de los mismos ya que hay que aprovechar al máximo la energía generada por el sistema fotovoltaico.

Para poder dimensionar el sistema fotovoltaico es necesario que sigamos el diagrama de flujo mostrado en la Figura A18.

En este diagrama el primer paso es determinar la cantidad de carga demandada por todos los equipos del telecentro. En la Tabla A1 se muestra el listado de los equipos a usar y el consumo por hora de cada uno de ellos, así como el consumo total.

Sin embargo la experiencia muestra que es más conveniente realizar un balance de carga (Ah/día), en vez de energía (Wh/día) ya que la batería tendrá una tensión variable a lo largo del mismo dependiendo de su estado.

Figura A18: Diagrama de flujo para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico



Fuente: [4]

Tabla A1: Consumo de carga de los equipos en Watts hora

Nombre del equipo	Cantidad	Potencia (Watts)	Uso día/horas	Total (Wh/día)	Margen del 20%
Estación suscriptora	1	7	8	56	67.20
Router inalámbrico	1	12	8	96	115.20
Tableta	4	10	2	80	96.00
Teléfonos IP	1	1.4	8	11.2	13.44
Lámparas DC	4	15	4	240	288.00
Total Wh/día					579.84

Consiguiendo, haciendo un balance en Amperios/hora generados y consumidos, evitamos el error derivado de la variación de la tensión de funcionamiento del sistema [55].

Es por eso que es necesario hacer el cálculo para convertir la potencia de Watts/hora en Amperios/hora consumidos en un día.

Para estimar la carga de consumo diaria (Ah/día), únicamente habrá que dividir la energía de consumo diaria (Wh/día) por la tensión nominal del sistema (V_n), en este caso se usaran baterías de 12 voltios. Así la Tabla A2 muestra el consumo de los equipos en Amperios/hora.

Para calcular la carga real a suministrar por el sistema fotovoltaico es necesario incluir las cargas de corriente alterna y corriente continua la cual se presenta en la siguiente ecuación:

$$L = L_{dc} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}} \quad [10, \text{pág. \# 28}]$$

Tabla A2 Consumo de carga de los equipos en Amperios hora				
Nombre del equipo	del	Cargas en corriente	Total (Wh/día)	Total (Ah/día)
Estación suscriptora		Alterna	67.20	5.60
Router inalámbrico		Continua	115.20	9.60
Tableta		Alterna	96.00	8.00
Teléfonos IP		Alterna	13.44	1.12
Lámparas DC		Continua	288.00	24.00
Total			579.84	48.32

Donde:

L: carga real necesaria (Ah/día)

Ldc: cargas en corriente continua (Ah/día)

Lac: cargas en corriente alterna (Ah/día)

η_{inv} : eficiencia media del inversor: 85%

$$L = (33.6) + \frac{14.72}{0.85} \qquad L = 50.9 \text{ Ah/día}$$

Hasta este punto se ha estimado la carga demandada por el telecentro a la tensión de operación del sistema, con esto es necesario realizar el cálculo del generador fotovoltaico.

✓ **Calculo de los módulos fotovoltaicos o paneles solares**

La potencia promedio que generará cada panel solar estará determinada por la cantidad de radiación solar que incidirá en ellos, $G_{dm}(\beta)$, así como el ángulo de incidencia de los rayos solares y las pérdidas por conexión, dispersión de parámetros, efecto de la temperatura, acumulación de suciedad en la superficie de los módulos, etc [10].

La tabla A3 muestra la radiación solar que influye en esta parte del país.

Para los cálculos a realizarse se ha de tomar el mes con el valor de radiación más bajo, en este caso es el mes de diciembre. Esto se hace ya que conviene una sobreproducción de energía que un déficit de la misma.

Tabla A3: Radiación solar cerca del punto Lat. 13, Long. -86 [56]	
Mes	Radiación (Wh/m²/día)
Enero	4.28
Febrero	4.93
Marzo	5.73
Abril	5.91
Mayo	5.27
Junio	4.84
Julio	4.55
Agosto	4.78
Septiembre	4.92
Octubre	4.67
Noviembre	4.27
Diciembre	4.09

El cálculo del número de módulos viene dado por la expresión:

$$N = N_{pp} * N_{ps} \quad [10, \text{pág. \# 29}]$$

$$N_{ps} = \frac{V_{ng}}{V_{np}} \quad N_{pp} = \frac{L}{I_m * G}$$

Donde:

Nps: Número de módulos asociados en serie para trabajar a la tensión nominal del sistema.

Npp: Número de módulos asociados en paralelo para entregar la intensidad adecuada de energía.

Vng: Tensión nominal de la instalación.

Vnp: Tensión nominal del módulo: 12V DC (24V DC en casos especiales).

