

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA



**Telefonía inalámbrica y red de acceso a Internet para los  
Municipios de Salcoatitán, Juayúa, Apaneca y Ataco.**

PRESENTADO POR:

LUIS ALONSO COLOCHO SUSAÑA

ROMÁN ABAD TOBÍAS VIDES

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2011

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL :**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIO :**

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**DIRECTOR :**

**ING. JOSÉ WILBER CALDERÓN URRUTIA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título :

**Telefonía inalámbrica y red de acceso a Internet para los  
Municipios de Salcoatitán, Juayúa, Apaneca y Ataco.**

Presentado por :

**LUIS ALONSO COLOCHO SUSAÑA**

**ROMÁN ABAD TOBÍAS VIDES**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

**Dr. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ**

San Salvador, septiembre 2011

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

**DR. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ**

## **DEDICATORIA.**

Este trabajo de graduación se lo dedico al divino niño Jesús, quien me ha permitido lograr una meta más en mi vida.

También se lo dedico a mi gran tesoro, mi familia; a mi papá Román Tobías Suriano, a mi mamá Lidia Esperanza Vides de Tobías, mi hermana Lidia Adelaida, mi compadre Carlos Contreras y a mi queridísima ahijada, la niña de mis ojos Estefanía Contreras Tobías. Sin ellos jamás hubiera podido avanzar en éste sendero tan largo que he recorrido y que por fin he logrado finalizar, ahora llega el momento de buscar otro nuevo sendero, el cual me llevará primero Dios a un trabajo profesional estable y que me permita desarrollarme como todo un hombre de bien y así poder cooperar con el desarrollo de mi querido El Salvador que tanto necesita de hombres y mujeres profesionales.

**ROMAN TOBIAS.**

Este trabajo de graduación, se lo dedico a Dios todopoderoso, por darme la fuerza y la sabiduría necesaria para alcanzar mis metas, por protegerme y por darme todo en la vida: Familia, amigos, salud, conocimientos, alegrías, tristezas, etc. y por todos y cada día que me siga permitiendo compartir mi vida con las personas que estimo y quiero.

También se lo dedico a mis padres Santos y Margarita, por cuidarme, por apoyarme y brindarme todo, pero sobre todo Amor, por todos los valores que me enseñaron, y por nunca dejar que me rindiera. Los Amo.

Se lo dedico a mi hermano, Salvador quien ha sido un ejemplo a seguir, por su responsabilidad e inteligencia y grandes valores, a mi hermanita Claudia quien siempre se sobrepone a las adversidades con coraje y valentía, no pude haber tenido una mejor familia. También se lo dedico a mis sobrinos Enrique, Claudita y Santiago que son la alegría y el futuro de nuestra Familia, tengo fe en que un día ustedes llegarán más lejos.

Y finalmente se lo dedico a todos aquellos que me apoyaron en momentos difíciles, a aquellos que sacrificaron un poco de su tiempo para saludarme y decirme ¿Cómo estás?, que me brindaron su mano y que todavía están ahí para dármele de nuevo, aquellos que llamó mis Amigos.

**LUIS COLOCHO**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Doy gracias a mi divino niño Jesús que me permitió lograr coronar mi carrera universitaria.

Gracias a mi papá Román que me ha apoyado en todo lo que he necesitado en mi carrera y hasta este momento, él ha sido y seguirá siendo el pilar de mi vida. A mi mamá Lidia que con su sabiduría y consejos me ayudó a encontrar siempre el camino correcto, ya que en este camino he encontrado muchos obstáculos, pero gracias a ella pude superarlos y gracias por su apoyo mamá, a los dos los sabré recompensar por todo lo que han hecho por mi.

A mi hermana Adelaida, que de alguna u otra forma siempre me ha apoyado, para poder perseguir mis propósitos y uno de estos fue coronar mi carrera universitaria.

A mis amigos, con los cuales hemos compartido innumerables noches de desvelos de estudio, además compartimos alegrías y tristezas, gracias por su compañerismo y amistad. Gracias: Juan Pablo Cartagena, Dany Everaldo Gordiano, Danilo Gómez, Héctor Ayala, Luis Alonso Colucho, Francisco Contreras Menjívar, Alex Castro, Milton Arbaíza, Erick Hernández, Luis Galvez Osorto, Jonathan Zaldaña y a todos los demás amigos que por el momento se me escapan de mi mente.

Agradecimientos especiales a mi compañero y amigo Rony Sánchez Morales, ya que la idea de este trabajo de graduación empezó a madurar con la finalización del proyecto de ingeniería, materia que cursamos juntos y en la cual compartimos muchas frustraciones, pero que al final de ese ciclo encontramos la luz y seguimos adelante.

Gracias a mi asesor de esta tesis, Dr. Carlos Martínez, es una persona con grandes virtudes y con un alto grado de responsabilidad, gracias por sus consejos, fue un gran apoyo para el desarrollo de este trabajo.

Gracias Carlos Franconi, dueño de Enlace Visión, que por medio de usted logramos hacer trabajo de campo y gracias por patrocinar la gran mayoría de equipo utilizado en la labor de campo, gracias por facilitarnos los recursos en Juayúa.

Y gracias a todos ustedes docentes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, por compartir sus conocimientos conmigo.

**ROMAN TOBIAS.**

Gracias a Dios por permitirme concluir mi carrera universitaria, por acompañarme y guiarme, porque nada pasa sin que Dios lo permita, y espero que me permita seguir compartiendo mi vida con las personas que estimo y quiero.

Infinitas gracias a mis padres Santos Colocho y Margarita Susaña, por su apoyo y amor incondicional, jamás podre pagarles ya que todo lo que soy se los debo a ustedes, que han hecho miles de sacrificios para sacarnos adelante a mis hermanos y sobre todo a mí, siempre los llevo en mi corazón, los Amo.

Gracias a mi hermano Salvador y mi hermanita Claudia, quienes son parte fundamental de mi existencia, quienes han estado en las buenas y las malas y siempre estarán ahí cuando los necesite. Gracias a mis sobrinos Enrique, Claudita y Santiago, por brindarme siempre alegrías, incluso en momentos de tristeza, son la alegría y el futuro de la familia. Los quiero mucho.

Gracias a mis amigos por su amistad y apoyo incondicional, por estar junto a mí cuando los necesite, por compartir su tiempo conmigo estudiando, hablando, jugando o simplemente pasando el tiempo, los llevo en mi mente y mi corazón: Miguel Lemus, Luis Valdivieso, Dany Gordiano, Francisco Contreras, Rony Sánchez, Pablo Cartagena, Félix Campos, Milton Arbaiza, José Luis Gálvez, Oscar Morales, Danilo Gómez, Jonathan Zaldaña, Estanislao, Mauricio, Felipe, Tomás, Lázaro, Horacio, Tony, Saúl, Marengo y Román Tobías mi compañero de Tesis, gracias por tu paciencia y disposición para trabajar. Les digo que de todos ustedes aprendí mil cosas, espero me perdonen si alguna vez los ofendí y espero estar en contacto siempre con ustedes.

Gracias al Dr. Carlos Martínez por guiarnos y brindarnos todo su apoyo en la realización de este trabajo, sin duda la universidad necesita más docentes como usted, mis más sinceros respetos y agradecimientos para usted Doctor.

Un agradecimiento especial al Sr. Carlos Franconi, por brindarnos su apoyo y recursos, los cuales fueron de gran importancia en la realización de este trabajo, El Salvador necesita más empresarios como usted, le deseo mil éxitos en su trabajo y en su vida personal.

**LUIS COLOCHO**

## ACRONIMOS

MP01:	Mesh Potato versión 01.
NS2:	Nano Station 2.
IP:	Protocolo de Internet.
VoIP	Voice over Internet Protocol.
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona.
PBX	Private Branch eXchange.
SIP	Session Initiation Protocol.
IAX	Inter-Asterisk eXchange.
BATMAN	Better Approach To Mobile Adhoc Networking.
PSTN	Public Switch Telephone Network.
WAN	Wide Area Network.
WIFI	Wireless Fidelity.
WLAN	Wireless Local Area Network.
LAN	Local Area Network.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
WDS	Wireless Distribution System.
MAC	Media Access Control.
JSP	Java Server Pages.
HTML	Hiper Text Markup Language.
XML	eXtensible Markup Language.
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.
ATA	Analog Telephone Adapter.
ISM	Industrial Scientific and Medical.
VIS	Servidor de Visualización.
DNS	Domain Name System.
PC	Personal Computer.
AP	Access Point.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol.
SOAP	Simple Object Access Protocol.
PHP	Personal Home Page Tools.
JSON	JavaScript Object Notation.
REST	Representational State Transfer.
UTP	Unshielded Twisted Pair.
PoT	Power Over Telephone.
PoE	Power Over Ethernet.
SSH	Secure Shell
MD5	Message-Digest Algorithm 5
VoX	Voice over X

## INDICE GENERAL

---

### Contenido

Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. CONCLUSION.....	17
Capítulo 2 : DISEÑO DE LA RED Y CONFIGURACIONES.....	19
2.1. DISEÑO DE RED.....	19
2.2. EQUIPOS UTILIZADOS.....	21
2.3. CONFIGURACION DE EQUIPO Y SOFTWARE.....	22
2.3.1. CONFIGURACION DEL SUPER NODO.....	23
2.3.2. CONFIGURACION DE UN NODO.....	29
2.3.3. CONFIGURACION DEL SERVIDOR ASTERISK.....	35
2.3.4. CONFIGURACION DE DILIMESH MAPPING APPLICATION.....	38
2.3.5. INSTALACION DE VILLAGE TELCO SERVER.....	43
2.4. CONCLUSION.....	45
Capítulo 3 : ESTUDIO DE RADIOPROPAGACION EN LOS MUNICIPIOS DE SALCOATITÁN, JUAYÚA, APANECA Y ATACO.....	46
3.1. SIMULACIÓN CON RADIO MOBILE.....	46
3.1.1. Resultados de simulación en el municipio de Salcoatitán.....	51
3.1.2. Resultados de simulación en el municipio de Juayúa.....	52
3.1.3. Resultados de simulación en el municipio de Apaneca.....	53
3.1.4. Resultados de simulación en el municipio de Ataco.....	54
3.1.5. Resultados de simulación uniendo las cuatro redes.....	55
3.2. CALCULOS DE PREDICION DE POTENCIA.....	56
3.2.1. Atenuación en Espacio Libre.....	56
3.2.2. Atenuación por Difracción.....	57
3.2.3. Atenuación por Vegetación.....	58
3.2.4. Atenuación debida a gases atmosféricos.....	58
3.2.6. Balance de Atenuaciones.....	62
3.2.7. Potencia Recibida.....	63
Capítulo 4 : RED PILOTO DEL MUNICIPIO DE JUAYUA.....	64
4.1. INSTALACION.....	64

4.2. RESULTADOS DE LA RED PILOTO.....	65
4.2.1. ACCESO REMOTO.....	71
4.2.2. PROBLEMAS ENCONTRADOS Y SU SOLUCIONES .....	73
Capítulo 5 : CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS. ....	74
5.1. CONCLUSIONES.....	74
5.2. LÍNEAS FUTURAS.....	75
A. CAMBIANDO FIRMWARE DE FABRICA A UN D-LINK DIR 300 CON OPENWRT [21] .....	77
A.1. Pasos para cambiar el firmware original de fábrica.....	77
B.CONFIGURACION DE UN DIR 300 COMO REPETIDOR .....	85
C.HOJAS TECNICAS DE EQUIPO UTILIZADO.....	88
D.ALIMENTACIÓN DEL MESH POTATO .....	92
E.1. Uso con la fuente de potencia. ....	92
E.2. Uso del cable de teléfono parta alimentar al MP.....	92
E.3. Uso del cable de red para alimentar al MP. ....	93
BIBLIOGRAFIA. ....	94

## LISTA DE TABLAS

---

Tabla 2.1 : Principales especificaciones técnicas de los routers utilizados.....	22
Tabla 3.1 : Especificaciones de los sistemas utilizados en Radio Mobile.....	47
Tabla 3.2: Descripción y ubicación de los nodos de las redes para simulación en Radio Mobile.....	49
Tabla 3.3: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Salcoatitán.....	51
Tabla 3.4: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Juayúa..	52
Tabla 3.5: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Apaneca.....	53
Tabla 3.6: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Ataco. ..	54
Tabla 3.7: Cuadro resumen de las potencias recibidas para los enlaces entre las cuatro redes.....	55
Tabla 3.8: Cálculo de Atenuación en espacio libre para cada vano de los radioenlaces en el municipio de Juayúa.....	57
Tabla 3.9: Atenuación debida a gases atmosféricos para los enlaces en Juayúa. ....	58
Tabla 3.10: Valores calculados para la atenuación específica $\gamma R$ (dB/km) en función de la polarización.....	62
Tabla 3.11: Cálculos de longitud eficaz, Atenuación a 0.01% y a 0.1% para cada vano .....	62
Tabla 3.12 : Balance de Atenuaciones de los radioenlaces en el municipio de Juayúa.....	62
Tabla 3.13 : Calculo de la potencia recibida para los radioenlaces en el municipio de Juayúa .....	63
Tabla 3.14 : Resultados de simulación en Radio Mobile para la potencia recibida.....	63
Tabla 4.1: Listado de Materiales.....	64
Tabla 4.2: Ubicación de los nodos.....	66
Tabla 4.3: Distancia línea vista entre nodos, referencia nodo 10.130.1.2.....	67
Tabla 4.4: ping 10.130.1.x –c 100 –s 1400.....	68
Tabla 4.5: ping 10.130.1.x –c 100 –s 1400.....	69
Tabla D.1: Descripción de conectores a usar para telefonía en los MP.....	92
Tabla D.2: Especificaciones de cableado usando conectores RJ-11, RJ-14 y R-J25.....	93
Tabla D.3: Especificaciones de cableado usando RJ-45.....	93

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1 : Diseño de la red mesh.....	20
Figura 2.2 : Diseño pictórico de la red mesh.....	20
Figura 2.3 : Fotografía del router MP01.....	21
Figura 2.4: Fotografía del router NS2.....	21
Figura 2.5: Fotografía del router BULLET 2.....	22
Figura 2.6: Dilimesh Mapping Application funcionando en el browser del servidor de visualización. .....	42
Figura 3.1: Ventana de especificaciones de sistemas de Radio Mobile.....	48
Figura 3.2: Parámetros generales de las redes utilizadas en Radio Mobile.....	48
Figura 3.3 : Nodos y ventana para introducción de ubicaciones en Radio Mobile.....	50
Figura 3.4: Miembros de las redes y roles que desempeñan dentro de sus respectivas redes.....	50
Figura 3.5: Simulación de los enlaces en el municipio de Salcoatitán.....	51
Figura 3.6: Simulación de los enlaces en el municipio de Juayúa.....	53
Figura 3.7: Simulación de los enlaces en el municipio de Apaneca.....	54
Figura 3.8: Simulación de los enlaces en el municipio de Ataco.....	55
Figura 3.9: Simulación de los enlaces para las 4 redes.....	56
Figura 3.10: Atenuación específica debida a gases en función de la frecuencia.....	59
Figura 3.11: Intensidad de lluvia (mm/h) para un 0.01 % del tiempo.....	61
Figura 4.1: Vista del nodo ubicado en la Urbanización la esmeralda.....	65
Figura 4.2: Vista del nodo ubicado en la Urbanización la esmeralda.....	66
Figura 4.3: Emplazamiento de los nodos.....	67
Figura 4.4 : Nodos alcanzables.....	68
Figura 4.5 : Nodo 10.130.1.1 ubicado en las oficinas de enlace visión.....	69
Figura 4.6 : Nodo 10.130.1.140 ubicado en colonia el Calvario Block D Casa 9.....	70
Figura 4.7 : Nodo 10.130.1.143 ubicado en Barrio el calvario 4ª Av. Sur 6ª calle oriente.....	70
Figura 4.8 : Nodo 10.130.1.142 ubicado en Las Merceditas caseres poniente #1-4.....	71
Figura 4.9 : Nodo 10.130.1.2 ubicado en Urbanización Esmeralda.....	71
Figura 4.10 : Sesión remota con team viewer.....	72
Figura 4.11: Vista de Dilimesh mapping, con acceso remoto.....	72
Figura A.1: Archivo redboot.bat.....	77
Figura A.3: TFTP server.....	78
Figura A.4: TFTP server.....	78
Figura A.2: Archivo redboot.bat.....	78
Figura A.5: TFTP server.....	79
Figura A.6: Configuración de la tarjeta de red.....	79
Figura A.7: Configuración de la tarjeta de red.....	80
Figura A.8: Configuración de la tarjeta de red.....	83
Figura A.9: Cambiando la IP del archivo redboot.bat.....	83
Figura B.1: Configuración vía LuCi.....	87

## **Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN**

A nivel universitario la tecnología VoIP, según nuestra investigación, comenzó a desarrollarse en El Salvador en el año 2003, en ese año se publicó el primer trabajo de graduación desarrollado en la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas [1]. Este trabajo de graduación fue básicamente solo un estudio bibliográfico. No se realizó ninguna aplicación de transmisión de voz sobre IP. Al presentar un enfoque orientado a redes, el trabajo se centró en la arquitectura de redes TCP/IP, componentes de las redes IP y topologías de redes IP. Además, se explicó el concepto relacionado al tema de la conversión analógico digital, procesamiento digital de la señal de voz y redes de transmisión de datos y voz. Luego se explicaron los temas relacionados con el protocolo H.323 y protocolo SIP. Vale la pena destacar que se introdujo un tema poca veces visto, como lo es el protocolo MEGACO/H.248, el cual controla los Gateway. El trabajo se extendió a explicar la planificación y diseño de redes iniciales, que consiste en la reunión de los requisitos y expectativas para servicios de voz, reunión de la interfaz de telefonía e información de la señalización, selección de una tecnología VoX y la planificación de los requisitos de enlace troncal de voz y ancho de banda. Este trabajo de graduación es de mucha utilidad si se quieren aprender conceptos básicos pero carece de relevancia pues, solo brinda ejemplos teóricos.

A nivel académico la UCA fue el pionero de la tecnología de VoIP en El Salvador. Sin embargo no le dieron continuidad a la temática pues solo se encuentra otro trabajo de graduación octubre de 2007 [2]. Este trabajo se centró en la comprensión del protocolo de señalización SIP. Cabe destacar que los protocolos sirven para intercambio de mensajes cuya función es la de establecer, mantener y gestionar una conexión telefónica. Además, utiliza el software libre Asterisk el cual ocupa este protocolo. Asterisk es utilizado para implementar una PBX que utiliza tecnología VoIP. El trabajo de graduación, dejó una base teórica muy bien explicada sobre redes IP, conceptos básicos de VoIP, protocolo SIP y protocolo H.323. Luego de haber desarrollado la base teórica de la comprensión de la telefonía IP, se explicaron las configuraciones necesarias para hacer funcionar la PBX basada en Asterisk. El uso de un software para configurar Asterisk (Trixbox), el cual brinda una interfaz gráfica web para configurar el servidor Asterisk. Un elemento muy importante y relevante es que aquí se ocupa un softswitch, el cual brinda conexión entre la PBX y la PSTN, pero la configuración quedó fuera del alcance de ese trabajo.

También, se encontró un trabajo de graduación relacionado con la tecnología VoIP en la Universidad Don Bosco, en el año 2003 [3]. Este trabajo de graduación trató sobre las tecnologías WAN que ofrece servicio de voz, video y datos. Implicó el estudio de dispositivos, empaquetados, estándares de señalización y protocolos que se encargan de realizar el transporte de voz, video y datos sobre la red de paquetes. Cabe destacar que en este trabajo de graduación no se emplea Asterisk o programa similar, si no que brinda un estudio de la configuración y características de dos router de cisco modelos MC3810 y 3620, el primer router sirve para transportar voz, video y datos en una red ATM. Y el segundo router sirve para transportar voz, video y datos en una red

IP y se estudia los estándares para obtener un alto nivel de calidad de servicio, sobre Frame Relay, ATM e IP.

En lo que respecta a la Universidad de El Salvador, se introdujo el tema de VoIP por medio de trabajos de graduación, en el año 2005 [4]. Este trabajo de graduación propuso el diseño de una red WIFI para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y persiguió dejar montado un prototipo de dicha red. Se tomó como norma el estándar IEEE 802.11. En el diseño existió el condicionante económico, ya que el equipo outdoor es más caro que el equipo indoor, por lo que las antenas fueron diseñadas por el autor. El punto de acceso que se utilizó es el modelo AP-2000 marca Orinoco, para el diseño de la red se tomó en cuenta las técnicas básicas para el diseño de radio enlaces con el fin de optimizar la ubicación de los puntos de acceso. Los edificios que se eligieron para hacer pruebas de campo fueron la biblioteca de las ingenierías y el edificio de la escuela de Ingeniería Eléctrica. Se eligieron estos edificios porque la escuela era el punto de monitoreo y la biblioteca es un edificio estratégico, es alto, tiene vista a la plaza de las ingenierías y al polideportivo. Además, el autor sugiere implementar un sistema de seguridad más robusto para la WLAN, por medio del servicio conocido como RADIUS-EAP. Se elaboró un mapa de cobertura, en el cual se indica de forma gráfica la calidad de servicio disponible en las diferentes zonas de la facultad. Se expusieron los diferentes criterios de seguridad que se pueden implementar en la red, también se consideraron las ventajas y desventajas. Además, explica muy detalladamente IEEE 802.11i, el marco legal de usos de radiofrecuencias, los radiocanales, estudio del área geográfica, antenas. Las herramientas informáticas que se utilizaron en la metodología de la medición fueron: NetsTumbler y WIRELESS TOOLS. En este trabajo de graduación se implementó un red inalámbrica con el propósito que los estudiantes que tengan computadoras portátiles se conectan a ella, por lo que solo sirve para transportar paquetes de datos, no existe en este, la implementación de transporte de voz y no se ocupó el software Asterisk por medio del protocolo TCP/IP.

En el año 2006 [5] sentó las bases para el futuro desarrollo de un sistema de comunicaciones y acceso a redes de bajo costo en zonas rurales de El Salvador. Donde se tomó en cuenta los SIBASIS de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán. Por medio de los indicadores de la mortalidad materna e infantil y desarrollo humano, se estableció los lugares donde se implantó un sistema de telemedicina, éste trabajo consideró solamente las redes basadas en tecnología inalámbrica, el estándar IEEE 802.11 b/g. Las herramientas informáticas que se ocuparon fueron: Radio Mobile para el diseño, NetStumbler para el trabajo de campo, NetMeeting para la transmisión de voz y datos. En la parte introductoria el trabajo hace un estudio bibliográfico de generalidades, configuración, definiciones, aplicaciones de los sistemas WLAN. Además se explico aspectos de la telemedicina cuya característica principal es que por medio de sistemas de comunicación, permite la interacción del médico con el paciente, los cuales están separados geográficamente entre si. Luego se expuso la situación de ese entonces del sector salud. Se realizo una recopilación bibliográfica acerca de modelo de tierra curva, modelo de reflexión, suelo rugoso, difracción de obstáculos, difracción de obstáculos agudos, desvanecimientos, método de la UIT-R530, explicados esos temas teóricos, hacen uso de la teoría a la práctica. La práctica consistió en hacer pruebas de enlaces, concluyendo que las pruebas realizadas experimentalmente fueron

alentadoras. Los autores sugieren realizar un proyecto piloto que mida efectivamente los beneficios. Cabe destacar que este trabajo de graduación solo fue un diseño de la red, la práctica consistió en la medición de las señales y no se realizaron pruebas reales donde las personas interactuaran por medio de la red, no se identificó en ningún momento el uso de Asterisk por medio del protocolo TCP/IP.

En 2008 se encontraron dos trabajos de graduación. El primero [6] propuso un conjunto de guías de laboratorio dividido en dos áreas, la primera es voz sobre IP y la segunda redes inalámbricas. El laboratorio de VoIP tuvo como base el uso de Asterisk y freePBX. FreePBX es la herramienta de configuración de Asterisk. En el tema redes inalámbricas se estudiaron diferentes topologías de red, teniendo como base el uso de equipos con tecnología WIFI. Este trabajo de graduación hizo revisiones, entre los cuales podemos mencionar: VoIP, Asterisk, dialplan, codecs VoIP, Protocolos de VoIP, standard 802.11, IEEE 802.11 b/g, topologías de redes inalámbricas, redes mesh, etc. El laboratorio Voip consistió en el desarrollo de un conjunto de guías basadas en el software de Asterisk. En las guías se detalló el proceso de instalación de Asterisk freePBX y la implementación de un plan de llamadas simulando las necesidades de una pequeña y mediana empresa (PYME). Es importante destacar que estas guías de laboratorio llevan a la práctica los conceptos de VoIP antes mencionados. En las guías se implementó un tema en particular e importante, la posibilidad de configurar Asterisk desde internet; es decir remotamente al servidor Voip. En el laboratorio de redes inalámbricas, se implementó: red WDS (Sistema de distribución inalámbrico), red mesh y las características básicas de un radio enlace, se explicó el proceso de configuración de el router D-Link dir 300 en una red mesh para analizar el comportamiento de la Voip. A nuestro juicio se asume que en este laboratorio se eligió dicho modelo de router por ser económico y de fácil cambio de firmware ya que para implementar esta red se requiere del firmware dd-wrt, el cual es un software de uso libre. Es importante mencionar que una red WDS permite extender una red inalámbrica, haciendo uso de las MAC de los routers utilizados, bajo la topología de una red mesh.

