

## Tesina



Facultad de Ciencias Sociales y Administrativas  
Ingeniería en Telecomunicaciones

# Solución Integrada de Comunicaciones

**Alumno: Carlos Nicolás Pellerano**

Año: 2012

Tutor: Guillermo A. Sandez

## **Calificación**

1	RESUMEN .....	9
2	PROBLEMA A RESOLVER .....	9
3	OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	10
3.1	GENERAL .....	10
3.2	ESPECIFICO .....	10
4	MARCO TEÓRICO .....	11
4.1	QUE ES UNA RED DE COMPUTADORAS .....	11
4.2	QUÉ TIPO DE REDES EXISTEN .....	11
4.3	QUE ES UNA RED INALÁMBRICA. CARACTERÍSTICAS .....	12
4.4	RADIOENLACE. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS .....	16
4.5	CONCEPTOS GENERALES .....	16
4.5.1	Ondas electromagnéticas .....	16
4.5.2	Polarización .....	18
4.5.3	Ancho de Banda.....	18
4.5.4	Frecuencias y canales .....	19
4.5.5	Ganancia .....	20
4.5.6	Atenuación.....	21
4.5.6.1	Pérdida en el cable .....	22
4.5.6.2	Pérdida en los conectores .....	23
4.5.7	Power over Ethernet (PoE) .....	23
4.5.8	Fresnel .....	24
4.6	ANTENAS.....	26
4.6.1	Qué tipo de antenas existen .....	26
4.6.1.1	Antena isotrópica .....	26
4.6.1.2	Antenas omnidireccionales reales.....	27
4.6.1.3	Antenas direccionales .....	29
4.6.1.4	Antena direccional normal .....	29
4.7	TORRES.....	30
4.8	¿QUÉ ES LA DIRECCIÓN IP? .....	33
4.8.1	Direcciones Privadas.....	34
4.8.2	Formato de la cabecera IP .....	34
4.8.2.1	Versión: 4 bits .....	35
4.8.2.2	Tamaño Cabecera (IHL): 4 bits .....	35
4.8.2.3	Tipo de Servicio: 8 bits .....	35
4.8.2.4	Longitud Total: 16 bits.....	36

4.8.2.5	Identificador: 16 bits .....	36
4.8.2.6	Flags: 3 bits.....	37
4.8.2.7	Posición de Fragmento: 13 bits .....	37
4.8.2.8	Tiempo de Vida (TTL): 8 bits.....	37
4.8.2.9	Protocolo: 8 bits .....	37
4.8.2.10	Suma de Control de Cabecera: 16 bits .....	37
4.8.2.11	Dirección IP de origen: 32 bits.....	38
4.8.2.12	Dirección IP de destino: 32 bits .....	38
4.8.2.13	Opciones: Variable .....	38
4.8.2.14	Relleno: Variable .....	41
4.9	VOS SOBRE IP.....	41
4.9.1	Estándar H.323 .....	42
4.9.2	Estándar SIP .....	43
4.9.3	Codec .....	43
4.9.4	FXS – FXO. Características.....	44
4.10	RADIO MOBILE .....	44
4.10.1	¿Qué es Radio Mobile? .....	44
4.11	MIKROTIK .....	45
4.11.1	¿Qué es Mikrotik?.....	45
5	DESARROLLO DE LA TESIS (OBJETIVO GENERAL) .....	46
5.1	RELEVAMIENTO .....	49
5.2	CONECTIVIDAD .....	50
5.2.1	Introducción .....	50
5.2.2	Radioenlace .....	51
5.2.2.1	Cálculo y Montaje de las Torres de Comunicación.....	51
5.2.2.2	Selección de Banda de Frecuencia .....	57
5.2.2.3	Cálculo del Radioenlace. Diseño.....	58
5.2.2.3.1	Cálculo del enlace de forma manual .....	58
5.2.2.3.2	Calculo del enlace mediante el uso de Radio Mobile.....	60
5.2.2.4	Selección de la Antena .....	69
5.2.2.5	Selección y configuración de los equipos .....	70
5.3	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	72
5.4	SERVICIO DE TELEFONÍA MEDIANTE VOIP .....	75
5.4.1	Introducción .....	75
5.4.2	Desarrollo .....	75
5.4.2.1	Selección de Equipamiento .....	75
5.4.2.2	Diseño de la Red de Telefonía .....	76
5.4.2.3	Configuración de los Equipos .....	79

5.4.2.3.1	Configuración del Gateway de las Oficinas Centrales .....	79
5.4.2.3.2	Configuración del Gateway de la Finca .....	86
5.5	L.A.N. ....	88
5.5.1	Introducción .....	88
5.5.2	Control del Ancho de Banda .....	88
6	CONCLUSIONES.....	93
7	BIBLIOGRAFÍA.....	94
7.1	LIBROS .....	94
7.2	SITIOS DE INTERNET .....	94
8	ANEXOS.....	95
8.1	ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA PARABÓLICA GRILLADA BOBOTO 5.8 GHZ.....	95
8.2	ESPECIFICACIONES DEL ROUTER BOARD 411A DE MIKROTIK .....	96
8.3	ESPECIFICACIONES DEL ROUTER BOARD R52HN DE MIKROTIK (RADIO) .....	97

## **Índice de Imágenes**

Ilustración 1 - Tipos de Redes - .....	12
Ilustración 2 - Antena Satelital - .....	14
Ilustración 3 - Antenas de Microondas - .....	15
Ilustración 4 - Red con dispositivos infrarojos - .....	15
Ilustración 5 - El campo eléctrico y el campo magnético de una onda electromagnética - .....	17
Ilustración 6 - Características de las ondas - .....	18
Ilustración 7 - Frecuencia y canales 802.11a - .....	20
Ilustración 8 - Relación entre distancia y ganancia de una antena. - .....	21
Ilustración 9 - Fórmula para calcular la atenuación de una señal - .....	21
Ilustración 10 - Atenuación de una señal en función del tiempo - .....	22
Ilustración 11 - Tipos de cables y características - .....	23
Ilustración 12 - Conexión PoE - .....	24
Ilustración 13 - Lóbulo de zona Fresnel de una Señal entre 2 antenas - .....	25
Ilustración 14 - Fórmula para el Cálculo de la Zona Fresnel - .....	26
Ilustración 15 - Antena Isotrópica - .....	27
Ilustración 16 - Antena Omnidireccional Real - .....	28
Ilustración 17 - Radiación de una Antena Omnidireccional - .....	29
Ilustración 18 - Antena Direccional - .....	30
Ilustración 19 - Tipos de Torres - .....	31
Ilustración 28 - Anclaje de las riendas - .....	32
Ilustración 29 - Correcta instalación de la rienda sobre la torre - .....	33
Ilustración 20 - Formato de la cabecera IP - .....	35
Ilustración 21 - FXS y FXO - .....	44
Ilustración 22 - Red de Sanes antes de la Implementación - .....	47
Ilustración 23 - Red de Sanes después de la Implementación - .....	48
Ilustración 24 - Oficina Central - .....	51
Ilustración 25 – Finca - .....	52
Ilustración 26 - Línea de vista entre la Oficina Central y la Finca - .....	53
Ilustración 27 - Despeje de la 1º zona de fresnel - .....	55
Ilustración 30 - Descripción de la torre - .....	57

Ilustración 31 - Ubicación de la Oficina Central -.....	62
Ilustración 32 - Ubicación de la Finca - .....	62
Ilustración 33 - Parámetros generales de la red -.....	64
Ilustración 34 - Topología - .....	65
Ilustración 35 - Sistema - .....	66
Ilustración 36 - Miembros - .....	67
Ilustración 37 - Mostrar redes - .....	68
Ilustración 38 - Enlace de Radio - .....	69
Ilustración 39 - Antena grillada Boboto - .....	70
Ilustración 40- Router Mikrotik RB 411 - .....	71
Ilustración 41 - Radio R52Hn - .....	71
Ilustración 42 - Caja estanca, router y radio -.....	72
Ilustración 43 - Gateway Micronet SP 5054 A - .....	76
Ilustración 44 - Conexión físico del GW Ip en la oficina central -.....	77
Ilustración 45 - Conexión físico del GW Ip en la finca -.....	78
Ilustración 46 - Interfaz de red del GW Ip - .....	79
Ilustración 47 - Configuración SIP del GW Ip -.....	80
Ilustración 48 - Configuración de línea del GW Ip -.....	81
Ilustración 49 - Resumen de configuración SIP y de Línea de los GWs Ip -.....	82
Ilustración 50 - Configuración de seguridad del GW Ip - .....	83
Ilustración 51 - Configuración de la voz del GW Ip - .....	84
Ilustración 52 - Configuración del libro de teléfonos del GW Ip -.....	85
Ilustración 53 - Configuración del tipo de servicio del GW Ip -.....	86
Ilustración 54 - Resumen de configuración SIP y de Línea de los GWs Ip -.....	87
Ilustración 55 - Creación de la Cola de la Oficina Central - .....	90
Ilustración 56 - Creación de la Cola de la Finca - .....	91

### **Índice de Tabla**

Tabla 1 - Estándares de redes WiFi -.....	13
Tabla 2 - Formato de opciones compuesto - .....	39
Tabla 3 - Costo de implementación 1 - .....	73
Tabla 4 - Costo de implementación 2 - .....	73

Tabla 5 - Costo de implementación 3 - .....	74
---	----

## 1 Resumen

La presente tesina pretende investigar entre diversas tecnologías y así poder brindar una alternativa que permita cumplir con los requerimientos de comunicación de la empresa Sanes S.A., mediante la implementación de una “Solución Integrada de Comunicaciones”.

La “Solución Integrada de Comunicaciones”, involucra tecnología de Radio Enlace, Telefonía de voz sobre IP y Trasmisión de datos sobre la red L.A.N. de la empresa.

El equipamiento utilizado para el “Solución Integrada de Comunicaciones” se basa en Mikrotik para el Radioenlace y la configuración de los equipos L.A.N., mientras que la parte de Telefonía de voz sobre IP se resuelve con dispositivos Micronet.

## 2 Problema a Resolver

La problemática que tiene la empresa Sanes S.A. es que una parte de su estructura corporativa (la Finca), no se encuentra integrada en la red L.A.N., ya que el establecimiento se ubica a 20 km. de distancia de las oficinas centrales.

En la actualidad es impensado de que una firma no pueda mantener toda su información unificada, sabiendo de lo importante que es esto, solo por una separación física entre sus instalaciones.

No contar con esto, implica muchas desventajas que afectan todos los ámbitos de la Empresa, tanto en lo económico, técnico, operativo y gerencial.

### 3 Objetivos del Proyecto

#### 3.1 General

Diseñar una “Solución Integrada de Comunicaciones” que involucra el estudio, selección y configuración de diversas tecnologías, logrando satisfacer las necesidades de comunicación de la empresa.

#### 3.2 Especifico

- Establecer un vínculo entre la oficina central y la finca de la empresa, mediante la definición, diseño, cálculo de un Radioenlace.
- Plantear una solución sobre la necesidad de telefonía en la finca, mediante la utilización de VoIP.
- Garantizar un control adecuado en el ancho de banda en la red.

## 4 Marco Teórico

### 4.1 Que es una red de computadoras

Una red de computadoras, es un conjunto de equipos conectados por medio de cables, señales, ondas o cualquier otro método de transporte de datos, que comparten información (archivos), recursos (CD-ROM, impresoras, etc.) y servicios (acceso a internet, e-mail, juegos), incrementando la eficiencia y productividad de las personas.

### 4.2 Qué tipo de redes existen

Hoy en día podemos definir 4 tipos de redes, las que indico a continuación:

- **Red de área Personal (PAN):** es una tecnología que permite crear una red con vínculos inalámbricos entre equipos móviles, teléfonos móviles y dispositivos portátiles.
- **Red de área local (LAN):** una red que se limita a un área especial relativamente pequeña tal como un cuarto, un solo edificio, un campus.
- **Red de área metropolitana (MAN):** una red que conecta las redes de un área dos o más locales juntos pero no extiende más allá de los límites de la ciudad inmediata, o del área metropolitana.
- **Red de área amplia (WAN):** es una red de comunicaciones de datos que cubre un área geográfica relativamente amplia y que utiliza a menudo las instalaciones de transmisión proporcionadas por los portadores comunes, tales como compañías del teléfono.

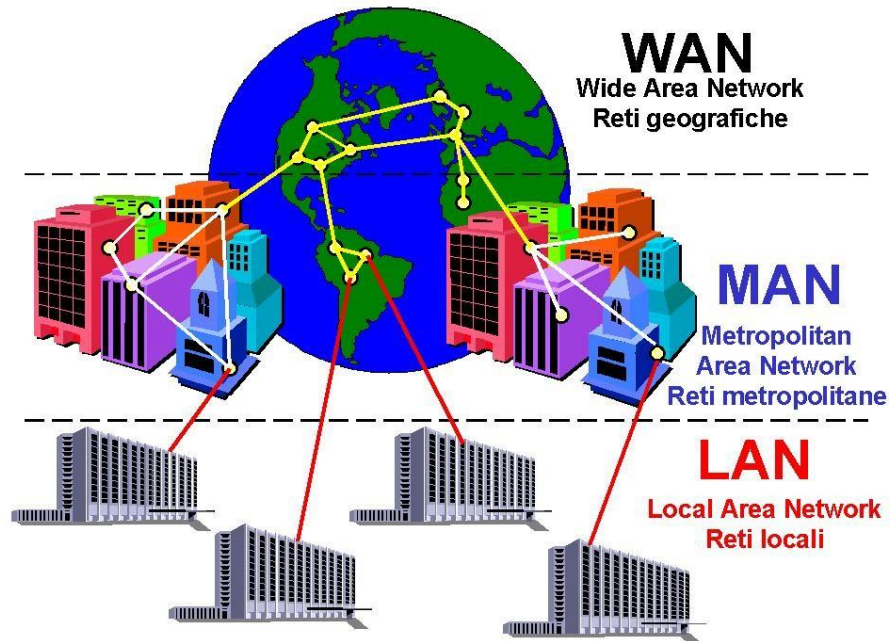


Ilustración 1 - Tipos de Redes <sup>1</sup>-

#### 4.3 Que es una red inalámbrica. Características

El término red inalámbrica (Wireless network) es un término que se utiliza en informática para designar la conexión entre diversos puntos sin necesidad de una conexión física (cables), sino que ésta se da por medio de ondas electromagnéticas.

Dentro de las tecnologías con las que contamos hoy en día, encontramos las siguientes:

- **Wi-Fi (Wireless Fidelity):** en lenguaje español significa literalmente “Fidelidad sin Cables”. También se les denomina WLAN (Wireless Local Area Network) ó redes de área local inalámbricas. Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio con muy buena calidad de emisión para distancias cortas (hasta teóricamente 100 m). Este tipo de transmisión se encuentra estandarizado por la IEEE, siglas en inglés del Instituto de Ingenieros en

<sup>1</sup> Imagen recuperada de:

[http://3.bp.blogspot.com/\\_5aGNpPNacxU/S9Za6b1IAKI/AAAAAAAAAAM/yvbzZIWwO30/s1600/wan\\_lan\\_man.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_5aGNpPNacxU/S9Za6b1IAKI/AAAAAAAAAAM/yvbzZIWwO30/s1600/wan_lan_man.jpg)

Electricidad y Electrónica, la cuál es una organización internacional que define las reglas de operación de ciertas tecnologías.

Actualmente son 4 estándares básicos:

Nombre	Tecnología	Velocidad de Transmisión	Características
<b>Wireless A</b>	IEEE 802.11a	54 Mbps	Trabaja en la banda de frecuencia de 5 GHz, y no puede interoperar con equipos del estándar de 802.11b, salvo que se cuente con equipos que soporten los 2 estándares.
<b>Wireless B</b>	IEEE 802.11b	11 Mbps	Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz solamente, compatible con velocidades menores.
<b>Wireless G</b>	IEEE 802.11g	11 / 22 / 54 Mbps	Trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz solamente.
<b>Wireless N</b>	IEEE 802.11n	300 Mbps	Utiliza una tecnología denominada MIMO (que por medio de múltiples antenas trabaja en 2 canales), frecuencia 2.4 GHz y 5 GHz simultáneamente.

**Tabla 1 - Estándares de redes WiFi -**

- **BlueTooth:** en lenguaje español significa literalmente “Diente Azul”, ello por ser un nombre de un Rey de la antigüedad. Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio de corto alcance (1, 20 y 100 m a la redonda dependiendo la versión). Las ondas pueden incluso ser capaces de cruzar cierto tipo de materiales, incluyendo muros. Para la transmisión de datos no es necesario el uso de antenas externas visibles, sino que pueden estar integradas dentro del mismo dispositivo. Este tipo de transmisión se encuentra estandarizado de manera independiente y permite una velocidad de transmisión de hasta 1 Mbps y trabaja en una frecuencia de 2.4 GHz.

- **Microondas:** se trata de comunicaciones a gran escala, muy caras y con poco uso doméstico. Las hay de dos tipos:
  - **Microondas por satélite:** se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. La frecuencia de trabajo de estas redes puede ir de 1 GHz a los 20 GHz dependiendo de la posición de trabajo del satélite.



**Ilustración 2 - Antena Satelital <sup>2</sup>.**

- **Microondas terrestres:** se basan en conexiones denominadas punto a punto, ya que sus antenas deben estar sin obstáculos físicos para evitar fallas en la transmisión. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.