L: Energía real a suministrar (Ah)

Im: Valor medio que toma la intensidad en el rango de tensión de trabajo, desde el punto de máxima potencia al de corto circuito.

Gdm(β): Radiación global diaria media mensual sobre el plano inclinado en el "peor mes".

$$N_{ps} = \frac{12}{12} \quad N_{ps} = 1$$

$$N_{pp} = \frac{50.9}{6.2 * 4.09} \quad N_{pp} = 2$$

$$N = 1 * 2 \quad N = 2 \text{ paneles}$$

✓ **Calculo del número de baterías**

Las baterías que se han de seleccionar tendrán un voltaje de 12 voltios, y el sistema estará diseñado para que cumpla con 3 días de autonomía, es decir que el sistema tenga capacidad energética aun con tres días nublados seguidos. Se ha escogido esta cantidad para asegurar la funcionalidad de los telecentros.

De este modo el cálculo para las baterías es:

$$C_{Ah} = \frac{L * d}{P_d} \quad [4, \text{pág. \# 29}]$$

Donde:

C_{Ah} : Capacidad de la batería (Ah).

L: Carga real de consumo (Ah/día)

d: Días de autonomía de la instalación dado por la climatología de la zona

Pd: Profundidad de descarga máxima de trabajo. Dependiendo de la tecnología de la batería este parámetro varía entre 0.5 para baterías de automoción, 0.6 para baterías de placa plana espesas y 0.8 para baterías tubulares ó de varilla.

Considerando una profundidad de descarga máxima del 60% y los tres días de autonomía del sistema tenemos:

$$C_{Ah} = \frac{50.9 * 3}{0.6}$$

$$C_{Ah} = 254.5 \text{ Ah}$$

En Nicaragua se pueden encontrar baterías de 12 voltios a 105Ah, por lo cual necesitaremos 3 de estas para solventar la demanda energética de 254.5 Ah.

✓ **Calculo del regulador de carga**

Regular la potencia de un sistema solar es importante para un óptimo funcionamiento del sistema.

En el mercado existen muchas marcas con variados parámetros de corrientes y voltajes. Pero para poder elegir el que requiere nuestro sistema es necesario tomar en cuenta la corriente de entrada producida por los paneles fotovoltaicos que llegarán al regulador de carga. De ser mayor la corriente de entrada al soportado por el regulador de carga, es posible que lo dañe al punto de quemarlo.

La corriente en operación continua que debe ser soportada por el controlador de carga, será como máximo la intensidad de cortocircuito de los módulos multiplicado por el número de módulos en paralelo [10].

$$I_{mg} = N_{pp} * I_{cc} \quad [10, \text{pág. \# 30}]$$

Donde:

I_{mg} : Intensidad máxima a soportar en régimen nominal por el regulador.

N_{pp} : Número de módulos en paralelo que constituyen el generador fotovoltaico.

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito del modulo fotovoltaico.

Los paneles de 12 voltios a utilizar poseen una I_{cc} de 6.20 Amperios y que el número de estos en paralelos es de 2 así se tiene que:

$$I_{mg} = 2 * 6.2 A$$

$$I_{mg} = 12.4 A$$

Con esto se puede hacer la elección de un regulador de carga que soporte 12.4 amperios. Para este caso un regulador de carga de 15 amperios a 12 voltios cumple los requerimientos.

✓ **Calculo del inversor DC/AC**

Algunos equipos a usar necesitarán corriente alterna como los cargadores de las tabletas, la estación suscriptora y el teléfono IP.

Para hacer el cálculo de la potencia que debe tener el inversor es necesario sumar las potencias de consumo de cada uno de los equipos de corriente alterna. De este modo se puede decir:

$$P_{inv} = \sum_1^n E_{Alt}$$

Donde:

P_{inv} : Potencia mínima requerida por el inversor.

E_{Alt} : Equipos que funcionan con corriente alterna.

$$P_{inv} = (1 * 7) + (4 * 10) + (1 * 1.4)$$

$$P_{inv} = 48 \text{ watts}$$

Hay que tomar en cuenta que este valor no será el del inversor, sino que la potencia de salida del inversor tiene que ser mayor al del calculado anteriormente. Para este caso se tomará un margen de seguridad del 20% del valor calculado.

$$P_{invReal} = P_{inv} + (P_{inv} * 0.2)$$

$$P_{invReal} = 58.08 \text{ watts}$$

De aquí que se tiene que escoger un inversor con una potencia de salida mayor a este valor calculado.

Anexo 7

Cableado de la red LAN de los Telecentros

✓ Cableado Estructurado

El cableado estructurado del telecentro consiste en el tendido de cable de par trenzado en el interior de local para poder conectar las computadoras y teléfonos a los equipos de red.