El segundo trabajo de graduación [7], explicó como poner una computadora personal a que funcione como PBX, echando mano exclusivamente solo de software libre. La configuración y administración de ésta PBX se realizó por medio de una herramienta de configuración personalizada, que permitirá realizar cualquier modificación por medio de un navegador web. Se escogió hacerlo así por ser versátil, se acopla a las necesidades de ese proyecto de graduación y es de fácil expansión. La herramienta personalizada funciona gracias a la instalación de herramientas como las que se mencionan a continuación y que se describen brevemente: Debian es el sistema operativo, Asterisk es una aplicación de software de una central telefónica que soporta múltiples protocolos de señalización (SIP, IAX, etc.), Base de datos Mysql el cual es un sistema de datos relacional que almacena una gran variedad de datos (conjunto de tablas), servidor web Tomcat es el encargado de compilar las páginas JSP y convertirlas en servlet, HTML es un conjunto de etiquetas incluidas en archivos de texto que definen la estructura de una página web, XML lenguaje utilizado para hacer referencia a otros lenguajes, Java lenguaje de programación orientada a objetos, Java Server Pages es una tecnología basada en Java que simplifica el proceso de desarrollo de sitios web dinámicos, Script conjunto de instrucciones que facilitan la ejecución

de una tarea, Hibernate motor de persistencia objeto-relacional para el lenguaje java y ANT que es la primera herramienta de gestión para entornos java que facilita la compilación de las clases de java. El documento explicó muy bien como instalar dichas herramientas y luego de instaladas explicó la configuración de Asterisk de una manera didáctica; con un pequeño ejemplo documentado de una aplicación real, el cual consistió en un servidor Asterisk y dos clientes pegados a él. Al final el documento explicó el funcionamiento de la herramienta de configuración personalizada, la cual facilita la administración de una central telefónica VoIP que utilizó Asterisk como PBX, se explicó que esta herramienta se debe de ocupar siempre y cuando el administrador de Asterisk tenga muchos clientes, ya que de lo contrario se tendría que hacer manualmente para cada usuario la configuración de los archivos sip.conf y extensions.conf, donde además se debe cerciorar que no existan usuarios de igual nombre, ese trabajo lo hace esta herramienta facilitando la administración; otra ventaja de esta es que se puede configurar por medio de cualquier navegador web de una computadora que forme parte de la LAN. Cabe destacar que solo se pueden configurar usuarios con protocolo SIP.

En el año 2011 [8] se realizó un estudio de clasificación de usuarios de telefonía, usando la metodología empleada por el OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), relacionando precios del servicio de telefonía y el nivel de ingreso que tienen los hogares. Este estudio permitió tener una idea, de la cantidad de recurso económico que destina la población para adquirir este servicio. Pero, cabe recalcar que esto varía significativamente en cada uno de los departamentos del país. Luego, el trabajo de graduación se centró en el municipio de Berlín, analizando el estado de comunicaciones, este consistió en la descripción de cada uno de los elementos e instituciones que conforman este rubro, tomando en cuenta a los operadores de telefonía fija y celular, operadores de cable e internet, además, muestra el comportamiento de la telefonía fija en la última década. Conociendo la estructura geográfica de Berlín, permitió el estudio de radio propagación de este municipio, dando a conocer los elementos necesarios y lineamientos para implementar la red. Como los resultados fueron aceptables, se dio la tarea de hacer la implementación de la red en el municipio. Pero se hizo necesario estudiar la implementación de la red, para medir la calidad de la voz, esto se logra haciendo estadísticas de perdidas de paquetes, donde se envía el tamaño del paquete de la voz, por varios nodos y de esa manera se establece la calidad de la voz de esta red, al final de este trabajo se toca un tema importante; el económico, ya que sin este no se puede ejecutar ningún proyecto, por esa razón se hizo un estudio económico, el cual permite establecer el costo de operación de la red y así hacer una comparación de precios dado por un proyecto que solo se menciona el cual es el de EUROSOLAR.

### **1.1. CONCLUSION.**

Tomando en cuenta los antecedentes sobre trabajos de graduación hechos en las principales universidades de El Salvador, relacionados con VoIP y Asterisk, notamos que esos trabajos se enfocan en explicar como se construye un servicio de voz IP para una red de datos convencional, la cual puede ser aplicada en una empresa o institución, las principales diferencias que ofrece el trabajo de graduación son:

En primer lugar se habla de telefonía VoIP a través de una red inalámbrica tipo mesh, la cual además tiene la capacidad de conectarse a una red de telefonía pública ya existente.

En segundo lugar se tiene acceso a internet a través de esa misma red. Lo cual hace más importante, ya que brinda acceso a datos y a voz, a través de una misma red sin gastar en una red paralela.

Para desarrollar todo lo anterior se aplicaran los conceptos ya desarrollados en los trabajos anteriores ya expuestos y se aplicara bajo el estándar IEEE 802.11 b/g en Juayúa y sus alrededores, esta será una red mesh con la capacidad de transportar Voz y datos, cosa que por el momento no se ha hecho en el país y universidades según la revisión bibliográfica, además se pretende pegar esta red mesh a una PBX Asterisk, que nos permitirá dar salida a una PSTN. La ventaja que tiene esto es que por ser inalámbrico, es atractivo para las empresas que se dedican a este sector, ya que en El Salvador se da la situación del robo del cobre, para ser revendido y las empresas tienen cuantiosas pérdidas por esta situación.

Cada nodo de la red mesh es básicamente un router inalámbrico, el cual tiene un puerto ATA (adaptador de *teléfono* analógico) que por medio del conector rj11 se puede conectar los teléfonos analógicos, para brindar telefonía, sin necesidad de un softphone, por ende, no requiere de PC; pero si lo que se requiere es internet se puede conectar otro router a este nodo y brindar internet inalámbrico a una o varias PC.

La implementación de una red de este tipo es motivada por la búsqueda de alternativas económicas, que beneficie a poblaciones que no cuentan con telefonía y no tienen acceso a internet.

Esta red mesh es de bajo costo, ya que no se requiere de equipo de alto costo como lo requieren las redes celulares, ni tampoco se necesita gastar en líneas de cobre o fibra óptica, como en la telefonía pública

## **Capítulo 2 : DISEÑO DE LA RED Y CONFIGURACIONES.**

En el presente capítulo se explicaran las consideraciones necesarias de una red mesh capaz de transportar voz y datos en cada uno de los nodos que la integran. Para esto es necesario especificar el equipo, el software y las configuraciones mínimas para que la red funcione correctamente. Basándonos en una red de prueba montada en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, ya que esto permite identificar problemas y soluciones antes de hacer pruebas de campo.

### **2.1. DISEÑO DE RED.**

El diseño de la red de prueba está limitado por el equipo con el cual se cuenta y las características que este debe poseer, los nodos deben poder trabajar en modo ad hoc, y ser capaces de soportar el enrutamiento BATMAN, para poder implementar la topología mostrada en las figuras 2.1 y 2.2, se necesitan varios nodos, un Gateway conectado a internet, varios clientes, algunos servidores y además una central PBX capaz de conectar la red de VoIP con la PSTN local.

En primer lugar se necesita crear una red inalámbrica formada por todos los nodos y supernodos que son la base de la malla, para esta red inalámbrica se utilizara la red 10.130.1.0 con máscara de subred 255.255.255.0 esto nos permitirá contar con un máximo de 254 nodos comprendidos desde la IP 10.130.1.1 hasta la IP 10.130.1.254, esta red tomará la interfaz de ath0 (WIFI) de los equipos para comunicarse entre sí. La segunda red con la cual debe contar es una red tipo LAN que conecte al supernodo con un Gateway (router) el cual le dará salida hacia internet a la red 10.130.1.0/24, por lo general esta red es la 192.168.1.0 con máscara de red 255.255.255.0 y usa la interfaz eth0, pero se agregara un alias a la red usando la interfaz eth0:1 y la red 10.30.1.0 con máscara de subred 255.255.255.0, Ambas redes son la misma LAN física, pero esto se hace porque no es conveniente configurar BATMAN para usar un rango muy común de redes como lo es la 192.168.1.0/24, ya que podría causar confusión al enrutar paquetes. Esta idea surge del diagrama de red que usa de literatura [18]. El diseño de estas redes, es para implementar un "Flat Network", en la cual todas las estaciones puede comunicarse con otras sin necesidad de usar dispositivos de hardware como los router, se necesitan subredes conectadas a la LAN para tener un rango único de IP en la red 10.0.0.0/8, de esta forma se usa la red 10.30.1.0/24 para la LAN conectada al Mesh Potato 10.130.1.1, y la red 10.30.8.0/24 para la red LAN conectada al Mesh Potato 10.130.1.8. BATMAN usa políticas de enrutamiento, por eso las rutas para BATMAN no se muestran en la tabla de enrutamiento normal de los Mesh Potato. El resultado de todas estas redes interconectadas permiten que la red mesh funcione brindando voz y datos dentro de la red, gracias al enrutamiento BATMAN, como se muestra en la figura 2.2, se ha utilizado el router NS2 como supernodo, gracias a las ventajas que ofrece en cuanto a cobertura, pero se pudo haber utilizado un router Bullet2 agregando una antena omnidireccional para aumentar la cobertura. Hay que recordar que estos dos tipos de router (NS2 y Bullet2) no poseen un ATA incorporado y que su función principal es de servir como puerta de enlace a internet para nuestra red mesh o pueden ser utilizados como repetidores para mejorar la cobertura de la red mesh.

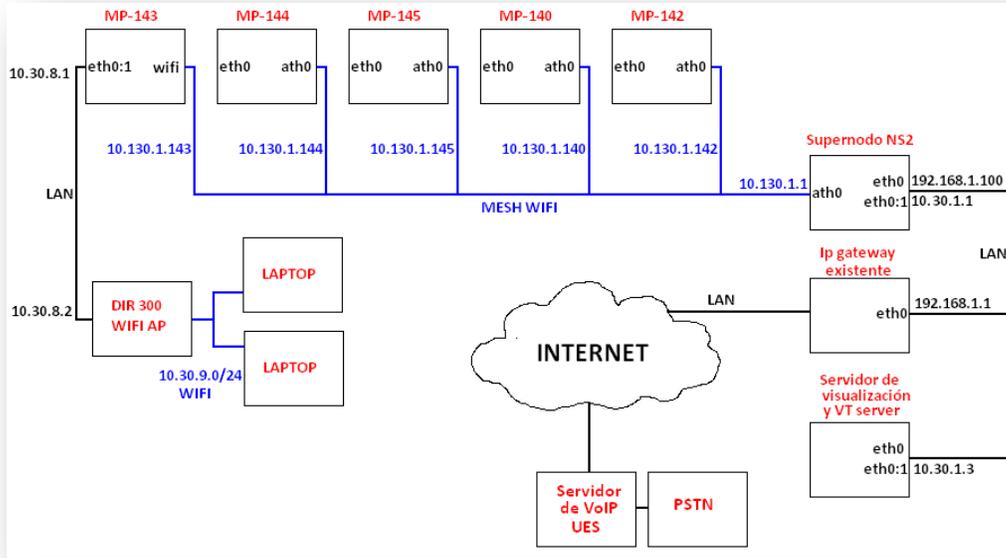


Figura 2.1 : Diseño de la red mesh.

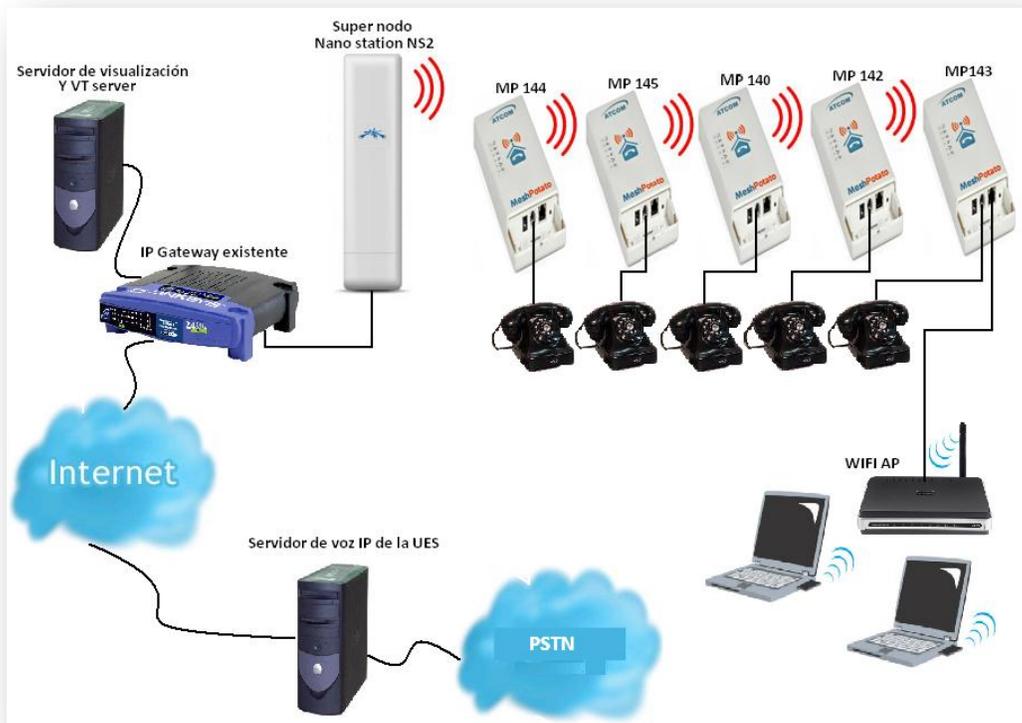


Figura 2.2 : Diseño pictórico de la red mesh.

## 2.2. EQUIPOS UTILIZADOS.

El MP01 [9] se muestra en la figura 2.3. Es un router WiFi mesh, el cual cuenta con un ATA VoIP, funciona en la banda ISM de 2,4 GHz sin licencia, posee un hardware de diseño abierto y un firmware de código abierto. Ha sido usado para construir sistemas inalámbricos de comunicación VoIP y como backhaul (conexión de redes, utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas) para interconectar teléfonos y host LAN/WAN por medio de computadoras conectadas a su puerto Ethernet. Proporciona servicios de voz y servicios de datos. El diseño de éste permite que se pueda instalar al aire libre.



Figura 2.3 : Fotografía del router MP01.

El NS2 [10] se muestra en la figura 2.4. Es un router WiFi, que funciona en la banda ISM de 2,4 GHz, es muy similar al MP01 pero este no posee el puerto Rj11 para conectar teléfono, la característica más importante es que posee un sistema combinado de 4 antenas para que la señal tenga alta ganancia, esto le brinda la ventaja de tener un mayor alcance que los MP01. En sistemas inalámbricos de comunicación se ocupa como repetidor o supernodo. Nota: Para que el router NS2 ubiquiti pueda ser utilizado como supernodo en una red mesh con rotures MP01, es necesario cambiarle el firmware de fábrica, esto se explicara más adelante.



Figura 2.4: Fotografía del router NS2.

El router Bullet2 [19] se muestra en la figura 2.5. Al igual que el NS2 es fabricado por Ubiquiti Networks, y funciona en la banda ISM de 2.4 GHz Su diseño es compacto pero tiene un buen alcance cuando se integra con una antena Direccional u omnidireccional, se utiliza mucho en enlaces punto a punto.



Figura 2.5: Fotografía del router BULLET 2.

Las principales especificaciones técnicas de los routers utilizados en este trabajo de graduación se muestran en la tabla 2.1:

	MP01		NS2		Bullet2		DIR 300	
Microprocesador	Atheros	AR2317,	Atheros	AR2315,	Atheros MIPS	4KC,	Atheros	AR2317
	180MHz		180MHz		180MHz		182MHz	
Flash	8MB		4MB		4MB		4MB	
RAM	16MB		16MB		16MB		16MB	
Interfaces	Rj45, Rj11		Rj45		Rj45		5x RJ45 (1x WAN ,	4x LAN)
Alimentación	24VDC, 300Ma		12VDC, 1A		12VDC, 1A		5VDC, 1.2A	
Firmware	OpenWrt	Kamikaze,	Airos (Se	puede	Airos (Se	puede	(Se puede cambiar	de firmware)
	asterisk,	BATMAND,	cambiar	de	cambiar	de	de firmware)	
	LINUX Kernel		firmware)		firmware)			
Potencia de Transmisión	17 dBm a 54Mbps		22 dBm a 54Mbps		15 dBm a 54Mbps		15dBm +/- 2 dBm	
Wireless	IEEE	802.11b/g,	IEEE	802.11b/g,	IEEE	802.11b/g,	IEEE	802.11b/g,
	2,4GHz		2,4GHz		2,4GHz		802.3, 802.3u	

Tabla 2.1 : Principales especificaciones técnicas de los routers utilizados.

En la tabla 2.1, está incluida la información del router D-link DIR300 [20] ya que puede ser configurado como repetidor, para robustecer la red y la configuración se incluye en el anexo A y B.

### 2.3. CONFIGURACION DE EQUIPO Y SOFTWARE.

A continuación se explican los pasos a seguir para que el equipo funcione según el diseño de la red. Se deben configurar los MP01, el NS2, los servidores y las computadoras que forman la red mesh.

### 2.3.1. CONFIGURACION DEL SUPER NODO

Un supernodo es un punto estratégico de la red, el cual se utiliza como servidor de visualización, servidor de nombres y enlaza la red mesh con otras redes. El diseño de esta red utiliza un router Ubiquiti NanoStation 2 como supernodo, debido a las características que este posee (sección 2.1). En general, las funciones del supernodo son:

- Gateway de la red mesh a la red 192.168.1.x, y por lo tanto sirve de puerta de acceso a internet.
- Gateway de la red mesh a la red 10.30.1.x,
- Es el servidor de nombres de la red mesh.
- Ejecuta el servidor de visualización de B. A. T. M. A. N. D.

Para poder integrar el router NS2 a la red mesh junto con los routers MP's, es necesario cambiar el firmware de fábrica por el firmware OpenWrt [12], y además instalar el software B.A.T.M.A.N.D. y el servidor de visualización VIS, los cuales nos sirven para enrutar y visualizar respectivamente los otros nodos de la red.

Los siguientes tres archivos son necesarios para hacer el cambio de firmware:

- open-mesh-flash
- openwrt-atheros-ubnt2-squashfs.bin
- openwrt-atheros-Linux.lzma

Estos se descargan respectivamente de las siguientes direcciones:

<http://download.villagetelco.org/ns2/open-mesh-flash>

<http://download.villagetelco.org/ns2/openwrt-atheros-vmlinux.lzma>

<http://download.villagetelco.org/ns2/openwrt-atheros-ubnt2-squashfs.bin>

El procedimiento para preparar el NS2 es el siguiente:

- Mantener el botón de reset presionado, mientras se energiza el NS2 y esperar hasta que las luces led hagan barrido, esto indicara que el NS2 está listo para recibir los archivos con el nuevo firmware.
- Luego en la PC corriendo desde la aplicación Terminal de Ubuntu y ubicado en la carpeta que contiene los archivos, digitar en la línea de comandos la siguiente instrucción:

```
$ sudo ./open-mesh-flash eth0 openwrt-atheros-ubnt2-squashfs.bin openwrt-atheros-vmlinux.lzma
```

Luego esperar a que el NS2 deje de hacer el barrido de luces y este estará listo.

Hay que tener en cuenta que la nueva dirección IP del NS2 es ahora 192.168.10.20, por lo que en la PC es necesario configurar la tarjeta LAN con la siguiente instrucción:

```
sudo ifconfig eth0 192.168.10.10/24
```



```
root@G1:~# vi /etc/config/network

config 'interface' 'loopback'
  option 'ifname' 'lo'
  option 'proto' 'static'
  option 'ipaddr' '127.0.0.1'
  option 'netmask' '255.0.0.0'

config 'interface' 'lan'
  option 'ifname' 'eth0'
  option 'proto' 'static'
  option 'ipaddr' '192.168.1.100'
  option 'netmask' '255.255.255.0'
  option 'gateway' '192.168.1.1'
  option 'dns' '192.168.1.1'

config alias
  option 'interface' 'lan'
  option 'proto' 'static'
  option 'ipaddr' '10.30.1.1'
  option 'netmask' '255.255.255.0'

config 'interface' 'wifi0'
  option 'ifname' 'ath0'
  option 'proto' 'static'
  option 'ipaddr' '10.130.1.1'
  option 'netmask' '255.255.255.0'
```

De igual forma como se hizo con el archivo anterior, usar el editor de textos **vi** con el archivo Batman ubicado en **/etc/config/Batman** y revisar que todos los parámetros coincidan como se muestra:

```
root@G1:~# vi /etc/config/batmand

config 'batmand' 'general'
  option 'interface' 'ath0'
  option 'hna' '10.30.1.0/24'
  option 'originator_interval' ''
  option 'preferred_gateway' ''
  option 'policy_routing_script' ''
  option 'disable_client_nat' ''
  option 'disable_aggregation' ''
  option 'gateway_class' '5000'
  option 'routing_class' ''
  option 'visualisation_srv' '10.130.1.1'
```

Revisar también que el archivo wireless ubicado en **/etc/config/wireless** este escrito como se muestra:

```
root@G1:~# vi /etc/config/wireless

config 'wifi-device' 'wifi0'
    option 'type' 'atheros'
    option 'channel' '1'

config 'wifi-iface'
    option 'device' 'wifi0'
    option 'encryption' 'none'
    option 'ssid' 'potato'
    option 'mode' 'adhoc'
    option 'bssid' '01:CA:FF:EE:BA:BE'
    option swmerge 1
    option bgscan 0
    option 'network' 'wifi0'
```

Debido a que el Supernodo debe ser capaz de brindar acceso a internet, y actuar como servidor de nombres, es necesario que el archivo dnsmasq (servidor DNS) se inicie cuando se enciende el Supernodo, si no existe el enlace en /etc /init.d /dnsmasq se tiene que crear uno de la siguiente manera:

```
root@G1:~#/etc/rc.d# ln -s ../init.d/dnsmasq S60dnsmasq
```

Luego hay que reiniciar el router con la instrucción **reboot**, esperar un poco y probar ssh desde la PC en el Supernodo así:

```
roman@roman-laptop:~$ ssh root@192.168.1.100
```

En el router, usar la instrucción **ifconfig**, si todo está bien configurado debe visualizarse una pantalla como se muestra:

```
root@G1:~# ifconfig

ath0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:15:6D:A6:6E:FB
          inet addr:10.130.1.1  Bcast:10.130.1.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:54049864 errors:0 dropped:85 overruns:0 frame:0
          TX packets:4177245 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:3569047834 (3.3 GiB)  TX bytes:574004051 (547.4 MiB)

eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:15:6D:E0:6E:FB
          inet addr:192.168.1.100  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:580545 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:272528 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:406619435 (387.7 MiB)  TX bytes:374502504 (357.1 MiB)
          Interrupt:4 Base address:0x1000

eth0:1    Link encap:Ethernet  HWaddr 00:15:6D:E0:6E:FB
          inet addr:10.30.1.1  Bcast:10.31.1.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          Interrupt:4 Base address:0x1000

gate0     Link encap:UNSPEC  HWaddr 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00
          inet addr:169.254.0.0  P-t-P:169.254.0.0  Mask:255.255.255.255
          UP POINTOPOINT RUNNING NOARP MULTICAST  MTU:1471  Metric:1
          RX packets:206 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:5 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:500
          RX bytes:60856 (59.4 KiB)  TX bytes:420 (420.0 B)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:48316 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:48316 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:3672638 (3.5 MiB)  TX bytes:3672638 (3.5 MiB)

wifi0     Link encap:UNSPEC  HWaddr 00-15-6D-A6-6E-FB-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:32718875 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:452913
          TX packets:4177892 errors:3219 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:195
          RX bytes:4042919661 (3.7 GiB)  TX bytes:666069218 (635.2 MiB)
          Interrupt:3 Memory:b0000000-b00ffffc
```

El comando **ps**, sirve para mostrar los procesos que efectúa el router, en el supernodo se debe mostrar Batman, el servidor de visualización vis, y el servidor DNS dnsmasq como se muestra a continuación:

```
root@G1:~# ps
 675 nobody    1276 S    /usr/sbin/dnsmasq -K -D -y -Z -b -E -s lan -S /lan/ -
 694 root       1600 S    batmand -a 10.30.1.0/24 -g 5000 -s 10.130.1.1 ath0
 695 root       1600 S    batmand -a 10.30.1.0/24 -g 5000 -s 10.130.1.1 ath0
 697 root       1600 S    batmand -a 10.30.1.0/24 -g 5000 -s 10.130.1.1 ath0
 698 root       1600 S    batmand -a 10.30.1.0/24 -g 5000 -s 10.130.1.1 ath0
 708 root       1540 S    vis -j ath0
 709 root       1540 S    vis -j ath0
 711 root       1540 S    vis -j ath0
 712 root       1540 S    vis -j ath0
```

Una forma de probar que el supernodo funciona bien, es hacer ping a dispositivos de la LAN y la malla de las redes Wi-Fi, así:

```
root@G1:~# ping 192.168.1.1 -c3
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.1: seq=0 ttl=150 time=2.466ms
64 bytes from 192.168.1.1: seq=1 ttl=150 time=1.431ms
64 bytes from 192.168.1.1: seq=2 ttl=150 time=1.455ms

root@G1:~# ping 10.30.8.100 -c3
PING 10.30.8.100 (10.30.8.100): 56 data bytes
64 bytes from 10.30.8.100: seq=0 ttl=63 time=4.664ms
64 bytes from 10.30.8.100: seq=1 ttl=63 time=5.596ms
64 bytes from 10.30.8.100: seq=2 ttl=63 time=3.624ms

root@G1:~# ping 10.130.1.143 -c3
PING 10.130.1.143 (10.130.1.143): 56 data bytes
64 bytes from 10.130.1.143: seq=0 ttl=64 time=3.986ms
64 bytes from 10.130.1.143: seq=1 ttl=64 time=2.526ms
64 bytes from 10.130.1.143: seq=2 ttl=64 time=4.623ms
```

Si otros MP's están activos, el supernodo debe ser capaz de ver sus direcciones IP, usando el comando **Batman -cd1** y también debe hacer ping a direcciones IP en Internet y usar el DNS tal como se muestra:

```
root@G1:~# batmand -cd1
Originator (#/255)      Nexthop [outgoingIF]:  Potential nexthops ...
10.130.1.143          (255)    10.130.1.143 [   ath0]:    10.130.1.143 (255)
10.130.1.144          (254)    10.130.1.144 [   ath0]:    10.130.1.144 (254)
10.130.1.140          (252)    10.130.1.149 [   ath0]:    10.130.1.140 (252)
10.130.1.142          (245)    10.130.1.142 [   ath0]:    10.130.1.142 (245)

root@OpenWrt:~# ping 8.8.8.8 -c 5
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8): 56 data bytes
64 bytes from 8.8.8.8: seq=0 ttl=241 time=222.475 ms
64 bytes from 8.8.8.8: seq=1 ttl=241 time=226.580 ms
64 bytes from 8.8.8.8: seq=2 ttl=241 time=225.057 ms
64 bytes from 8.8.8.8: seq=3 ttl=241 time=223.272 ms
64 bytes from 8.8.8.8: seq=4 ttl=241 time=224.434 ms

root@OpenWrt:~# ping google.com -c 5
PING google.com (150.101.98.211): 56 data bytes
64 bytes from 150.101.98.211: seq=0 ttl=61 time=24.163 ms
64 bytes from 150.101.98.211: seq=1 ttl=61 time=24.952 ms
64 bytes from 150.101.98.211: seq=2 ttl=61 time=25.809 ms
64 bytes from 150.101.98.211: seq=3 ttl=61 time=27.851 ms
64 bytes from 150.101.98.211: seq=4 ttl=61 time=25.165 ms
```

### 2.3.2. CONFIGURACION DE UN NODO

#### 2.3.2.1. CONFIGURACION DE CADA NODO COMO UN AP WIFI.

A continuación se explicarán las configuraciones necesarias que permiten que cualquier computadora pueda conectarse a la red mesh, tengan acceso a internet y conexión a cualquier otra máquina de la red.