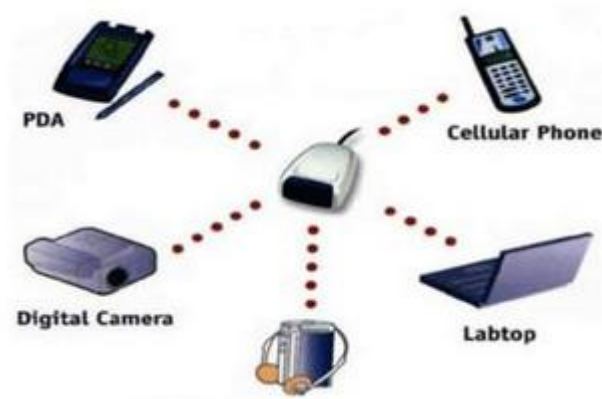
---

<sup>2</sup> Imagen recuperada de: [http://www.ses.com.ar/imagenes/tmp\\_sat\\_flash.jpg](http://www.ses.com.ar/imagenes/tmp_sat_flash.jpg)



**Ilustración 3 - Antenas de Microondas <sup>3</sup>-**

- **Infrarrojos:** se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie y su distancia puede ser de hasta 1 mts. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz. Su velocidad promedio de transmisión de datos es de hasta 115 Kbps, no utiliza ningún tipo de antena, sino un diodo emisor semejante al de los controles remoto para televisión.



**Ilustración 4 - Red con dispositivos infrarrojos <sup>4</sup>-**

---

<sup>3</sup> Imagen recuperada de: <http://www.actiweb.es/tecnotel/imagen2.jpg?13044>

<sup>4</sup> Imagen recuperada de:

[http://4.bp.blogspot.com/\\_pqZIM9ZSy0o/ShwFkxhDYWI/AAAAAAAAAAM/W5mIFGhXqXU/s320/irda-top%5B1%5D.gif](http://4.bp.blogspot.com/_pqZIM9ZSy0o/ShwFkxhDYWI/AAAAAAAAAAM/W5mIFGhXqXU/s320/irda-top%5B1%5D.gif)

#### 4.4 Radioenlace. Definición y características

Se denomina radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

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

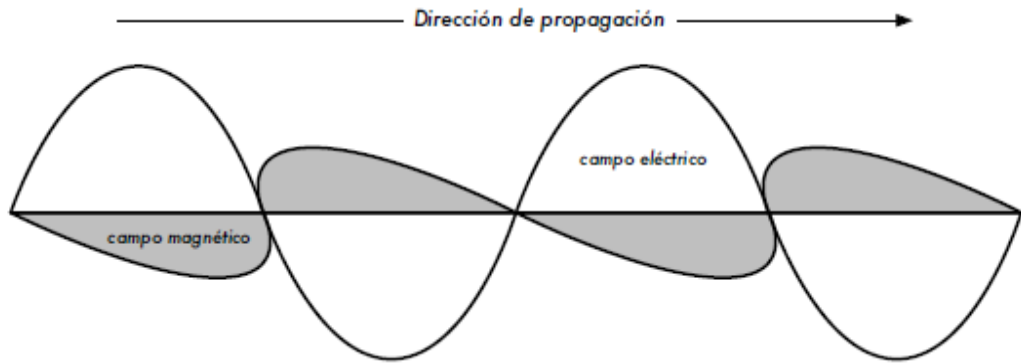
Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región (LoS, Line Of Sight).

#### 4.5 Conceptos Generales

En este punto es importante tener muy en claro una serie de conceptos que creo indispensables para el entendimiento de esta tesis.

##### 4.5.1 Ondas electromagnéticas

Las “ondas electromagnéticas” son un tipo de radiación en forma de onda que se caracterizan por tener dos campos, un campo eléctrico y otro magnético que oscilan perpendicularmente entre sí.



**Ilustración 5 - El campo eléctrico y el campo magnético de una onda electromagnética <sup>5</sup>-**

Dentro de las características principales de las ondas electromagnéticas encontramos los siguientes aspectos:

- **Ciclo:** Se denomina ciclo a cada patrón repetitivo de una onda.
- **Frecuencia:** Número de ciclos que completa la onda en un intervalo de tiempo. La unidad de frecuencia es el Hertz (Hz).
- **Período:** Es el tiempo que tarda la onda en completar un ciclo. Es la inversa de la frecuencia.
- **Amplitud:** Es la medida de la magnitud de la máxima perturbación del medio producida por la onda.
- **Longitud:** La longitud de una onda viene determinada por la distancia entre los puntos iniciales y finales del ciclo. Por lo general se utiliza la letra griega *lambda* para referenciarla.

<sup>5</sup> Imagen recuperada de: <http://img257.imageshack.us/i/wndw202eb7.jpg/sr=1>



El término ancho de banda es a menudo utilizado por algo que deberíamos denominar “tasa de transmisión de datos”. El ancho de banda se indica por lo general en bits por segundo (bps), kilobits por segundos (Kbps) o megabits por segundos (Mbps), dependiendo de la capacidad de transición.

#### 4.5.4 Frecuencias y canales

La presente tesina se basa en el estándar de comunicación de la IEEE 802.11a, en donde se define la frecuencia de trabajo, el ancho de banda que maneja, el tipo de modulación, etc., entre las cosas más relevantes.

El estándar 802.11a utiliza la banda de frecuencia de 5 Ghz y utiliza 52 subportadoras orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) con una velocidad máxima de 54 Mbps, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbps en caso necesario. El estándar 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. Una cuestión importante a la hora de implementar esta tecnología es que no es compatible con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dentro de las ventajas que encontramos al utilizar esta banda de frecuencia, es la baja interferencia comparado con la banda de los 2.4 Ghz tiene mucho uso (ya que la misma es usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos). Otra gran ventaja es la velocidad de transferencia que es de 54 Mbps. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista (LoS), con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso (maneja menor distancia comparado con la banda de los 2.4 Ghz), y otro aspecto importante es que el precio de los equipos son más caros.

A continuación expongo la tabla que relaciona los canales con la frecuencia de trabajo dentro de la norma IEEE 802.11a:

Band	Channel numbers	Frequency (MHz)	Maximum output power (up to 6 dBi antenna gain)
U-NII lower band 95.15 to 5250 MHz	36	5180	40mW (2.5mW/MHz)
	40	5200	
	44	5220	
	48	5240	
U-NII lower band 95.15 to 5250 MHz	52	5260	200mW (12.5mW/MHz)
	56	5280	
	60	5300	
	64	5320	
U-NII lower band 95.15 to 5250 MHz	149	5745	800mW (50mW/MHz)
	153	5765	
	157	5785	
	161	5805	

**Ilustración 7 - Frecuencia y canales 802.11a <sup>6</sup>-**

Como se puede ver en el gráfico anterior, se ve la relación entre el canal y la frecuencia de trabajo en la banda de 5GHz, además vemos que se mantiene un ancho de banda cercano a los 20MHz de separación entre canales, y se indica la máxima potencia permitida de uso.

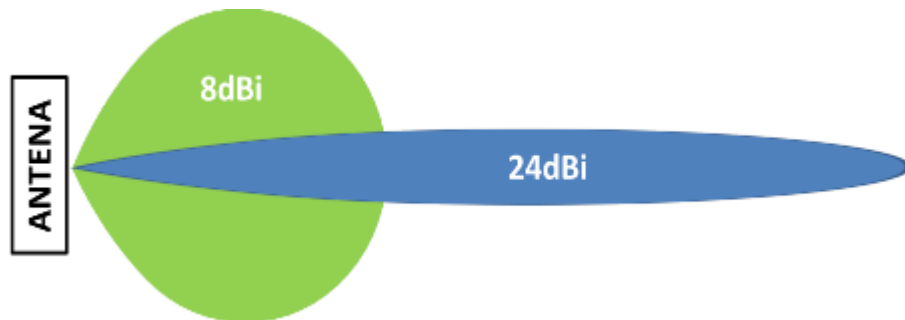
#### 4.5.5 Ganancia

El término ganancia de una antena se presta a confusión, y es más correcto utilizar el término “directividad”. Una antena es un elemento pasivo, y por tal motivo no tiene una ganancia, ya que no amplifica la señal. Lo que sí puede hacer la antena es concentrar la radiación hacia una determinada zona del espacio, pero hay que comprender que cuanto mayor sea la ganancia, más estrecho será el haz de radiación.

Para entender un poco más, si se toma una antena de poca ganancia (8dB), podemos ver que la radiación se concentrará en un haz de aproximadamente 60°, permitiéndonos cubrir una amplia zona pero a una distancia relativamente corta. Si queremos aumentar la distancia de cobertura tenemos que tener más ganancia, y para ello utilizamos por ejemplo una antena parabólica de 24dB, y en este caso el ancho de haz será de solamente 8°, logrando así lo que pretendemos. La siguiente figura representa cada una de estas antenas de ejemplo:

---

<sup>6</sup> Imagen recuperada de: [http://www.vocal.com/redirect/802\\_11a.html](http://www.vocal.com/redirect/802_11a.html)



**Ilustración 8 - Relación entre distancia y ganancia de una antena. -<sup>7</sup>**

Es muy importante para las antenas direccionales, mantenerlas correctamente orientadas, ya que de ésta manera, es que se aprovecha al máximo su ganancia.

#### 4.5.6 Atenuación

La atenuación es la pérdida de la potencia de una señal, que por lo general se produce cuando la señal es absorbida por pasar por objetos sólidos como árboles, edificios, ventanas, etc. La atenuación puede variar mucho dependiendo de la estructura del objeto que la señal está atravesando, y por lo tanto es muy difícil de cuantificar. La forma más conveniente de expresar esta contribución a la pérdida total es agregando una “pérdida permitida” a la del espacio libre.

Por ello para que la señal llegue con la suficiente energía es necesario el uso de amplificadores o repetidores. La atenuación se incrementa con la frecuencia (recordemos que mi tesina utiliza la frecuencia de los 5 Ghz, por lo que este tema es muy importante a tener en cuenta en los cálculos), con la temperatura y con el tiempo.

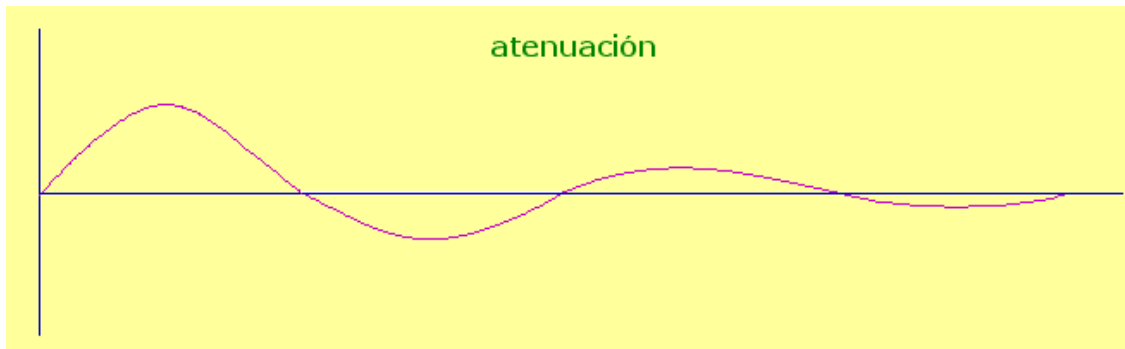
La atenuación es expresada en decibelios por la fórmula siguiente:

$$\alpha = 10 \times \log \frac{P_1}{P_2}$$

**Ilustración 9 - Fórmula para calcular la atenuación de una señal <sup>8</sup>.**

---

<sup>7</sup> Imagen recuperada de: <https://www.circular-wireless.com/conceptos-sobre-antenas/ganancia/>



**Ilustración 10 - Atenuación de una señal en función del tiempo <sup>9</sup>-**

#### 4.5.6.1 Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB por metro o dB por pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará. Para darle una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1 dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando 3 m de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3 dB). Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia.

---

<sup>8</sup> Imagen recuperada de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Atenuaci%C3%B3n>

<sup>9</sup> Imagen recuperada de: [http://www.tinet.cat/~acl/html\\_web/redes/tcp\\_ip/capa\\_1/images/atenuacion.gif](http://www.tinet.cat/~acl/html_web/redes/tcp_ip/capa_1/images/atenuacion.gif)

Tipo de Cable	Núcleo	Dieléctrico	Pantalla	Recubrimiento
RG-58	0,9 mm	2,95 mm	3,8 mm	4,95 mm
RG-213	2,26 mm	7,24 mm	8,64 mm	10,29 mm
LMR-400	2,74 mm	7,24 mm	8,13 mm	10,29 mm
3/8" LDF	3,1 mm	8,12 mm	9,7 mm	11 mm

**Ilustración 11 - Tipos de cables y características -<sup>10</sup>**

En la tabla anterior se pueden ver los diferentes tipos de cables y sus características que pueden utilizarse para el armado de un radioenlace.

#### 4.5.6.2 Pérdida en los conectores

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal pueden implicar pérdidas mayores. Vea la hoja de datos para las pérdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conector que usará. Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de “Pérdidas en los cables”. Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general. Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre la antena y el radio debe ser presupuestado hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Revise los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad sólo introducen 0,2 dB).

#### 4.5.7 Power over Ethernet (PoE)

La tecnología PoE fue diseñada para proveer a los dispositivos de red la alimentación que necesitan para funcionar, a través del cable de red. Cuando hablo de dispositivos de red, me refiero a switch, access points, routers, cámaras ip, etc. Con ésta implementación se logra eliminar la

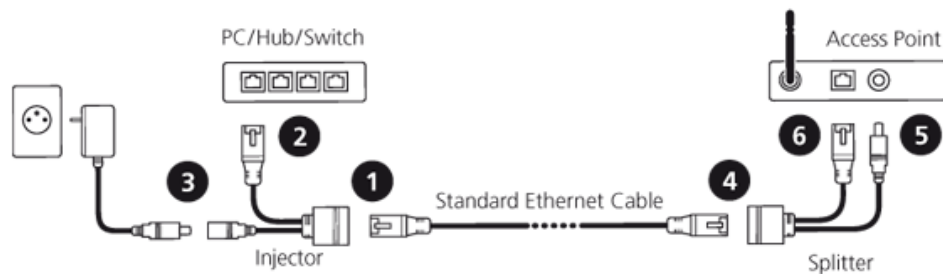
---

<sup>10</sup> Imagen recuperada del libro Redes inalámbricas en los países en desarrollo pag. 92.

necesidad de colocar toma corrientes cerca de los dispositivos alimentados a través de PoE, facilitando la alimentación de los mismos y garantizando el funcionamiento.

En el año 2.003 se aprobó el estándar IEEE 802.3af, donde se establecen las características de los equipos y tecnología PoE, definiéndose entre los parámetros más relevantes la máxima potencia que es de 15,4 Watt de CC, usando una tensión de 48 volt.

El conexionado básico se describe a continuación:

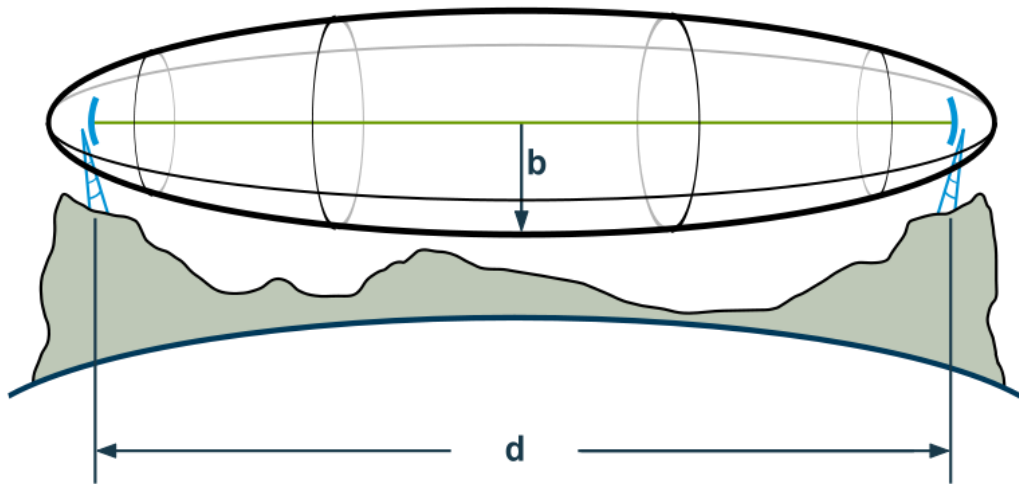


**Ilustración 12 - Conexionado PoE <sup>11</sup> -**

#### 4.5.8 Fresnel

Se llama “Fresnel” al volumen de espacio entre emisor y receptor de un radioenlace de manera que el desfase entre las ondas en dicho volumen no supere los 180°

<sup>11</sup> Imagen recuperada de: <http://www.chw.net/foro/electronica-f99/961214-se-puede-usar-una-bateria-de-auto-para-hacer-funcionar-un-ap-de-12v.html>



**Ilustración 13 - Lóbulo de zona Fresnel de una Señal entre 2 antenas <sup>12</sup>.**

D: Distancia entre el emisor y receptor

B: Radio de la zona Fresnel.

Cuando transmitimos algo en tierra (es decir, no estamos en el espacio) tenemos rebotes de señales en el suelo. Los rebotes pueden contribuir positivamente a la recepción de la señal en el caso de que lleguen en fase y negativamente si llegan en contrafase.

Fresnel definió una zona que hay que tener en cuenta además de tener visibilidad directa entre antenas. La zona 1 contribuye positivamente a la propagación de la onda, la segunda negativamente, la tercera positivamente, la cuarta negativamente, y así sucesivamente. Es decir, las impares contribuyen positivamente y las pares negativamente. Además, la primera zona concentra el 50% de la potencia de la señal por lo que debemos procurar que llegue lo más íntegra posible al receptor (o al menos un 80% de la zona se encuentre despejada).