Para realizar el cableado estructurado se tiene que tomar en cuenta la norma EIA/TIA 568A que define el cableado horizontal. El sistema de cableado horizontal es la porción de cableado que se extiende desde cada puesto de una computadora en el telecentro hasta los equipos de red y viceversa.

Para poder implementar el cableado horizontal, cada estación de trabajo debe de constar con salidas de telecomunicaciones también llamadas en inglés work area outlets (WAO). Así mismo como cables UTP de 4 pares categoría 5 y conectores de transmisión RJ-45 para crear los patch cords. En el punto de entrada del servicio ubicaremos un patch panel montado en un rack para pared de 51x31 cm donde se conectarán todos los puestos de trabajo. En la Figura A19 se muestra los componentes para el cableado horizontal del telecentro.



Figura A20: Canaletas y tornillos a usar para la distribución

El término de horizontal es utilizado debido a que típicamente el sistema de cableado se instala horizontalmente a través del piso o del techo del edificio.

Este será distribuido a cada equipo a través de canaletas de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada y éstas serán sostenidas por medio de tornillos que estarán emplazados en la pared. Ver Figura A20.

En el punto de servicios se instalará el rack para pared en el cual se emplazará un patch panel donde quedarán conectados todos los equipos. El punto en el cual se debe de ubicar el rack debe contar con un tomacorriente con puesta a tierra del sistema eléctrico.

La instalación de los cables de cada estación de trabajo en el rack debe de realizarse de acuerdo a la norma EIA/TIA-569-A. Los requerimientos de instalación son:

- Precauciones en el manejo del cable
- Evitar tensiones en el cable
- Los cables no deben destinarse en grupos muy apretados
- No giros con un ángulo menor de 90 grados ni mayor de 270.

En base a la cantidad de equipos que va a tener cada telecentro se necesitarán seis puntos de red para datos y dos puntos de red para voz. Los equipos de trabajo se conectarán a los puntos de datos por medio de patch cords creados con segmentos de cable UTP categoría 5 y jacks RJ-45 de acuerdo al estándar

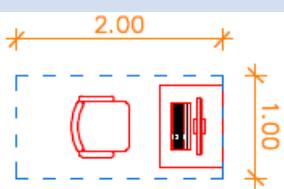
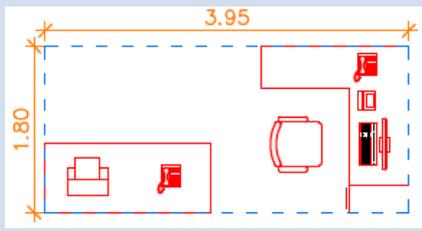
EIA/TIA 568A mostrado en la figura x. La longitud de los patch cords será de 2 metros (6.56 pies) para ofrecer a los usuarios suficiente movilidad. El total de patch cords a utilizar será de 5, solo para los equipos de datos ya que los teléfonos IP e impresora lo presentan como accesorios.

✓ Dimensionamiento del telecentro

Para poder determinar la cantidad de materiales no solo se debe conocer la cantidad de equipos que necesita un punto de acceso de red, sino también las dimensiones del telecentro. Este factor implica la mayor o menor utilización de cable UTP y canaletas.

Es por eso que hemos considerado el tamaño de un telecentro promedio que albergue la cantidad de los equipos propuestos.

Tabla A4: Dimensionamiento del Telecentro

Mobiliario	Forma del espacio	Área	Nº de áreas	Total
1 Escritorio		2 m ²	4	8 m ²
1 Silla				
1 Escritorio		7.11 m ²	1	7.11 m ²
1 Silla				
1 Mesa				
1 Archivador				
Área Neta				15.11 m ²
Área de Circulación				10 m ²
Área Total del Telecentro Comunitario				25.11m ²

El tamaño total a considerar estará dispuesto por el espacio ocupado por un puesto de trabajo así como por el puesto de administración donde se ubicará tanto la estación de trabajo, el área de impresión y el punto donde se emplazará el rack. Ver Tabla A4.

✓ Cálculo de cable UTP

Considerando que el telecentro tenga aproximadamente 4 metros de ancho, tendrá 6.27 metros de largo para un área de 25.11 m². Con esto podemos realizar el cálculo del cableado horizontal.

La distancia más larga desde una estación de trabajo al rack ubicado en el puesto de administrador será de 6.27 metros y la distancia más corta será de 2 metros. Esta última corresponde al puesto de trabajo del administrador ya que es el más cercano al rack.