Para que una laptop se conecte a la red mesh, se utiliza un router D-Link modelo DIR 300 en modo AP con su firmware de fábrica. En los MP01 es necesario ejecutar un servidor DHCP, el cual brindará de forma dinámica las direcciones IP al router D-link que se conecte, y este último brindará de forma dinámica la IP a las computadoras portátiles de forma inalámbrica a través del wifi. Esto se logra gracias a B.A.T.M.A.N.D que se encarga del enrutamiento de tráfico de internet y el tráfico a otras partes de la malla.

Para que el MP01 trabaje como un AP WIFI es necesario configurar los siguientes archivos con el editor de texto **vi**:

- ✓ network
- ✓ wireless
- ✓ Batman
- ✓ udhcpd.conf
- ✓ dhcpd

Tomar en cuenta que para entrar al MP01 se debe hacer una sesión ssh, por ejemplo, desde la terminal de Linux digitar: **ssh root@10.130.1.143**.

Revisar con el editor de textos **vi** que el archivo network ubicado en **/etc/config/network** este escrito como lo muestra la siguiente figura:

```
root@MP-143:~# vi /etc/config/network
config 'interface' 'loopback'
    option 'ifname' 'lo'
    option 'proto' 'static'
    option 'ipaddr' '127.0.0.1'
    option 'netmask' '255.0.0.0'

config 'interface' 'lan'
    option 'ifname' 'eth0'
    option 'proto' 'static'
    option 'netmask' '255.255.255.0'
    option 'ipaddr' '192.168.1.20'
    option 'gateway' '192.168.1.20'
    option 'dns' '10.130.1.1'

config alias
    option 'interface' 'lan'
    option 'proto' 'static'
    option 'ipaddr' '10.30.8.1'
    option 'netmask' '255.255.255.0'

config 'interface' 'wifi0'
    option 'ifname' 'ath0'
    option 'proto' 'static'
    option 'netmask' '255.255.255.0'
    option 'ipaddr' '10.130.1.43'
```

Repetir el proceso anterior, con el editor de textos **vi** para revisar que el archivo wireless ubicado en **/etc/config/wireless** este escrito así:

```
root@MP-143:~# vi /etc/config/wireless
config wifi-device wifi0
    option type atheros
    option channel 1

config wifi-iface
    option device wifi0
    option mode "ahdemo"
    option ssid "potato"
    option bssid 01:CA:FF:EE:BA:BE
    option swmerge 1
    option bgscan 0

# Set distance for wireless long-shots in meters.
# option distance 5500

# Broad- and multicast rate may be set here. Using default 1Mbit.
# option mcast_rate 5500

# 17dBm transmit power is the maximum
option txpower 17

# Don't use if you don't know what you are doing.
option bursting 0
option turbo 0
```

También cerciorarse con el editor de textos vi que el archivo Batman ubicado en **/etc/config/Batman** este escrito así:

```
root@MP-143:~# vi /etc/config/batmand
config batmand general
    option interface                ath0
    option announce                 10.30.8.0/24
    option gateway_class
    option originator_interval
    option preferred_gateway
    option routing_class            1
    option visualisation_srv        10.130.1.1
    option policy_routing_script
```

El servidor DHCP es configurado por el archivo **udhcpd.conf**, por lo tanto es necesario crear con el editor de textos vi un archivo **udhcpd.conf** ubicado en **/etc/udhcpd.conf** con el siguiente contenido:

```
root@MP-143:~# vi /etc/udhcpd.conf
max_leases 100
start 10.30.8.100
end 10.30.8.199
interface eth0
lease_file /tmp/udhcpd.leases
domain lan
pidfile /tmp/udhcpd.pid
option dns 10.130.1.1
option subnet 255.255.255.0
option router 10.30.8.1
lease 7200
```

Para activar el servicio DHCP el archivo **/etc/init.d/dhcpd** debe de ser añadido así:

```
root@MP-143:~# vi /etc/init.d/dhcpd
#!/bin/sh /etc/rc.common
# Copyright (C) 2008 OpenWrt.org

START=97
start() {
    [ -f /etc/udhcpd.conf ] && udhcpd
}
```

También se debe digitar un enlace simbólico para iniciar el servidor DHCP durante el arranque, luego reiniciar, esto se logra así:

```
root@MP-143:~# cd /etc/rc.d
root@MP-143:~# /etc/rc.d# ln -s ../init.d/dhcpd S95dhcpd
root@MP-143:~#/etc/rc.d# chmod 755 ../init.d/dhcpd
root@MP-143:~# reboot
```

Después de reiniciar es importante digitar un ps para observar los siguientes procesos que se visualicen así:

```
root@MP-143:~# /etc/rc.d# ps x
 563 root      1584 S      batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 564 root      1584 S      batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 565 root      1584 S      batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 569 root      1968 S      udhcpd
```

Y la prueba final desde el MP01 configurado como AP es:

```
root@MP-143:~# ping 10.130.1.1 -c3
PING 10.130.1.1 (10.130.1.1): 56 data bytes
64 bytes from 10.130.1.1: seq=0 ttl=64 time=8.902ms
64 bytes from 10.130.1.1: seq=1 ttl=64 time=2.639ms
64 bytes from 10.130.1.1: seq=2 ttl=64 time=2.507ms

root@MP-143:~# ping 8.8.8.8 -c3
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8): 56 data bytes
64 bytes from 8.8.8.8: seq=0 ttl=38 time=67.523ms
64 bytes from 8.8.8.8: seq=1 ttl=38 time=70.483ms
64 bytes from 8.8.8.8: seq=2 ttl=38 time=66.220ms

root@MP-143:~# ping google.com -c3
PING www.google.com (74.125.229.84): 56 data bytes
64 bytes from 74.125.229.84: seq=0 ttl=40 time=52.969ms
64 bytes from 74.125.229.84: seq=1 ttl=40 time=53.108ms
64 bytes from 74.125.229.84: seq=2 ttl=40 time=51.455ms
```

Donde el ping 10.130.1.1 prueba conectividad entre el MP01 y el super nodo. El ping 8.8.8.8 es una prueba de conectividad de una direccion cualquiera de internet. Y el ping google.com prueba la conectividad del servidor de nombres DNS.

### **2.3.2.2. INCORPORANDO LA RED MESH A LA RED VoIP DE LA UES.**

El MP01 utiliza el protocolo SIP para hacer llamadas telefónicas; dentro de la misma red mesh se pueden hacer llamadas con solo marcar la extensión del MP01, la cual viene dada por los ultimos tres numeros de la dirección IP asignada al router, por ejemplo, si el MP01 tiene la dirección IP 10.130.1.140, la extensión que se tiene que marcar para llamar es la 140; pero, además de hacer llamadas dentro de la misma red mesh, también se pueden configurar para ser parte de un servidor de VoIP que utilice Asterisk, y de esta forma poder hacer llamadas inclusive a la red publica de telefonía (PSTN).

La incorporación de un MP01 a una red de VoIP que utilice un servidor Asterisk, requiere que el administrador de la red de VoIP nos asigne un número de extensión, una clave y la IP pública del servidor de VoIP, contando con estos elementos, se puede proceder a configurar el MP01 de la siguiente manera.

Los pasos [13] para configurar un MP01, como extensión son los siguientes:

**Observación:** La palabra número se utilizará como comodín, por lo tanto donde esté esa palabra sustituirla por el número de extensión que brinde el administrador de VoIP. En el MP01 editar con el editor de textos **vi**, el archivo cuyo nombre es **sip.conf**, éste se encuentra en **/etc/asterisk/sip.conf**

1. Al final del contexto [general] digitar: **register = número@número/número**. En la figura se muestra la posición en la que debe ir la línea de texto a ingresar, éste está resaltado en negritas cursiva.

```
root@MP-143:~# vi /etc/asterisk/sip.conf
;SIP Configuration example for Asterisk
[general]
context=default
allowguest=no                ;Allow or reject guest calls (default is yes)
allowoverlap=no
bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
srvlookup=no
register = numero@numero/numero
```

2. Al final del archivo sip.conf digitar el contexto que está negrita. La ip pública del servidor de VoIP, la clave que brinda el administrador de VoIP y el numero deben ser digitados según se muestra en las líneas que están en negrita y cursiva:

```
root@MP-143:~# vi /etc/asterisk/sip.conf

[numero]
host=ip_publica_del_servidor_de_VoIP
secret=clave_que_brinda_el_administrador_deL_servidor_de_VoIP
username=numero
fromuser=numero
insecure=port,invite
type=friend
disallow=all
allow=gsm,ulaw,alaw
dtmfmod=rfc2833
qualify=yes
canreinvite=no
nat=yes
context=default
```

3. Se debe configurar el dialplan, el cual es el plan de llamadas, para ello se debe configurar el archivo extensions.conf, este está ubicado en **/etc/asterisk/extensions.conf**. Se debe añadir las dos líneas de texto que están en negritas, note que debe buscar el contexto [default] y bajo este escribir dichas líneas. La particularidad de esto, es que la línea correspondiente a la llamadas salientes; posee cuatro equis (\_XXXX), esto se debe a que la extensión proporcionada por el administrador de VoIP, es de cuatro dígitos.

```
root@MP-143:~# vi /etc/asterisk/extensions.conf

[default]
exten => _XXXX,1,Dial(SIP/numero/${EXTEN}); para llamadas salientes
exten => numero,1,Dial(MP/1,80) ; para llamadas entrantes
exten => 4000,1,Dial(MP/1)
exten => 4001,1,Answer
exten => 4001,2,Echo
exten => 4002,1,Dial(SIP/sipguest)
;exten => _XX,1,Dial(SIP/4000@10.130.1.${EXTEN})
```

4. Como los archivos sip.conf y extensions.conf han sido modificados es necesario recargarlos, para ello se debe de acceder al asterisk del MP01, con la opción '**asterisk -r**'. Luego digitar **sip reload y dialplan reload**. Para verificar si nuestra extensión la reconoce la ip pública del servidor verificar que status este ok. Lo anterior descrito se muestra a continuación y lo más importante que se debe de observar está en negritas.

```
root@MP-143:~# asterisk -r
Asterisk 1.4.11, Copyright (C) 1999 - 2007 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses, you are welcome to redistribute it under
Certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 1.4.11 currently running on MP-143 (pid=515)
MP-143*CLI> sip reload
MP-143*CLI> dialplan reload
MP-143*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat  ACL  Port      Status
2110/2110         168.243.7.190      N          5060    OK(18ms)
Sipguest           (Unspecified)      D          0       0          Unmonitored
6001               (Unspecified)      D          0       0          Unmonitored
3 Sip peers [Monitored: 1 online, 0 offline Unmonitored: 0 online, 2 offline]
MP-143*CLI>
```

Para el caso el administrador del servidor de VoIP asignó una extensión que tiene salida y entrada a la PSTN, para dar de alta a ésta extensión se realizan los mismos pasos antes explicados, la diferencia es en el paso tres, en éste se debe de introducir dos líneas más, las cuales son:

```
exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/número/${EXTEN}) ; para llamadas salientes
exten=>número_de_8_dígitos_asignado_por_el_administrador,1,Dial(MP/1,80); para llamadas entrantes
```

Lo explicado se encuentra en negritas y se resume así:

```
root@MP-143:~# vi /etc/asterisk/extensions.conf

[default]
exten => _XXXX,1,Dial(SIP/numero/${EXTEN}) ; para llamadas salientes
exten => numero,1,Dial(MP/1,80) ; para llamadas entrantes
exten => _2XXXXXXX,1,Dial(SIP/número/${EXTEN}) ; para llamadas salientes
exten => 25112110,1,Dial(MP/1,80) ; para llamadas entrantes
exten => 4000,1,Dial(MP/1)
exten => 4001,1,Answer
exten => 4001,2,Echo
exten => 4002,1,Dial(SIP/sipguest)
;exten => _XX,1,Dial(SIP/4000@10.130.1.${EXTEN})
```

### 2.3.3. CONFIGURACION DEL SERVIDOR ASTERISK

Para el caso se utilizó una centralita IP04 [16, 17] la cual es fabricada por ATCOM, en la cual corre Asterisk, para mayor información remítase a la tesis denominada *“Implementación de una herramienta de facturación de llamadas telefónicas inalámbricas”* hecha por William Guandique de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador.

1. Conectar la PBX IP04 al IP Gateway existente y hacer telnet hacia la IP04, el número de la IP depende del número que tenga configurada la centralita, luego configurar una interfaz alias eth0 y la ruta mediante la modificación de **/etc/inet.d/network-static**, el archivo debe presentar el siguiente aspecto.

```
#!/bin/sh
# Start up file for network with static IP.

IF=eth0
IPADDRESS="192.168.1.216"
NETMASK="255.255.255.0"
GATEWAY="192.168.1.1"
DNS="192.168.1.1"

case $1 in
  start) ifconfig $IF $IPADDRESS netmask $NETMASK up;
         route add default gw $GATEWAY;
         ifconfig eth0:1 10.30.1.4 netmask 255.255.255.0;
         route add -net 10.130.1.0/24 gw 10.30.1.1;
         echo "nameserver $DNS" > /etc/resolv.conf;;
  stop) ifconfig $IF down;;
  enable) rm -f /etc/rc.d/S10network-static;
         ln -s /etc/init.d/network-static /etc/rc.d/S10network-static;;
  disable) rm -f /etc/rc.d/S10network-static;;
  *) cat <<EOF;;
Syntax: /etc/init.d/network-static [command]

Available commands:
  start  Start the service
  stop   Stop the service
  enable Enable service autostart
  disable Disable service autostart

EOF
esac
```

Se deberá ser cauteloso en modificar el archivo, ya que cualquier error al introducir las comas y puntos se romperá la interfaz Ethernet de la IP04, si esto ocurre tendrá que utilizar el cable serie para corregir el problema.

2. Reinicie la IP04 y consulte con ifconfig y route-n, se debe mostrar lo siguiente:

```
root:~> ifconfig

eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:09:45:56:1E:DD
          inet addr:192.168.1.216  Bcast:192.168.1.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:3953301 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:2882733 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          Interrupt:48

eth0:1    Link encap:Ethernet  HWaddr 00:09:45:56:1E:DD
          inet addr:10.30.1.4  Bcast:10.30.1.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          Interrupt:48

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Metric:1
          RX packets:8176 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:8176 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0

root:~> route -n

Kernel IP routing table
Destination    Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.30.1.0      0.0.0.0        255.255.255.0  U     0      0      0 eth0
10.130.1.0     10.30.1.1      255.255.255.0  UG    0      0      0 eth0
192.168.1.0    0.0.0.0        255.255.255.0  U     0      0      0 eth0
0.0.0.0        192.168.1.22   0.0.0.0        UG    0      0      0 eth0
```

Lo más importante de esto es que debe mostrar la interfaz eth0:1 con la ip configurada 10.30.1.4 y se muestra en negritas.

3. Comprobar que se puede hacer ping a los nodos que están en la malla.

```
root:~> ping 10.30.1.1
root:~> ping 10.130.1.1
root:~> ping 10.130.1.123
```

4. Hacer sesión Telnet/ssh en 10.130.1.123 el cual representa la IP de un MP01 y comprobar que puede hacer ping a la IP04:

```
root@OpenWrt:~# ping 10.30.1.4
```

Suponemos que el Supernodo tiene la IP número 10.130.1.1 y que existe un MP01 con IP 10.130.1.123.

5. Agregar en el dial plan de la IP04 en /etc/asterisk/extension.conf para llamar a un MP01 con IP 10.130.1.123:

```
[default]
exten => 4000,1,Dial(SIP/10.130.1.123/4000)
```

6. En la línea de comandos de la IP04 inicie el CLI de Asterisk y recargue el dialplan:

```
root:~> asterisk -r
ip04*CLI> dialplan reload
```

Ahora trate de establecer una llamada desde la IP04 con la extensión 4000, la llamada debe tener como destino el MP01 con IP 10.130.1.123.

Para establecer una llamada en la cual el origen sea el MP01 y destino sea la IP04, añadir en el

```
exten => x,1,Dial(SIP/10.30.1.4/6004)
```

archivo del mp01 /etc/asterisk/extensions.conf al final del contexto default la siguiente línea:

Donde x será el número de extensión que tendrá la IP04 elegida por el administrador.

#### **2.3.4. CONFIGURACION DE DILIMESH MAPPING APPLICATION**

DiliMesh Mapping Application es una aplicación de Google Maps la cual fue desarrollada para administrar y depurar los enlaces de una red Mesh; en esta se muestran las posiciones de los nodos en la red, el porcentaje de pérdidas de paquetes y la calidad de la señal entre cada enlace.

Para que esta aplicación funcione correctamente [14], es necesario tener los siguientes elementos:

- Un servidor Web, en Ubuntu 11.04 se utiliza el servidor Apache.
- Para Ubuntu 11.04 se necesita tener instalados los paquetes netcat y fping. Si no están instalados se puede hacer con la instrucción apt-get install así como se muestra en la figura.
- Una red tipo Mesh utilizando enrutamiento B.A.T.M.A.N.D., con la aplicación vis server en uno de los nodos.
- Crear un enrutamiento entre la PC con el servidor web y la red Mesh. Utilizar el siguiente script y colocarlo en **/etc/network/if-up.d/potato**:

```
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos# cat /etc/network/if-up.d/potato
#!/bin/sh
# Add interface and routes to connect to potato mesh network

ifconfig eth0 10.30.1.5 netmask 255.255.255.0
route add -net 10.130.1.0/24 gw 10.30.1.1

root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos#
```

```
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos# apt-get install fping
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo información de estado... Hecho
fping ya está instalado en su versión más reciente.
0 actualizados, 0 se instalarán, 0 para eliminar y 3 no actualizados.
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos# apt-get install netcat
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo información de estado... Hecho
Se instalarán los siguientes paquetes extras:
netcat-traditional
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
Netcat netcat-traditional
0 actualizados, 2 se instalarán, 0 para eliminar y 3 no actualizados.
Necesito descargar 74.6kB de archivos.
Se utilizarán 287kB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar [S/n]? S
Des:1 http://sv.archive.ubuntu.com/ubuntu/maverick/universe netcat-traditional-i386\_1.10-38
[68.4kB]
Des:2 http://sv.archive.ubuntu.com/ubuntu/maverick/universe netcat\_1.10-38 [6178B]
Descargados 74.6kB en 4s (16.4kB/s)
Seleccionando el paquete netcat-traditional previamente no seleccionado
(Leyendo la base de datos ... 00%
127745 ficheros y directorios instalados actualmente)
Desempaquetando netcat-traditional (de ../netcat-traditional_1.10-38_i386.deb)
Seleccionando el paquete netcat previamente no seleccionado
Desempaquetando netcat (de ../netcat-traditional_1.10-38_i386.deb) ...
Procesando disparadores de man-db
Configurando netcat-traditional (1.10-38)
Configurando netcat (1.10-38)
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos#
```

- Los pasos para instalar la aplicación en la computadora que funciona como servidor son los siguientes:

```
$ svn co https://freetel.svn.sourceforge.net/svnroot/freetel/dilimesh
```

```
$ cd dilimesh
```

```
$ sudo mkdir /var/www/dilimesh
```

```
$ sudo chmod 777 /var/www/dilimesh
```

```
$ cp dilimesh/* /var/www/dilimesh
```

```
$ sudo cp cgi-bin/* /usr/lib/cgi-bin
```

```
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos# svn co
https://freetel.svn.sourceforge.net/svnroot/freetel/dilimesh
A      dilimesh/scripts
A      dilimesh/scripts/S99sigstr
A      dilimesh/cgi-bin
A      dilimesh/cgi-bin/addnode.cgi
A      dilimesh/cgi-bin/getvis.cgi
A      dilimesh/cgi-bin/detsig.cgi
A      dilimesh/cgi-bin/getnodes.cgi
A      dilimesh/cgi-bin/delnode.cgi
A      dilimesh/cgi-bin/cleardb.cgi
A      dilimesh/cgi-bin/fpingnodes.cgi
A      dilimesh/README.txt
A      dilimesh/dilimesh
A      dilimesh/dilimesh/node_packet_loss.png
A      dilimesh/dilimesh/node_good.png
A      dilimesh/dilimesh/dilimesh.html
A      dilimesh
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos#
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos# cd dilimesh
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos/dilimesh# mkdir /var/www/dilimesh
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos/dilimesh# chmod 777 /var/www/dilimesh/
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos/dilimesh# cp dilimesh/* /var/www/dilimesh/
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos/dilimesh# cp cgi-bin/* /usr/lib/cgi-bin/
root@carlos-Optiplex-780:/home/carlos/dilimesh#
```

- En el Supernodo: Configurar vis server para trabajar en la interfaz Wifi y la Ethernet :

```
root@G1:~# cat /etc/config/vis
config vis general
    option 'interface' 'ath0 eth0'
root@G1:~# ps | grep vis
 667 root      1508 S    vis -j ath0 eth0
 668 root      1508 S    vis -j ath0 eth0
 670 root      1508 S    vis -j ath0 eth0
 671 root      1508 S    vis -j ath0 eth0
 726 root      1956 S    grep vis
root@G1:~#
```

- En los Nodos B.A.T.M.A.N.D.: Se configuran los nodos para usar el servidor de visualización:

```
root@MP-142:~# cat /etc/config/batmand
config batmand general
    option interface            ath0
    option announce            10.30.8.0/24
    option gateway_class
    option originator_interval
    option preferred_gateway
    option routing_class      1
    option visualisation_srv  10.130.1.1
    option policy_routing_script
root@MP-142:~# ps | grep batmand
 567 root    1580 S    batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 568 root    1580 S    batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 570 root    1580 S    batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 586 root    1580 S    batmand -a 10.30.8.0/24 -r 1 -s 10.130.1.1 ath0
 636 root    1964 S    grep batmand
root@MP-142:~#
```

- Instalación de daemon de intensidad de la señal:

Copiar los siguientes scripts en cada MP01

```
$ cd dilimesh/script $ scp sigstr.sh root@10.130.1.36:/usr/sbin
```

```
$ scp S99sigstr root@10.130.1.36:/etc/rc.d
```

Luego iniciar el daemon en la maquina remota:

```
$ ssh root@10.130.1.36 '/etc/rc.d/S99sigstr'
```

Verificar que funciona:

```
$ telnet 10.130.1.36 4950
```

- En la barra de direcciones de nuestro navegador escribir: <http://localhost/dilimesh/dilimesh/html> y se levantara la aplicación dilimesh mapping la cual se muestra en la figura 2.6.

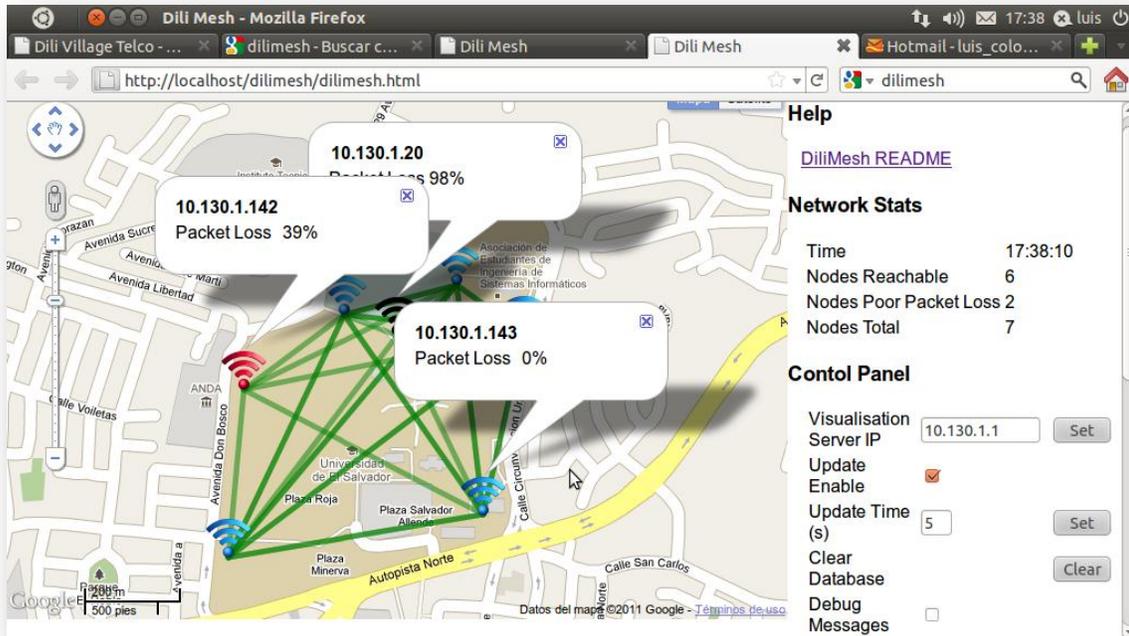


Figura 2.6: Dilimesh Mapping Application funcionando en el browser del servidor de visualización.

- Introducir la dirección de nuestro servidor de visualización en "Visualisation Server IP" para nuestro caso 10.130.1.1
- Dilimesh se encarga de encontrar los nodos automáticamente y luego se pueden mover en el mapa al lugar donde los queremos colocar.
- Al dar un click con el mouse sobre el nodo podemos ver la dirección IP y las pérdidas de paquetes en cada uno de ellos.
- Al dar click sobre los enlaces nos mostrara estadísticas de distancia y el color de los nodos también nos indica lo siguiente:

Azul para perdidas de paquetes menores al 10%

Rojo para perdidas de paquetes entre el 10% y 90%

Negro para perdidas de paquetes arriba del 90%

\* La opción "Update Enable" actualizara las pérdidas de paquetes, los enlaces y la fuerza de las señales.