Para calcular esta zona se utiliza la siguiente fórmula:

<sup>12</sup> Imagen recuperada de: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/FresnelSVG.svg/500px-FresnelSVG.svg.png>

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

**Ilustración 14 - Fórmula para el Cálculo de la Zona Fresnel <sup>13</sup>.**

## 4.6 Antenas

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

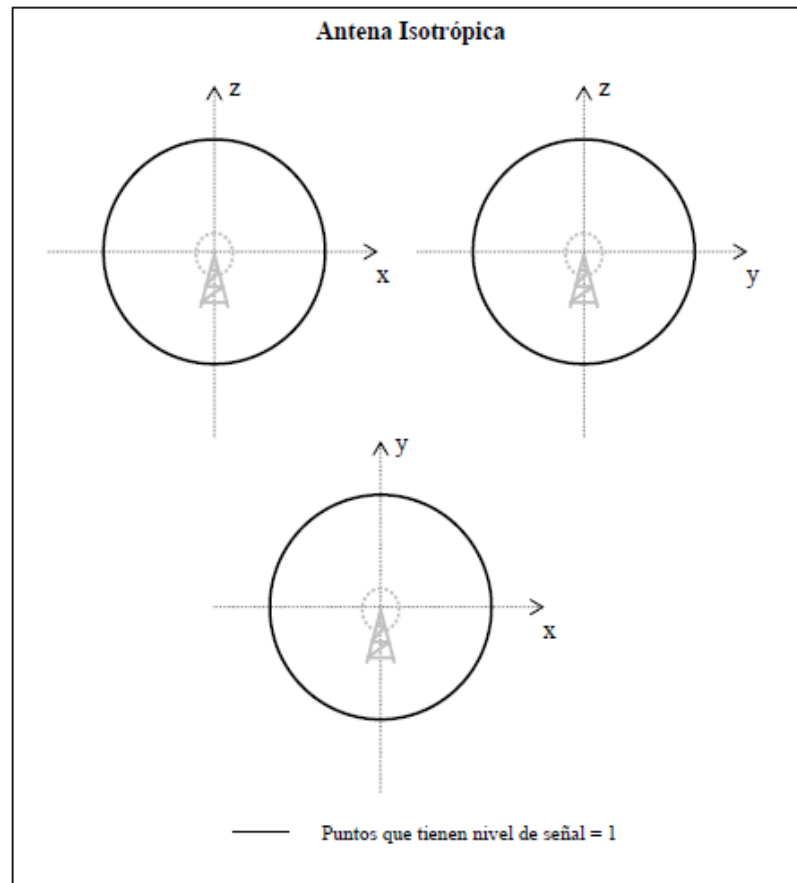
### 4.6.1 Qué tipo de antenas existen

#### 4.6.1.1 Antena isotrópica

Para explicar mejor de qué se trata he hecho este esquema que intenta ser un diagrama de radiación de la antena. Un diagrama de radiación sirve para determinar la energía radiada en cada dirección del espacio. Si analizamos esta antena veremos que en los planos verticales (x, z) e (y, z) la cantidad de energía radiada es exactamente la misma en todas las direcciones. Tenemos lo mismo para el plano horizontal (x, y). Esto nos indica que esta antena podrá enviar o recibir señal con las mismas condiciones esté en la posición que esté. Esta antena recibe el nombre de antena isotrópica, es una antena ideal.

---

<sup>13</sup> Imagen recuperada de: <http://tamax.com.ar/blog/?p=517>



**Ilustración 15 - Antena Isotrópica <sup>14</sup>.**

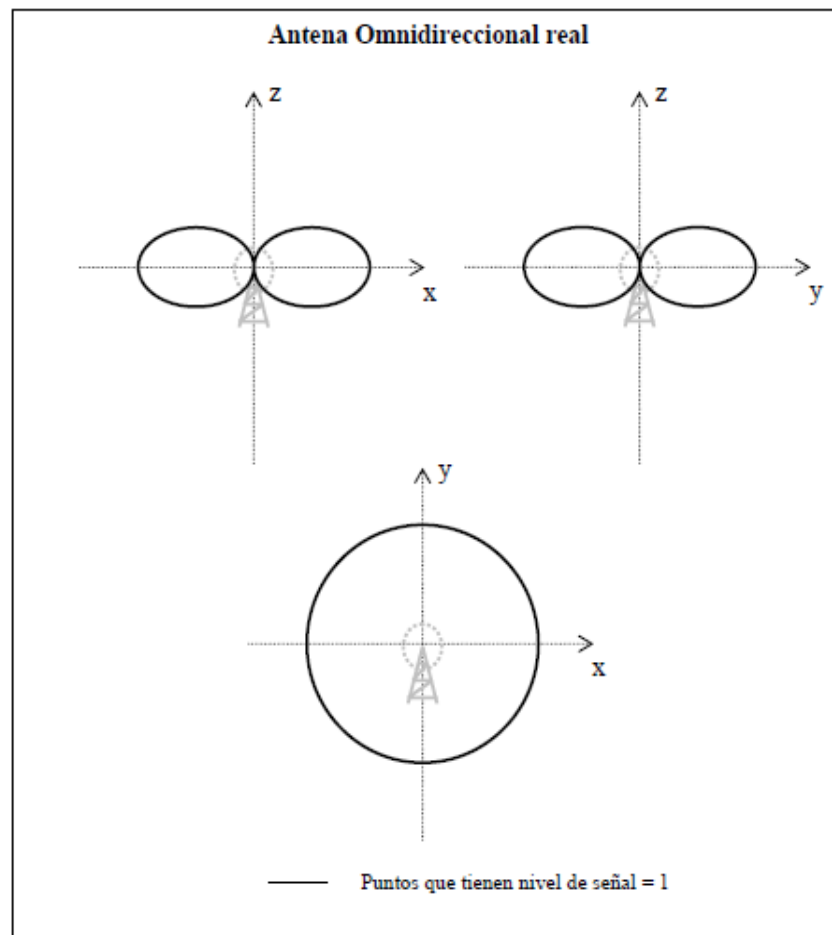
#### 4.6.1.2 Antenas omnidireccionales reales

El uso habitual hace que una antena omnidireccional no emita exactamente en todas direcciones, sino que tiene una zona donde irradia energía por igual (por ejemplo el plano horizontal). Por ejemplo no nos puede interesar emitir o recibir señal de la parte que está exactamente encima de la antena, imaginémonos la antena de radio del coche: difícilmente tendremos la fuente de señal exactamente encima de la antena, así que favorecemos la emisión o recepción en otras direcciones (como puede ser el plano horizontal) en detrimento de otras (el plano vertical). Nos puede parecer una frivolidad despreciar un rango tan grande de direcciones, pero si tenemos en cuenta la distancia entre la antena emisora y nuestra antena receptora nos daremos

<sup>14</sup> Imagen recuperada de:

[http://2.bp.blogspot.com/\\_LIaYO1xONnc/SDiDxhmdAWI/AAAAAAAAAD8/F\\_or1D9yOcQ/s320/antena\\_isotropica.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_LIaYO1xONnc/SDiDxhmdAWI/AAAAAAAAAD8/F_or1D9yOcQ/s320/antena_isotropica.jpg)

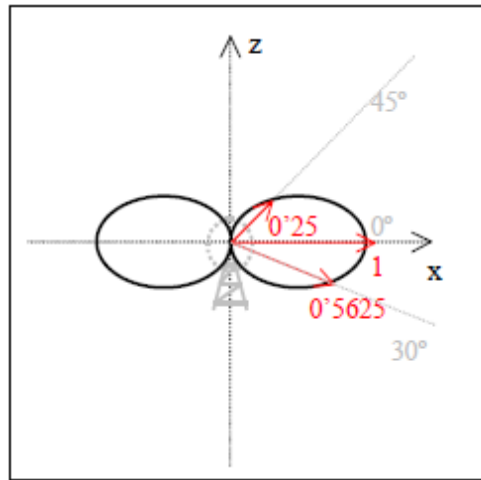
cuenta que el ángulo respecto al plano horizontal de la antena es muy pequeño. Debemos tener en cuenta también que en el plano horizontal sí que el comportamiento es totalmente omnidireccional. En el siguiente esquema podemos observar este comportamiento, fijémonos que la cantidad de señal enviada en dirección z es 0, en cambio la que se envía en las direcciones x e y es máxima, y entre los dos límites hay una graduación.



**Ilustración 16 - Antena Omnidireccional Real <sup>15</sup> -**

Podríamos determinar la cantidad de energía en un ángulo de  $45^\circ$  sobre la vertical trazando una línea en el gráfico y determinando la longitud del vector respecto del máximo (si el gráfico está normalizado el máximo siempre será 1). Lo vemos en la próxima figura

<sup>15</sup> Imagen recuperada de: <http://antenasparatodos.blogspot.com/2008/05/antena-isotropica.html>



**Ilustración 17 - Radiación de una Antena Omnidireccional <sup>16</sup> -**

#### 4.6.1.3 Antenas direccionales

Las antenas direccionales son aquellas que han sido concebidas y construidas para favorecer que la mayor parte de la energía sea radiada en una dirección en concreto. Puede darse el caso en que se desee emitir en varias direcciones, pero siempre estaremos hablando de un número de direcciones determinado donde se encontrarán el lóbulo principal y los secundarios.

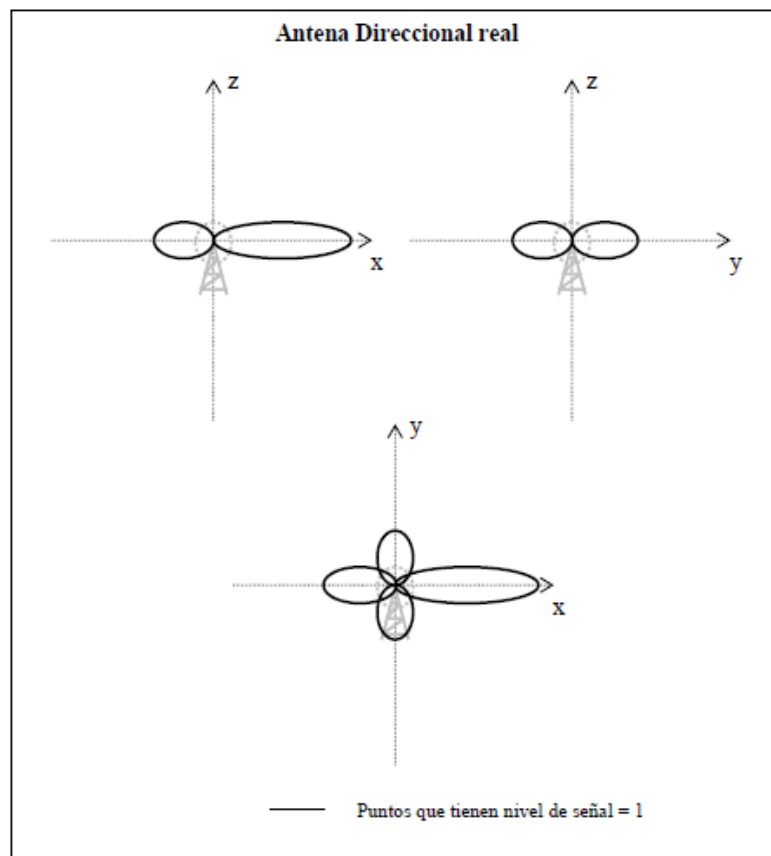
#### 4.6.1.4 Antena direccional normal

Con las antenas direccionales descubrimos el término de lóbulo principal, se trata de la dirección donde se proyectará la mayor parte de la energía. Como es imposible hacer una antena que radie en una sola dirección nos interesará saber qué rango de direcciones (o abertura) recibirá el mayor porcentaje de energía. Nos interesará que el lóbulo principal sea lo más estrecho posible, así ganamos en direccionalidad, pero esto repercute directamente en el coste económico de la antena.

---

<sup>16</sup> Imagen recuperada de: [http://sistemas-com.blogspot.com/2009\\_08\\_01\\_archive.html](http://sistemas-com.blogspot.com/2009_08_01_archive.html)

También tendremos, por el simple hecho de trabajar en un medio físico no ideal, un número determinado de lóbulos secundarios. Estos lóbulos proyectarán energía en direcciones que no son la deseada, o en caso de recepción nos captarán señales que no provienen directamente de nuestra fuente, captando ecos y reflexiones o interferencias de otras fuentes. Normalmente nos interesará una relación entre el lóbulo principal y los secundarios lo más grande posible.



**Ilustración 18 - Antena Direccional <sup>17</sup> -**

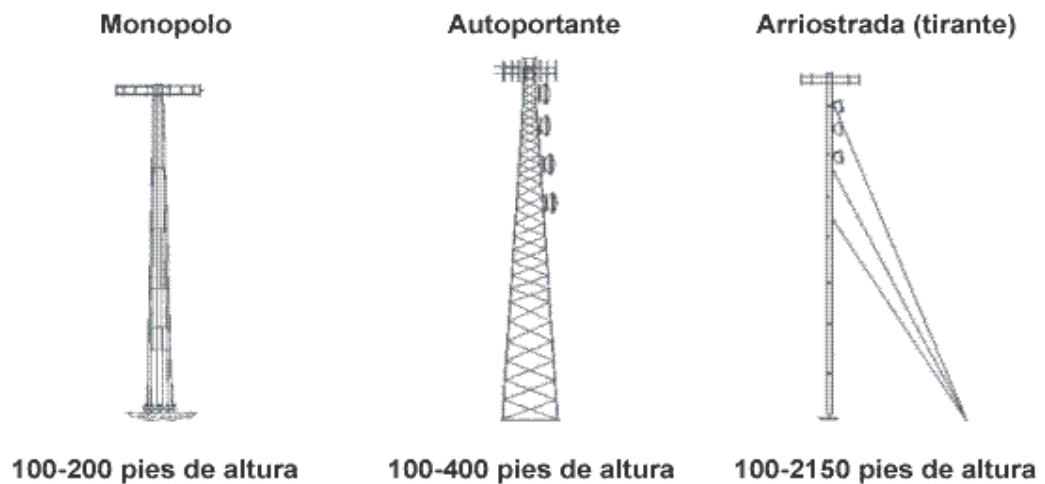
#### 4.7 Torres

---

<sup>17</sup> Imagen recuperada de: [http://sistemas-com.blogspot.com/2009\\_08\\_01\\_archive.html](http://sistemas-com.blogspot.com/2009_08_01_archive.html)

Las torres de comunicaciones se utilizan para varias funciones como por ejemplo la de transmisión de energía eléctrica como así también la de transmisión de señales.

Para comenzar debemos tener en claro los diferentes tipos de torres que existen y para que utilizar cada uno.



**Ilustración 19 - Tipos de Torres - <sup>18</sup>**

Las torres “tipo Monopolo”, son postes huecos hechos de acero galvanizados y pueden llegar a medir hasta 60 metros de altura. Se utilizan sobre todo en emplazamientos donde no hay mucho lugar disponible para la instalación.

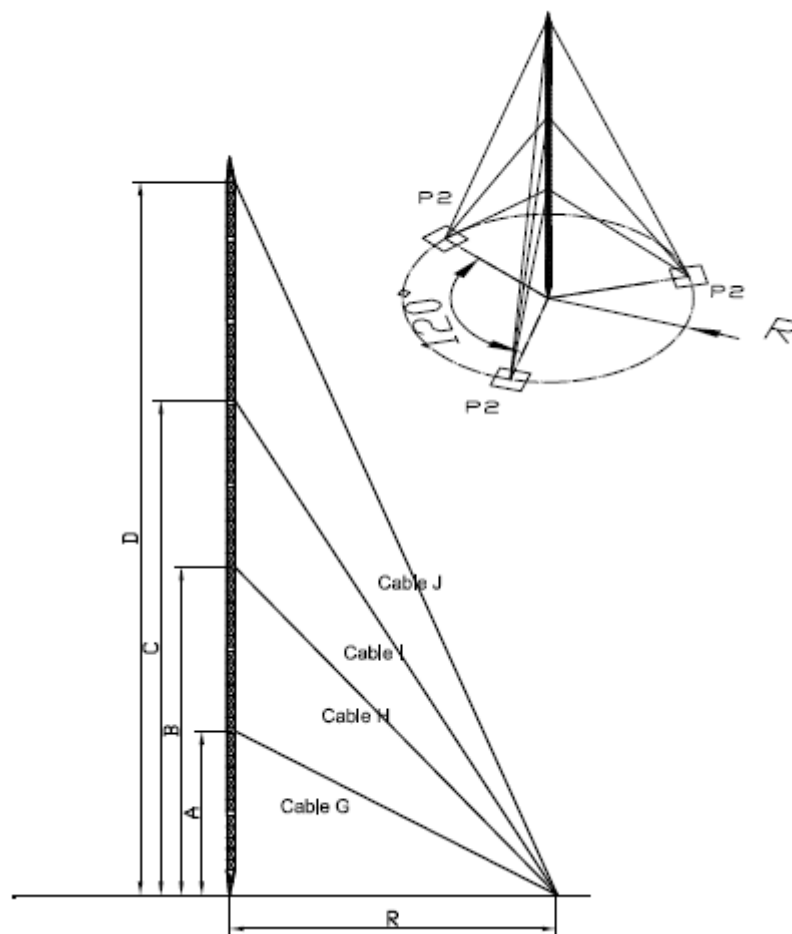
Las torres “tipo Autosoportante” son las más costosas de instalar (hablando de dinero). Ocupan un área de base un poco más grande que las torres de tipo monopolo, pero más pequeña que las torres arriostradas. Su construcción puede ser de tres o de cuatro lados.