Para obtener la cantidad de cable UTP a usar, los cálculos se harán con el promedio de las distancias a las estaciones de trabajo.

$$D_p = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}$$

$$D_p = \frac{6.27m + 2m}{2}$$

$$D_p = 4.14$$

Donde:

D_p = Distancia promedio

D_{max} = Distancia máxima

D_{min} = Distancia mínima

A esta medida de 4.14 metros se le ha de sumar 2 metros de altura desde el punto de trabajo al techo mas 2.5 metros que son necesarios para realizar la instalación de los cables UTP en el rack.

$$D_{TOTAL} = 4.14 + 2 + 2.5$$

$$D_{TOTAL} = 8.64 \text{ metros}$$

Donde:

D_{TOTAL} = Distancia total teórica por cada punto de acceso.

El telecentro va a disponer de 8 puntos de acceso y cada uno tendrá una longitud teórica de 8.64 metros de cable UTP. Si se dispone de cajas de cable UTP de 305 metros se necesitará de:

$$D_{UTP-T} = D_{TOTAL} * N_{PA}$$

$$D_{UTP-T} = 8.64 * 8$$

$$D_{UTP-T} = 69.12 \text{ metros}$$

$$N_{cajas} = \frac{69.12 \text{ metros}}{305 \text{ metros}}$$

$$N_{cajas} = 0.23$$

Donde:

D_{UTP-T} = Distancia de cable UTP Total.

N_{PA} = Número de puntos de acceso en el telecentro.

N_{cajas} = Número de cajas de 305 metros a usar.

✓ **Cálculo de canaletas**

La distribución de los cables UTP como se ha mencionado se realizará por medio de canaletas de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Para cada punto de acceso se necesitará una canaleta de 3 metros de altura, la cual se colocará en la pared con ayuda de cinco espiches de plástico y cinco tornillos de 1 pulgada.

La cantidad total de materiales para la distribución de los cables UTP resulta de la multiplicación de los materiales para un punto de acceso por 8, que es la cantidad total de puntos de acceso en el telecentro.

Es así que se necesitarán 8 canaletas de 3 metros de largo y 40 espiches con 40 tornillos de 1 pulgada por todo el telecentro.

✓ Cálculo de materiales para el punto de entrada de servicio

El punto de entrada de servicio constará de un rack donde descansarán todos los cables UTP proveniente de cada punto de acceso. Este será instalado en la pared con 4 golosos de 2 pulgadas con sus respectivos espiches. Así mismo se necesitará una canaleta de 75 mm donde se ubicarán todos los cables UTP.

En el rack se colocará un patch panel de 12 puertos RJ-45 y un organizador horizontal para acomodar los 8 patch cords de administración de 1 metro (3.28 pies) cada uno.

Para realizar la estimación de los costos totales se proyectará el costo de un solo telecentro por el total de telecentros a cablear. Para esto ver Tabla A5.

Tabla A5: Total de materiales a usar para el cableado estructurado

Cantidad/ TC*	Material	Total/ 15 TC*	Unidad U\$**	Precio Total U\$
0.23	Rollo cable UTP CAT5	4	108.99	435.96
26	Jack RJ-45	390	2.25	877.50
8	Work Area Outlet (WAO)	120	1.40	168.00
8	Canaletas de ¾"	120	2.05	246.00
1	Canaletas de 75mm	15	5.05	75.75
45	Espiches de 1"	675	0.1	70.82
4	Espiches de 2"	60	0.23	13.93
4	Golosos de 2"	60	0.08	4.91
45	Tornillos de 1"	675	0.01	9.13
1	Rack	15	98.99	1484.85
1	Organizador Horizontal	15	30.50	457.50
1	Patch panel de 12 puertos	15	35.24	558.60
TOTAL U\$				3945.10

* Cantidad total para los quince telecentros

** Precios obtenidos de distintos proveedores de Managua

Anexo 8
Características de los equipos

BreezeACCESS[®] VL

Solución de banda ancha inalámbrica confiable

BreezeACCESS VL



BreezeACCESS® VL



Solución de banda ancha inalámbrica confiable

BreezeACCESS VL de Alvarion es una solución punto a multipunto (PtMP) flexible y probada en campo que proporciona conectividad inalámbrica de banda ancha en exteriores para una variedad de aplicaciones en instalaciones urbanas y rurales. Disponible en una gama de frecuencias en las bandas 4.9 / 5 GHz y 900 MHz, esta plataforma ampliamente instalada ofrece un enlace en exteriores de nivel de calidad clase operador con más seguridad y capacidad así como QoS para servicios de datos, voz y video. La configuración uplink/downlink mejorada ofrece mejor soporte de aplicaciones comerciales que incluyen seguridad pública y vigilancia por video.

BreezeACCESS VL soporta una amplia gama de unidades de suscriptor, lo que proporciona una solución optimizada para requerimientos de desempeño y costo de distintos mercados y clientes. Permite que operadores, municipalidades, empresas y comunidades en todo el mundo se beneficien rápidamente y de manera rentable con una variedad de servicios de banda ancha de la mejor calidad.