### 2.3.5. INSTALACION DE VILLAGE TELCO SERVER.

Este paquete contiene todo el software necesario para ejecutar un servidor de facturación [15] (A2billing). Este también incluye un asistente de instalación (wizard) y un servicio de monitoreo / aprovisionamiento (a3glue).

A2billing es un sistema de tarificación para Asterisk, es decir que muestra el importe a cobrar de acuerdo al tiempo de duración y destino de una llamada.

Componentes principales de éste paquete:

- **A2billing village telco:** Basado en la versión 1.7.0 de A2billing. A2biling incorpora una simplificada interfaz gráfica de usuario, un servicio web SOAP y un parche extra para trabajar en Ubuntu 10.04. A2billing está escrito en PHP + smarty e interfaces con Asterisk usando AGI y el IAM.
- **A2billing installation wizard:** La interface wizard con el servicio web SOAP, realiza una instalación completa de A2billing para villaje telco en 5 pasos. El asistente está escrito en PHP+ Cake MVC y la interface a2billing con SOAP.
- **A3glue:** El a3glue es un servicio web que sigue la arquitectura REST y ofrece JSON aprovisionamiento y control de la información a otros componentes de la compañía telefónica pueblo como el panel de control Afrimesh. A3glue está escrito en PHP y las interfaces con el Asterisk con Asterisk AJAM (MXML).

La última versión está siempre disponible en: <http://dev.villagetelco.org/debs/>

Antes de instalar el servidor es necesario instalar o actualizar los siguientes paquetes de la haciendo uso de la línea de comando:

```
apt-get install libapache2-mod-php5 php5 php5-common php5-cli php5-mysql mysql-server  
apache2 php5-gd php5-curl php5-mcrypt php-soap php-pear asterisk
```

La descarga es de alrededor de 150 MB en un ubuntu 8.04. Durante la instalación de mysql se pedira la contraseña del usuario root (Nueva contraseña para MySQL usuario "root"), asegurarse de que no se olvide la contraseña, ya que lo necesitará más adelante. Si sólo desea probar, puede pulsar ENTER como contraseña de root para mysql. Es decir: sin contraseña.

Pidiendo el password para MySQL "root" hasta tres veces es normal en este paso.

Después de haber realizado la instalación de los paquetes anteriores, es necesario descargar la última versión de villagetelco server, verificar eso siempre en <http://dev.villagetelco.org/debs/>.

En la siguiente línea solo los caracteres 0.31-18 son los que cambiaran.

```
cd /var/tmp; wget http://dev.villagetelco.org/debs/villagetelco-server_0.31-18_all.deb  
cd /var/tmp; wget http://dev.villagetelco.org/debs/villagetelco-server_0.31-18_all.deb.md5
```

Después que se descargan los paquetes, se verifica con MD5 que el archivo no este alterado usando el siguiente comando:

```
md5sum / var/tmp/villagetelco-server_0.31-18_all.deb
```

Hasta que nosotros creemos las alternativas de los paquetes asterisk-config, estamos haciendo copias de seguridad de los archivos que sobrescribiremos en /etc/asterisk y /usr/share/asterisk/agi-bin. Esperamos una nueva instalación de apache2. Estamos deshabilitando el sitio Web *predeterminado* y permitiendo un sitio web nuevo *denominado villagetelco* en /etc/apache2/sites-enabled

Si es la primera vez que instala el paquete, se puede responder "N" a la pregunta de abandonar las bases de datos. Si ha instalado una versión anterior responder "y" a la pregunta ¿De verdad quieres abandonar la base de datos 'mya2billing a2b\_wizard a3glue'?

```
cd /var/tmp/; dpkg -i villagetelco-server_0.31-18_all.deb
(Reading database ... 144022 files and directories currently installed.)
Preparing to replace villagetelco-server 0.31-18 (using villagetelco-server_0.31-18_all.deb) ...
Unpacking replacement villagetelco-server ...
Setting up villagetelco-server (0.31-18) ...
Villagetelco post-installation
[general conf] Placing a2billing.conf in /etc
[asterisk additional conf] adding sip, iax additional conf
[asterisk main backup] Asterisk backup of orig sip, iax, http, manager, extensions conf
[asterisk main conf] A2B conf sip, iax, http, manager, extensions conf
[asterisk sounds] extra english sounds for A2B
[asterisk AGI] agi-bin scripts for A2B
[GUI and A2B webservice]
[A2B, wizard and a3glue db init] Creating databases, users and populating schemas
mysql root password:

Dropping mysql databases
Dropping the database is potentially a very bad thing to do.
Any data stored in the database will be destroyed.

Do you really want to drop the 'mya2billing' database [y/N] y
Database "mya2billing" dropped
Dropping the database is potentially a very bad thing to do.
Any data stored in the database will be destroyed.

Do you really want to drop the 'a3glue' database [y/N] y
Database "a3glue" dropped
Dropping the database is potentially a very bad thing to do.
Any data stored in the database will be destroyed.

Do you really want to drop the 'a2b_wizard' database [y/N] y
Database "a2b_wizard" dropped
Creating users and new schemas
[apache2] Creating domain and rewrite rules for services
[misc] changing memory_limit in PHP
[apache2] Enabling villagetelco services
Module rewrite already enabled
Site default already disabled
Site villagetelco already enabled
```

```
[monitoring]
[logging]
[cron jobs] a2glue cache server, currency service
[services] restarting services
* Reloading web server config apache2    [ OK ]
Stopping Asterisk PBX: asterisk.
Starting Asterisk PBX: asterisk.
cron start/running, process 12644
=====
Village Telco Server Installed!!!
Installation is available under /usr/local/villagetelco-server
Backup files of original configurations are available
/etc/asterisk/*.1284810055 /usr/share/asterisk/agi-bin.1284810055

Get started!!!
Create a first A2B installation by running the wizard
http://localhost/wizard

Log into A2B to see your users and vouchers
http://localhost/a2billing

Afrimesh developers have a monitoring client available at
http://localhost/a3glue/a3g_cli.php
=====
```

Luego de hecha la instalación:

- Ejecutar el asistente en un navegador web, así :

<http://localhost/wizard>

Debe iniciar sesión en el asistente con el usuario: root y password: changepassword. Lo primero que debe hacerse es cambiar la contraseña de root.

- Ejecutar A2billing en un navegador web, así :

<http://localhost/a2billing>

- Correr el cliente de asterisk y recargue asterisk para ver todos los SIP peers.

```
asterisk -r
villagetelco804*CLI> sip show peers
villagetelco804*CLI> sip reload
villagetelco804*CLI> sip show peers
```

- Chequear /var/tmp para los registros de a3glue para ver el servidor de caché de trabajo

## 2.4. CONCLUSION

Trabajar con una red de prueba es importante, porque permite anticipar, los problemas que se puedan tener en el campo al hacer una instalación real. Ya que si existen fallos en el campo se pierde tiempo valioso, incluso puede ocasionar que existan desplazamientos innecesarios.

## Capítulo 3 : ESTUDIO DE RADIOPROPAGACION EN LOS MUNICIPIOS DE SALCOATITÁN, JUAYÚA, APANECA Y ATACO.

El siguiente capítulo, contiene los resultados del estudio de radio propagación realizado en los municipios de Salcoatitán, Juayúa, Apaneca y Ataco, usando el software de simulación Radio Mobile [22], y además tomando en cuenta algunas condiciones de dichos lugares que no se pueden obtener con el programa. También se incluye un análisis teórico para la predicción de potencia [23] de los radioenlaces del municipio de Juayúa, con el fin de mostrar los factores a tomar en cuenta cuando se hace un estudio de radio propagación.

El propósito de las simulaciones es diseñar redes tipo mesh, tomando en cuenta las características radioeléctricas de los equipos que se utilizaran, y también las condiciones geográficas de cada uno de estos municipios, y de esa forma poder hacer una predicción del comportamiento de estas redes en condiciones reales de operación, y formar una red extensa con equipos de bajo costo, tomando en cuenta pérdidas adicionales a las de propagación en el espacio libre como lo son las pérdidas por vegetación y por construcciones existentes que no permiten línea vista entre los equipos.

### **3.1. SIMULACIÓN CON RADIO MOBILE**

La herramienta de software Radio Mobile, nos permite hacer simulaciones de radio propagación, las cuales nos ayudan a predecir el comportamiento de los enlaces reales, ya que se comunica con bases de datos en internet que permiten obtener mapas y elevaciones del terreno en el cual se quiere colocar un nodo o enlace de radio, para hacer estos cálculos también es necesario conocer las características de los equipos que se utilizan, el lugar de emplazamiento y el tipo de topología que se usa.

Para realizar las simulaciones es necesario proporcionar los siguientes datos:

- ✚ Propiedades de los sistemas: esto se refiere a las características de transmisión, recepción y pérdidas de los equipos utilizados, como por ejemplo, Potencia de Transmisión, Umbral de recepción, ganancia de la antena y pérdidas de línea.
- ✚ Topología a utilizar: si es una red de voz, datos u otras.
- ✚ Parámetros de Red: aquí se especifican las frecuencias máximas y mínimas a las que puede operar la red que se desea simular.
- ✚ Ubicación de cada uno de los nodos: esto se hace agregando la latitud y la longitud de la unidad en el botón llamado propiedades de las unidades.

La simulación nos permite obtener varios datos del comportamiento de cada enlace, siendo el más importante de ellos, la potencia recibida, esta se calcula mediante la ecuación de balance del enlace:

$$P_R \text{ dBm} = P_T \text{ dBm} + G_T \text{ dB} + G_R \text{ dB} - L_b \text{ dB}$$

Ecuación 3.1

Donde:

$P_R$  = Potencia recibida

$P_T$  = Potencia Nominal del Transmisor

$G_T$  = Ganancia de la antena de transmisión con relación a la antena isotrópica.

$G_R$  = Ganancia de la antena de recepción con relación a la antena isotrópica.

$L_b$  = Pérdidas básicas de propagación.

Radio Mobile proporciona cada uno de estos parámetros, y además toma en cuenta otras pérdidas adicionales como lo son las causadas por las obstrucciones, las pérdidas de línea, y además muestra el estado de los enlaces mediante líneas en color verde cuando hay una buena señal, o una línea verde punteada cuando la señal es débil o no aparece ninguna línea cuando no existe comunicación entre los puntos, todos estos resultados se mostrarán más adelante en tablas que resumen cada uno de estos parámetros y en figuras que muestran el estado de cada enlace.

Cabe mencionar que Radio Mobile no tiene datos sobre construcciones que podrían obstruir la línea vista de los enlaces, ni tampoco posee datos de la vegetación de los lugares, pero los resultados que proporciona, nos pueden ayudar a decidir cómo distribuir nuestros equipos de mejor manera o sobre las especificaciones necesarias para cada instalación.

En la tabla 3.1 se muestran los parámetros más importantes de los sistemas, que se utilizaron en la simulación, cada sistema representa las características de un equipo de transmisión o recepción (router + antena), estos parámetros son la potencia nominal de transmisión de los routers en dBm, el umbral de recepción en dBm, el tipo de antena ya sea que venga incorporada o se incluya una externa, la ganancia de la antena y las pérdidas de línea, estos datos se ingresan en Radio Mobile, en el cuadro "Propiedades de las redes" tal y como se muestra en la figura 3.1.

	<b>NS2 + Omni</b>	<b>Nanostation</b>	<b>Bullet</b>	<b>MP01</b>
<b>Potencia TX [dBm]</b>	24	24	22	20
<b>Umbral RX [dBm]</b>	-83	-83	-72	-70
<b>Tipo de Antena</b>	Omni	Yagi	Omni	Omni
<b>Ganancia de Antena [dBi]</b>	10	10	10	10
<b>Pérdidas de línea [dB]</b>	0.5	0.5	0.5	0.5

Tabla 3.1 : Especificaciones de los sistemas utilizados en Radio Mobile.

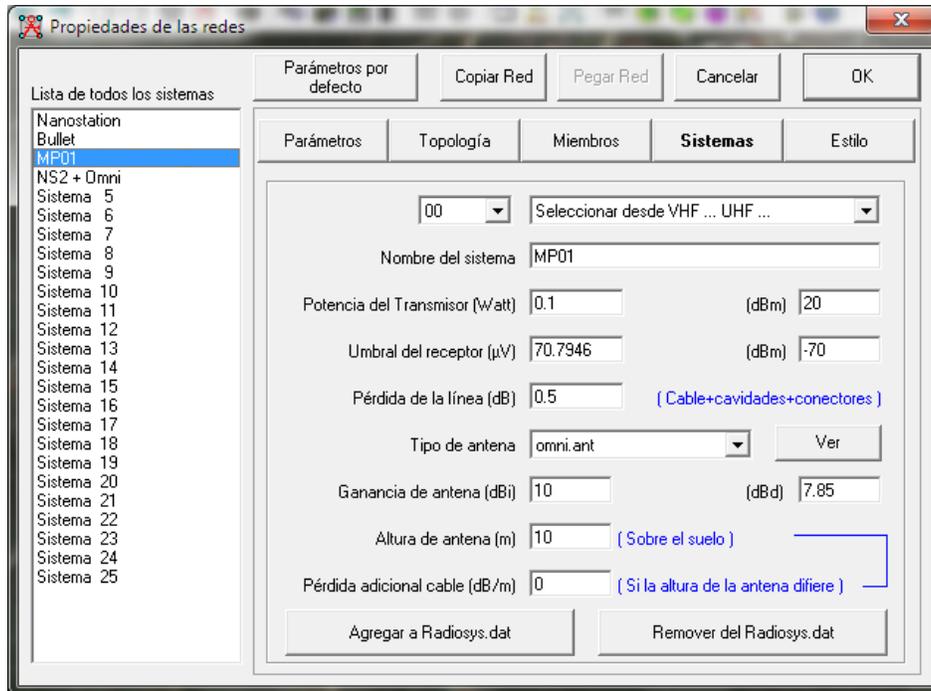


Figura 3.1: Ventana de especificaciones de sistemas de Radio Mobile

Respecto a la topología que se usa para la simulación, Radio Mobile presenta tres alternativas, pero la que mejor representa un red mesh es la de Red de voz (Control / subordinado / repetidor) ya que es la que se parece a la topología de malla, y los parámetros de cada Red son los mismos, la frecuencia mínima a la que operan es 2400 MHz y la frecuencia máxima es de 2483.5 MHz.

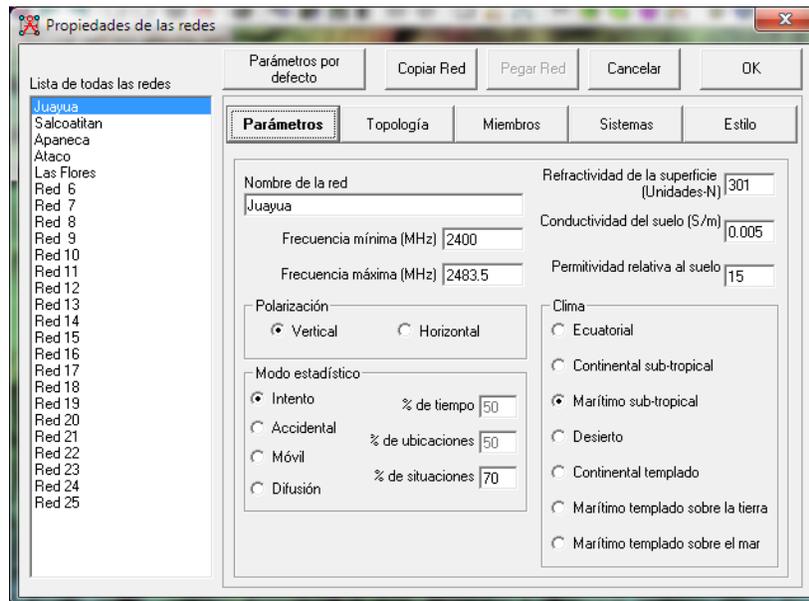


Figura 3.2: Parámetros generales de las redes utilizadas en Radio Mobile.

A continuación se muestra la tabla 3.2 con las ubicaciones de las unidades y su identificador, estas se ingresan luego en Radio Mobile, para que este ubique la unidad en el mapa y obtenga los datos topográficos que nos ayudaran a establecer los enlaces.

Después de ingresar las ubicaciones de las unidades, se especifica el tipo de sistema que ocupara cada uno y también a que red pertenecen, en esta simulación existen 4 redes, una para cada municipio llamadas: Juayúa, Salcoatitán, Apaneca y Ataco. Como podemos observar cada red consta de tres routers Mesh Potato 01, un router Nanostation y un router Bullet2, estos últimos para mejorar la cobertura y para enlazar las redes.

No.	Nombre de Unidad	Identificador	Latitud [°]	Longitud [°]	Elevación [msnm]
1	Juayúa – Bullet2	JUB2	13.84384	-89.74610	1042.0
2	Juayúa – Nanostation2	JUNS	13.84582	-89.74416	1055.0
3	Juayúa – MeshPotato01-1	JUM1	13.84196	-89.74478	1037.3
4	Juayúa – MeshPotato01-2	JUM2	13.83988	-89.74368	1031.1
5	Juayúa – MeshPotato01-3	JUM3	13.84397	-89.74892	1044.6
6	Salcoatitán – Bullet2	SAB2	13.83053	-89.75726	1041.6
7	Salcoatitán – Nanostation2	SANS	13.83008	-89.75942	1052.1
8	Salcoatitán – MeshPotato01-1	SAM1	13.82860	-89.75652	1038.8
9	Salcoatitán – MeshPotato01-2	SAM2	13.83165	-89.75971	1056.0
10	Salcoatitán – MeshPotato01-3	SAM3	13.82780	-89.75831	1048.9
11	Apaneca – Bullet2	APB2	13.85917	-89.80265	1467.0
12	Apaneca – Nanostation2	APNS	13.86089	-89.80316	1463.0
13	Apaneca – MeshPotato01-1	APM1	13.85701	-89.80531	1473.0
14	Apaneca – MeshPotato01-2	APM2	13.85849	-89.80045	1475.5
15	Apaneca – MeshPotato01-3	APM3	13.85979	-89.80571	1464.6
16	Ataco – Bullet2	ATB2	13.86667	-89.85001	1251.0
17	Ataco – Nanostation2	ATNS	13.86786	-89.85362	1272.5
18	Ataco – MeshPotato01-1	ATM1	13.87061	-89.85210	1257.3
19	Ataco – MeshPotato01-2	ATM2	13.86980	-89.84949	1253.0
20	Ataco – MeshPotato01-3	ATM3	13.86834	-89.85163	1254.0
21	Nanostation2 + Omni	RNS2	13.84082	-89.80008	1837.9

Tabla 3.2: Descripción y ubicación de los nodos de las redes para simulación en Radio Mobile.

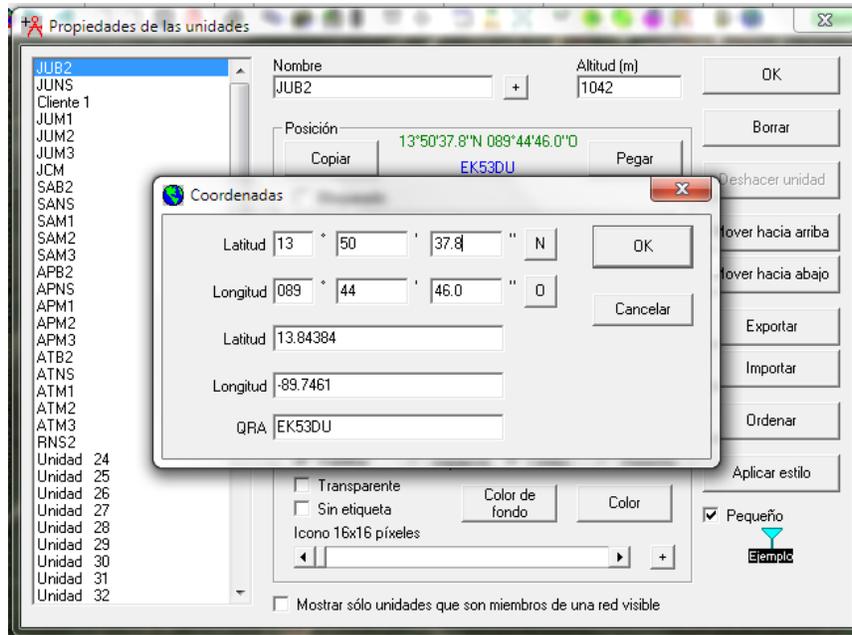


Figura 3.3 : Nodos y ventana para introducción de ubicaciones en Radio Mobile.

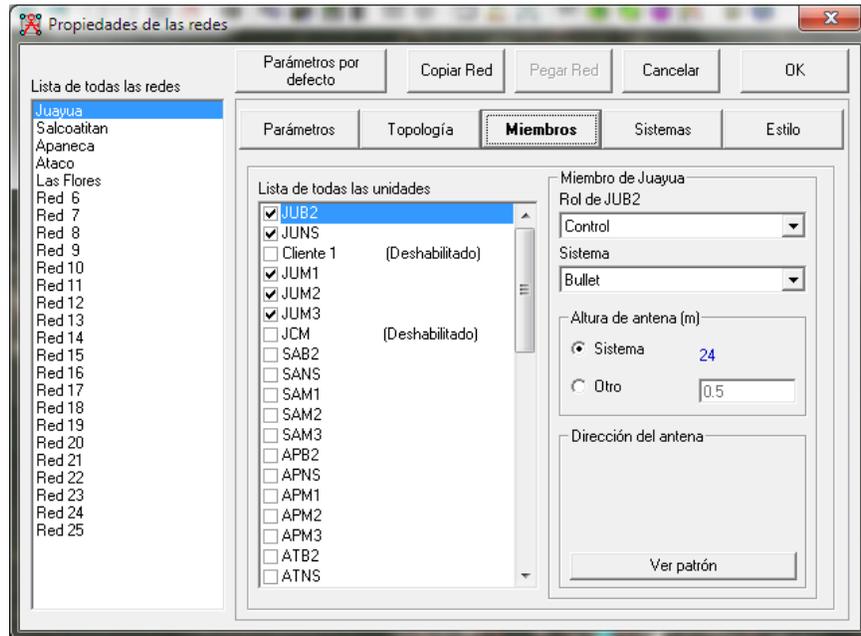


Figura 3.4: Miembros de las redes y roles que desempeñan dentro de sus respectivas redes.

### 3.1.1. Resultados de simulación en el municipio de Salcoatitán

Como podemos observar en la figura 3.5, se ha creado una malla con cinco nodos, siendo el nodo principal SAB2, ya que este tiene comunicación con todos los demás. En la tabla 3.3, se presenta un cuadro resumen de todos los enlaces en este municipio, como podemos observar en la última columna de la tabla, las potencias recibidas están abajo del umbral de recepción mínimo, el cuál es de 70 dBm para los equipos MP01, por lo cual podemos decir que esta malla funciona muy bien en cuanto a conectividad, hay que decir que la unidad SANS funciona con un sistema NS2 + OMNI, con el fin de poder conectar la red de Salcoatitán con la de Juayúa a través del router Nanostation JUNS y con el repetidor RNS2 y poder tener comunicación con las redes de Apaneca y Ataco .

Enlaces	Distancia (Km)	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
SAB2 - SANS	0.24	20.00	10.00	10.00	94.90	-55.90
SAB2 - SAM1	0.23	20.00	10.00	10.00	94.00	-55.00
SAB2 - SAM2	0.29	20.00	10.00	10.00	96.30	-57.30
SAB2 - SAM3	0.32	20.00	10.00	10.00	95.90	-56.90
SANS - SAM1	0.35	24.00	10.00	10.00	97.20	-54.20
SANS - SAM2	0.18	24.00	10.00	10.00	90.50	-47.50
SANS - SAM3	0.28	24.00	10.00	10.00	94.60	-51.60
SAM1 - SAM2	0.48	20.00	10.00	10.00	101.40	-62.40
SAM1 - SAM3	0.21	20.00	10.00	10.00	92.90	-53.90
SAM2 - SAM3	0.45	20.00	10.00	10.00	99.60	-60.60

Tabla 3.3: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Salcoatitán.

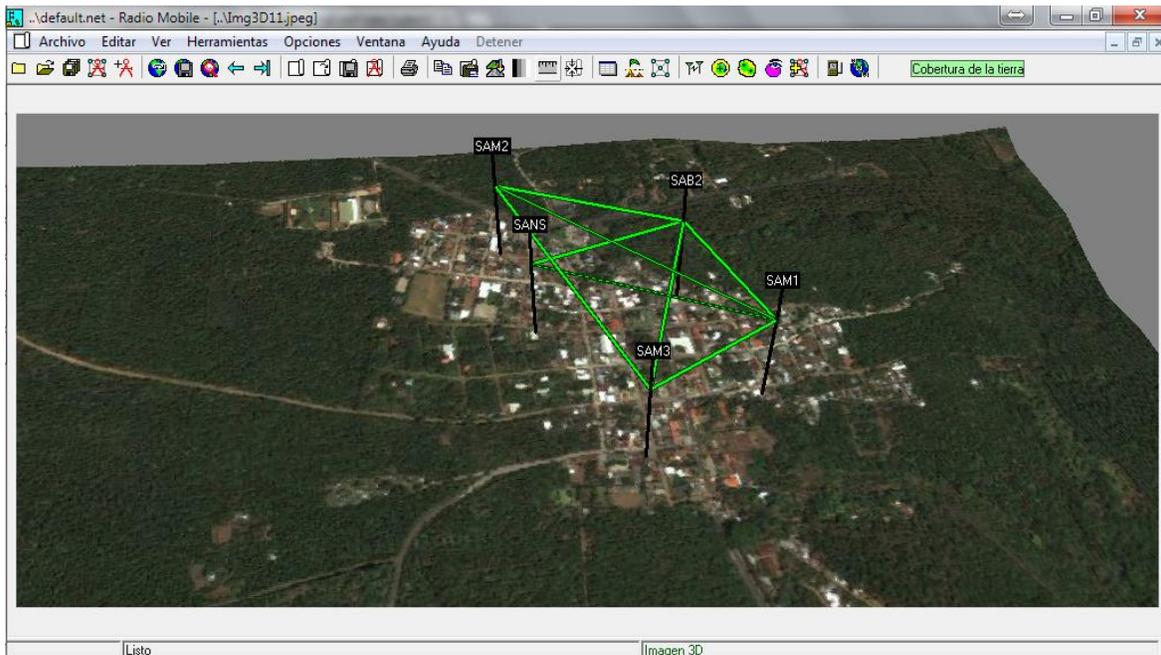


Figura 3.5: Simulación de los enlaces en el municipio de Salcoatitán.