Las torres “tipo Arriostrada”, son las más económicas de instalación pero el área necesaria para su montaje es mucho mayor (comparado con los tipos anteriores), debido a la necesidad de

<sup>18</sup> Imagen recuperada de: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001156sp.html>

“riendas”, las cuales deben ser ancladas a una distancia de la base no menor a la tercera parte de la altura que va a tener la torre (distancia R en la ilustración).

Las riendas deben ser de acero trenzado. La separación entre las riendas debe formar un ángulo de  $120^\circ$  y por regla general se colocan riendas cada 2 tramos de torre. Veamos el siguiente gráfico:



**Ilustración 20 - Anclaje de las riendas -**

La rienda no debe sujetarse directamente sobre la torre para su anclaje, sino que debe utilizar un guardacabo y un grillete para hacerlo. Veamos el siguiente gráfico descriptivo que indica el modo de colocación:

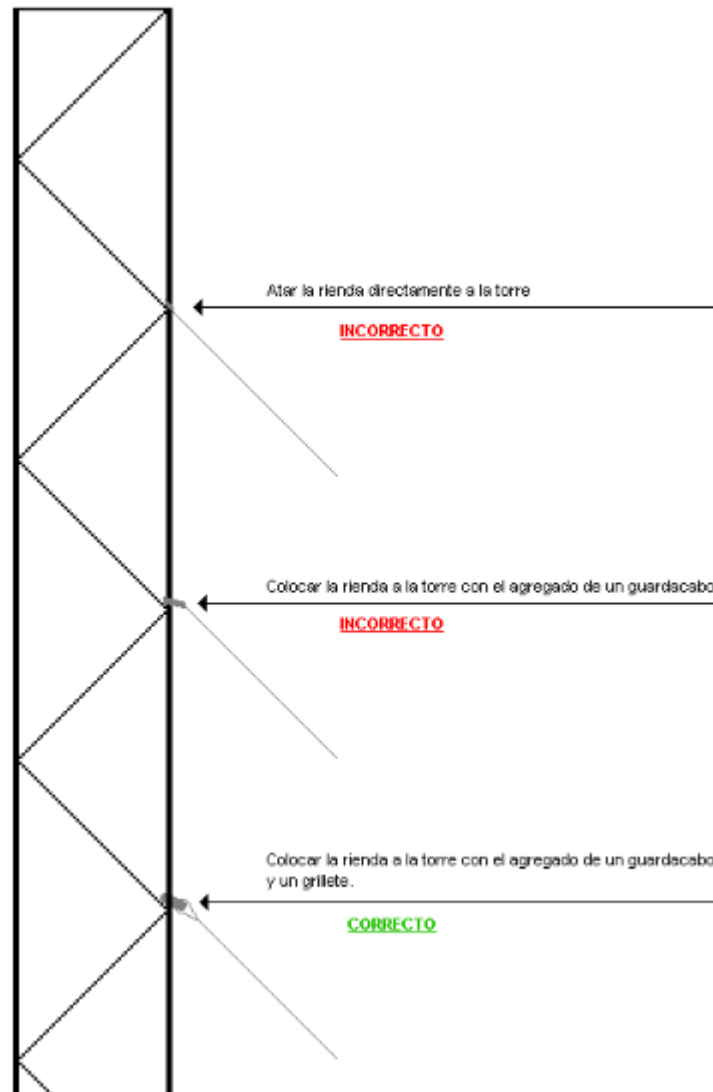


Ilustración 21 - Correcta instalación de la rienda sobre la torre -<sup>19</sup>

#### 4.8 ¿Qué es la dirección IP?

Cada computadora dentro de una red es identificada por medio de una dirección IP (protocolo internet), compuesta por cuatro cifras separadas por puntos. El rango de esas cifras va de 0 a 255. Las primeras tres cifras identifican la red mientras que la última cifra identifica a la computadora. Ejemplo: 192.168.10.1

<sup>19</sup> Imagen recuperada de: <http://www.qsl.net/lu9dtc/torres.htm>

Esta dirección dentro de la red, es única y debe ser irrepitable para cada computadora, de lo contrario se produciría un conflicto de direccionamiento. La dirección ip puede colocarse de forma manual en la placa de red de la computadora o puede colocarse automáticamente mediante la utilización de un servidor de DHCP (la computadora le solicita al servidor un número ip ni bien se prende).

A través de Internet las computadoras se conectan entre sí mediante sus respectivas direcciones IP. Sin embargo, a los seres humanos nos es más cómodo recordar los nombres que los números; la traducción entre unos y otros se resuelve mediante los servidores de nombres de dominio (DNS).

#### 4.8.1 Direcciones Privadas

Hay ciertas direcciones en cada clase de dirección IP que no están asignadas y que se denominan direcciones privadas. Las direcciones privadas pueden ser utilizadas por los hosts que usan traducción de dirección de red (NAT) para conectarse a una red pública o por los hosts que no se conectan a Internet. Las direcciones privadas son:

- Clase A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255 (8 bits red, 24 bits hosts).
- Clase B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255 (16 bits red, 16 bits hosts). 16 redes clase B contiguas, uso en universidades y grandes compañías.
- Clase C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255 (24 bits red, 8 bits hosts). 256 redes clase C contiguas, uso de compañías medias y pequeñas

#### 4.8.2 Formato de la cabecera IP <sup>20</sup>

El formato de la cabecera IP se la siguiente:

---

<sup>20</sup> Información recuperada de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cabecera\\_IP](http://es.wikipedia.org/wiki/Cabecera_IP)

**Formato de la Cabecera IP (Versión 4)**

0-3	4-7	8-15	16-18	19-31
Versión	Tamaño Cabecera	Tipo de Servicio	Longitud Total	
Identificador			Flags	Posición de Fragmento
Time To Live	Protocolo		Suma de Control de Cabecera	
Dirección IP de Origen				
Dirección IP de Destino				
Opciones				Relleno

**Ilustración 22 - Formato de la cabecera IP -****4.8.2.1 Versión: 4 bits**

Siempre vale lo mismo (0100). Este campo describe el formato de la cabecera utilizada. En la tabla se describe la versión 4.

**4.8.2.2 Tamaño Cabecera (IHL): 4 bits**

Longitud de la cabecera, en palabras de 32 bits. Su valor mínimo es de 5 para una cabecera correcta, y el máximo de 900.

**4.8.2.3 Tipo de Servicio: 8 bits**

Indica una serie de parámetros sobre la calidad de servicio deseada durante el tránsito por una red. Algunas redes ofrecen prioridades de servicios, considerando determinado tipo de paquetes "más importantes" que otros. Estos 8 bits se agrupan de la siguiente manera. Los 5 bits de menos peso son independientes e indican características del servicio:

Bit 0: sin uso, debe permanecer en 0.

Bit 1: 1 costo mínimo, 0 costo normal.

Bit 2: 1 máxima fiabilidad, 0 fiabilidad normal.

Bit 3: 1 máximo rendimiento, 0 rendimiento normal.

Bit 4: 1 mínimo retardo, 0 retardo normal.

Los 3 bits restantes están relacionados con la precedencia de los mensajes, un indicador adjunto que indica el nivel de urgencia basado en el sistema militar de precedencia de la CCEB, un organización de comunicaciones electrónicas militares formada por 5 naciones. La urgencia que estos estados representan aumenta a medida que el número formado por estos 3 bits lo hace, y responden a los siguientes nombres.

000: De rutina.

001: Prioritario.

010: Inmediato.

011: Relámpago.

100: Invalidación relámpago.

101: Procesando llamada crítica y de emergencia.

110: Control de trabajo de Internet.

111: Control de red.

#### 4.8.2.4 Longitud Total: 16 bits

Es el tamaño total, en octetos, del datagrama, incluyendo el tamaño de la cabecera y el de los datos. El tamaño mínimo de los datagramas usados normalmente es de 576 octetos (64 de cabeceras y 512 de datos). Una máquina no debería enviar datagramas menores o mayores de ese tamaño a no ser que tenga la certeza de que van a ser aceptados por la máquina destino.

En caso de fragmentación este campo contendrá el tamaño del fragmento, no el del datagrama original.

#### 4.8.2.5 Identificador: 16 bits

Identificador único del datagrama. Se utilizará, en caso de que el datagrama deba ser fragmentado, para poder distinguir los fragmentos de un datagrama de los de otro. El originador del datagrama debe asegurar un valor único para la pareja origen-destino y el tipo de protocolo durante

el tiempo que el datagrama pueda estar activo en la red. El valor asignado en este campo debe ir en formato de red.

#### 4.8.2.6 Flags: 3 bits

Actualmente utilizado sólo para especificar valores relativos a la fragmentación de paquetes:

bit 2: Reservado; debe ser 0

bit 1: 0 = Divisible, 1 = No Divisible (DF)

bit 0: 0 = Último Fragmento, 1 = Fragmento Intermedio (le siguen más fragmentos) (MF)

La indicación de que un paquete es indivisible debe ser tenida en cuenta bajo cualquier circunstancia. Si el paquete necesitara ser fragmentado, no se enviará.

#### 4.8.2.7 Posición de Fragmento: 13 bits

En paquetes fragmentados indica la posición, en unidades de 64 bits, que ocupa el paquete actual dentro del datagrama original. El primer paquete de una serie de fragmentos contendrá en este campo el valor 0.

#### 4.8.2.8 Tiempo de Vida (TTL): 8 bits

Indica el máximo número de enrutadores que un paquete puede atravesar. Cada vez que algún nodo procesa este paquete disminuye su valor en 1 como mínimo, una unidad. Cuando llegue a ser 0, el paquete será descartado.

#### 4.8.2.9 Protocolo: 8 bits

Indica el protocolo de las capas superiores al que debe entregarse el paquete. Vea Números de protocolo IP para comprender como interpretar este campo.

#### 4.8.2.10 Suma de Control de Cabecera: 16 bits

Se recalcula cada vez que algún nodo cambia alguno de sus campos (por ejemplo, el Tiempo de Vida). El método de cálculo -intencionadamente simple- consiste en sumar en complemento a 1

cada palabra de 16 bits de la cabecera (considerando valor 0 para el campo de suma de control de cabecera) y hacer el complemento a 1 del valor resultante.

#### 4.8.2.11 Dirección IP de origen: 32 bits

Debe ser dada en formato de red.

#### 4.8.2.12 Dirección IP de destino: 32 bits

Debe ser dada en formato de red.

#### 4.8.2.13 Opciones: Variable

Aunque no es obligatoria la utilización de este campo, cualquier nodo debe ser capaz de interpretarlo. Puede contener un número indeterminado de opciones, que tendrán dos posibles formatos:

##### Formato de opciones simple

Se determina con un sólo octeto indicando el Tipo de opción, el cual está dividido en 3 campos.

Indicador de copia: 1 bit. En caso de fragmentación, la opción se copiará o no a cada nuevo fragmento según el valor de este campo:

0 = no se copia

1 = se copia

Clase de opción: 2 bits. Las posibles clases son:

0 = control

1 = reservada

2 = depuración y mediciones

3 = ya está

Número de opción: 5 bits. Identificador de la opción.

### Formato de opciones compuesto

Un octeto para el Tipo de opción, otro para el Tamaño de opción, y uno o más octetos conformando los Datos de opción.

El Tamaño de opción incluye el octeto de Tipo de opción, el de Tamaño de opción y la suma de los octetos de datos.

La siguiente tabla muestra las opciones actualmente definidas:

<b>Clase</b>	<b>Número</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
0	0	-	Final de lista de opciones. Formato simple.
0	1	-	Ninguna operación (NOP). Formato simple.
0	2	11	Seguridad.
0	3	variable	Enrutado desde el Origen, abierto (Loose Source Routing).
0	9	variable	Enrutado desde el Origen, estricto (Strict Source Routing).
0	7	variable	Registro de Ruta (Record Route).
0	8	4	Identificador de flujo (Stream ID).
2	4	variable	Marca de tiempo (Internet Timestamping).

**Tabla 2 - Formato de opciones compuesto -**

Final de Lista de Opciones:

Se usa al final de la lista de opciones, si ésta no coincide con el final de la cabecera IP.

Ninguna Operación (NOP):

Se puede usar para forzar la alineación de las opciones en palabras de 32 bits.

Seguridad:

Especifica niveles de seguridad que van desde "No Clasificado" hasta "Máximo Secreto", definidos por la Agencia de Seguridad de la Defensa (de EE.UU.).

Enrutado desde el Origen (abierto) y Registro de Ruta (LSSR):

Esta opción provee el mecanismo para que el originador de un datagrama pueda indicar el itinerario que ha de seguir a través de la red y para registrar el camino seguido.

Los Datos de Opción consisten en un puntero (un octeto) y una lista de direcciones IP (4 octetos cada una) que se han de alcanzar ("procesar"):

El puntero indica la posición de la siguiente dirección de la ruta, dentro de la Opción; así, su valor mínimo es de 4.

Cuando un nodo de Internet procesa la dirección de la lista apuntada por el puntero (es decir, se alcanza esa dirección) incrementa el puntero en 4, y redirige el paquete a la siguiente dirección. Si el puntero llega a ser mayor que el Tamaño de Opción significa que la información de ruta se ha procesado y registrado completamente y se redirigirá el paquete a su dirección de destino.

Si se alcanza la dirección de destino antes de haber procesado la lista de direcciones completa (el puntero es menor que el Tamaño de Opción) la siguiente dirección de la lista reemplaza a la dirección de destino del paquete y es a su vez reemplazada por la dirección del nodo que está procesando el datagrama ("Ruta Registrada"), incrementando, además, el puntero en 4.

Utilizando este método de sustituir la dirección especificada en origen por la Ruta Registrada se asegura que el tamaño de la Opción (y de la cabecera IP) no varía durante su recorrido por la red.

Se considera que la ruta especificada por el originador es "abierta" porque cualquier nodo que procesa el paquete es libre de dirigirlo a la siguiente dirección siguiendo cualquier otra ruta intermedia.

Sólo puede usarse una vez en un datagrama, y, en caso de fragmentación, la opción se copiará a los paquetes resultantes.

Enrutado desde el Origen (estricto) y Registro de Ruta (SSRR):

Exactamente igual que LSSR, excepto en el tratamiento que los nodos harán de este datagrama. Al ser la ruta especificada "estricta", un nodo debe reenviar el paquete directamente a la siguiente dirección, es decir, no podrá redireccionarlo por otra red.

Registro de Ruta:

Mediante el uso de esta Opción se puede registrar el itinerario de un datagrama. Los Datos de Opción consisten en un puntero (un octeto) y un espacio relleno de ceros que contendrá la Ruta Registrada para el paquete.

Cuando un nodo recibe un paquete en el que está presente esta opción, escribirá su dirección IP en la posición indicada por el puntero, siempre que ésta sea menor que el Tamaño de Opción, e incrementará el puntero en 4.

Es preciso que el espacio reservado para la Ruta Registrada tenga una longitud múltiplo de 4; si al intentar grabar su dirección un nodo detecta que existe espacio libre pero es menor de 4 octetos, el paquete no se reenvía (se pierde) y se notifica el error, mediante ICMP, al originador del datagrama.

Esta Opción no se copia en caso de fragmentación, y sólo puede aparecer una vez en un paquete.

#### 4.8.2.14 Relleno: Variable

Utilizado para asegurar que el tamaño, en bits, de la cabecera es un múltiplo de 32. El valor usado es el 0.

### 4.9 Vos sobre IP

VoIP proviene del inglés Voice Over Internet Protocol, que significa "voz sobre un protocolo de internet". Básicamente VoIP es un método por el cual tomando señales de audio analógicas (cuando hablamos por un teléfono convencional) se transforma en datos digitales y posteriormente, pueden ser transmitidos a través de una red.

Los sistemas de telefonía tradicional están guiados por un sistema muy simple pero ineficiente denominado conmutación de circuitos, mientras que en este tipo de tecnología la conmutación se realiza con paquetes de datos.

Este sistema surgió durante 1995 cuando la compañía IBM comenzó a comercializar el denominado “Bamba Phone”, a través del cual la comunicación sólo era efectiva de computador a computador. Tiempo después la compañía Cisco Systems, comenzó a invertir fuertemente en el desarrollo de hardwares capaces de enviar y recibir la voz por medio de la red, sin tener que contar con un CPU. Este desarrollo junto a la aparición del ancho de banda, hicieron de esta creación un sistema bastante eficiente y de gran calidad, permitiendo además, la intercomunicación de redes de telefonía normal con redes de datos.

Existen 2 estándares dentro de la tecnología de voz sobre ip: H.323 y SIP

#### 4.9.1 Estándar H.323 <sup>21</sup>

Definido en 1996 por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) proporciona a los diversos fabricantes una serie de normas con el fin de que puedan evolucionar en conjunto.

Características principales:

- Permite controlar el tráfico de la red, por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan caídas importantes en el rendimiento.
- Es independiente del tipo de red física que lo soporta. Permite la integración con las grandes redes de IP actuales.
- Es independiente del hardware utilizado.
- Permite ser implementado tanto en software como en hardware, con la particularidad de que el hardware supondría eliminar el impacto inicial para el usuario común.
- Proporciona un enlace a la red de telefonía tradicional.
- Lo que anteriormente era una central telefónica con mucha infraestructura, ahora se resume en un software instalable en un pequeño servidor con las mismas funcionalidades.

---

<sup>21</sup> Información recuperada de: <http://www.gigaws.com/redes/voip.html>

#### 4.9.2 Estándar SIP

Protocolo de Inicio de Sesión" por sus siglas en inglés es un protocolo reciente que es en la actualidad el mayormente utilizado.