Características destacables

- Solución Premium 4.9 / 5GHz y 900 MHz PtMP
- Amplia gama de unidades de suscriptor que soportan varias aplicaciones
- QoS para aplicaciones de datos, voz y video
- Alcance de cobertura de hasta 30 km
- Capacidad de hasta 32 Mbps por sector
- 900 MHz con soporte Poca/Sin línea visual (NLOS) y funcionalidades de propagación excelentes
- Conectividad segura - FIPS-140-2 y FIPS-197 y AES 128 basados en HW
- Tecnología TDD OFDM NLOS
- MIR/CIR configurable por SU por dirección
- Configuración escalable basada en licencias para pagar conforme se crece
- Funciones especiales de vigilancia de video activado por configuración uplink/downlink con 12Mbps DL / 8Mbps UL (SU-V)
- Activa hasta 25 suscriptores por sector

Mercados



Redes



Educación



Seguridad pública



Voz



Petróleo y gas



Acceso



Transporte



Servicios públicos inteligentes

Unidad	Tipo de unidad	Características destacables	Opciones de instalación	Beneficios
Unidad de acceso (AU)	Estación de base tipo chasis	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidades NLOS • Chasis clase operador • 1 a 6 sectores por chasis • Capacidad de tener bandas de frecuencia distintas en un mismo chasis • Alimentación redundante opcional • Capacidad neta total > 192 Mbps (32 x 6 sectores) 	<p>AUS-BS multiselector</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opción nivel de entrada • Soporta hasta 25 suscriptores por sector • Escalable para AU-BS completo <p>AUS-BS multiselector</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soporta hasta 512 suscriptores por sector 	<ul style="list-style-type: none"> • Paga conforme crece • Configuración optimizada para aplicaciones verticales • Soporta todos los modelos de SU en el sector • Desempeño optimizado para aplicaciones de seguridad pública en instalaciones urbanas
	Estación de base autónoma	<ul style="list-style-type: none"> • AU de sector único compuesto por una unidad en interiores (IDU) y otra en exteriores (ODU). • Exteriores o solución CC opcional 	<p>Sector único: AUS-SA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opción nivel de entrada • Soporta hasta 25 suscriptores por sector • Mejorable para AU-SA completo <p>Sector único: AU-SA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soporta hasta 512 suscriptores por sector 	
Unidad de suscriptor (SU) Compuesto por una unidad en interiores (IDU) y otra en exteriores	SU-3, SU-6, SU-54	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad agregada neta: SU-3: 3 Mbps, SU-6: 6 Mbps, SU-54: 32 Mbps • Instalación rápida con LED para alineación rápida • Soporta 2 servicios distintos por SU (2 niveles de prioridad) • Alcance de cobertura de hasta 30 km (LOS) 	<p>Aplicaciones de datos, voz y video</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcance extendido • Opciones de mejora Paga según crece: <p>SU-3→SU6 SU-3→SU-Video SU-3→SU54 SU-6→SU-Video SU-6→SU54 SU-Video→SU-54</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte Paga según crece • Configuración optimizada para aplicaciones verticales • Soporte SU en vector
	SU-Video	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad asimétrica fija: 8 Mbps uplink y 12 Mbps downlink • Disponible en 5.4 GHz y 5.8 GHz • Instalación rápida con LED para alineación rápida • Soporta 2 niveles de servicios distintos por SU • Alcance de cobertura de hasta 30 km (LOS) 		<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de banda optimizado con soporte para aplicaciones de video

Especificaciones

Radio

<p>Frecuencia 902-927 MHz, 4.9-5.1 GHz, 5.15-5.35 GHz, 5.47-5.725 GHz, 5.725-5.875 GHz</p> <p>Método de acceso de radio Dúplex por División de tiempo (TDD)</p> <p>Canal AU/SU: 5 MHz (900 MHz), 10 MHz, 20 MHz (4.9, 5.15-5.875MHz)</p> <p>Resolución de frecuencia central 1 MHz (900 MHz), 5 MHz, 10 MHz</p>	<p>Alimentación entrada máx. en puerto de antena -48 dBm típico</p> <p>Alimentación de salida máxima (en puerto de antena) AU: pasos -10 dBm a 21 dBm, 1 dB AU (900 MHz): pasos -10 dBm a 27 dBm, 1 dB SU: -10 dBm a 21 dBm, ajustado automáticamente por ATPC SU (900 MHz): -10 dBm a 27 dBm, ajustado automáticamente por ATPC</p>	<p>Esquema modulación (adaptativo) OFDM: BPSK, QPSK, QAM 16, QAM 64 Puerto de antena (AU-E) Tipo-N 50 ohm Antena integrada del suscriptor 20 dBi (19 dBi en banda 4.9-5.1 GHz), 14° H/V, panel plano integrado Antenas AU 60°: 16dBi, sector 60° vertical 90°: 16dBi, sector 90° vertical 120°: 15dBi, sector 120° vertical 360°: 8dBi, Omni horizontal</p>
---	--	---