**3.1.2. Resultados de simulación en el municipio de Juayúa.**

La simulación de los enlaces en el municipio de Juayúa es importante, ya que este es el único municipio en el que se hicieron pruebas de campo, y estos resultados se compararan con los obtenidos en simulación, al observar los resultados de la tabla , se observan dos enlaces muy pobres, el primero es entre el Nanostation y el MP01-1 con una potencia de recepción de -68.5 dBm cuando el umbral es de -70 dBm, el segundo es entre el Nanostation y el MP01-2, el cuál sobrepasa el umbral de recepción de -70 dBm, siendo este de -81 dBm, este resultado se debe a que se está ocupando la antena incorporada en los Nanostation, la cual posee un campo de propagación direccional el cuál apunta hacia la unidad SANS en Salcoatitán, dejando fuera de su radio de acción a las unidades antes mencionadas, la dirección de propagación de la antena es para lograr un enlace entre ambas redes como se verá más adelante, en la figura se muestran los enlaces que tiene la red de Juayúa.

Enlaces	Distancia (Km)	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
JUB2 - JUNS	0.30	20.00	10.00	10.00	97.00	-58.00
JUB2 - JUM1	0.25	20.00	10.00	10.00	94.40	-55.40
JUB2 - JUM2	0.51	20.00	10.00	10.00	100.10	-61.10
JUB2 - JUM3	0.30	20.00	10.00	10.00	95.20	-56.20
JUNS - JUM1	0.43	24.00	1.00	10.00	102.50	-68.50
JUNS - JUM2	0.66	24.00	-7.90	10.00	106.10	-81.00
JUNS - JUM3	0.55	24.00	5.00	10.00	102.50	-64.50
JUM1 - JUM2	0.26	20.00	10.00	10.00	95.40	-56.40
JUM1 - JUM3	0.50	20.00	10.00	10.00	99.80	-60.80
JUM2 - JUM3	0.73	20.00	10.00	10.00	102.10	-63.10

Tabla 3.4: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Juayúa.

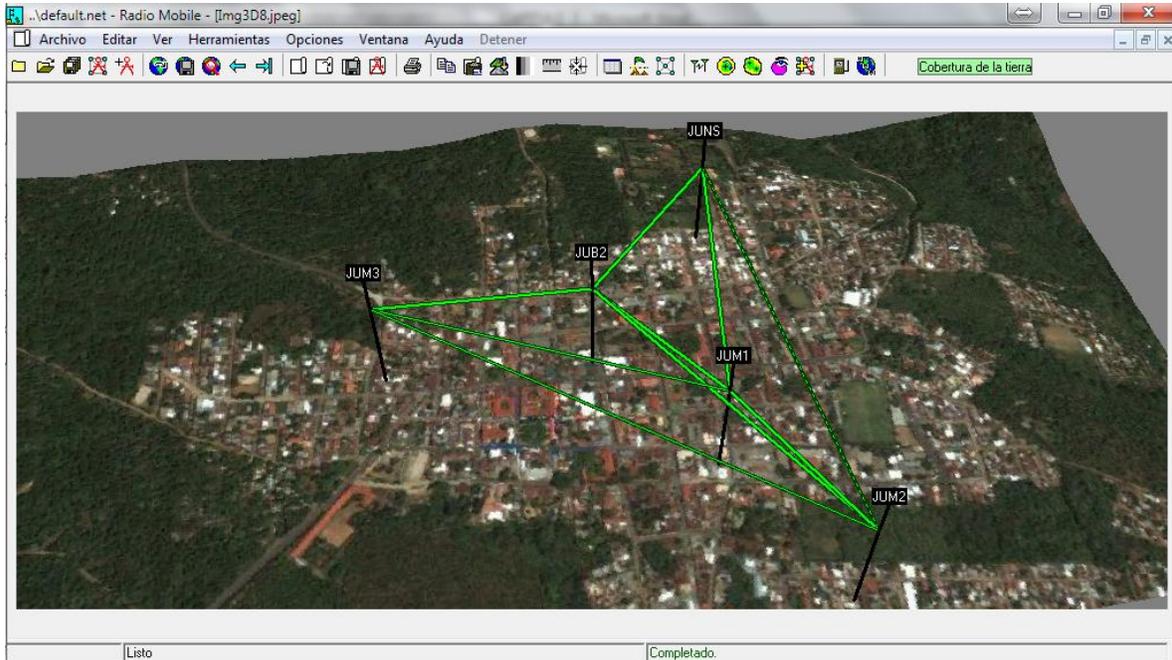


Figura 3.6: Simulación de los enlaces en el municipio de Juayúa.

### 3.1.3. Resultados de simulación en el municipio de Apaneca

El municipio de Apaneca, también posee algunos enlaces pobres, entre el Nanostation, el Bullet y los MP01-1 y MP01-2, los cuales sobrepasan el umbral de -70 dBm, al igual que en Juayúa, esto se debe a que el Nanostation está apuntando hacia la unidad ATNS en Ataco, con el fin de lograr un enlace con la red que se encuentra en Ataco.

En la figura 3.7, se muestran los enlaces correspondientes al municipio de Apaneca, en estos se muestra que el Nanostation tiene poca conectividad con la red, ya que su función es enlazar la red con la red de Ataco.

Enlaces	Distancia (Km)	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
APB2 – APNS	0.20	20.00	10.00	-7.30	91.20	-69.40
APB2 - APM1	0.37	20.00	10.00	10.00	97.10	-58.10
APB2 - APM2	0.25	20.00	10.00	10.00	94.90	-55.90
APB2 - APM3	0.34	20.00	10.00	10.00	96.90	-55.90
APNS - APM1	0.49	24.00	-2.60	10.00	101.10	-70.70
APNS - APM2	0.40	24.00	-10.00	10.00	98.90	-75.90
APNS - APM3	0.30	24.00	2.20	10.00	95.80	-60.60
APM1 - APM2	0.55	20.00	10.00	10.00	101.90	-62.90
APM1 - APM3	0.31	20.00	10.00	10.00	97.30	-58.30
APM2 -APM3	0.54	20.00	10.00	10.00	101.80	-62.80

Tabla 3.5: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Apaneca.

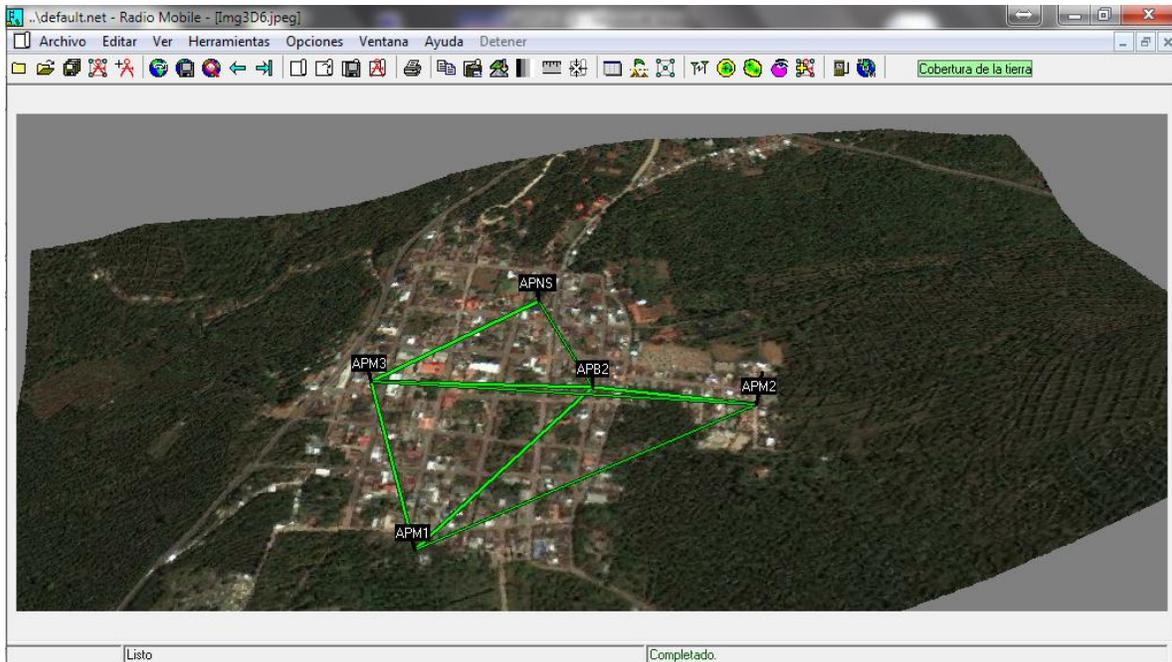


Figura 3.7: Simulación de los enlaces en el municipio de Apaneca.

### 3.1.4. Resultados de simulación en el municipio de Ataco

Los resultados del municipio de Ataco se muestran en la Tabla 3.6, y como se puede observar en la figura 3.8, hay conectividad entre todos los miembros de la red, además el Nanostation en este municipio esta orientado hacia el APNS ubicado en Apaneca para brindar la conectividad necesaria para el enlace de ambas redes.

Enlaces	Distancia (Km)	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
ATB2 – ATNS	0.41	20.00	10.00	8.00	99.00	-62.00
ATB2 - ATM1	0.49	20.00	10.00	10.00	100.10	-61.10
ATB2 - ATM2	0.35	20.00	10.00	10.00	97.00	-58.00
ATB2 - ATM3	0.26	20.00	10.00	10.00	94.20	-55.20
ATNS - ATM1	0.35	24.00	-2.50	10.00	95.60	-65.20
ATNS - ATM2	0.50	24.00	1.20	10.00	98.40	-64.20
ATNS - ATM3	0.22	24.00	5.40	10.00	92.20	-53.80
ATM1 - ATM2	0.30	20.00	10.00	10.00	95.60	-56.60
ATM1 - ATM3	0.26	20.00	10.00	10.00	95.10	-56.10
ATM2 - ATM3	0.28	20.00	10.00	10.00	94.70	-55.70

Tabla 3.6: Cuadro Resumen de las potencias recibidas para los enlaces del municipio de Ataco.

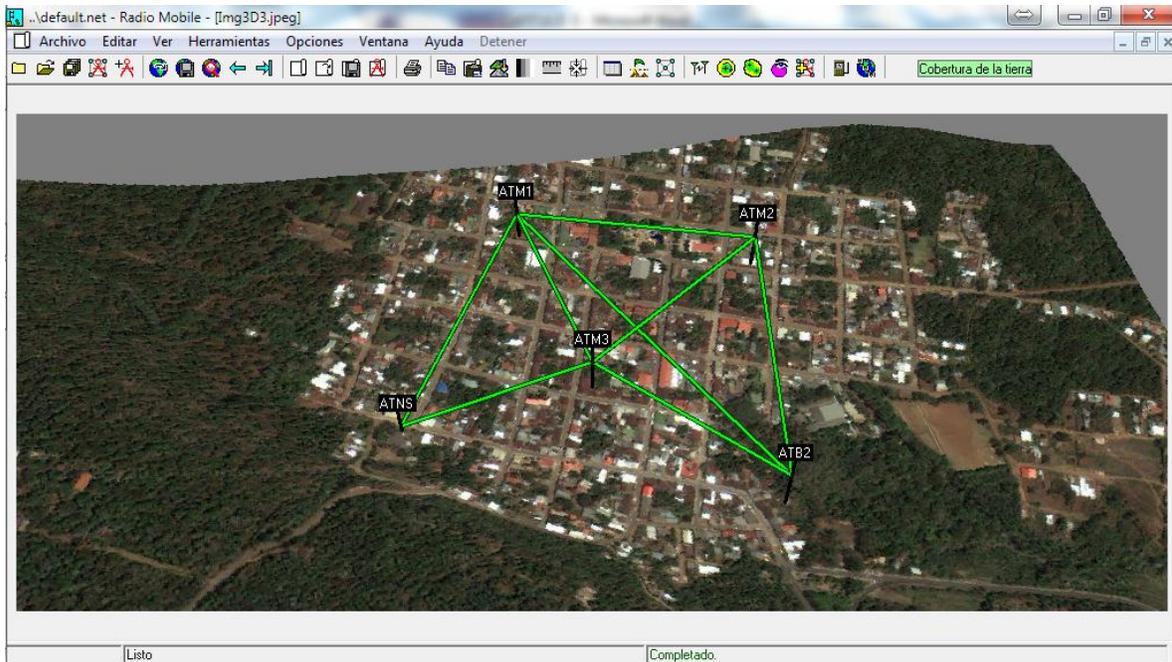


Figura 3.8: Simulación de los enlaces en el municipio de Ataco.

### 3.1.5. Resultados de simulación uniendo las cuatro redes.

Para poder unir las cuatro redes fue necesario instalar un repetidor con el identificador RNS2 el cual cuenta con un sistema Nanostation + OMNI, para poder tener mejor conectividad debido a la mayor potencia de transmisión que posee y el mejor umbral de recepción que posee, porque al ver las potencias recibidas notamos que algunas están cerca de los umbrales de recepción de -70 dBm y otras lo sobrepasan, sin embargo siempre tienen conectividad ya que el umbral de recepción puede ser de hasta -83 dBm con los Nanostation. La figura muestra los enlaces que se pueden lograr para conectar las redes incluyendo un repetidor en una de las zonas más altas de la zona.

Enlaces	Distancia (Km)	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
ATNS - RNS2	6.51	24.00	6.40	10.00	117.70	-78.40
ATNS - APNS	5.50	24.00	10.00	10.00	121.70	-78.70
APM1 - RNS2	1.89	20.00	10.00	10.00	106.50	-67.50
RNS2 - SANS	4.55	24.00	10.00	10.00	120.30	-77.30
SANS - JUNS	2.40	24.00	10.00	10.00	112.90	-69.90

Tabla 3.7: Cuadro resumen de las potencias recibidas para los enlaces entre las cuatro redes.

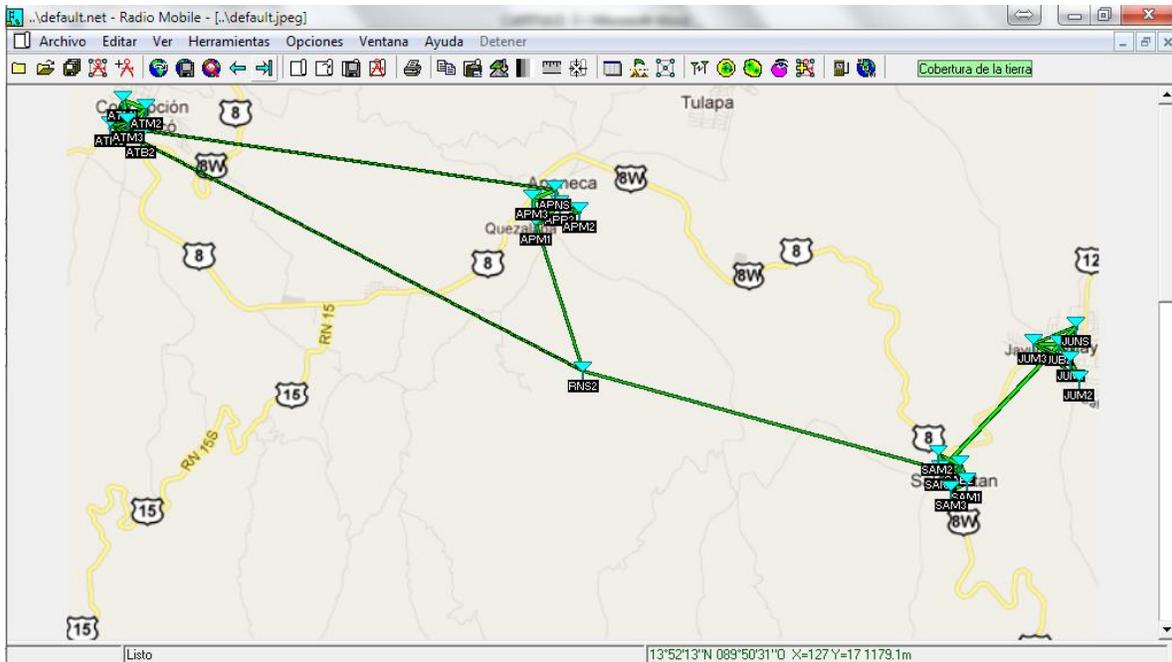


Figura 3.9: Simulación de los enlaces para las 4 redes.

### 3.2. CALCULOS DE PREDICCIÓN DE POTENCIA.

A continuación se hacen los cálculos de predicción de potencia para el municipio de Juayúa, en el cuál se instaló una red de prueba, es necesario mencionar que los parámetros que se ocupan de potencia de transmisión, umbral de recepción y ganancias de antenas son las mismas que aparecen en la Tabla y que las mayores pérdidas vienen dadas por las atenuaciones que se enumeran a continuación:

- Atenuación en Espacio Libre
- Atenuación por Difracción
- Atenuación por Vegetación
- Atenuación por Gases y Vapores Atmosféricos
- Atenuación por Lluvia

Cuando todas estas atenuaciones son calculadas, se procede con el balance de atenuaciones y luego se calcula la potencia recibida para cada enlace y se hace una comparación entre los resultados obtenidos en la simulación y los resultados calculados.

#### 3.2.1. Atenuación en Espacio Libre.

De acuerdo a la norma UIT-R P.525-2 [24], para el cálculo de la atenuación en espacio libre, para radioenlaces, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isotrópicas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos:  $L_{bf}$  o  $A_0$ ) de la manera siguiente:

$$L_{bf} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB}$$

**Ecuación 3.2**

Donde:

$L_{bf}$ : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

$d$ : distancia

$\lambda$ : longitud de onda

$d$  y  $\lambda$  se expresan en las mismas unidades.

La ecuación puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dB}$$

**Ecuación 3.3**

donde:

$f$ : frecuencia (MHz)

$d$ : distancia (km).

En nuestro caso tomaremos el valor para  $f = 2,400$  MHz, lo que nos da como resultado 67.60 dB y las distancias para cada vano como valor de  $d$  dándonos los siguientes resultados en la siguiente tabla:

Enlaces	Distancia d (Km)	$L_{bf}$ (dB)
JUB2 – JUNS	0.30	89.55
JUB2 – JUM1	0.25	87.96
JUB2 – JUM2	0.51	94.16
JUB2 – JUM3	0.30	89.55
JUNS – JUM3	0.55	94.81
JUM1 – JUM3	0.50	93.98
JUM1 – JUM2	0.26	88.30
JUM3 – JUM2	0.73	97.27

**Tabla 3.8: Cálculo de Atenuación en espacio libre para cada vano de los radioenlaces en el municipio de Juayúa.**

### 3.2.2. Atenuación por Difracción.

La pérdida por difracción dependerá del tipo de terreno y de la vegetación. Para un determinado despejamiento del rayo, la pérdida por difracción variará desde un valor mínimo en el caso de un obstáculo único en arista (filo de cuchillo) hasta un valor máximo en el caso de una Tierra esférica lisa. En la Recomendación UIT-R P.526 [25] se examinan métodos para el cálculo de la pérdida por difracción en esos dos casos y también en el de trayectos a través de terreno irregular. Para nuestro caso, se desprecian las pérdidas por difracción ya que las ubicaciones y las alturas de las antenas, ofrecen un buen despeje del terreno, como se observa en los perfiles, evitando de esta forma los obstáculos.

### 3.2.3. Atenuación por Vegetación.

La atenuación por vegetación se da en zonas boscosas, se produce por la penetración de las ondas a través de la vegetación. Para el cálculo se ocupa la recomendación UIT-R P.833-6 [26], aquí se encuentra la atenuación específica o atenuación por unidad de longitud en función de la frecuencia y la polarización. Para nuestros cálculos no se toma en cuenta debido a que la zona en donde se han hecho las pruebas es una zona urbana con poca vegetación y además existe línea vista entre cada estación logrando un despeje arriba de la mayoría de arboles.

### 3.2.4. Atenuación debida a gases atmosféricos.

La recomendación UIT-R P.676-7 [27], evalúa la atenuación causada por gases atmosféricos, usando el grafico de atenuación especifica en función de la frecuencia, para trayectos poco inclinados usando la formula siguiente:

$$A_a = \gamma_a d$$

Ecuación 3.4

$\gamma_a$  = atenuación específica en dB/km

d = distancia en km

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w$$

Ecuación 3.5

$\gamma_o$  =atenuación específica del oxígeno

$\gamma_w$  = atenuación específica del vapor de agua.

Ahora para cada vano se puede calcular la atenuación, ya que conocemos las distancia y se toma como frecuencia de operación aproximada  $f = 2.4$  GHZ, tal y como se ve marcado en color verde en la grafica, aproximadamente  $\gamma_o = 6.9 \times 10^{-3}$  dB/Km y  $\gamma_w = 0.2 \times 10^{-3}$  dB/km, que al aplicar la formula nos da el valor de  $\gamma_a = 0.0071$  dB/km, este valor es el mismo para todos los vanos, ahora usando los valores de distancia, para cada vano encontramos la atenuación  $A_a$  debida a gases atmosféricos como se muestra en la tabla siguiente:

Enlaces	Distancia d (Km)	$A_a$ (dB)
JUB2 –JUNS	0.30	0.0213
JUB2 – JUM1	0.25	0.0178
JUB2 – JUM2	0.51	0.0363
JUB2 – JUM3	0.30	0.0213
JUNS – JUM3	0.55	0.0391
JUM1 – JUM3	0.50	0.0355
JUM1 – JUM2	0.26	0.0185
JUM3 –JUM2	0.73	0.0518

Tabla 3.9: Atenuación debida a gases atmosféricos para los enlaces en Juayúa.

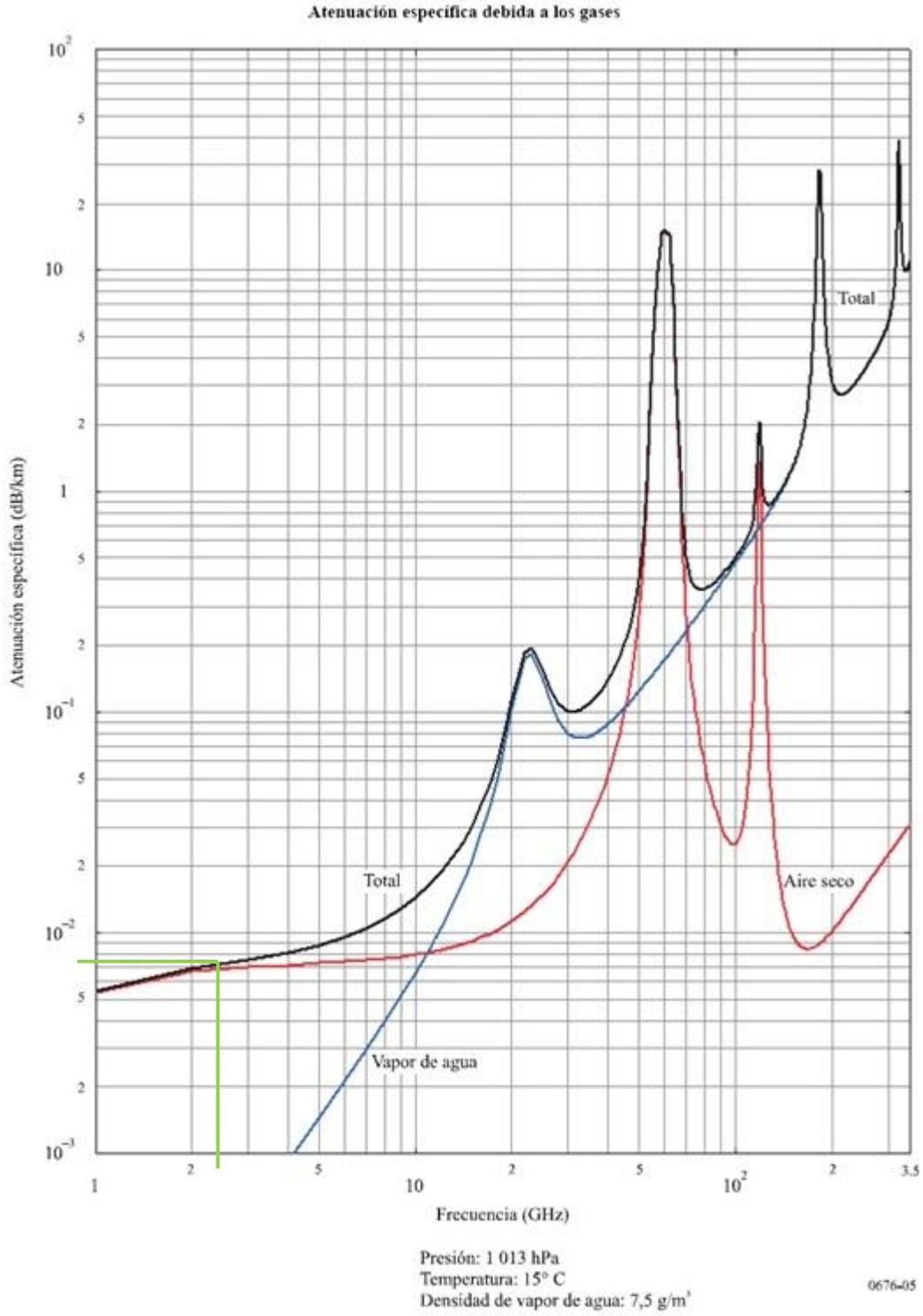


Figura 3.10: Atenuación específica debida a gases en función de la frecuencia

### 3.2.5. Atenuación por lluvia.

Para calcular la atenuación por lluvia se usa la recomendación UIT-R P.530-12 [28], aquí se explican los pasos a seguir:

- En primer lugar se obtiene la intensidad de precipitación  $R_{0.01}$  superada durante el 0.01% del tiempo se puede usar la información de la recomendación UIT-R P.838 [29].
- Se calcula la atenuación específica  $\gamma_R$  ( $\frac{dB}{km}$ ), para la frecuencia, polarización e intensidad de precipitación de interés utilizando la recomendación UIT-R P.838 [29].
- Se calcula la longitud efectiva del trayecto,  $deff$ , del enlace multiplicando la longitud del trayecto real,  $d$ , por un factor de distancia,  $r$ . Una estimación de este factor viene dada por:

$$r = \frac{1}{1 + d / d_0}$$

Ecuación 3.6

Donde, para  $R_{0.01} \leq 100$  mm/h:

$$d_0 = 35 e^{-0,015 * R_{0.01}}$$

Ecuación 3.7

Para  $R_{0.01} > 100$  mm/h utilícese el valor 100 mm/h en vez de  $R_{0.01}$ .