El propio Estándar define tres elementos fundamentales en su estructura:

- Terminales: son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.
- Gatekeepers: son el centro de toda la organización VoIP, y son el sustituto para las actuales centrales. Normalmente implementan por software, en caso de existir, todas las comunicaciones que pasen por él.
- Gateways: se trata del enlace con la red telefónica tradicional, actuando de forma transparente para el usuario.

Con estos tres elementos, la estructura de la red VoIP podría ser la conexión de dos sucursales de una misma empresa. La ventaja es inmediata: todas las comunicaciones entre las sucursales son completamente gratuitas. Este mismo esquema se podría aplicar para proveedores, con el consiguiente ahorro que esto conlleva.

#### 4.9.3 Codec

La voz se debe codificar para poder ser transmitida por una red IP. Para ello se hace uso de códecs que garantizan la codificación y compresión del audio o del video para su posterior decodificación y descompresión antes de poder generar un sonido o imagen utilizable. Según el códec utilizado en la transmisión, se utilizará más o menos ancho de banda. La cantidad de ancho de banda utilizada suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos.

Entre los codecs utilizados en VoIP encontramos los G.711, G.723.1 y el G.729 (especificados por la ITU-T). Cada codec tiene un tamaño determinado (consumo de ancho de banda de la red) que debe tenerse en cuenta a la hora de su selección:

- G.711: bit-rate de 56 o 64 Kbps.
- G.722: bit-rate de 48, 56 o 64 Kbps.
- G.723: bit-rate de 5,3 o 6,4 Kbps.
- G.728: bit-rate de 16 Kbps.
- G.729: bit-rate de 8 o 13 Kbps.

#### 4.9.4 FXS – FXO. Características

Los puertos FXS (Foreign Exchange Station) tienen la capacidad de generar timbre en las llamadas, emulan líneas telefónicas tradicionales analógicas, por lo que se conectan a ellos todo tipo de dispositivos que necesitan de ese timbre: teléfonos analógicos, faxes y líneas de enlace analógico de centralita.

Los puertos FXO (Foreign Exchange Office) se comportan como terminales, necesitando del timbre que comportan las llamadas. Se conectan a ellos líneas analógicas de la vieja telefonía tradicional, también extensiones analógicas de centralita.

Para dejar bien en claro la diferencia del funcionamiento de un FXS y un FXO, veamos el siguiente gráfico:

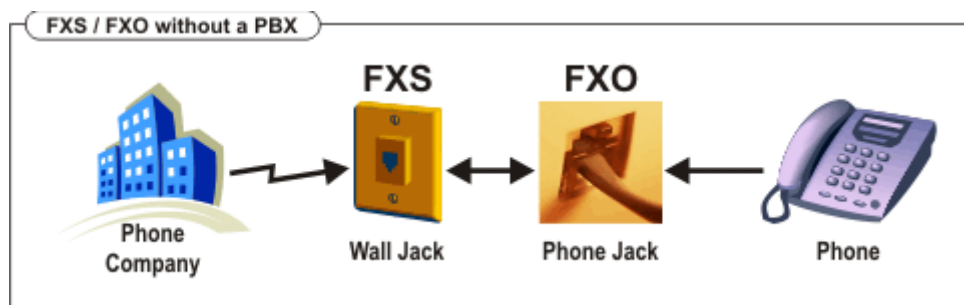


Ilustración 23 - FXS y FXO -

## 4.10 Radio Mobile

### 4.10.1 ¿Qué es Radio Mobile?

Radio Mobile es una herramienta de software que permite simular radioenlaces. Provee de un gran rango de frecuencias (20MHz a 40GHz) y longitudes de trayecto (entre 1 y 2.000 Km). Usa un modelo topográfico digital que entrega la elevación del terreno y en base a ello puede calcular enlaces virtuales considerando parámetros como la ganancia, pérdidas en el espacio, zonas de Fresnel, altura de las antenas, etc.

Una de las grandes ventajas que se tiene con el uso de este sistema, es que su licenciamiento es libre GNU, por lo tanto para el uso e instalación del sistema no se requiere comprar el sistema.

#### 4.11 Mikrotik

##### 4.11.1 ¿Qué es Mikrotik?

Mikrotiks Ltd., conocida es una compañía vendedora de equipo informático y de redes. Vende principalmente productos de comunicación inalámbrica como routerboards o routers, también conocidos por el software que lo controla llamado RouterOS.

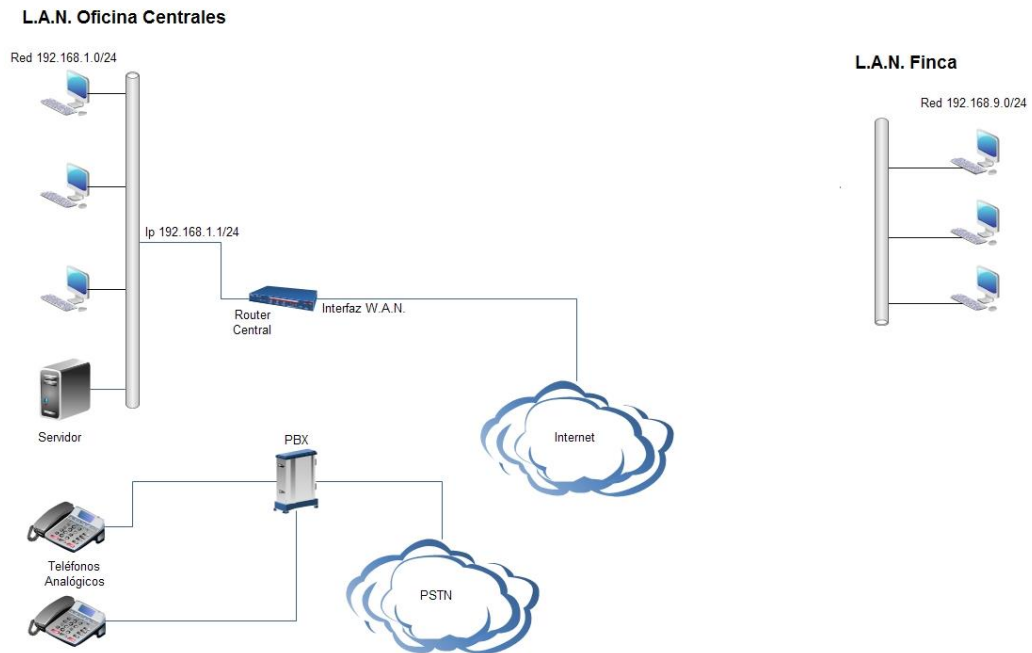
El principal producto de Mikrotik es el sistema operativo conocido como Mikrotik RouterOS basado en Linux. Entre las cosas que permite a los usuarios realizar encontramos funciones como firewall, VPN, gestor de ancho de banda, QoS, punto de acceso inalámbrico y otras características comúnmente utilizado para el enrutamiento y la conexión de redes. Existe un software llamado Winbox que ofrece una sofisticada interfaz gráfica para el sistema operativo. El software también permite conexiones a través de FTP y Telnet, SSH y acceso shell.

## 5 Desarrollo de la Tesis (objetivo General)

La empresa “Sanes S.A.” ubicada en Rodeo del Medio-Maipú de la provincia de Mendoza, posee una Finca que se encuentra a 20 Km de distancia, aproximadamente, hacia el Este de la provincia.

Dicha empresa comenzó a tener nuevas necesidades que hasta hace poco no eran relevantes para la realización del trabajo diario. Esto llevo a una reestructuración en varios niveles que involucró al área gerencial, al área operativa y fundamentalmente al área técnica. Estos cambios implicarían una serie de inversiones que deberán estudiarse cuidadosamente para lograr satisfacer la mayor cantidad de necesidades.

Para entender un poco mejor como se encuentran compuestas las instalaciones de la Empresa, observemos el siguiente gráfico:



**Ilustración 24 - Red de Sanes S.A. actual <sup>22</sup>.**

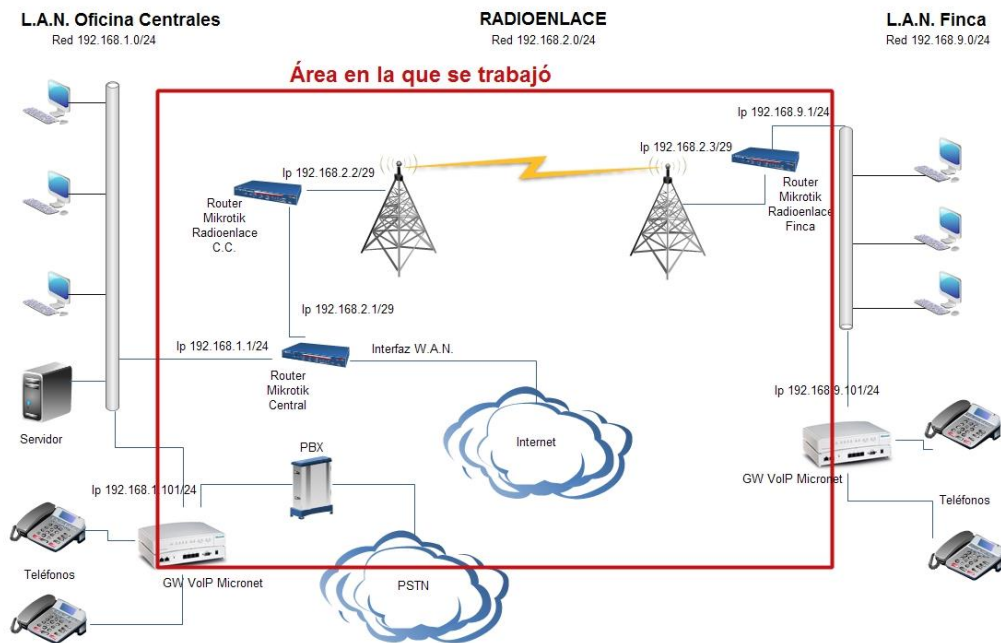
En la imagen anterior se puede ver claramente una serie de inconvenientes fundamentales que paso a describir.

Primero no existe ningún tipo de vínculo, en cuanto a comunicaciones, entre las Oficinas Centrales de la empresa y su Finca. Segundo, observo que dentro de la estructura de comunicaciones en las Oficinas Centrales, la red de telefonía se encuentra separada de la red de datos L.A.N., y por último apreciamos que la Finca se encuentra completamente “aislada”, lo que quiero indicar con esto es que la misma no posee acceso a Internet, no tiene acceso a los recursos de la red L.A.N. de las Oficinas Centrales, y no tiene acceso telefónico entre las cosas más relevantes.

A raíz de todo lo anterior expuesto es que llego a la conclusión que para tener éxito con el proyecto y poder solucionar las falencias expuestas, se necesita contar con una “Solución Integral de Comunicaciones” que permita identificar cuáles son los puntos a integrar, las diferentes tecnologías involucradas y la forma en la que debemos realizar el trabajo.

<sup>22</sup> Imagen de elaboración propia.

Para que quede más claro, mediante el siguiente gráfico, indico como pretendo dejar diseñada la “Solución integrada de Comunicaciones” y cuáles van a ser las zonas en las que se va a trabajar.



**Ilustración 25 – Nuevo diseño de la red de Sanes S.A. <sup>23</sup>.**

Como se puede ver en el gráfico anterior, se necesitan realizar una serie de modificaciones para lograr cumplir con lo que la empresa necesita y para ello se deben efectuar una serie de pasos en forma ordenada, los cuales voy a describir.

Lo que primero voy a realizar, es el cálculo del radioenlace entre la oficina central y la finca. Esto me va a mostrar si se pueden vincular los extremos o no, y en caso que si sea posible, voy a poder definir una serie de parámetros como son el rango de frecuencia a utilizar, las características de los equipos que van a estar involucrados, la altura de las torres, etc.

<sup>23</sup> Imagen de elaboración propia.

Una vez vinculado los extremos, voy a poder implementar “Voz sobre Ip”, mediante la utilización de Gateway Micronet. Con ésta implementación se podrá dar el servicio de telefonía a la finca.

Por último, voy a dejar plasmado como garantizar una buena administración y aprovechamiento del ancho de banda de la red mediante un plan de priorización adecuado y la configuración de los equipos.

### 5.1 Relevamiento

La etapa de relevamiento es la etapa más importante de cualquier proyecto, y muchas veces es la menos tenida en cuenta. Muchas de las decisiones que se irán tomando se desprenden de éste punto, por lo tanto es de suma importancia comenzar con una buena base de conocimiento para partir sin inconvenientes y minimizar los errores a medida que avanza el proyecto.

Es fundamental, como primera medida, generar una reunión con los encargados de la empresa (ya sean los dueños o gerentes), para determinar cuáles son las necesidades, la proyección, el alcance y los costos que debo tener en cuenta.

Otro aspecto que me va a ir aclarando el panorama es, la distancia entre los puntos que debo conectar, la frecuencia de trabajo a utilizar, el ancho de banda que quieren manejar en el radioenlace. Esto, me va a indicar sobre que norma dentro de la IEEE 802.11x es en la que voy a enmarcar a este proyecto.

De esa reunión se pudo determinar las siguientes necesidades que hoy presenta la empresa, del lado de la finca:

- 2 Mbps de ancho de banda para el servicio de internet.
- 2 puestos de telefonía en la Finca.
- Dejar contemplado ancho de banda para futuras aplicaciones.

Además de estas necesidades, se fijó que el radioenlace debe tener un ancho de banda de 20 Mbps, medida que va a permitir una operatividad del mismo, entre 5 y 7 años sin necesidad de rediseñar el cálculo o cambiar equipos.

De acuerdo al estudio que realicé (que se irá develando a medida que se avance en la tesina), determiné que éste proyecto va a estar enmarcado bajo la norma 802.11a, decisión que nos indica la banda de frecuencia a utilizar (5.8 Ghz), el ancho de banda máximo que vamos a manejar en el radioenlace, que es de 54 Mbps (20 Mbps reales), entre las cosas más significativas.

Aprovechando que hemos visitado las instalaciones, otra cosa a tener en cuenta, es ver las diferentes opciones de montaje de las torres. Entre lo que evalué, es que no se afecte al tránsito, tanto vehicular como peatonal, que los anclajes puedan colocarse sin inconvenientes, que no tengamos ningún obstáculo que nos afecte al línea de vista entre los equipos de comunicación, entre las cosas más relevantes.

Evalué también, la utilización de alguna estructura ya existente que nos permita ahorrar en la compra de algunos tramos de torre.

Otro tema a tener presente en esta etapa, es sobre la elección entre los diferentes tipos de antenas que existen en el mercado. Debemos tener en cuenta que la antena debe trabajar en la misma frecuencia que el resto de los equipos involucrados en el radioenlace, además debemos ver entre los aspectos técnicos el diagrama de radiación, la ganancia, sensibilidad del receptor entre lo más relevante.

Por último, voy a determinar qué tipo de información es la que pretendo controlar y como lo voy a hacer, mediante la configuración de los routers,

## 5.2 Conectividad

### 5.2.1 Introducción

Esta sección tiene por finalidad indicar el proceso de conectividad pensado en la “Solución Integrada de Comunicaciones”, entre la Oficina Central y la Finca de la empresa Sanes S.A. Entre los aspectos más relevantes a desarrollar en ésta sección, se encuentra el cálculo del radioenlace, el cálculo y montaje de las torres de comunicación, la selección de frecuencia utilizada, instalación y configuración de los equipos, el análisis de costo-beneficio.

## 5.2.2 Radioenlace

### 5.2.2.1 Cálculo y Montaje de las Torres de Comunicación

Para una correcta ubicación de las torres de comunicación, como primera medida identifique la ubicación de los emplazamientos.

Para ello utilice un dispositivo GPS y fui a cada instalación. Según lo relevado, la oficina central se encuentra en: Lat. 32°59`36.92`` S y Long. 68°40`39.12`` W y la elevación del terreno en esa zona es de 710 metros.



**Ilustración 26 - Oficina Central <sup>24</sup>.**

---

<sup>24</sup> Imagen obtenida de Google Earth.

En cuanto a la finca, el GPS arrojó la siguiente ubicación: Lat. 32°51'45.34" S y Long. 68°31'41.62" W y la elevación del terreno en este punto es de 635 metros, unos 75 metros más debajo de la ubicación de la oficina central.