Comunicaciones de datos

<p>Soporte VLAN y QoS QinQ 802.1ad, 802.1Q, WLP prioridad de tráfico sobre el aire, MIR/CIR por SU por dirección (UL/DL)Concatenación, modo en ráfaga, optimización de pequeños paquetes para soportar voz avanzada Control automático de transmisión de potencia (ATPC)</p>	<p>Prioridad de tráfico Capa 2: Basado en IEEE 802.1p, Capa 3: IP ToS de acuerdo con RFC791 y DSCP de acuerdo con RFC2474, Capa 4: UDP/TCP alcance de puerto</p>	<p>Seguridad Autenticación WEP 128-bit, AES 128, WEP 128, codificación incorporada certificada modo FIPS-197 y FIPS-140-2</p>
---	---	--

Especificaciones

Oficinas Centrales Corporativas a nivel Internacional
Alvarion Ltd.
21a HaBarzel Street
P.O. Box 13139
Tel Aviv, Israel 69710

Contáctanos en:
sales@alvarion.com

Para información local en su área,
por favor ingrese a
www.alvarion.com

Configuración y gestión

Gestión local y remota
Monitor vía Telnet, SNMP y configuración carga/descarga
Gestionado por el sistema de gestión AlvariStar

Acceso de gestión remoto
De LAN de línea, enlace inalámbrico
Mejora de software y configuración
Vía TFTP y FTP

Gestión de protección de acceso
Configuración por contraseña multinivel de dirección a distancia (de Ethernet solamente, inalámbrico solamente o ambos), configuración de direcciones IP de estaciones autorizadas.

Agentes SNMP
SNMP v1 cliente, MIB II, Puente MIB, Privado
BreezeACCESS VL MIB

Características eléctricas

Consumo de alimentación

SU / AU-SA:

25W

AU-BS:

30W (módulo más unidad en exteriores)

BS-PS-AC-VL (alimentación CA):

240W, chasis completa (IPS, 6 AU)

BS-PS-AC-VL (alimentación CC):

240W, chasis completa (IPS, 6 AU)

Alimentación entrada

SU / AU-SA:

Entrada CA 100-240 VCA, 50-60 Hz

AU-BS:

Entrada CA 100-240 50-60 Hz, salida CC 55 VCC, 1A MÁX

PS (IDU):

54 VCC de interior a exterior, 3.3 VCC, 5.4V de alimentación en plano posterior

BS-PS-AC-VL (alimentación CA):

Entrada CA 85-265 VCA, 47-65 Hz, salida CC 5.4 V, 3.3V

BS-PS-AC-VL (alimentación CC):

Entrada CC 85-48 VCC nominal (-34 a -72), 10 A máx. salida CC 5.4V 3.3V,

Conectores

ODU

SU / AU-SA:

Ethernet: 10/100BaseT RJ-45,

Radio: 10/100BaseT

Ethernet RJ-45, AC IN: 10/100BaseT Ethernet RJ-45

Ethernet: conjunto de sellado Radio: 10/100BaseT Ethernet RJ-45

AU-BS:

IDU

SU / AU-SA:

Interiores: Enchufe alimentación AC 3 pin 10/100Base RJ-45 (impermeable)

AU-BS:

BS-PS-AC-VL (alimentación AC): CA IN: enchufe 3 pin

BS-PS-AC-VL (alimentación DC): -48 VCC: DC 3 pin tipo D enchufe 3 pin Amphenol

Físicos y medioambientales

Dimensiones

SU ODU con antena integrada:

30.5 x 30.5 x 6.2 cm (0.55 kg) / 12 x 12 x 2.4 pulg. (1.21 lb)

SU ODU sin antena integrada:

30.6 x 12 x 4.7 cm (1.85 kg) / 12 x 4.7 x 1.8 pulg. (4.07 lb)

Temperatura operativa

SU / AU unidad exteriores:

-40°C a 55°C

SU / AU unidad interiores:

0° a 40°

Humedad operativa

SU / AU unidad exteriores:

5%-95% sin condensación con protección climática

SU / AU unidad interiores:

5%-95% sin condensación

Cumplimiento de estándares

EMC

FCC Parte 15 clase B, EN55022 clase B,
EN 301 489-1/4

Medioambiental

EN 300 019 parte 2-3 clase 3. 2E para unidades interiores

EN 300 019 parte 2-4 clase 4. 1E para unidades exteriores IP-67, SU
antena integral IP-67