- Una estimación de la atenuación del trayecto excedida durante el 0.01% del tiempo viene dada por:

$$A_{0.01} = \gamma R deff = \gamma R dr \text{ dB}$$

Ecuación 3.8

- Para enlaces radioeléctricos situados a 30° o más (Norte o Sur) de latitud, las atenuaciones excedidas durante otros porcentajes de tiempo  $p$  en el margen de 0.001% a 1% pueden deducirse de la siguiente ley potencial:

$$\frac{A_p}{A_{0,01}} = 0,12 p^{-(0,546 + 0,043 \log_{10} p)}$$

Ecuación 3.9

Esta fórmula se ha elaborado de manera que dé 0.12, 0.39, 1 y 2.14 para el 1%, 0.1%, 0.01% y 0.001%, respectivamente, y sólo se utilizará dentro de este margen.

- Para enlaces radioeléctricos situados por debajo de 30° (Norte o Sur) de latitud, las atenuaciones excedidas durante otros porcentajes de tiempo  $p$  en el margen de 0.001% a 1% pueden deducirse de la siguiente ley potencial:

$$\frac{A_p}{A_{0,01}} = 0,07 p^{-(0,855 + 0,139 \log_{10} p)}$$

Ecuación 3.10

Esta fórmula se ha elaborado de manera que dé 0.07, 0.36, 1 y 1.44 para el 1%, 0.1%, 0.01% y 0.001%, respectivamente y sólo se utilizará dentro de este margen.

- Si se desean obtener las estadísticas relativas al mes más desfavorable, se calculan los porcentajes de tiempo anual,  $p$ , correspondientes a los porcentajes de tiempo del mes más desfavorable,  $p_w$ , mediante la información relativa al clima especificada en la Recomendación UIT-R P.841 [30]. Los valores de  $A$  rebasados durante los porcentajes de tiempo  $p$  anuales, serán superados para los correspondientes porcentajes de tiempo  $p_w$  de los meses más es favorables.

El procedimiento de predicción indicado anteriormente se considera válido en todo el mundo, al menos para frecuencias de hasta 40 GHz y longitudes de trayecto de hasta 60 km.

A continuación se hace el cálculo de la atenuación por lluvia para el radioenlace, en primer lugar encontraremos la intensidad de lluvia usando la grafica recomendada en la norma UIT-R P.837-5 [31]

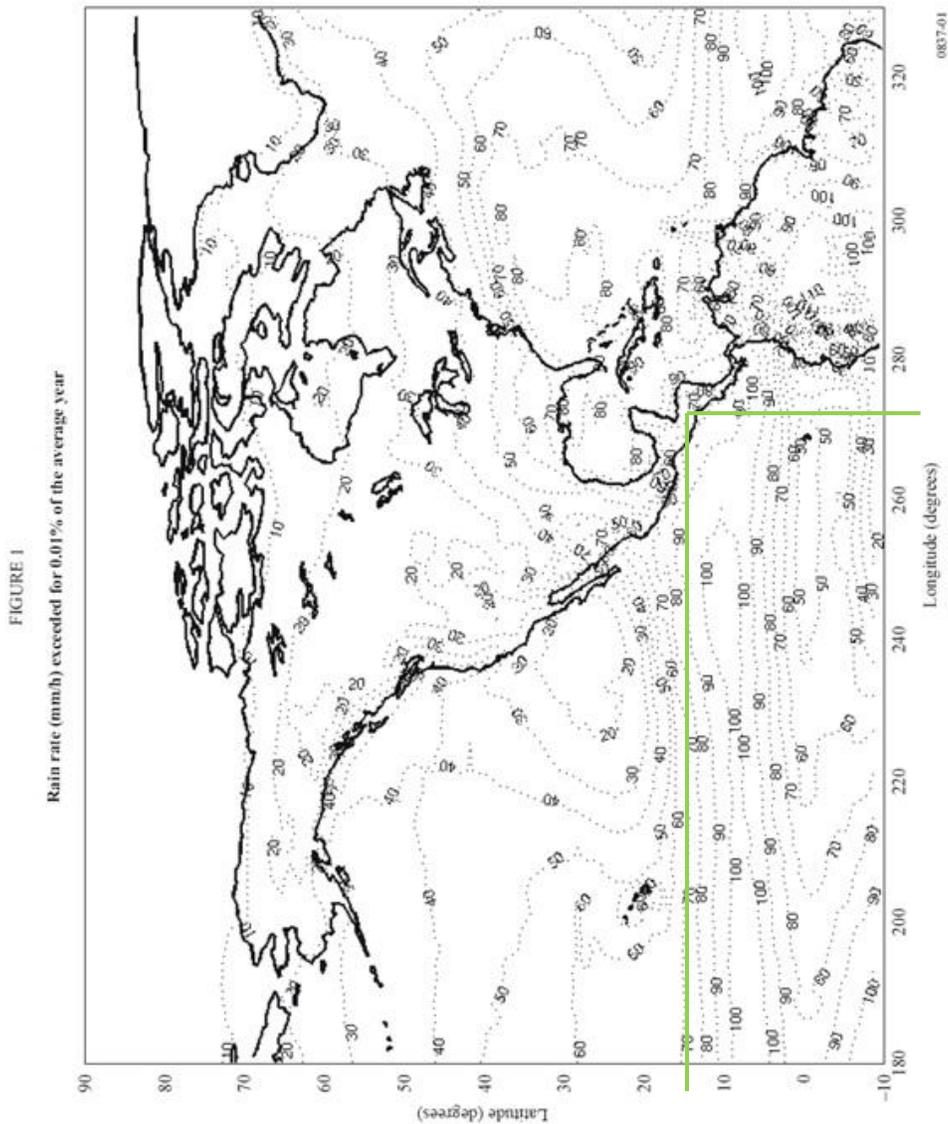


Figura 3.11: Intensidad de lluvia (mm/h) para un 0.01 % del tiempo

La atenuación específica  $\gamma R$  (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de la lluvia  $R$  (mm/h) mediante la ley potencial:

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

Ahora lo que falta es calcular  $\gamma_R$  para cada uno de los vanos, ya que la polarización cambia. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 3.10.

	Polarización Horizontal	Polarización Vertical
$\gamma_R = kR^\alpha$	0.00786133 dB/km	0.00562508 dB/km

Tabla 3.10: Valores calculados para la atenuación específica  $\gamma_R$  (dB/km) en función de la polarización.

El cálculo de  $d_0 = 35 e^{-0.015R_{0.01}}$  nos da como resultado  $d_0 = 12.2478$ . Ahora encontramos la longitud efectiva y la atenuación por lluvia para el 0.01% y el 0.1% en cada vano usando los datos de la tabla 3.10:

Enlaces	Distancia d (Km)	r	deff = d*r (Km)	$A_{0.01} = \gamma_R * deff$ (dB)	$A_{0.1} = A_{0.01} * 0.07p^{(0.855+0.139\log(p))}$ (dB)
JUB2 – JUNS	0.30	0.98	0.29	0.0023	0.00084
JUB2 – JUM1	0.25	0.98	0.24	0.0019	0.00070
JUB2 – JUM2	0.51	0.96	0.49	0.0038	0.00140
JUB2 – JUM3	0.30	0.98	0.29	0.0023	0.00084
JUNS – JUM3	0.55	0.96	0.53	0.0041	0.00151
JUM1 – JUM3	0.50	0.96	0.48	0.0038	0.00137
JUM1 – JUM2	0.26	0.98	0.25	0.0020	0.00073
JUM3 – JUM2	0.73	0.94	0.69	0.0054	0.00197

Tabla 3.11: Cálculos de longitud eficaz, Atenuación a 0.01% y a 0.1% para cada vano

### 3.2.6. Balance de Atenuaciones.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las atenuaciones, que afectan a los enlaces en el municipio de Juayúa, y luego se presenta, las atenuaciones con lluvia y sin lluvia, estos resultados nos ayudarán cuando se calcule la potencia recibida.

Enlaces	Espacio Libre ( $L_b$ )	Difracción	Vegetación	Gases ( $A_g$ )	Hidrometeoros ( $A_{0.1}$ )	Atenuación con Lluvia ( $L_b$ )	Atenuación sin Lluvia ( $L_b$ )
JUB2 – JUNS	89.55	0.00	0.00	0.0213	0.00084	89.57	89.57
JUB2 - JUM1	87.96	0.00	0.00	0.0178	0.00070	87.98	87.98
JUB2 - JUM2	94.16	0.00	0.00	0.0363	0.00140	94.20	94.20
JUB2 - JUM3	89.55	0.00	0.00	0.0213	0.00084	89.57	89.57
JUNS - JUM1	94.81	0.00	0.00	0.0391	0.00151	94.85	94.85
JUNS - JUM2	93.98	0.00	0.00	0.0355	0.00137	94.02	94.02
JUNS - JUM3	88.30	0.00	0.00	0.0185	0.00073	88.32	88.32
JUM1 - JUM2	97.27	0.00	0.00	0.0518	0.00197	97.32	97.32
JUM1 - JUM3	89.55	0.00	0.00	0.0213	0.00084	89.57	89.57
JUM2 - JUM3	87.96	0.00	0.00	0.0178	0.00070	87.98	87.98

Tabla 3.12 : Balance de Atenuaciones de los radioenlaces en el municipio de Juayúa.

### 3.2.7. Potencia Recibida

En la tabla 3.13, se presentan los valores del cálculo de la potencia recibida, en el municipio de Juayúa en la tabla 3.14, están los valores que nos presenta la simulación en Radio Mobile, Al comparar las tablas podemos observar que los cálculos manuales son aproximadamente correctos, ya que Radio Mobile incluye más atenuaciones, las cuales no fueron evaluadas, en los cálculos manuales, pero nos dan una aproximación bastante buena para el cálculo de radioenlaces a nivel general.

Enlaces	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
JUB2 – JUNS	20.00	10.00	10.00	89.57	-49.57
JUB2 - JUM1	20.00	10.00	10.00	87.98	-47.98
JUB2 - JUM2	20.00	10.00	10.00	94.20	-54.20
JUB2 - JUM3	20.00	10.00	10.00	89.57	-49.57
JUNS - JUM1	24.00	1.00	10.00	94.85	-59.85
JUNS - JUM2	24.00	-7.90	10.00	94.02	-67.92
JUNS - JUM3	24.00	5.00	10.00	88.32	-49.32
JUM1 - JUM2	20.00	10.00	10.00	97.32	-57.32
JUM1 - JUM3	20.00	10.00	10.00	89.57	-49.57
JUM2 - JUM3	20.00	10.00	10.00	87.98	-47.98

Tabla 3.13 : Calculo de la potencia recibida para los radioenlaces en el municipio de Juayúa

Enlaces	$P_T$ (dBm)	$G_T$ (dB)	$G_R$ (dB)	$L_b$ (dB)	$P_R$ (dBm)
JUB2 – JUNS	20	10	10	97.00	-58.00
JUB2 - JUM1	20	10	10	94.40	-55.40
JUB2 - JUM2	20	10	10	100.10	-61.10
JUB2 - JUM3	20	10	10	95.20	-56.20
JUNS - JUM1	24	1	10	102.50	-68.50
JUNS - JUM2	24	-7.9	10	106.10	-81.00
JUNS - JUM3	24	5	10	102.50	-64.50
JUM1 - JUM2	20	10	10	95.40	-56.40
JUM1 - JUM3	20	10	10	99.80	-60.80
JUM2 - JUM3	20	10	10	102.10	-63.10

Tabla 3.14 : Resultados de simulación en Radio Mobile para la potencia recibida.

## Capítulo 4 : RED PILOTO DEL MUNICIPIO DE JUAYUA.

El capítulo dos se encarga de explicar las configuraciones necesarias que necesitan los equipos para trasportar voz y datos; En el capítulo tres se hizo un estudio de radio propagación usando simulaciones de las redes en el software Radio Mobile para los municipios de Salcoatitán, Juayúa, Apaneca y Ataco. Todo el trabajo realizado en estos anteriores capítulos, tiene como objetivo implementar una red de prueba en el municipio de Juayúa, y evaluar el comportamiento de la está en condiciones reales de operación, además se explicará el proceso de instalación de dicha red, tomando en cuenta los accesorios que se requieren para realizar la instalación, los inconvenientes que se obtuvieron y los cambios que se tuvieron que realizar para que la red funcione.

### 4.1. INSTALACION.

En la tabla 4.1 se presenta el listado de materiales.

12	Tubo conduit galvanizado EMT 1" x 3m
6	Unión P/Tubo EMT 1"
12	Grapa conduit 1"
20	Conector RJ25
20	Conectores RJ45
5	Libras alambre de amarre
5	Teléfonos fijos
40	Tornillo niquelado para lámina
40	Ancla plástica
10	Abrazaderas para manguera acero inoxidable de 2 3/4"
1	Ponchadora
1	Bobina de cable UTP
1	Computadora de escritorio
1	Taladro
1	Juego de brocas para hierro y concreto
1	Extensión eléctrica
25	Cinchos plásticos 15" de largo

Tabla 4.1: Listado de Materiales.

Para realizar la instalación de cada nodo, es necesario ubicar el router a una altura que le permita tener línea vista con uno o más miembros de la red, para ello se utilizó tubería conduit galvanizada EMT de 1" para crear mástiles. cada tubo tiene una longitud de 3m, para lograr mejores resultados y tomando en cuenta que la unión de muchos de estos tubos no es recomendable, se decidió utilizar una altura de 6m por lo que se requirieron de dos tubos, para unirlos se ocupa unión para tubos EMT de 1", la altura a la que cada router está no son seis metros a nivel del suelo, se requiere de creatividad para darles una altura mayor dependiendo del lugar en que se coloque, por ejemplo, casa de dos plantas, árboles y paredes u otras estructuras que nos puedan servir. Los conectores RJ25 son ocupados juntos con el cable UTP para hacer un cable de red

denominado PoT (Power Over Telephone por sus siglas en inglés), esto quiere decir que el mismo cable que se utiliza para conectar los teléfonos en los MP01 servirá para llevar electricidad a los mismos. Los conectores RJ45 son ocupados juntos con el cable UTP para hacer PoE (Power Over Ethernet por sus siglas en inglés), esto quiere decir que el mismo cable se utiliza para conectar el nanostation y bullet servirá para llevar electricidad a los mismos. Esto se hace así para bajar un solo cable desde el router al suelo, además que estos routers ya vienen diseñados de esa forma. El alambre de amarre sirve para darle estabilidad al mástil en la altura, se le conoce como vientos. Para hacer pruebas telefónicas indudablemente se requieren de teléfonos, por ello se incluyen en la lista. Los tornillos, anclas y grapa conduit es utilizada para instalar sobre paredes los mástiles de tubería conduit que se arman en el sitio. Las abrazaderas para manguera de acero inoxidable se usan para sujetar nuestros mástiles sobre otro mástil o estructura similar que esté instalado en el lugar. Y la computadora de escritorio es utilizada como servidor de visualización y monitoreo, para ello es necesario instalar el sistema operativo Linux debían y luego instalar el dilimesh mapping application, el cual sirve para mapear los nodos y ver el estado de la conexión entre ellos.

#### **4.2. RESULTADOS DE LA RED PILOTO.**

En el pueblo de Juayúa se instalaron un total de siete nodos, tratando de dispersarlos estratégicamente para realizar las pruebas de campo que se requieran.

La prueba inicial que se hizo fue instalar el NS2 en la oficina de Enlace Visión y el bullet con antena omnidireccional en Urbanización Esmeralda, pero las pruebas de monitoreo con Dilimesh Mapping no fueron alentadoras, por lo que se cambiaron los puestos de estos dos routers respectivamente, de esta manera se logro una mejora en los enlaces, a partir de este esquema, se presentan a continuación los resultados de esta red. La decisión de cambiar de puestos a estos dos routers, fue porque la antena del NS2 es direccional y posee mayor ganancia que la del Bullet y en la Urbanización esmeralda existe una vista casi de todo el pueblo, así que la antena del NS2 se apunto hacia el pueblo de Juayúa, eso se muestra en las figuras 4.1 y 4.2, ya que de esa manera el NS2 alcanza con su antena a la mayoría de los miembros de la red mesh.



**Figura 4.1: Vista del nodo ubicado en la Urbanización la esmeralda.**



Figura 4.2: Vista del nodo ubicado en la Urbanización la esmeralda.

Las ubicaciones de los nodos se resumen en la tabla 4.2:

NODO	ABREVIATURA	UBICACIÓN	TIPO ROUTER
10.130.1.1	1	Oficinas de enlace visión	BULLET
10.130.1.2	2	Urbanización Esmeralda	NS2
10.130.1.140	140	Col. El calvario Block D Casa 9	MP01
10.130.1.142	142	Las Merceditas caseres poniente #1-4	MP01
10.130.1.143	143	Barrio el calvario 4ª Av. Sur 6ª calle oriente	MP01
10.130.1.144	144	Urbanización Esmeralda	MP BETA
10.130.1.145	145	Oficinas de enlace visión	MP BETA

Tabla 4.2: Ubicación de los nodos.

Todos los nodos antes mencionados se dejaron al aire libre ya que el diseño de ellos así lo permite, los únicos nodos que se dejaron bajo techo son los dos MP BETA, ya que estos no están diseñados para quedar al aire libre. El nodo 144 y el 2 se encuentran en la misma casa en la Urbanización Esmeralda, el nodo 1 y el nodo 145 están ubicados en las oficinas de enlace visión.

En la figura 4.3 se muestra una captura de google earth, donde se observa los emplazamientos de los nodos con su respectiva abreviatura. Con la información de Google earth se presenta la tabla 4.3 donde se muestra la distancia que hay entre los nodos, tomando como referencia el nodo (10.130.1.2) que se encuentra en la urbanización la Esmeralda, por ser el mejor posicionado, estar en contacto con la mayoría de los miembros de la red y tener una buena ganancia.

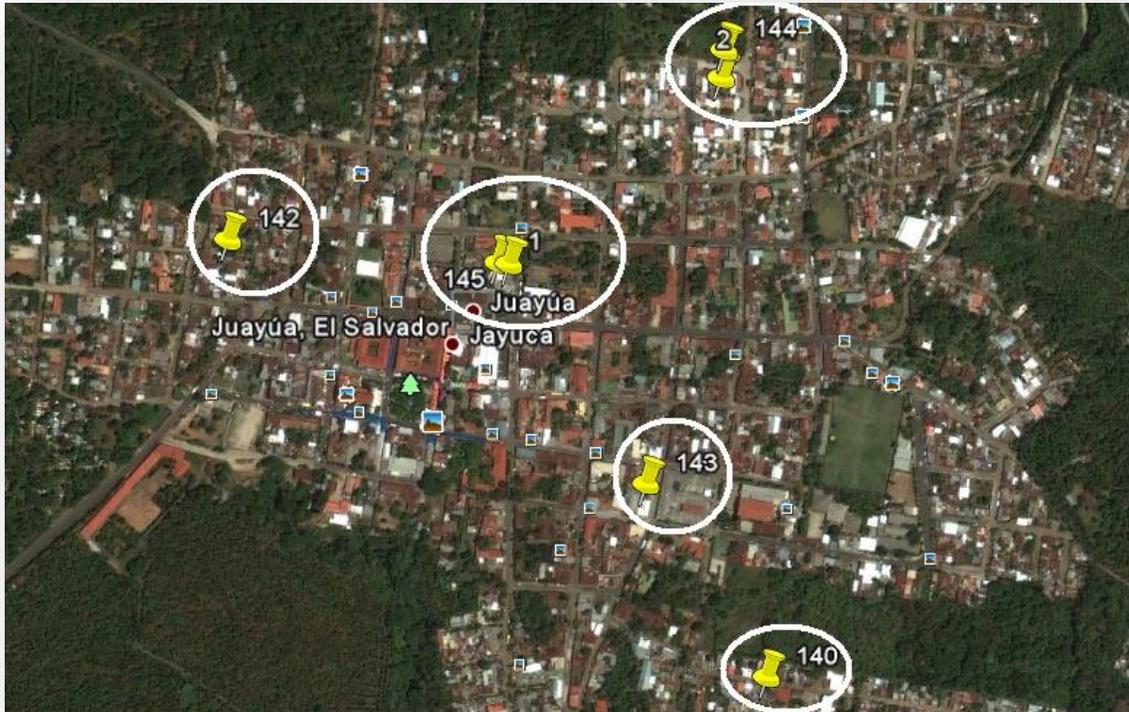


Figura 4.3: Emplazamiento de los nodos.

RELACION	DISTANCIA [Km] (LINEA VISTA)
10.130.1.2/10.130.1.140	0.63
10.130.1.2/10.130.1.143	0.42
10.130.1.2/10.130.1.1	0.29
10.130.1.2/10.130.1.142	0.54

Tabla 4.3: Distancia línea vista entre nodos, referencia nodo 10.130.1.2.

De la tabla 4.3 se observa que la distancia entre nodo y nodo, no supera el kilómetro, por lo que se espera que la red funcione óptimamente. Pero ésta tabla no ayuda a formar una opinión, si la red está funcionando bien, en el sentido si ésta transporta todos los paquetes de voz sin pérdida alguna.

¿Cuántos nodos son alcanzables?, ¿Cuánto es la pérdida de paquetes entre nodos?, ¿Cuántos saltos da el paquete entre nodo y nodo? la respuesta a estas interrogantes se da a continuación:

- El comando **Batman -cd1** ejecutado dentro de la consola Linux con una sesión ssh con cualquier router dentro de la malla, arroja la cantidad de nodos alcanzables.

- Según la literatura el tamaño del paquete de voz se estima en 1400 bytes, por lo que es necesario saber cuantos paquetes de ese tamaño llega a su destino; eso se logra con un comando ping con las banderas -c y -s, en la forma siguiente:  
**ping 10.130.1.x -c 100 -s 1400**, donde la dirección IP proporcionada es el destino; -c 100 indica que se deben de enviar 100 paquetes; -s 1400 indica que el tamaño de cada paquete será de 1400 bytes.
- El comando traceroute sirve para saber los saltos que da el paquete hasta llegar a su destino. Ejemplo: traceroute 10.130.1.144

La figura 4.4 muestra la cantidad de nodos alcanzables, con el comando Batman -cd1:

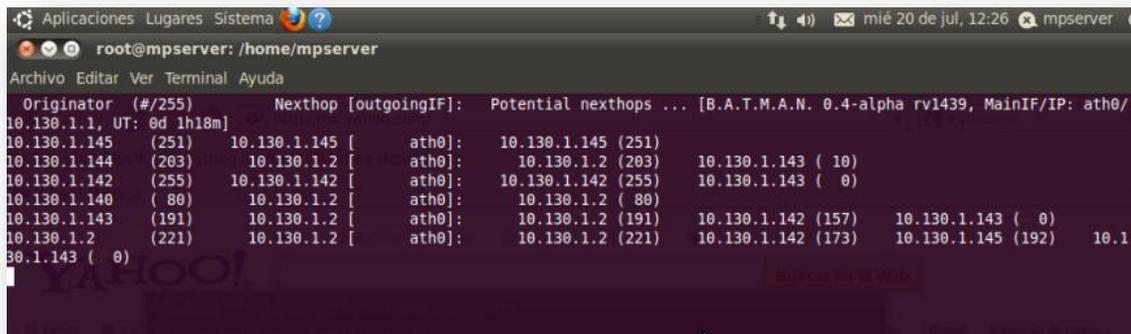


Figura 4.4 : Nodos alcanzables.

En la figura 4.4 se observa que existen seis nodos alcanzables, no muestra los siete ya que el nodo origen es el 10.130.1.1 y como estamos dentro de ese router, no se puede ver a si mismo, pero en realidad son siete nodos. El valor (#/255) es una referencia que debería de alcanzar todos los nodos, se observa que el único nodo que está con un alcance óptimo es el 10.130.1.142 y el único nodo con un alcance malo es el 10.130.1.40. Esto quiere decir que no es suficiente que los nodos estén lo más cerca posible según la tabla 4.3, evidentemente hay pérdidas de paquetes según la figura 4.4, aunque todos los nodos sean alcanzables. Pero esa hipótesis de que existen pérdidas de paquetes en los nodos debemos de reforzarla con el comando ping y las banderas -c y -s, por esa razón se muestra la tabla 4.4 donde se muestra la media de diez toma de datos por cada nodo, tomando como referencia el nodo 10.130.1.2, ubicado en urbanización esmeralda y como lo hemos mencionado es un lugar donde se observa la mayor parte de Juayúa.

NODO ORIGEN	NODO DESTINO	PERDIDAS [%]	TRACEROUTE
10.130.1.2	10.130.1.145	34.3	10.130.1.1, 10.130.1.145
10.130.1.2	10.130.1.142	37.2	10.130.1.1, 10.130.1.142
10.130.1.2	10.130.1.140	87.9	10.130.1.140
10.130.1.2	10.130.1.143	1.8	10.130.1.143
10.130.1.2	10.130.1.1	39.2	10.130.1.1
10.130.1.2	10.130.1.144	2.7	10.130.1.144

Tabla 4.4: ping 10.130.1.x -c 100 -s 1400.

Ahora tomando como referencia el nodo 10.130.1.1, ubicado en la oficina de Enlace visión y tomando en cuenta que este nodo está a una altura de 12 metros, a nivel del suelo, tenemos la tabla 4.5 resumen de pérdidas de paquetes:

NODO ORIGEN	NODO DESTINO	PERDIDAS [%]	TRACEROUTE
10.130.1.1	10.130.1.140	58.7	10.130.1.2, 10.130.1.140
10.130.1.1	10.130.1.142	9.1	10.130.1.142
10.130.1.1	10.130.1.143	44.8	10.130.1.2, 10.130.1.143
10.130.1.1	10.130.1.144	41.0	10.130.1.2, 10.130.1.144
10.130.1.1	10.130.1.2	28.9	10.130.1.2
10.130.1.1	10.130.1.145	2.2	10.130.1.145

Tabla 4.5: ping 10.130.1.x –c 100 –s 1400.