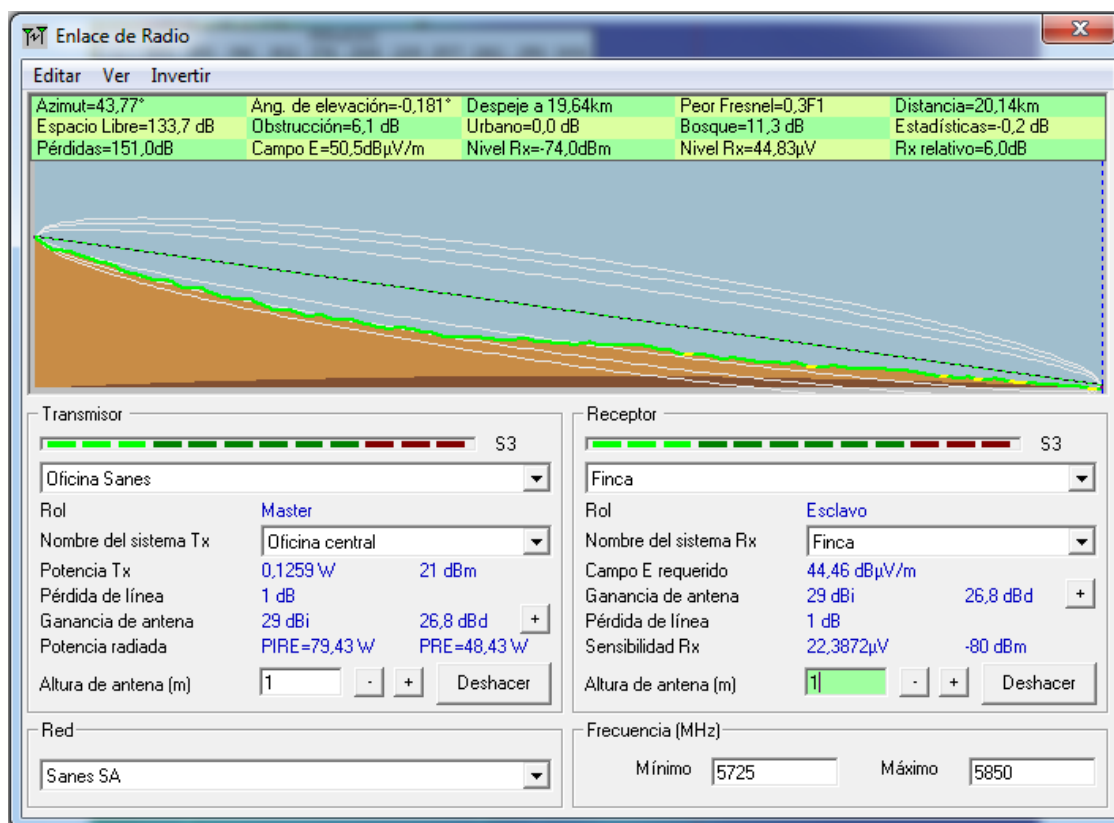
**Ilustración 27 – Finca <sup>25</sup>.**

Con estos datos y utilizando un mapa cartográfico o un sistema que nos ayude a visualizar las características del terreno, podemos tener una idea del desnivel existente entre los puntos y si existen o no obstáculos geográficos que impidan la realización del proyecto.

Mediante el uso de Radio Mobile, pude ver estas características:

---

<sup>25</sup> Imagen obtenida de Google Earth.



**Ilustración 28 - Línea de vista entre la Oficina Central y la Finca <sup>26</sup>.**

En este momento es muy importante recordar un concepto de los Radioenlaces de alta frecuencia, y es la necesidad de “tener línea de vista” entre las antenas (Line of Sight, LoS). Esto hace referencia al “espacio libre” existente entre los puntos a conectar (las ondas de radio de alta frecuencia son atenuadas por obstáculos, perjudicando la calidad en el radioenlace). Cuando hablo de obstáculos, me refiero a montañas, edificios o construcciones, arboles, etc.

Según el gráfico anterior, determiné, en principio, que los puntos a conectar se encuentran lo suficientemente cerca como para que la curvatura de la tierra afecte en la “línea de vista” y además que no existe ningún accidente geográfico que impida el vínculo entre los puntos (montañas, cerros, etc.). Por tal motivo, la “línea de vista” se encuentra despejada.

Otro concepto importante tenido en cuenta para el montaje de las torres de comunicación, es la “zona de fresnel” (recordemos que ésta zona es el área elíptica alrededor de la línea de vista). Lo

<sup>26</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

que la teoría de fresnel nos indica, es que la primer zona es la más importante a tener libre de obstáculos y debe estar despejada por lo menos en un 80% (en la primer zona de fresnel se concentra el 50% de la potencia del transmisor). Para el cálculo del radio del elipse de fresnel de la primera zona, debemos aplicar la siguiente fórmula:

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

r: radio del elipse (m)

D: distancia entre las antenas (km)

f: frecuencia de trabajo (Ghz)

Para nuestro caso los valores son los siguientes:

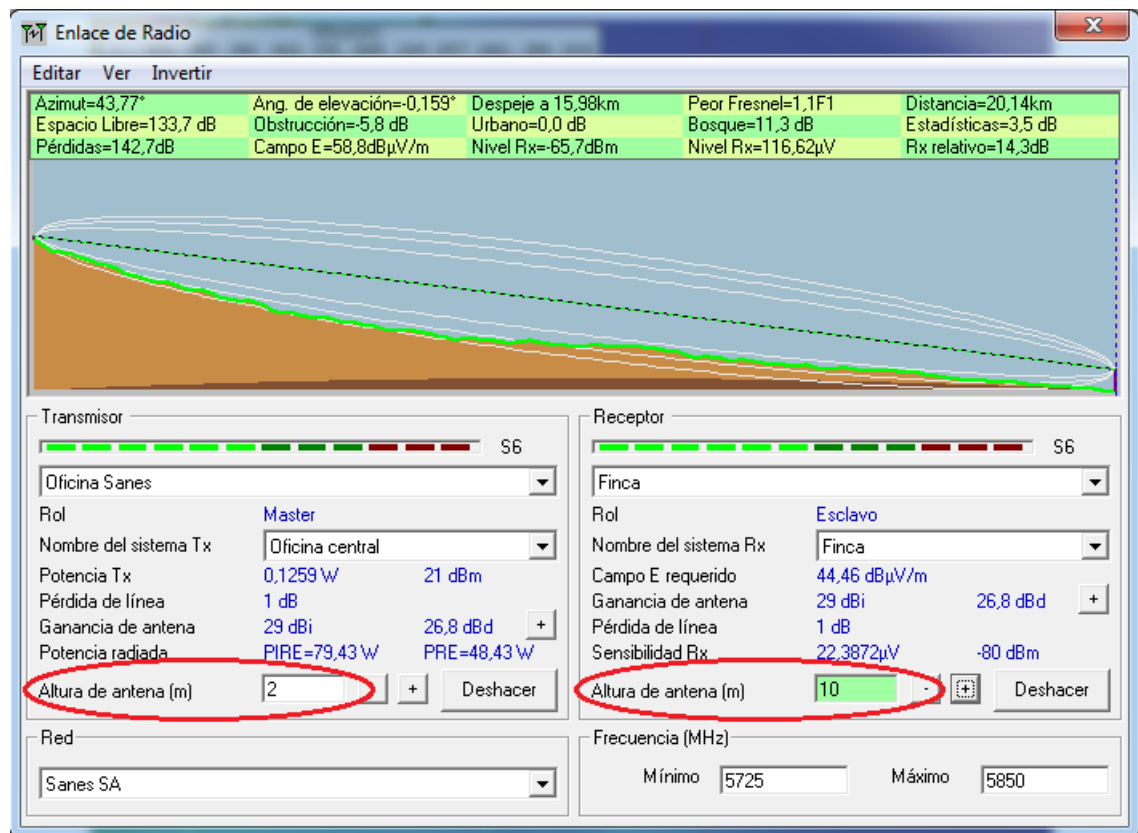
D: 20 Km

f: 5.8 Ghz

**r: 16,08 metros**

**radio mínima: 12,87 metros**

Para que la primera zona de fresnel quede liberada completamente, elevo las torres de comunicación y utilizo el sistema Radio Mobile, para verificar el despeje correspondiente.



**Ilustración 29 - Despeje de la 1ª zona de fresnel <sup>27</sup>.**

Como indica el gráfico anterior, para tener despejada la primera zona de fresnel necesito elevar la torre de la Oficina Central 2 metros de altura mientras que la torre de la Finca debe tener 10 metros, pero es necesario realizar un paso más para poder determinar las alturas finales que van a tener las torres.

Por último, realice un reconocimiento en la zona por la que nuestro enlace atraviesa, y pude establecer que en la zona no existen construcciones que puedan atenuar nuestra calidad del radioenlace, ya que la zona es puramente rural, pero si verifiqué la existencia de árboles de gran tamaño que si pueden perjudicarnos.

A raíz de esto, es que propongo elevar a 24 metros de altura cada torre, por lo tanto, a la torre de la Oficina Central la elevo 22 metros de altura y 14 metros a la torre de la Fina,

<sup>27</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

asegurándome así una línea de vista correcta entre las antenas y por lo menos la primera zona de fresnel despejada en un 80%, en definitiva garantizar la conectividad y calidad en el radioenlace.

Una vez definida las alturas de las torres de comunicación, debemos especificar cuál será el lugar donde se van a montar en los emplazamientos.

De acuerdo a lo relevado en la Oficina Central, la torre se montará sobre el techo del galpón existente junto a las instalaciones donde se realizan las operaciones administrativas de la empresa. La construcción existente tiene una altura de 12 metros altura (altura que nos ahorramos en la compra de tramos) y para poder llegar a los 24 metros que pretendo, voy a necesitar de 2 tramos de 6 metros cada uno. Dos de las riendas de sujeción van a ir ancladas sobre las vigas principales del techo de la oficina y una va a ir anclada sobre una pared cercana, se debe colara solo un juego de 3 riendas (una rienda por lado de la torre), ya que por la altura que va a tener la torre a instalar, es suficiente. Recordemos que de acuerdo a la teoría expuesta en el marco teórico, las mismas son de acero trenzado y la separación entre rienda anclada debe formar un ángulo de  $120^\circ$ .

La torre de la Finca, al igual que la torre de la Oficina Central, se montará sobre el galpón que tiene una altura de 12 metros aproximadamente, por lo tanto también se necesita de 2 tramos de 6 metros cada uno, llegando así a la altura calculada. En este caso, también se va a necesitar solo un juego de 3 riendas para el correcto anclaje, en donde dos de las riendas van a ir sobre las vigas del techo y la otra rienda se amura a una estructura cercana (de acuerdo a lo expuesto en el marco teórico, la distancia del centro de la torre al punto de anclaje debe ser del 50% de la altura de la torre, por lo tanto el anclaje se realiza a 6 metros de distancia del centro de la torre). Las riendas son de acero trenzado, igual que las utilizadas en la instalación de la torre de la Oficina Central.

Cada sección de las torres a instalar, poseen los colores identificativos correspondientes (rojo y blanco), el diámetro de los parantes es de 12 mm y el de los diagonales es de 8 mm.

Como elemento de seguridad para evitar oscilación de las torres y desorientación de las antenas instaladas, se coloca un dispositivo en la cima llamado “antirrotor”, al cual va sujeto con otro juego de riendas y tensores logrando de esta manera que las torres queden fijadas sin problemas, evitando oscilaciones y con la seguridad adecuada.

Por último, las torres cuentan en la parte más alta, con una baliza fija de color rojo (no destellante), ya que para el tipo de trabajo que a realizar es suficiente, y pararrayos como elementos de seguridad.

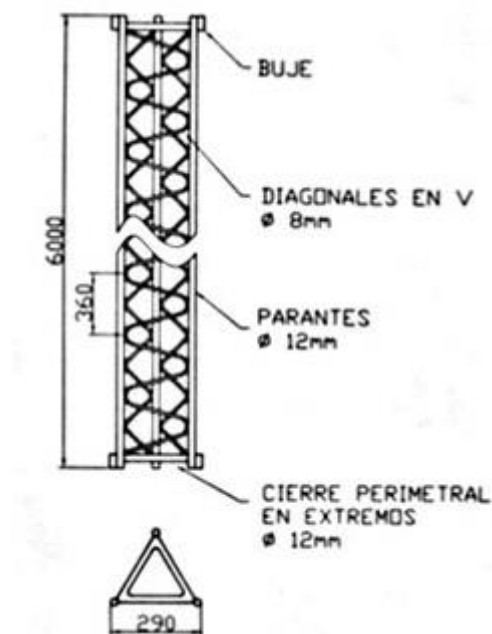


Ilustración 30 - Descripción de la torre -

#### 5.2.2.2 Selección de Banda de Frecuencia

Como se indicó en la etapa de relevamiento, este proyecto va a estar enmarcado bajo la norma IEEE 802.11a, por lo tanto, la banda de frecuencia que se va a utilizar es la de 5.8 Ghz, teniendo un ancho de banda máximo de 54 Mbps que en la práctica llega a 20 Mbps reales de transferencia. En ésta sección pretendo dejar claramente establecido los motivos que me llevaron a tomar esta decisión.

Entre los motivos que puedo mencionar encontramos:

- La frecuencia 5.8 Ghz es una frecuencia libre, por lo que no existe un costo por el uso del espectro de frecuencia utilizado.
- El espectro de frecuencia de los 2.4 Ghz, es descartado ya que dicha frecuencia se encuentra muy “contaminada” en la zona de Rodeo del Medio.
- De acuerdo a la necesidad de ancho de banda solicitada por la empresa (establecido en la etapa de relevamiento, y que es de 20 Mbps), esta opción la satisface de forma adecuada ya que de acuerdo a la norma 802.11a en la que se enmarca esta tesina, tenemos un ancho de banda de 54 Mbps, dejando suficiente ancho de banda para futuras necesidades.

### 5.2.2.3 Cálculo del Radioenlace. Diseño

#### 5.2.2.3.1 Cálculo del enlace de forma manual

En este punto pretendo realizar el cálculo del radioenlace de forma manual, teniendo en cuenta lo definido ya en la etapa de relevamiento (ancho de banda necesario, frecuencia de trabajo, etc), y los equipos con los que propongo trabajar en este proyecto (equipos Mikrotik).

Para comenzar voy a determinar cuál es la “pérdida por trayectoria” que nuestro enlace va a sufrir y para ello aplicamos la siguiente fórmula:

- **Pérdida por trayectoria de espacio libre** =  $32,6 + 20 \cdot \log(\text{frecuencia [Mhz]}) + 20 \cdot \log(\text{distancia [km]})$ .
- **Pérdida por trayectoria de espacio libre** =  $32,6 + 20 \cdot \log(5800) + 20 \cdot \log(20) = -133,89 \text{ dBm}$

Recordemos que las ondas de radio de un radioenlace sufren atenuación por el solo hecho de propagarse en la atmósfera, y mientras mayor sea la distancia a conectar entre los puntos, mayor será la atenuación sufrida. Para nuestro caso esta atenuación es de **-133,89 dBm**.

Posteriormente, realizo el cálculo del “nivel de recepción” que tendrá nuestro equipo receptor.

Este valor calculado, estará muy ligado al valor que nos indica el fabricante del equipo de radio a utilizar, ya que éste especifica cuál debe ser la mínima relación de señal-ruido con el que se debe llegar al equipo para que funcione, de lo contrario, el vínculo no podrá ser efectivo (o lo será de forma inestable).

Lo que pretendo realizar ahora, es calcular varias alternativas de implementación, jugando con la potencia de los equipos de transmisión y recepción y la ganancia de las antenas y en función de los resultados obtenidos verificar si el radioenlace es factible de implementar o no, y dentro de las opciones factibles poder hacer un análisis financiero.

Para el cálculo, aplicamos la siguiente fórmula:

- **Nivel de Recepción** = potencia Tx - pérdida por cable + ganancia antena Tx - pérdida por trayectoria + ganancia antena Rx - pérdida por cable.

Veamos las siguientes opciones que describo a continuación:

1. Nivel de recepción o sensibilidad = 21 dBm - 1 dB + 29 dBi - 133,89 dBm + 29 dBm - 1 dB = **- 56,89 dBm**
2. Nivel de recepción o sensibilidad = 25 dBm - 1 dB + 25 dBi - 133,89 dBm + 25 dBm - 1 dB = **- 60,89 dBm**
3. Nivel de recepción o sensibilidad = 21 dBm - 1 dB + 25 dBi - 133,89 dBm + 25 dBm - 1 dB = **- 64,89 dBm**

Se aconseja sumarle al resultado obtenido en el “nivel de recepción”, 10 dBm, ya que este margen contempla aquellos acontecimiento “no calculados” que puedan perjudicar el buen funcionamiento del radioenlace o directamente dejarlo sin actividad.

#### 5.2.2.3.2 Calculo del enlace mediante el uso de Radio Mobile

Hoy en día existen nuevas herramientas tecnológicas que nos ayudan en la realización del cálculo de los radioenlaces, pudiendo así, tener una primera aproximación en cuanto al cálculo, estimando la factibilidad de la realización del trabajo, determinar la altura de las torres, que ganancia deben tener como mínimo las antenas a instalar, cual es la potencia mínima necesaria en los equipos, etc.

Para este caso, la herramienta utilizada para el cálculo del radioenlace fue el sistema Radio Mobile. Este sistema se seleccionó porque es de licenciamiento libre, además la simulación de los radioenlaces arroja resultados muy cercanos a la realidad, los resultados son de fácil interpretación y porque la carga y manejo de la interfaz es bastante amigable.

Antes de comenzar con la carga de los datos al sistema Radio Mobile para simular el radioenlace, hago un resumen de datos más importantes a tener en cuenta:

Ubicación de la oficina central: 32° 59' 36.9" S y 68° 40' 39.1" O

Altura del terreno en la oficina central: 710 mts.

Altura de la torre en la oficina central: 24 mts.

Ubicación de la finca: 32° 51' 45.3" y 68° 31' 41.6"

Altura del terreno en la finca: 635 mts.

Altura de la torre en la finca: 24 mts.

Frecuencia de Trabajo: 5.8 Ghz.

Routers utilizados: Routerboard R52 hn – marca Mikrotik

Potencia de los transmisores: 21 dBm.

Sensibilidad del receptor: -80 dBm.


Antenas utilizadas: Direccional grillada – marca Boboto.

Ganancia de las antenas: 29 dBi.

Pérdida en la línea: 1 dB (cables, conectores)

Con este resumen en claro, procedo a cargar los datos en el sistema y así podremos determinar, en una primera instancia, la factibilidad técnica de la realización de este proyecto.

Una vez dentro del sistema Radio Mobile, se descarga el mapa desde internet, definiéndole el tamaño que necesitamos (Archivo-Propiedades del mapa).