Seguridad

EN 60950-1, UL 60950-1

Transporte

EN 300 019-2-2 clase 2. 3

Protección contra rayos

EN 61000-4-5, clase 3 (2kV)

Almacenamiento

EN 300 019-2-1 clase 1. 2E,

Sustancias peligrosas, cumple con RoHS

Radio

EN 301 893 (V 1.5.1), EN 302 502 (V 1.2.1), FCC parte 15, FCC P.90,
IC RSS-210 (Canadá)

Nota: no todas las opciones están disponibles en todas las regiones y algunas requieren una clave de licencia de software. Contacte a su representante local para más información.



www.alvarion.com

Copyright 2012 Alvarion Ltd. Todos los derechos reservados. Alvarion® su logo y todos los nombres, productos y nombres de servicio a que se refiere el presente documento son ya sea marcas registradas, marcas, nombres comerciales o marcas de servicio de Alvarion Ltd en ciertas jurisdicciones. Todos aquellos otros nombres son o podrían ser las marcas comerciales de sus respectivos propietarios. El contenido del presente documento está sujeto a cambio sin previo aviso. Cualquier orden de compra ingresada y surtimiento real de productos y/o otorgamiento de licencias están sujetas a los Términos y Condiciones Generales de Alvarion y/o a cualquier otro acuerdo efectivo entre las partes. La información del manual es suministrada solamente para propósitos de información, y no representa un compromiso para enviar ningún producto, características y/o funcionalidades.

215681 rev.a

Acerca de Alvarion

Alvarion Ltd. (NASDAQ:ALVR) suministra soluciones inalámbricas optimizadas de banda ancha enfocadas a los retos de conectividad, cobertura y capacidad de los operadores de telecomunicaciones, ciudades inteligentes, seguridad, y clientes empresariales. Nuestras innovadoras soluciones están basadas en tecnologías múltiples para espectros licenciados y no licenciados. (www.alvarion.com)

Product Overview

Alcentia Systems introduces the new family of WiMAX repeaters for operation in the license-exempt 5GHz ETSI and FCC bands. These repeaters are the most cost-effective solution for extending the coverage of WiMAX networks without the need for extra investment in Base Station and Backhauling equipment. It is the ideal solution to provide WiMAX coverage in low population-density rural areas and increase the overall link budget to provide coverage in indoor and non-line of sight scenarios.

ARBA-RPT-50 are interoperable with any IEEE 802.16-2004 compliant equipment, and are available for the license-exempt ETSI (5470-5725 MHz) and FCC (5725-5875 MHz) bands.

These repeaters have been designed to maximize the WiMAX networks performance in license-exempt bands. Operation is fully transparent from the Base Station and Subscriber Stations sides thanks to the built-in subscriber station which allows the repeater to join the wireless network but not interfere with the data and control messages between the Base Station and the remote subscriber stations.

System Description

The WiMAX repeater is not only a stand-alone bidirectional Transceiver, but also a complete WiMAX system, thanks to the built-in IEEE 802.16-2004 professional grade subscriber station. This integrated subscriber station analyzes the WiMAX frame and channel control messages sent by Base Station in order to optimize the gain and linearity of the repeater, maximizing the overall network performance.

Each unit provides up to 120dB of gain in each transmission path, with more than 100dB of gain control, which is set automatically by the system so that the transceiver amplifiers maximize the Signal-to-Noise Ratio maintaining sufficient backoff from saturation.

These repeaters have been designed to provide bidirectional amplification without noticeable degradation in the modulation EVM, thanks to the use of low-noise super-het radio design and gain control mechanisms to avoid distortion due to saturation.

The complete system is integrated in a compact weather-proof outdoor enclosure with an integrated directional antenna on the BS side and an N-type connector connectors to interface with a sector antenna on the SS side.



The system is able to perform frequency translation to avoid unwanted echoes and interference, and also to provide frequency diversity, so that any subscriber terminal is able to connect to the network directly to the Base Station or through the repeater, whichever frequency has the best signal quality.

This repeater solution offers a wide range of In-band and Out-of-band management options. In-band management is achieved by an integrated IEEE 802.16-2004 subscriber station with access to the repeater control unit. Out-of-band management is performed through the Ethernet port. In both cases, the management system supports SNMP, web and ssh command line interface, and an advanced XML-base management system.

The system is simply powered by an external 12V supply for solar-based operation, or through the Ethernet port based on the 802.3af Power over Ethernet (PoE) standard. This Ethernet port can be used for management purposes and also to use the Repeater as a subscriber station to provide Broadband Wireless connectivity.