Al analizar la tabla 4.5, se observa que el nodo 10.130.1.140, tiene la mayor cantidad de pérdidas, si se observa la figura 4.3 notará que entre el nodo 10.130.1.2 y 10.130.1.140, existe una barrera natural de árboles impidiendo la línea vista, es por esa razón esa pérdida tan grande. El nodo 10.130.1.143, tiene pérdidas relativamente pequeñas, ya que existe línea vista entre ellos, eso lo justifica la figura 4.2, estando en el lugar se aprecia la línea vista, detalle que no se puede apreciar en la figura 4.2. Los nodos restantes tienen esas pérdidas ya que no existe línea vista entre ellos y deben de ocupar otros caminos para llevar el paquete a su destino.

De la tabla 4.5 se analiza que el nodo 10.130.1.145 presenta pérdidas pequeñas del 2.2%, por que el nodo se encuentra en la misma casa, aunque esté en la misma casa existe pérdidas ya que el nodo está bajo techo. El nodo 10.130.1.142 tiene pérdidas cercana al 9%, por que el paquete debe de viajar casi medio kilometro y sobrepasar pocos obstáculos. Las mayores pérdidas se observan en el nodo 10.130.1.140 por que entre ellos dos no existe línea vista y el paquete debe de viajar hacia el nodo de la Esmeralda y ese nodo tiene pérdidas del 87.9% con el 10.130.1.140, según tabla 4.4. Los nodos restantes tienen esas pérdidas ya que no existe línea vista entre ellos y deben de ocupar otros caminos para llevar el paquete a su destino.



Figura 4.5 : Nodo 10.130.1.1 ubicado en las oficinas de enlace visión.



Figura 4.6 : Nodo 10.130.1.140 ubicado en colonia el Calvario Block D Casa 9.



Figura 4.7 : Nodo 10.130.1.143 ubicado en Barrio el calvario 4ª Av. Sur 6ª calle oriente.



Figura 4.8 : Nodo 10.130.1.142 ubicado en Las Merceditas caseres poniente #1-4.



Figura 4.9 : Nodo 10.130.1.2 ubicado en Urbanización Esmeralda.

#### **4.2.1. ACCESO REMOTO.**

La instalación de esta malla tubo una duración de tres días, la residencia de los autores de éste trabajo de graduación está ubicada en el área metropolitana de San Salvador, por lo que permanecer en Juayua más de dos semanas, es oneroso, por lo que se pensó ¿Cómo podemos monitorear ésta red desde San Salvador?, la solución es instalar en la PC Team Viewer, ubicada en la oficina de enlace visión, éste es un software multiplataforma, corre tanto en Linux como en Windows, éste permite entrar a una PC de forma remota, la dirección de descarga de éste software es <http://www.teamviewer.com/es/download/index.aspx>. El requisito para que este software funcione es que tanto la PC remota como la PC del administrador, tengan instalados dicho software. Además se debe de saber el ID y contraseña, estos datos los muestra el software al iniciarse.

La figura 4.10 muestra que se puede acceder a todas las funciones de la PC remota, en éste caso se tiene acceso al router bullet haciendo una sesión ssh.

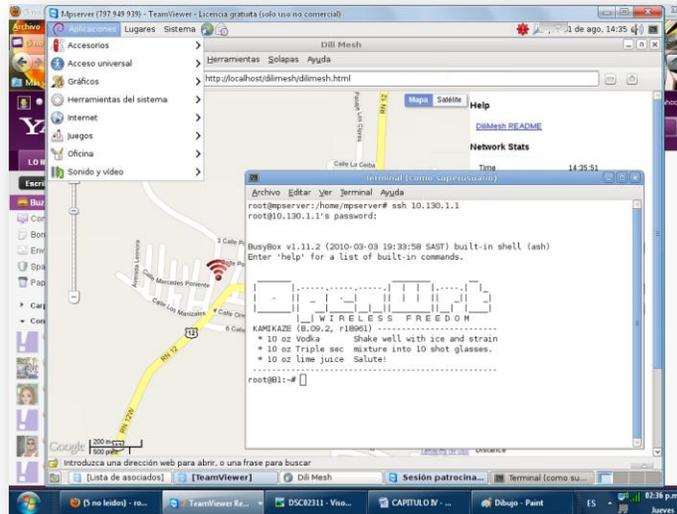


Figura 4.10 : Sesión remota con team viewer.

Remotamente se puede estar monitoreando la red con el dilimesh mapping, en la figura 4.11 se observa los nodos que están trabajando y el nodo que está fuera del alcance.

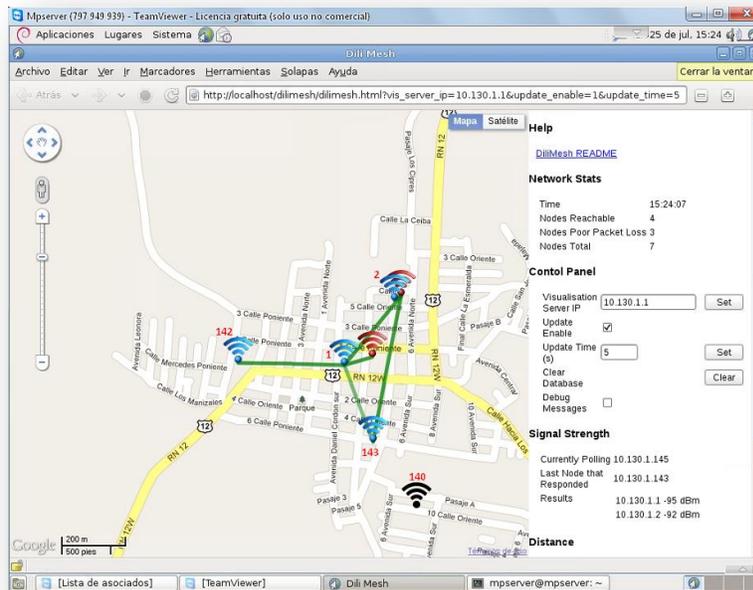


Figura 4.11: Vista de Dilimesh mapping, con acceso remoto.

De la figura 4.11 se observa que el nodo 142 tiene conexión exclusiva con el nodo 1, éste nodo le permite al 142 tener conexión con la red mesh, si el nodo 1 se apagase por cualquier razón, el nodo 142 se quedaría fuera de la red, el nodo 1, 2 y 143, están en malla, todos se ven entre sí, el nodo 140, es inalcanzable, la vegetación no permite alcanzarlo.

#### **4.2.2. PROBLEMAS ENCONTRADOS Y SU SOLUCIONES**

- A última hora, antes de retirarnos a San Salvador, dilimesh mapping no quiso funcionar en Ubuntu Linux, así que se escogió Debian por ser más robusto que Ubuntu y esta modificación funciono satisfactoriamente. Posiblemente en esa ocasión alguna librería necesaria para ejecutar dilimesh mapping application falló. Y aún cuando se hizo la instalación de Ubuntu desde cero nuevamente el problema continuaba.
- Debido a que el NS2 posee una antena con un patrón de radiación direccional que abarca 45° esto genera el inconveniente de que si algún nodo no está dentro del rango de radiación de la antena o lo suficientemente cerca de el; este quedara fuera de la malla. Por lo que se recomienda instalar este tipo de router, de una forma en la cual sea visible para la mayoría de los nodos que conforman la malla.
- A veces el servicio de internet que brinda cada nodo, no resuelve los nombres de los servidores en internet, por lo que se hace necesario modificar el archivo que se encuentra en /etc/resolv.conf del nodo problemático y escribir en el la IP 141.1.1.1, con eso se resuelve el problema, el único inconveniente que se tiene con ello es que al reiniciar el nodo el archivo /etc/resolv.conf se reescribe automáticamente, por lo que si el nodo no resuelve nuevamente los nombres, es que se debe de escribir manualmente en el archivo la IP citada.

## Capítulo 5 : CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.

### 5.1. CONCLUSIONES.

- Este trabajo de graduación es una aplicación que se puede desarrollar en el mundo real, ya que la red mesh se puede unir a una PSTN, en la cual convergen todas las redes telefónicas y la necesidad que tiene las personas de estar en comunicación siempre existirá.
- Esta aplicación puede beneficiar a poblaciones de escasos recursos por que implementar esta red es de bajo costo y requiere de mantenimiento mínimo necesario.
- La telefonía IP implementada, tiene la desventaja que trabaja directamente con toma corrientes, por lo cual si en el lugar donde está establecida la red posee un servicio de red eléctrica deficiente, el servicio de telefonía IP será deficiente también, por lo que se debe de incluir en el diseño de esta red, equipos UPS, para tener un respaldo. Si el fallo eléctrico es de larga duración, la batería del UPS puede agotarse, por lo cual si se opta por esta decisión, debe tomarse en cuenta esto también, adquirir equipos UPS que brinden un respaldo de horas, si se toma esta decisión se encarecería la red mesh.
- La experiencia que se obtuvo en Juayúa, permitió establecer: para que exista buena calidad de voz en las llamadas se necesita robustecer más la red, se requiere una mayor cantidad de emplazamientos para que existan más caminos para que el paquete de datos sea transferido a su punto final. Casas de tres plantas y árboles altos, interfieren con la señal y empobrecen la calidad de voz, por no existir línea vista. Se trató de dejar la línea vista pero con siete nodos es difícil.
- La red mesh se logró monitorear remotamente con el software team viewer, el problema encontrado fue que a veces era imposible acceder al servidor remoto, por la mala calidad del servicio eléctrico, por tal razón se necesita de un servidor dedicado con su propio respaldo de baterías, para no tener este inconveniente. Además también el servicio del proveedor de internet es malo, por esa razón a veces se cae el servidor.
- En la simulación de radio mobile se observan buenos enlaces entre los nodos, pero éste software no contempla obstáculos como edificio, vegetación y ruidos externos, la practica dicta todo lo contrario, se tienen pérdidas de paquetes elevadas.

## **5.2. LÍNEAS FUTURAS.**

En este trabajo de graduación se explican los pasos necesarios para instalar el software Village Telco Server, el cual permite ejecutar el cobro de las llamadas, pero no se implementó, ya que en el servidor Asterisk de Volp de la Universidad de El Salvador solo se nos permitió crear tres cuentas las cuales fueron de prueba. Por lo que se recomienda crear un servidor asterisk en paralelo al servidor de la Universidad de El Salvador, ya que tiene la ventaja de tener acceso a la PSTN y así realizar en este servidor todas las pruebas necesarias que se requieren para desarrollar el software Village Telco Server junto a Asterisk.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### A. CAMBIANDO FIRMWARE DE FABRICA A UN D-LINK DIR 300 CON OPENWRT [21]

Se necesita el programa putty para hacer telnet y solarwinds para levantar los archivos al router. Además todos los archivos necesarios que contiene la versión OpenWrt que queramos instalar, el cual para este caso se instalo la versión openwrt kamikaze versión 8.09.2.

#### A.1. Pasos para cambiar el firmware original de fábrica.

1. Iniciar Windows XP. (Para este caso se ocupo el home edition 2002 servipack 3)
2. Descargar los archivos:
  - ap61.ram (Pagina oficial de ddwrt)
  - ap61.rom (Pagina oficial de ddwrt)
  - openwrt-atheros-root.squashfs (Pagina oficial de openwrt)
  - openwrt-atheros-vmlinux.lzma (Pagina oficial de openwrt)
  - Descargar e instalar SolarWindsTftpServer.
  - Descargar putty.

Los "ap61.ram" y los "ap61.rom" deben de descargarse de: <http://www.dd-wrt.com/site/support/other-downloads> y Los "openwrt-atheros-root.squashfs" y "openwrt-atheros-vmlinux.lzma" deben de descargarse de: <http://downloads.openwrt.org/kamikaze/8.09.2/atheros/>, Hay que tener cuidado con los archivos "ap61.rom" y "ap61.ram", deben ser descargados con Internet Explorer.

3. Desactivar tu antivirus.
4. Desactivar el firewall de Windows (panel de control).
5. Si la PC tiene conectividad inalámbrica ésta debe de ser deshabilitada.
6. Crear en su computadora redboot.bat y redboot.txt, estos deben de estar en el C:\

Abrir un block de notas pegar el siguiente código y guardarlo como redboot.bat. Así como se muestra en la figura A.1.

```
rem echo off
:start
rem -----
ping 192.168.20.81 -n 1 -w 1 > NULL
IF ERRORLEVEL 1 goto start

rem putty
rem -----
break
putty.exe telnet://192.168.20.81:9000 -m redboot.txt
exit
```

Figura A.1: Archivo redboot.bat

Abrir otro block de notas pegar lo siguiente y guardar como redboot.txt. Así como se muestra en la figura A.2

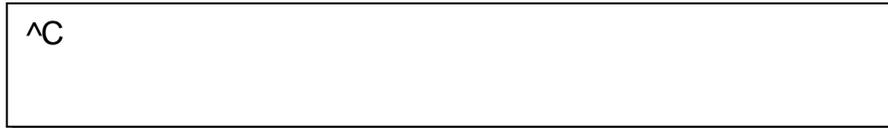


Figura A.2: Archivo redboot.bat

7. Ubicar putty en C:\
8. Iniciar TFTP server así como se muestra en la figura A.3, A.4 y A.5.

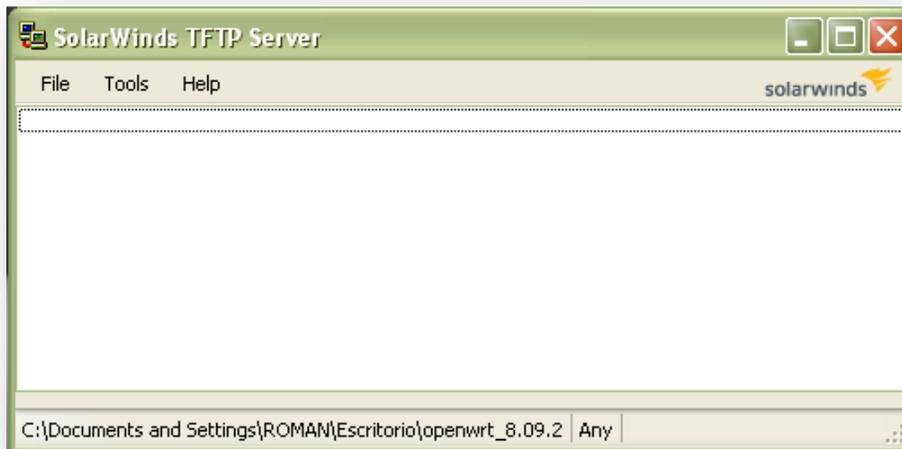


Figura A.3: TFTP server.

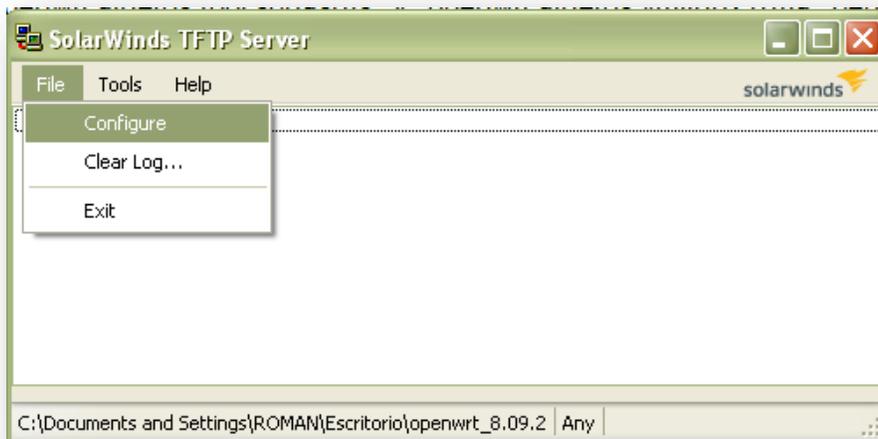


Figura A.4: TFTP server.

Anexo A: Cambiando firmware de fabrica a un D-link Dir 300.

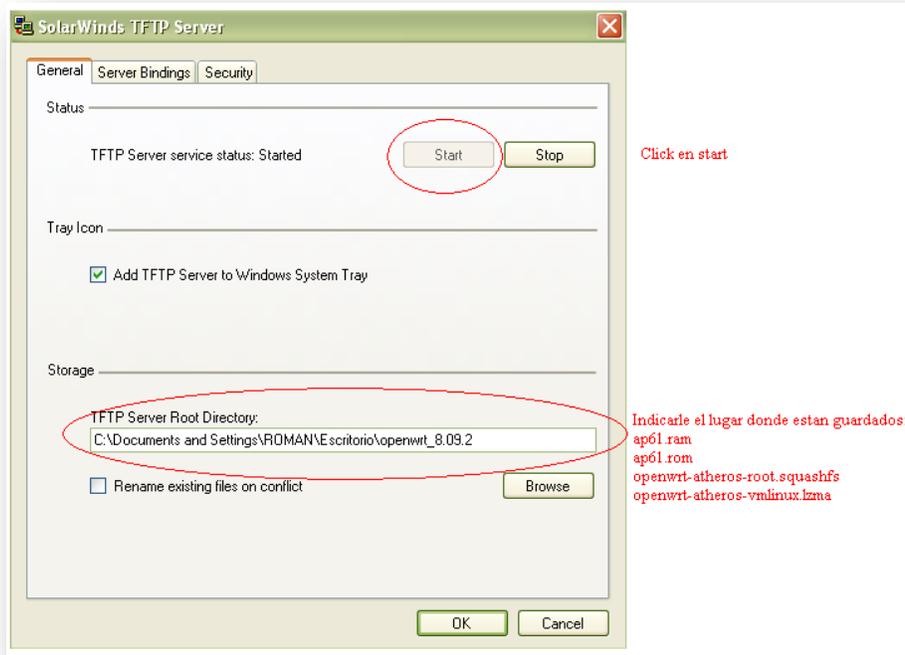


Figura A.5: TFTP server.

9. Configurar la tarjeta de red de la computadora con la dirección ip: 192.168.20.80/255.255.255.0 así, como se muestra en la figura A.6:

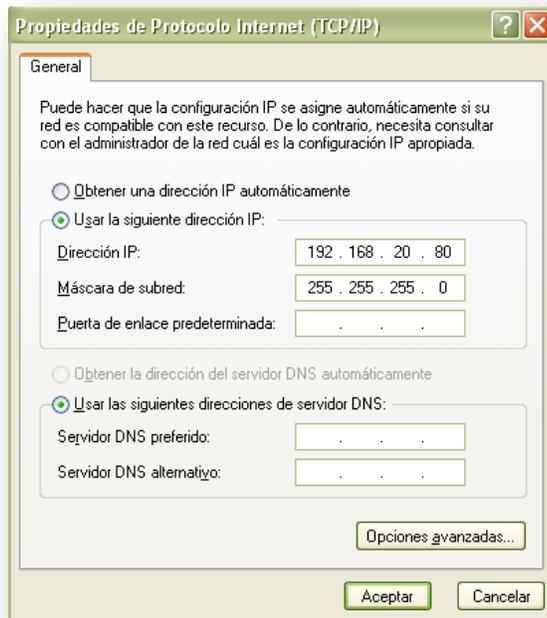


Figura A.6: Configuración de la tarjeta de red.

10. Con el router apagado conectar un extremo del cable UTP (estándar TIA568A, recto) en el puerto ethernet de la computadora, el otro extremo conectarlo al puerto WAN (INTERNET) del router DIR-300.
11. Abrir una terminal cmd del DOS nos vamos a la raíz C: corremos el archivo redboot.bat. (Escribir: redboot.bat y luego enter).
12. Presionar con un lapicero el reset del router, mantenerlo presionado y energizar el router siempre con el reset presionado esperar de 5 a 10 segundos y soltar el reset. Debe hacer conexión con el redboot por telnet. Debe aparecer en la consola de telnet:

```
RedBoot>
```

Si se observa "RedBoot>" va por buen camino.

13. Cargar el archivo ap61.ram para actualizar un nuevo redboot que permitirá cambiar el firmware; proceder en la consola de telnet que abrió el putty así:

```
load ap61.ram
```

Luego ejecutar el comando go

```
go
```

(El router debería cargar el nuevo bootloader y reiniciar automáticamente después de unos minutos) en el caso de permanecer la consola de telnet todavía activa presionamos enter y debería desaparecer en un par de segundos.

14. Volver a cambiar la IP a 192.168.1.2 y nos vamos a conectar a telnet con el putty a 192.168.1.1 puerto 9000 así como lo muestra la figura A.7: NUNCA DESCONECTAR EL ROUTER!!!!!!!

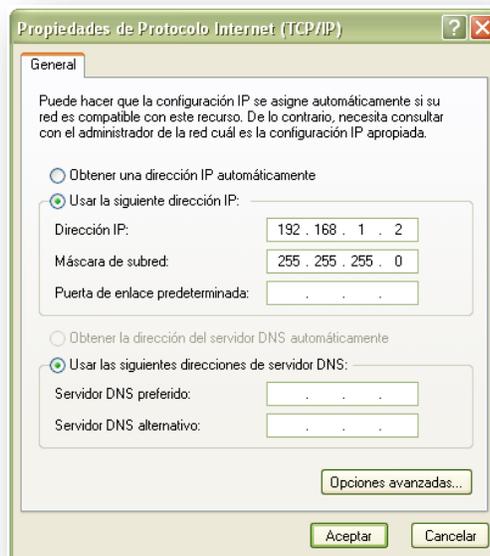


Figura A.7: Configuración de la tarjeta de red.

Escribir en la consola de ms-DOS el siguiente comando.

putty.exe telnet://192.168.1.1:9000

Proceder en la consola de telnet.

Debería aparecerte un prompt nuevo que en lugar de decir RedBoot dice DD-WRT>

Esto sirve para flashar con OpenWrt no preocuparse por que dice DD-WRT.

Hasta el momento no se ha variado ninguna característica de fábrica del router, solamente se ha cargado la memoria RAM, pero los siguientes pasos son más delicados, por lo que se debe de repasar muy bien antes de empezar.

#### 15. Seguir estos pasos:

```
DD-WRT> fconfig -i
Initialize non-volatile configuration - continue (y/n)? y
Run script at boot: false
Use BOOTP for network configuration: true
Default server IP address:
Console baud rate: 9600
GDB connection port: 9000
Force console for special debug messages: false
Network debug at boot time: false
Update RedBoot non-volatile configuration - continue (y/n)? y
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x80ff0000-0x81000000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> fis init
About to initialize [format] FLASH image system - continue (y/n)? y
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x807f0000-0x80800000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> ip_address -h 192.168.1.2
Default server: 192.168.1.2
DD-WRT> load -r -b %{FREEMEMLO} ap61.rom
Using default protocol (TFTP)
Raw file loaded 0x80080000-0x800a8717, assumed entry at 0x80080000
DD-WRT> fis create -l 0x30000 -e 0xbfc00000 RedBoot
An image named 'RedBoot' exists - continue (y/n)? y
... Erase from 0xbfc00000-0xbfc30000: ...
... Program from 0x80080000-0x800a8718 at 0xbfc00000: ...
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x807f0000-0x80800000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> reset
```

#### 16. Esperar 30 segundos.

Luego proceder desde la consola de MSDOS con el siguiente comando:

putty.exe telnet://192.168.1.1:9000 e introducir los siguientes comandos

## Anexo A: Cambiando firmware de fabrica a un D-link Dir 300.

```
DD-WRT> ip_address -h 192.168.1.2
Default server: 192.168.1.2
DD-WRT> fis init
About to initialize [format] FLASH image system - continue (y/n)? y
*** Initialize FLASH Image System
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x80ff0000-0x81000000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> load -r -b ${FREEMEMLO} openwrt-atheros-vmlinux.lzma
Using default protocol (TFTP)
Raw file loaded 0x80040800-0x801007ff, assumed entry at 0x80040800
DD-WRT> fis create -e 0x80041000 -r 0x80041000 vmlinux.bin.l7
... Erase from 0xbfc30000-0xbfcf0000: .....
... Program from 0x80040800-0x80100800 at 0xbfc30000: .....
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x80ff0000-0x81000000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> load -r -b ${FREEMEMLO} openwrt-atheros-root.squashfs
Using default protocol (TFTP)
Raw file loaded 0x80040800-0x802207ff, assumed entry at 0x80040800
DD-WRT> fis create rootfs
... Erase from 0xbfcf0000-0xbffe0000:
.....
... Program from 0x80040800-0x80220800 at 0xbfcf0000:
.....
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x80ff0000-0x81000000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> fconfig -d
Run script at boot: true
Boot script:
Enter script, terminate with empty line
>> fis load -l vmlinux.bin.l7
>> exec
>>
Boot script timeout (1000ms resolution): 5
Use BOOTP for network configuration: false
Gateway IP address: 192.168.1.2
Local IP address: 192.168.1.1
Local IP address mask: 255.255.255.0
Default server IP address: 192.168.1.2
Console baud rate: 9600
GDB connection port: 9000
Force console for special debug messages: false
Network debug at boot time: false
Update RedBoot non-volatile configuration - continue (y/n)? y
... Erase from 0xbffe0000-0xbfff0000: .
... Program from 0x80ff0000-0x81000000 at 0xbffe0000: .
DD-WRT> reset
```

Luego el router se reiniciara, esperar unos tres minutos y listo, tienes instalado openwrt en tu router.

Observación:

Si usted a flashado su D-Link dir-300 con DD-WRT y las cosas han salido mal, en el sentido que su router quedo como ladrillo, estos pasos le ayudaran a recuperar su router. Pero le quedara instalado OPEN-WRT y DD-WRT será eliminado.