Posteriormente se ubican los puntos de nuestro radioenlace, seleccionando las “propiedades de las unidades” , definiendo latitud, longitud y altura del terreno de cada nodo (datos obtenidos mediante el uso del GPS en las instalaciones).

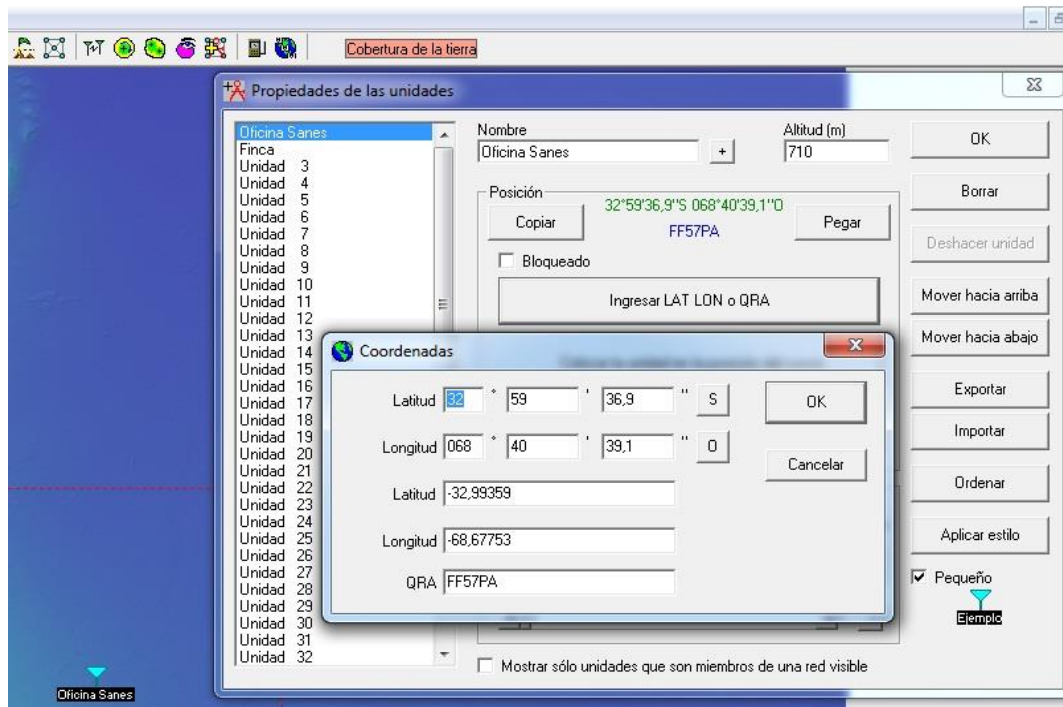


Ilustración 31 - Ubicación de la Oficina Central <sup>28</sup>.

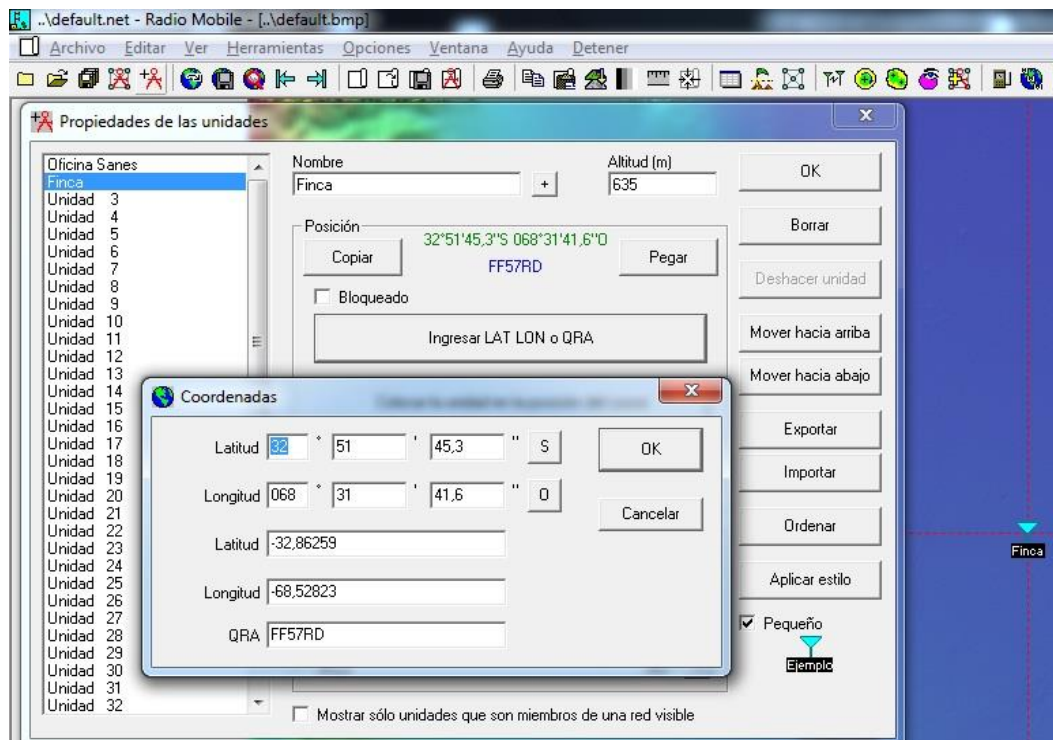



Ilustración 32 - Ubicación de la Finca <sup>29</sup>.

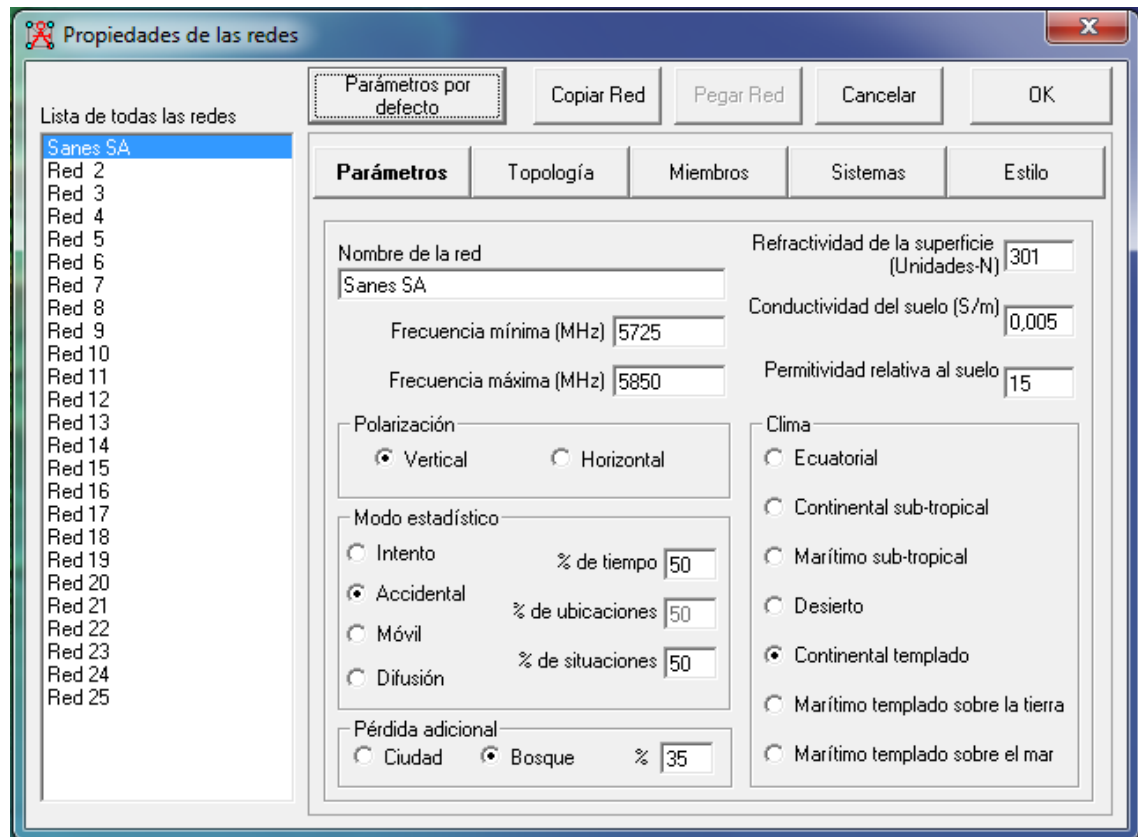
<sup>28</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

El siguiente paso a realizar, es configurar las “propiedades de las redes” . En este punto se debe establecer varias cosas y comenzaremos por:

- Parámetros: Aquí configuro, entre las cosas más importantes, la frecuencia de trabajo mínima que es de 5725 Mhz y la máxima que es de 5850 Mhz (estos datos los sacamos de la especificaciones de la antena y es un punto muy importante a tener en cuenta porque es el que nos va a definir en qué canales podemos operar dentro del espectro de frecuencia seleccionado), la polarización de trabajo de la antena (para este caso es vertical), el tipo de clima (va a estar determinado por el lugar donde se realizará el radioenlace y de acuerdo a la selección es el tipo de atenuación que va a sufrir nuestro cálculo, para este caso es “continental templado”) y la pérdida adicional que para nuestro caso es de un 35% y equivale a las obstrucciones que podremos tener a lo largo de la línea del radioenlace (estos pueden ser árboles, galpones, tanques de agua, etc.) .

---

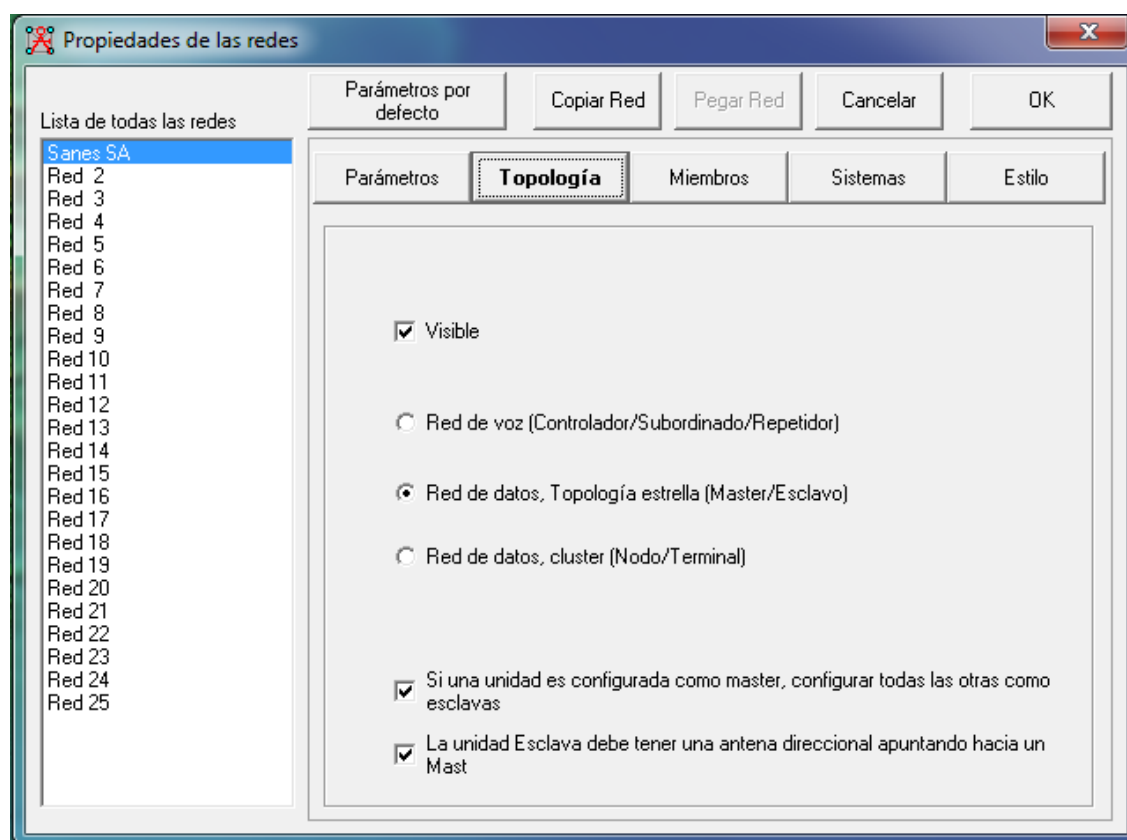
<sup>29</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.



**Ilustración 33 - Parámetros generales de la red <sup>30</sup>.**

- Topología: Se define la topología de nuestra red, que es de tipo “Maestro-Esclavo” (denominamos Maestro al equipo transmisor, y Esclavo al equipo receptor, que dependiendo como se establezca la comunicación, pueden funcionar como uno u otro).

<sup>30</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.



**Ilustración 34 - Topología <sup>31</sup>.**

- **Sistema:** aquí defino la potencia del transmisor que para nuestro caso es de 21 dBm, el umbral del receptor o sensibilidad del receptor que es de -80 dBm (datos que obtenemos del manual de la radio utilizada), la pérdida de la línea que está relacionada con la atenuación que se sufre por los conectores utilizados, los cables, etc y que para nuestro caso es de 1 dB (pérdida promedio), tipo de antena que se va a utilizar (podemos ver el patrón de radiación), como nuestro enlace es punto a punto la antena que seleccioné, es una “corner” (antena direccional), la ganancia de ésta antena que es de 29 dBi (dato obtenido del manual de la antena) y la altura de la torre donde se van a instalar los equipos (24 metros de altura). Aquí defino un sistema por cada nodo que va a ser parte de nuestra red (por lo tanto voy a definir 2 sistemas: uno para la oficina central y el otro para la finca), ya que cada sistema define las características de los equipos involucrados. En nuestro caso los equipos en cada nodo son iguales, por lo tanto las características son las mismas. Veamos la siguiente ilustración.

<sup>31</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

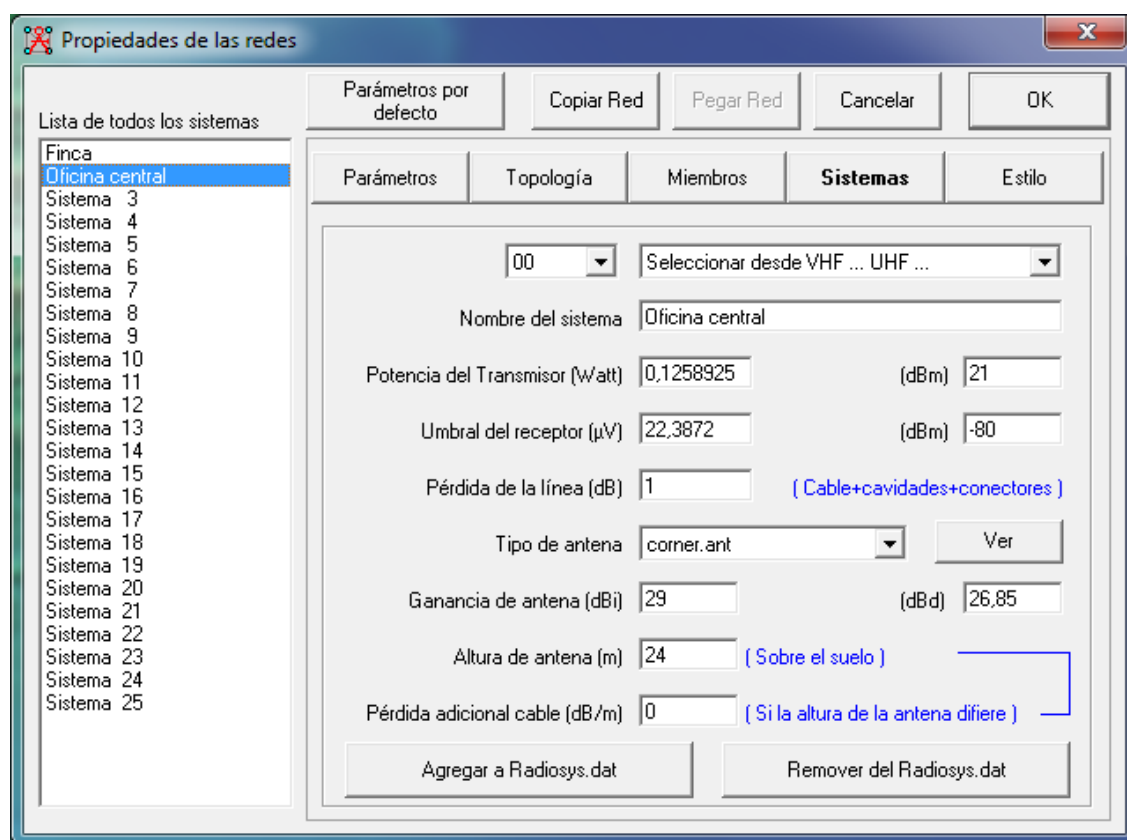


Ilustración 35 - Sistema <sup>32</sup>.

- **Miembros:** en este punto defino que nodo de la red va a funcionar como maestro y cuál va a hacerlo como esclavo, además vemos el sistema asociado al nodo (en el que se definen las características de los equipos utilizados), la altura de la torre y hacia dónde se apunta la antena (la antena de la oficina central debe apuntar hacia la finca y la antena de la finca debe apuntar hacia la de oficina central).