PRODUCT HIGHLIGHTS

First WiMAX repeater for the license-exempt 5.4 and 5.8 GHz bands

Interoperable with any IEEE 802.16-2004 compliant equipment

Totally transparent operation

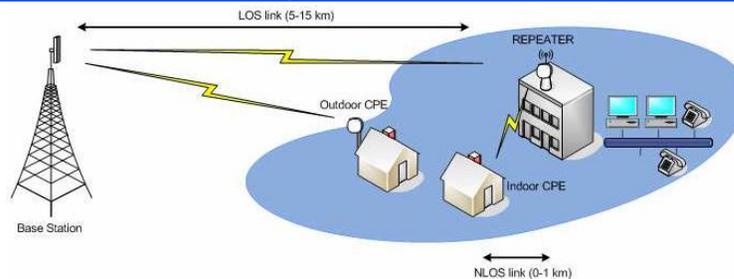
Automatic gain control

Built-in WiMAX subscriber station for in-band management and local connectivity

Low power consumption

System Specifications

Radio parameters			
Frequency Band	5470-5725 MHz (ETSI) or 5725-5875 MHz (FCC). See ordering options.		
Modulation	OFDM IEEE 802.16-2004 - 256 subcarriers, cyclic prefix 1/4, 1/8, 1/16 or 1/32		
Supported channel bandwidth	1.75, 3.5, 7 and 10 MHz		
Adaptive modulation	BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM		
FEC code rate	1/2, 2/3 and 3/4 concatenated Reed-Solomon and Viterbi		
Maximum output power	+24 dBm		
Maximum repeater gain	120 dB		
Transmit power control	> 40 dB		
Duplexing method	TDD (Time Division Duplexing)		
EVM degradation	< -30 dBc		
Dynamic Frequency Selection	Yes		
Antenna	23 dBi integrated antenna, N-type connector for external antenna		
RF parameters	Modulation	Sensitivity (1.75 MHz)	Sensitivity (10 MHz)
	BPSK-1/2	-97.5 dBm	-90 dBm
	QPSK-1/2	-94.5 dBm	-87 dBm
	QPSK-3/4	-92 dBm	-84.5 dBm
	16QAM-1/2	-89 dBm	-81.5 dBm
	16QAM-3/4	-85.5 dBm	-78 dBm
	64QAM-2/3	-81.5 dBm	-74 dBm
64QAM-3/4	-79.5 dBm	-72 dBm	
Data traffic and Throughput			
Maximum over-the-air data rate	37.7 Mbps (64QAM-3/4, 10 MHz BW)		
ARQ support	Yes, per IEEE 802.16-2004 standard - Selectable per service flow		
Encryption	AES and 3DES		
Quality of Service (QoS)			
Supported QoS types	UGS, RTPS, nRTPS and BE (IEEE 802.16-2004 standard)		
Service differentiation	Layer-2	MAC source/destination address, EtherType, VLAN tag	
	Layer-3	DSCP ToS, IP source/destination address and subnet, Protocol type	
	Layer-4	TCP, UDP source/destination port range	
Management and Provisioning			
Management local interfaces	Web, Command-Line Interface		
Management remote interfaces	SNMP, XML-RPC		
User and services local provisioning	XML local database		
User and services centralized provisioning	AAA Radius, LDAP, XML-RPC		
Network functionality			
Layer-2 Network functionality	Bridging (IEEE 802.1), VLAN (IEEE 802.1q)		
Layer-3 Network functionality	Static/Dynamic routing, NAT, DHCP server/client		
Supported CS	Ethernet, IPv4oEthernet, VLAN, IPv4oVLAN		
Networking modes	Bridge mode, IP routing		
Data interface	10/100 Base-T Ethernet RJ45		
Physical, Mechanical and Electrical			
Size	395 x 265 x 95 mm		
Outdoor Unit Weight	3.2 kg		
Power Supply	802.3af compliant (PoE) through RJ45 connector, or 12VDC through DC input		
Power Consumption	<20 Watts (full traffic conditions)		
Standards Compliance			
WiMAX	IEEE 802.16-2004 + Corrigendum IEEE 802.16-2005		
Radio	ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502		
Environmental	ETSI EN 300 019-1-4 C4.1E (ODU), ETSI EN 300 019-1-3 C3.2 (IDU)		



albentia
Systems

albentia systems s.a.
C/ Margarita Salas, 22 - 28918 Leganés - Madrid (SPAIN)
Tel: +34 91 440 0213
Fax: +34 91 440 0569
E-mail: sales@albentia.com

www.albentia.com

The above specifications are subject to change and are for information purposes only. Albentia Systems reserves the right to make changes to specifications and appearance of products described in this data sheet at any time without notice. © March 2011 Albentia Systems SA