1. Seguir los pasos del 1 al 8.
2. Configurar su tarjeta de red tal como lo muestra la figura A.8:

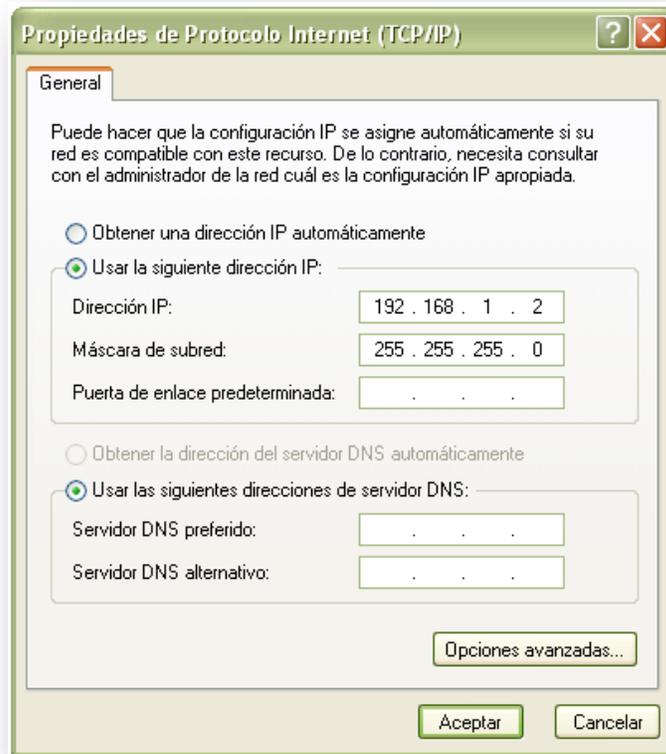


Figura A.8: Configuración de la tarjeta de red.

3. Abrir redboot.bat. y modificar el número IP así como se muestra en la figura A.9:

```
rem echo off
:start
rem -----
ping 192.168.1.1 -n 1 -w 1 > NULL
IF ERRORLEVEL 1 goto start

rem putty
rem -----
break
putty.exe telnet://192.168.1.1:9000 -m redboot.txt
exit
```

Figura A.9: Cambiando la IP del archivo redboot.bat.

4. Seguir el paso 11.

Anexo A: Cambiando firmware de fabrica a un D-link Dir 300.

5. Un extremo del cable UTP conectarlo al puerto internet del router dir300, el otro extremo conectarlo al puerto ethernet de la PC, en esta ocasión, no hay necesidad de mantener apretado el botón de reset del router.
6. Esperar a que salga el prompt de DD-WRT>.
7. Luego escribir las líneas de código del paso 16.
8. Usted ha instalado OPEN-WRT.



3. Luego de instalado Batman se requiere hacer las siguientes configuraciones en la sesión telnet o ssh así:

```
1 root@OpenWrt:~#
3 root@OpenWrt:~# uci delete network.wan
4 root@OpenWrt:~# uci set network.wifi0=interface
5 root@OpenWrt:~# uci set network.wifi0.ifname=ath0
6 root@OpenWrt:~# uci set network.wifi0.proto=static
7 root@OpenWrt:~# uci set network.wifi0.ipaddr=10.130.1.148
8 root@OpenWrt:~# uci set network.wifi0.netmask=255.255.255.0
9 root@OpenWrt:~# uci set wireless.wifi0.channel=1
10 root@OpenWrt:~# uci set batmand.general.visualisation_srv=10.0.0.1
11 root@OpenWrt:~# uci set batmand.general.routing_class=2
12 root@OpenWrt:~# /etc/init.d/batmand enable
13 root@OpenWrt:~# uci commit
14 root@OpenWrt:~# cd /etc/modules.d
15 root@OpenWrt:/etc/modules.d# rm -rf 40-ipt-core
16 root@OpenWrt:/etc/modules.d# rm -rf 41-ipt-core
17 root@OpenWrt:/etc/modules.d# rm -rf 41-ipt-contrack
18 root@OpenWrt:/etc/modules.d# rm -rf 41-ipt-nat
19 root@OpenWrt:/etc/modules.d# rm -rf 45-ipt-nathelper
20 root@OpenWrt:/etc/modules.d# reboot
22 root@OpenWrt:~# reboot
```

Si no se borran los iptables (líneas de la quince a la veinte) el router no repetirá la señal wifi y botará el enlace que se establezca entre los MP's. En una red mesh para que funcionen los repetidores cada uno de ellos debe de cumplir lo siguiente:

- a) Mismo número de canal. [Paso número 4]
  - b) Mismo número de célula (BSSID). [Paso número 4]
  - c) Mismo nombre de la señal wifi (ESSID) [Paso número 4]
  - d) Que trabaje en modo Ad-Hoc. [Paso número 4]
  - e) Cada router debe de tener una dirección IP WIFI diferente en sus últimos tres dígitos(Línea número 7) [Paso número 3]
4. En el paso tres el último comando reiniciara el router, luego de reiniciado, acceder vía web a LuCi utilizando la IP del router (192.168.1.1) y acceder a la sección: Administración, Network, Wifi, WIFI0, deberá dejar el router tal y como se muestra en la figura A.1:

The screenshot shows the OpenWrt LuCI web interface in a Mozilla Firefox browser window. The browser's address bar shows the URL: `http://192.168.1.19/cgi-bin/luci/stok=84AED196D3A9AC02CE942F98393A8E7C/admin/network/wireless/wi`. The page title is "OpenWrt - Wifi - LuCI".

The main content area is titled "Networks" and contains the following sections:

- Device wifi0**: A configuration form for the wireless device. Fields include:
  - enable:
  - Type: atheros
  - Channel: 1 (2.412 GHz)
  - Transmit Power: dBm
  - Mode: auto
  - Diversity:
- Interfaces**: A table for configuring wireless interfaces. The table has one entry:

ESSID	Network	Mode	BSSID	Encryption
potato	Ad-Hoc	Ad-Hoc	01:CA:FF:EE:BA:BE	No Encryption

At the bottom of the interface, there are buttons for "Reset", "Save", and "Save & Apply". The footer text reads "Powered by LuCI 0.8.8 Release (v0.8.8)".

Figura B.1: Configuración vía LuCI

## ANEXO C

### C. HOJAS TECNICAS DE EQUIPO UTILIZADO



BULLET2 DATASHEET



SYSTEM INFORMATION			
Processor Specs	Atheros MIPS 4KC, 180MHz		
Memory Information	16MB SDRAM, 4MB Flash		
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface		
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION			
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE		
RoHS Compliance	YES		
RADIO OPERATING FREQUENCY 2412-2462 MHz			
TX SPECIFICATIONS		RX SPECIFICATIONS	
	DataRate	TX Power	Tolerance
802.11b	1Mbps	20 dBm	+/-1dB
	2Mbps	20 dBm	+/-1dB
	5.5Mbps	20 dBm	+/-1dB
	11Mbps	20 dBm	+/-1dB
802.11g OFDM	6Mbps	20 dBm	+/-1dB
	9Mbps	20 dBm	+/-1dB
	12Mbps	20 dBm	+/-1dB
	18Mbps	20 dBm	+/-1dB
	24Mbps	20 dBm	+/-1dB
	36Mbps	18 dBm	+/-1dB
	48Mbps	16 dBm	+/-1dB
	54Mbps	15 dBm	+/-1dB
802.11n OFDM	6Mbps	-92 dBm	+/-1dB
	9Mbps	-91 dBm	+/-1dB
	12Mbps	-89 dBm	+/-1dB
	18Mbps	-88 dBm	+/-1dB
	24Mbps	-84 dBm	+/-1dB
	36Mbps	-81 dBm	+/-1dB
48Mbps	-75 dBm	+/-1dB	
54Mbps	-72 dBm	+/-1dB	
ADJUSTABLE CHANNEL SIZE SUPPORT			
5MHz		10MHz	
		20MHz	
RANGE PERFORMANCE			
Outdoor (Antenna Dependent):			Over 50km
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL			
RF Connector	Integrated N-type Male Jack (connects directly to antenna)		
Enclosure Size	15.2cm. length x 3.1 cm. height x 3.7cm. width		
Weight	0.18kg		
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabalized Plastic		
Max Power Consumption	4 Watts		
Power Rating	Up to 24V		
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)		
Operating Temperature	-20C to +70C		
Operating Humidity	5 to 95% Condensing		
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4		
SOFTWARE			
			visit <a href="http://www.ubnt.com/airos">www.ubnt.com/airos</a>





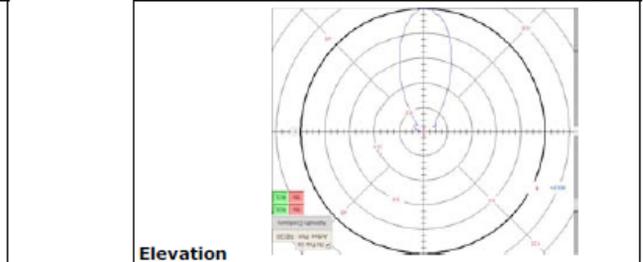
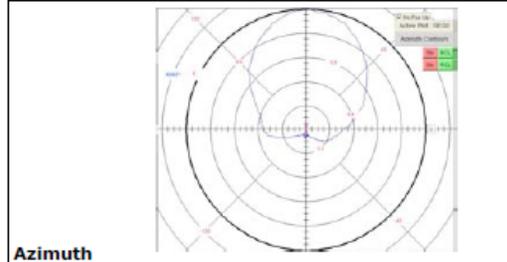
SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros AR2315 SOC, MIPS 4KC, 180MHz
Memory Information	16MB SDRAM, 4MB Flash
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface

REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES

RADIO OPERATING FREQUENCY 2412-2462 MHz							
TX SPECIFICATIONS				RX SPECIFICATIONS			
	DataRate	TX Power	Tolerance		DataRate	Sensitivity	Tolerance
802.11b	1Mbps	26 dBm	+/-1dB	802.11b	1Mbps	-97 dBm	+/-1dB
	2Mbps	26 dBm	+/-1dB		2Mbps	-96 dBm	+/-1dB
	5.5Mbps	26 dBm	+/-1dB		5.5Mbps	-95 dBm	+/-1dB
	11Mbps	26 dBm	+/-1dB		11Mbps	-92 dBm	+/-1dB
802.11g OFDM	6Mbps	26 dBm	+/-1dB	802.11g OFDM	6Mbps	-94 dBm	+/-1dB
	9Mbps	26 dBm	+/-1dB		9Mbps	-93 dBm	+/-1dB
	12Mbps	26 dBm	+/-1dB		12Mbps	-91 dBm	+/-1dB
	18Mbps	26 dBm	+/-1dB		18Mbps	-90 dBm	+/-1dB
	24Mbps	26 dBm	+/-1dB		24Mbps	-86 dBm	+/-1dB
	36Mbps	24 dBm	+/-1dB		36Mbps	-83 dBm	+/-1dB
	48Mbps	23 dBm	+/-1dB		48Mbps	-77 dBm	+/-1dB
	54Mbps	22 dBm	+/-1dB		54Mbps	-74 dBm	+/-1dB

RANGE PERFORMANCE	
Outdoor (BaseStation Antenna Dependent):	Over 15km

INTEGRATED ADAPTIVE ANTENNA POLARITY + EXTERNAL ANTENNA SUPPORT (4 OPTIONS TOTAL)			
Gain	10dBi (2400-2483.5MHz)	External Connector	RP-SMA
Polarization	Multi-Polarized	3dB Beamwidth Elevation	30 degrees
Polarization Selection	Software Controlled	3dB Beamwidth Azimuth	60 degrees



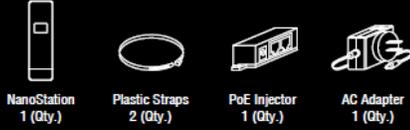
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Enclosure Size	26.4 cm x 8 cm x 3cm
Weight	0.4kg
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	4 Watts
Power Supply	12V, 1A (12 Watts). Supply and injector included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-20C to +70C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

**SOFTWARE**

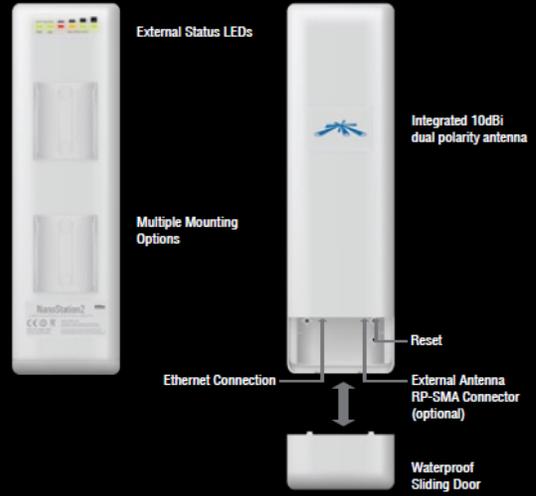
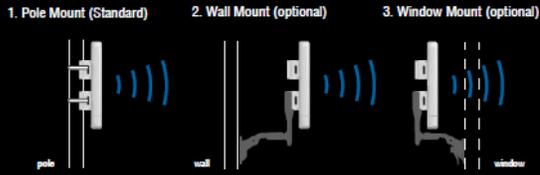
visit [www.ubnt.com/airos](http://www.ubnt.com/airos)



### Package Contents



### Mounting Options



CPU	Atheros 180MHz MIPS
RAM	16MB RAM
Flash	4MB FLASH
Wireless	2.4GHz, 802.11b/g
Channel width	5/10/20MHz
Antenna Gain	10dBI x2
Polarity	Adaptive Vertical/Horizontal
Ext. Ant. Option	Yes, RP-SMA Connector
Range	15km+ (100km using ext ant.)
Throughput	25Mbps+ TCP/IP
Mounting	Pole Mount (straps included)
Accessories	Ubiquiti Window/Wall Mount (sold seperately)
Size	26.4cm x 8cm x 3cm
Weight	0.4 kg
Power Supply	12V, 1A POE (included)
Approvals	FCC 15.247, IC, CE



Air OS is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology that is included with NanoStation.

It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture which enables hi-performance outdoor multipoint networking.



NanoStation utilizes Adaptive Antenna Polarity technology, which can statically or dynamically software switch antenna polarities to optimize your connections.





# ATCOM WiFi Mesh ATA

MP01



## Target Applications

- Village Telco
- Emergency Communication System
- Hotel Telco

## Features

- One port WiFi Mesh ATA
- WiFi Mode: AP,client,ad-hoc,ahdemo mode
- Open Source OpenWrt OS
- Asterisk pre-installed
- SSH or HTTP management

## Hardware Specifications

- Atheros AR2317 SoC
- MIPS 4KEc processor 180 MHz
- 8 MByte Serial Flash EEPROM
- 16 MByte RAM

## Wireless LAN

- IEEE 802.11b/g
- Frequency Band: 2.412GHz to 2.484GHz
- Antenna Type: Internal Omnidirectional PCB Antenna with I-PEX connector
- Transmit EIRP Power: 1-24 Mbit 20dBm or 36-54 Mbit 17dBm

## Interfaces

- LAN Port: 1 X RJ-45
- FXS Port: 1 X RJ-11

## Firmware

- Linux kernel 2.6.26.3
- OpenWrt Kamikaze (customized version)
- B.A.T.M.A.N. mesh routing daemon Version 0.4
- Asterisk 1.4.11

## Electrical

- Power Options: AC adaptor, Passive PoE or PoTL (Power over Telephone Line)
- PoTL Wire Requirement: standard 4/6 core telephone cable
- Input Power: 24 VDC 300mA
- Power Consumption: 3Watt
- Passive PoE Effective Distance: 0-100 meters
- PoTL Effective Distance: 0-50 meters
- Protected Ports: DC, RJ11 phone, RJ45 Ethernet
- Protection: overvoltage, reverse DC, nearby lightning, static electricity

## Environmental

- Operating Humidity: 5 to 95% Condensing
- Operating Temperature: -20°C to +70°C

## Physical

- Casing: UV-protected, weatherproof outdoor enclosure
- Mounting: Pole Mount/Wall Mount
- Enclosure Size: 228mm X 106mm X 55mm
- Weight: 0.3Kg

## Regulatory/Compliance Information

- RoHS Compliance

## ANEXO D

### D. ALIMENTACIÓN DEL MESH POTATO

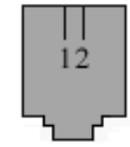
Los routers MP pueden manejar voltajes de alimentación en el rango de 9 a 40 voltios DC y puede ser alimentado de tres maneras: conectando directamente la fuente de potencia al MP, a través del cable telefónico o a través del cable de red. Aunque pueda ser alimentado de cualquiera de estas tres maneras, solo debe usar una a la vez y si ocupa la fuente de 12 voltios o el cable del teléfono, no debe conectar el cable Ethernet al MP.

#### E.1. Uso con la fuente de potencia.

El MP trae una fuente de potencia de 12 Voltios DC, la cual puede manejar voltajes de 100 a 240 voltios AC, el conector es EU standard.

#### E.2. Uso del cable de teléfono para alimentar al MP.

El conector de teléfono del MP tiene seis pines. Los dos primeros pines son para la línea positiva, los dos del medio son para la conexión del teléfono y los últimos dos son para la línea negativa. Se recomienda usar el cable naranja para positivo (+), azul para el teléfono y café para el negativo (-).

Tipo de Conector	Figura	Diagrama	Cableado	Comentarios
RJ11			Conectar un par en los dos pines del medio.	Solo puede usarse para conectar el teléfono.
RJ14			El primer par del cable en los pines 1 y 4 para alimentación y el segundo par en los pines 2 y 3 para el teléfono.	No es recomendado debido a las pérdidas en cables mayores a 8 metros.
RJ25			Par anaranjado en pines 1 y 2, par azul en pines 3 y 4 y par café en pines 5 y 6.	Recomendado para telefonía y alimentación.

**Tabla D.1: Descripción de conectores a usar para telefonía en los MP.**

Función	RJ-11 pin	RJ-14 pin	RJ-25	Esquema de Colores
+12 Vdc input			1	
+12 Vdc input		1	2	
Phone ('ring' / -)	1	2	3	
Phone ('tip' / +)	2	3	4	
0 Vdc input (MP01 Gnd)		4	5	
0 Vdc input (MP01 Gnd)			6	

Tabla D.2: Especificaciones de cableado usando conectores RJ-11, RJ-14 y R-J25

### E.3. Uso del cable de red para alimentar al MP.

El conector del cable de red del MP usa 2 pares de cables para la conexión Ethernet y dos pares para la alimentación. El cableado se hace usando los conectores RJ45 de la siguiente forma: pines 1, 2, 3 y 6 para la red y los pines 4, 5, 7 y 8 para alimentación.

Función	RJ-45 pin	Esquema de Colores	
Networking RX+	1		Anaranjado con blanco
Networking RX-	2		Anaranjado
Networking TX+	3		Verde con blanco
+12 Vdc input	4		Azul
+12 Vdc input	5		Azul con blanco
Networking TX-	6		Verde
0 Vdc input (MP01 Gnd)	7		Café con blanco
0 Vdc input (MP01 Gnd)	8		Café

Tabla D.3: Especificaciones de cableado usando RJ-45.

## BIBLIOGRAFIA.

- [1] Mario José Franco Pineda, Rodrigo José Pineda Torres, Ricardo Atilio Saravia Cruz, *transmisión de voz sobre tecnología IP*, 2003. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- [2] Luis Gerardo Guerra Sánchez y Rodrigo Ernesto Torres Navas, *voz sobre IP (VoIP), SIP, session controllers y asterisk*, 2007. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas..
- [3] Robert Acosta, Glenda Caballero, Elsy Mena, *integración de voz, video y datos sobre frame relay, ATM e IP*, 2003. Universidad Don Bosco.
- [4] Víctor Antonio Ascencio Campos, *implementación de comunicaciones inalámbricas de espectro ensanchado*, 2005. Universidad de El Salvador.
- [5] Gutiérrez Valdez, Bernardino, Quintanilla Ortiz, José Alfonso Palma, Oscar Ricardo, *diseño de una WIFI para los sibasi de Nueva Concepción, Sensuntepeque y Morazán*, 2006. Universidad de El Salvador.
- [6] Roberto Carlos Romero Castro, *laboratorio de comunicaciones de voz sobre protocolo de internet y redes inalámbricas*, 2008. Universidad de El Salvador.
- [7] William Ovidio Reyes Medrano, *implementación de una herramienta software para la gestión de una central telefónica basada en una computadora personal*, Universidad de El Salvador.
- [8] Erick Ronald Campos Hernández y Edmond Osmani Romero Moreno, *propuesta de un sistema de comunicaciones de voz y de acceso a internet para las escuelas del municipio de Berlín Usulután*, 2011. Universidad de El Salvador.
- [9] "Sitio oficial del fabricante del Mesh Potato 01, en el cual se puede tener acceso a especificaciones técnicas y descargas de software."  
[http://www.atcom.cn/MP01.html#~tab-service\\_providers3](http://www.atcom.cn/MP01.html#~tab-service_providers3)
- [10] "Sitio oficial del fabricante del Nano Station 2, en el cual se puede tener acceso a especificaciones técnicas"  
<http://www.ubnt.com/nanostation>
- [11] "Blog sobre configuraciones de software necesarias para el equipo utilizado"  
[http://dili.villagetelco.org/index.php?title=Dili\\_Village\\_Telco](http://dili.villagetelco.org/index.php?title=Dili_Village_Telco)
- [12] "Blog sobre los pasos a seguir para cambiar firmware de fabrica a OpenWrt en un Nano Station 2"  
[http://wiki.villagetelco.org/index.php?title=Mesh\\_Potato\\_HOWTOs#Setting\\_up\\_a\\_SuperNode\\_with\\_an\\_Ubiquiti\\_NS2](http://wiki.villagetelco.org/index.php?title=Mesh_Potato_HOWTOs#Setting_up_a_SuperNode_with_an_Ubiquiti_NS2)
- [13] "Blog sobre los pasos a seguir para conectar un Mesh Potato 01 a un servidor asterisk"

[http://wiki.villagetelco.org/index.php?title=Mesh Potato HOWTOs#Connecting to an Asterisk Server from behind NAT](http://wiki.villagetelco.org/index.php?title=Mesh_Potato_HOWTOs#Connecting_to_an_Asterisk_Server_from_behind_NAT)

[14] *“Blog sobre la instalación de DiliMesh Mapping Application ”*  
<https://freetel.svn.sourceforge.net/svnroot/freetel/dilimesh/README.txt>

[15] *“Blog sobre la instalación de Village Telco Server ”*  
[http://dev.villagetelco.org/trac/wiki/vt\\_server\\_deb\\_installation](http://dev.villagetelco.org/trac/wiki/vt_server_deb_installation)

[16] *“Sitio oficial del fabricante de la PBX IP04, en el cual se puede tener acceso a especificaciones técnicas y descargas de software.”*  
<http://www.atcom.cn/IP04.html>

[17] *“Blog sobre la configuración de una centralita IP04 marca ATCOM, para integrarla a la red mesh”*  
[http://dili.villagetelco.org/index.php?title=Dili Village Telco#IP04](http://dili.villagetelco.org/index.php?title=Dili_Village_Telco#IP04)

[18] *“Diagrama de red, que brinda la idea para aplicar las IP de la red mesh”*  
[http://dili.villagetelco.org/index.php?title=Dili Village Telco#Network Diagram](http://dili.villagetelco.org/index.php?title=Dili_Village_Telco#Network_Diagram)

[19] *“Hoja técnica del bullet2”*  
[http://ubnt.com/downloads/b2\\_datasheet.pdf](http://ubnt.com/downloads/b2_datasheet.pdf)

[20] *“Información técnica del router D-link Dir 300”*  
[http://wiki.openwrt.org/toh/d-link/dir-300?s\[\]=dir&s\[\]=300](http://wiki.openwrt.org/toh/d-link/dir-300?s[]=dir&s[]=300)  
<https://sites.google.com/site/thephantomofthemeshnetwork/home>  
[http://www.dlinkla.com/home/soporte/soporte\\_home.jsp?prod=1006](http://www.dlinkla.com/home/soporte/soporte_home.jsp?prod=1006)

[21] Rony Stanley Sánchez Morales, Román Abad Tobías Vides. *Redes Mesh y Voz sobre IP, proyecto de ingeniería ciclo-I* 2010. Universidad de El Salvador.

[22] *“Tutorial de Radio Mobile”*  
Grupo de Radiocomunicación, Departamento SSR, ETSIT – UPM, Febrero de 2007.  
[http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/RDCM/adjuntos/material\\_consulta/Manuales%20del%20programa%20Radio%20Mobile/Manual%20de%20Radio%20Mobile.pdf](http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/RDCM/adjuntos/material_consulta/Manuales%20del%20programa%20Radio%20Mobile/Manual%20de%20Radio%20Mobile.pdf)

[23] José María Hernando Rabanos (1993), *“Transmisión por Radio”*, Madrid, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces S.A.  
<http://publico.ing.ues.edu.sv/asignaturas/sci115/TRANSMISION%20POR%20RADIO%20-%20Jose%20Maria%20Hernando%20Rabanos/>

[24] Recomendación UIT-R P.525-2, *“CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE”*  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-!!PDF-S.pdf)

- [25] Recomendación UIT-R P.526, "PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN"  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-10-200702-!!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-10-200702-!!!PDF-S.pdf)
- [26] Recomendación UIT-R P.833-6, "ATENUACIÓN DEBIDA A LA VEGETACIÓN"  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.833-6-200702-!!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.833-6-200702-!!!PDF-S.pdf)
- [27] Recomendación UIT-R P.676-7, "ATENUACIÓN DEBIDA A GASES ATMOSFÉRICOS"  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.676-7-200702-!!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.676-7-200702-!!!PDF-S.pdf)
- [28] Recomendación UIT-R P.530-12, "DATOS DE PROPAGACIÓN Y MÉTODOS DE PREDICCIÓN NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS TERRENALES CON VISIBILIDAD DIRECTA"  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.530-12-200702-!!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.530-12-200702-!!!PDF-S.pdf)
- [29] Recomendación UIT-R P.838-3, "MODELO DE LA ATENUACIÓN ESPECÍFICA DEBIDA A LA LLUVIA PARA LOS MÉTODOS DE PREDICCIÓN"  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.838-3-200503-!!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.838-3-200503-!!!PDF-S.pdf)
- [30] Recomendación UIT-R P.841-4, "CONVERSIÓN DE LAS ESTADÍSTICAS ANUALES EN ESTADÍSTICAS DEL MES MÁS FAVORABLE"  
<http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.841-4-200503-!!!PDF-S.pdf>
- [31] Recomendación UIT-R P.837-5, "CARACTERÍSTICA DE LA PRECIPITACIÓN PARA ESTABLECER MODELOS DE PROPAGACIÓN"  
[http://dsdttaf.comli.com/web\\_documents/p.837-5\\_caracteristicas\\_de\\_la\\_precipitacion\\_para\\_establecer\\_modelos\\_de\\_propagacion.pdf](http://dsdttaf.comli.com/web_documents/p.837-5_caracteristicas_de_la_precipitacion_para_establecer_modelos_de_propagacion.pdf)