<sup>32</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

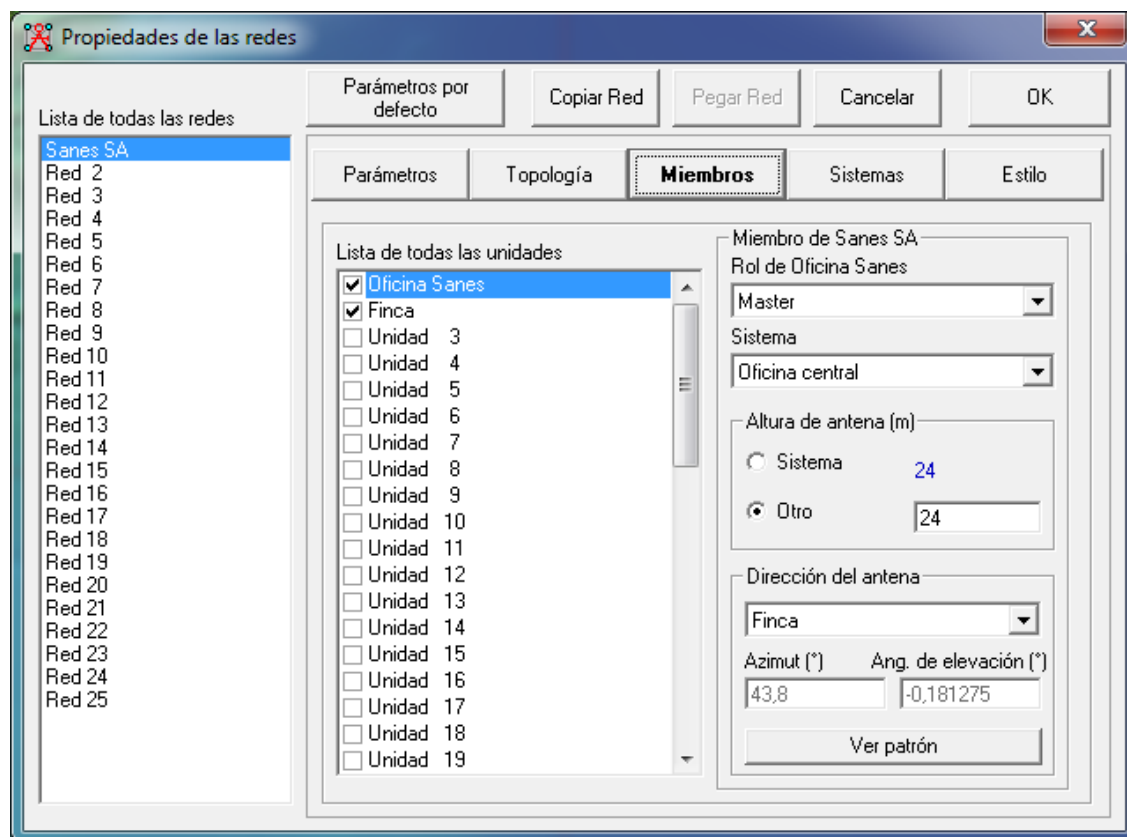



Ilustración 36 - Miembros <sup>33</sup>.

Con estos datos cargados sobre el sistema, presiono sobre la opción de “mostrar redes”  y el sistema coloca sobre el mapa descargado, los nodos correspondientes a la oficina central y a la finca y traza una línea que de acuerdo al color de la misma, indica si el vínculo es factible o no. Para este caso la línea es verde por lo tanto nos indica que si es factible la realización del radioenlace.

<sup>33</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

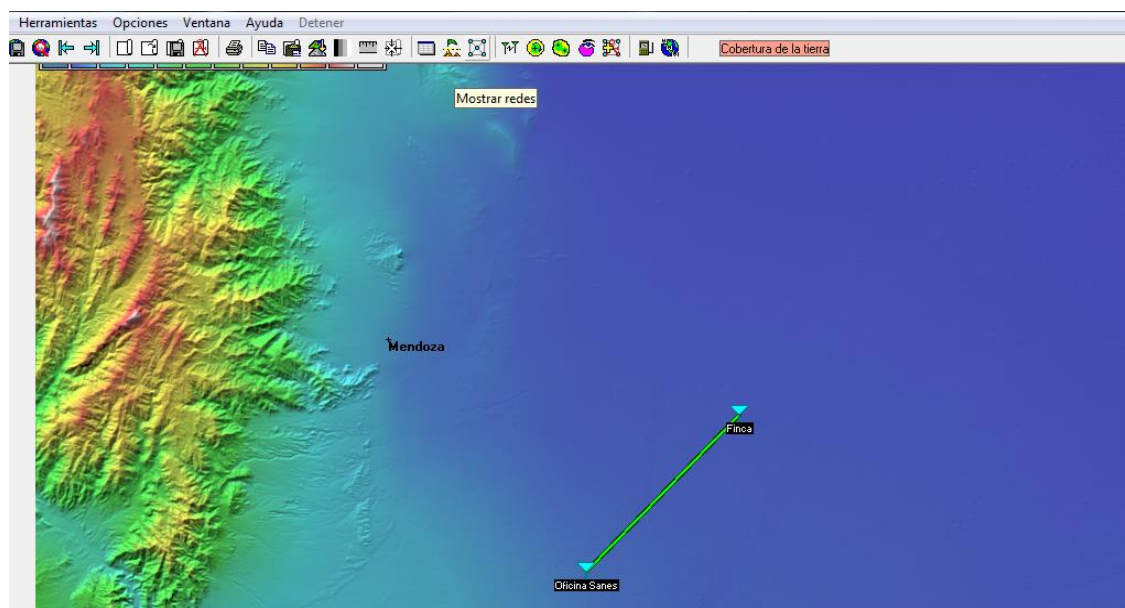



Ilustración 37 - Mostrar redes <sup>34</sup>.

Presionando sobre el botón “enlace de radio”  puedo ver la simulación muy bien lograda del radioenlace. Entre las cosas que muestra el sistema, son las características del terreno, la ubicación de los nodos (si los mismos tienen línea de vista, si existen obstáculos, etc) y la zona de fresnel. Observo un resumen de las características de todos los equipos involucrados que seteamos en los pasos anteriores.

Entre los resultados que el sistema arroja, tengo que nuestro “**nivel de recepción**” es de - **65,8 dBm** (recordemos este valor no debe ser mayor a -80 dBm para garantizar el funcionamiento del radioenlace), veo también que el “nivel de recepción relativo” es de 14,2 dB (este valor indica el margen adicional con el que vamos a contar en caso que por algún motivo nuestra calidad de recepción disminuya). Además de lo indicado anteriormente, Radio Mobile indica que “**total de pérdida**” que tiene el sistema que es de **142,8 dB** (valor compuesto por la pérdida por espacio libre, las obstrucciones y el modelo estadístico del sistema).

<sup>34</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

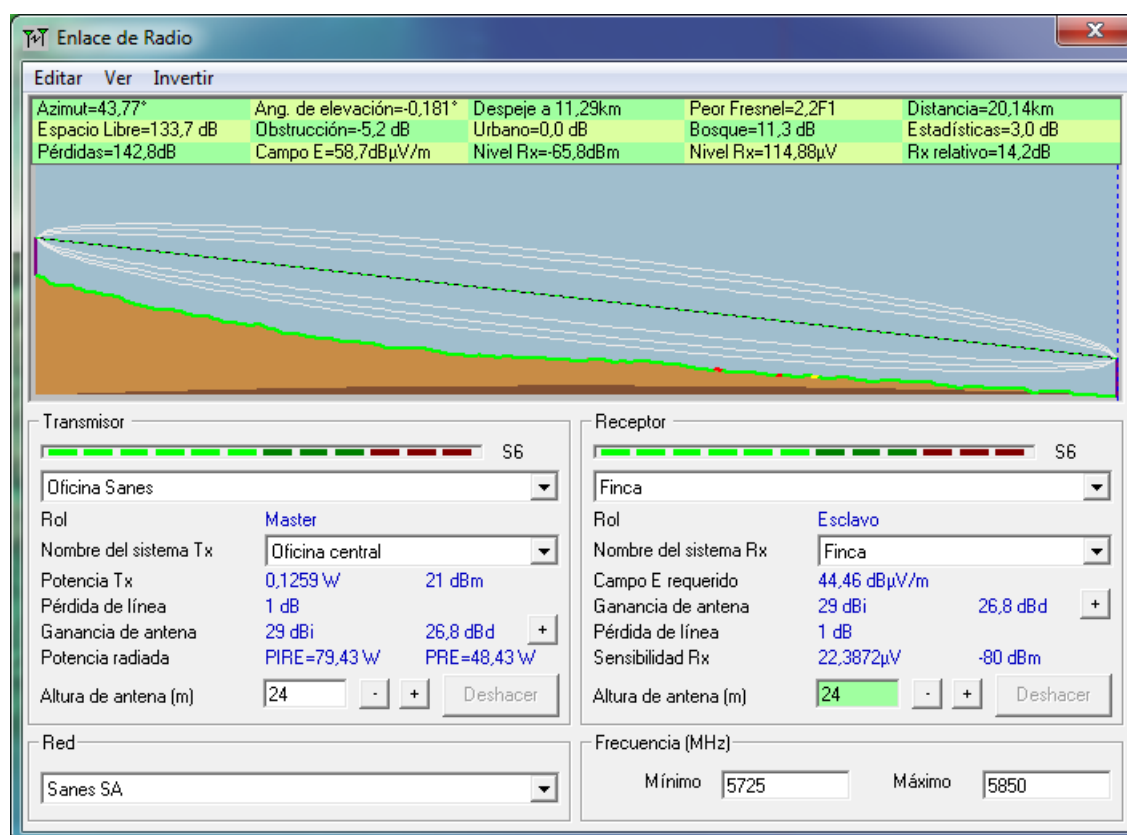


Ilustración 38 - Enlace de Radio <sup>35</sup>-

En conclusión y según los datos obtenidos mediante el uso de sistema Radio Mobile, puedo afirmar que este proyecto puede llevarse a cabo sin inconvenientes.

#### 5.2.2.4 Selección de la Antena

En función de lo ya expuesto en la etapa de relevamiento con respecto a los puntos a tener en cuenta a la hora de elegir el tipo de antena que voy a utilizar, expongo en esta sección los motivos que me llevaron a seleccionar una antena grillada marca Boboto de 29 Dbi de ganancia, y son:

- La frecuencia de trabajo de la antena es de 5.8 Ghz.

<sup>35</sup> Imagen obtenida de Radio Mobile.

- Como nuestra topología de red es de punto a punto, ésta antena direccional grillada se adapta de una mejor manera que una omnidireccional y es mas económica que una parabólica solida.
- Según el cálculo de nuestro radioenlace, la ganancia mínima necesaria que debe existir en nuestra antena debe ser de 25 Dbi. La ganancia de la antena seleccionada es de 29 Dbi, por lo que se adapta de forma apropiada.



**Ilustración 39 - Antena grillada Boboto <sup>36</sup>.**

#### 5.2.2.5 Selección y configuración de los equipos

En cuanto a los equipos utilizados para la realización del radioenlace, he seleccionado un router Mikrotik RB411, el cual cuenta entre las especificaciones más relevantes, con un puerto Ethernet (con el que voy a vincular a la L.A.N. y llevar la tensión al equipo mediante PoE) y un slot miniPci, al cual se conecta la radio.

---

<sup>36</sup> Imagen recuperada de: <http://www.boboto.com.cn/english/product/info.asp?prdID=132&isnew=0>



**Ilustración 40- Router Mikrotik RB 411 <sup>37</sup>.**

La radio que voy a conectar en el slot miniPci del router RB411, es una placa R52Hn de la marca Mikrotik. Seleccioné esta radio, porque trabaja en la frecuencia de los 5 Ghz (frecuencia de trabajo seleccionada para la realización del proyecto), la potencia del transmisor es de 21 dBm para una velocidad de transferencia de 54 Mbps y una sensibilidad en el orden de los -80 dB.



**Ilustración 41 - Radio R52Hn <sup>38</sup>.**

Estos equipos van a ir instalados dentro de una “caja estanca” para ser protegidos de las contingencias climáticas y colocados en la cima de la torre. La idea es que estos equipos se encuentren instalado lo más cercano posible a la antena, porque es fundamental que el cable que conecta a la antena con el equipo de radio (conocido comúnmente como pigtail), sea lo más corto posible por un tema de atenuación.

---

<sup>37</sup> Imagen recuperada de <http://routerboard.com/RB411>

<sup>38</sup> Imagen recuperada de <http://routerboard.com/R52Hn>



**Ilustración 42 - Caja estanca, router y radio <sup>39</sup>-**

### 5.3 Análisis económico

A la hora de resolver un proyecto, por lo general, existen diversas alternativas para concretarlo y un factor que muchas veces determina la realización de las tareas, es la factibilidad económica.

Por tal motivo, es que en esta sección pretendo dejar expuesto mediante cuadros comparativos, los costos de implementación y nivel de recepción recomendado para que el radioenlace funcione correctamente y en función de este análisis tomar una decisión.

De acuerdo a los cálculos que realicé en la sección “Calculo del enlace de forma manual” (punto 5.2.2.3.1), veamos los siguientes cuadros:

---

<sup>39</sup> Imagen recuperada de <http://www.sillanet.org/node?page=3>

Opción 1		
Detalle	Potencia - Ganancia	Precio en Dólares
Radio Tx	21 dB potencia	\$100,00
Antena Tx	29 dBi ganancia	\$100,00
Antena Rx	29 dBi ganancia	\$100,00
Instalación y Configuración		\$350,00
Total		\$650,00

Nivel de Recepción calculado	- 56,89 dBm
Nivel de Recepción recomendado	- 66,89 dBm

**Tabla 3 - Costo de implementación 1 <sup>40</sup>-**

Opción 2		
Detalle	Potencia - Ganancia	Precio en Dólares
Radio Tx	25 dB potencia	\$115,00
Antena Tx	25 dBi ganancia	\$75,00
Antena Rx	25 dBi ganancia	\$75,00
Instalación y Configuración		\$350,00
Total		\$615,00

Nivel de Recepción calculado	- 60,89 dBm
Nivel de Recepción recomendado	- 70,89 dBm

**Tabla 4 - Costo de implementación 2 <sup>41</sup>-**

---

<sup>40</sup> Tabla de elaboración propia.

<sup>41</sup> Tabla de elaboración propia.

Opción 3		
Detalle	Potencia - Ganancia	Precio en Dólares
Radio Tx	21 dB potencia	\$100,00
Antena Tx	25 dBi ganancia	\$75,00
Antena Rx	25 dBi ganancia	\$75,00
Instalación y Configuración		\$350,00
Total		\$600,00

Nivel de Recepción calculado	- 64,89 dBm
Nivel de Recepción recomendado	- 74,89 dBm

**Tabla 5 - Costo de implementación 3 <sup>42</sup>.**

Un concepto que quiero aclarar en este punto, es que la “Sensibilidad del Receptor” de la radio que vamos a utilizar (dato obtenido de la hoja de especificaciones de la radio, que para nuestro caso es -80 dBm) no debe superar el “Nivel de Recepción Recomendado”. Si estos valores son muy cercanos, el rendimiento del radioenlace puede ser deficiente, y si son iguales o si el “Nivel de Recepción” es superior a la “Sensibilidad”, el radioenlace no funcionará.

De acuerdo a los cálculos realizados, vemos que no existe una variación económica significativa entre las diferentes opciones pero si lo hay en el Nivel de Recepción Recomendado (son casi 10 dBm entre la opción 1 y 3).

Por tal motivo, recomiendo la opción 1 como alternativa de implementación, ya que u\$s 50, no es una suma significativa para el proyecto, y el Nivel de Recepción Recomendado que se obtiene con esta opción (67 dBm), es el más lejano de los -80 dBm de Sensibilidad del receptor.

---

<sup>42</sup> Tabla de elaboración propia.

## 5.4 Servicio de telefonía mediante VoIP

### 5.4.1 Introducción

Debido a que la Finca se encuentra en una zona rural en la que no hay prestadores de servicio de telefonía fija, la empresa nunca pudo tener acceso a este servicio desde que cuentan con las instalaciones. Esto dejará de ser un impedimento gracias a la “Solución Integrada de Comunicaciones” que brinda solución a este inconveniente.

### 5.4.2 Desarrollo

El primer análisis que realizo, es determinar cuántos puestos de telefonía son necesarios de acuerdo a la cantidad de personas que trabajan en las oficinas de la finca. Según lo expuesto en la etapa de relevamiento, se determino que solo 2 puestos telefónicos son suficientes para cubrir las necesidades, por lo menos, en una primera instancia.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se determina que la alternativa más adecuada para dar solución a la necesidad de telefonía que tiene la Empresa, es la instalación de Gateways de telefonía IP, los cuales van a estar conectado a los Switchs principales de cada L.A.N. y con los teléfonos que van a ser utilizados por los operarios.

El principal requisito tenido en cuenta a la hora de seleccionar los equipos a instalar, es que tanto la arquitectura como la tecnología utilizada sean de fácil escalabilidad y compatibilidad para futuras modificaciones (en caso de que sean necesarias).

#### 5.4.2.1 Selección de Equipamiento

Dentro del mercado existe una gran variedad de equipos de telefonía de voz sobre IP con los que se puede dar solución a la necesidad planteada, según el análisis realizado, se decidió por la opción de Gateways Microten SP 5054A, por las razones que expongo a continuación:

- Los equipos cuentan con 4 puertos FXSO, lo que nos permite tener una mayor flexibilidad a la hora de realizar nuestra configuración de la red de telefonía, pudiendo setear cada puerto de telefonía para que funcione como FXS o FXO.
- Es una tecnología de fácil escalabilidad y compatibilidad.
- Su costo no es muy elevado.
- La configuración de estos dispositivos es de gran potencia, además de ser sencilla e intuitiva.



**Ilustración 43 - Gateway Micronet SP 5054 A <sup>43</sup>.**

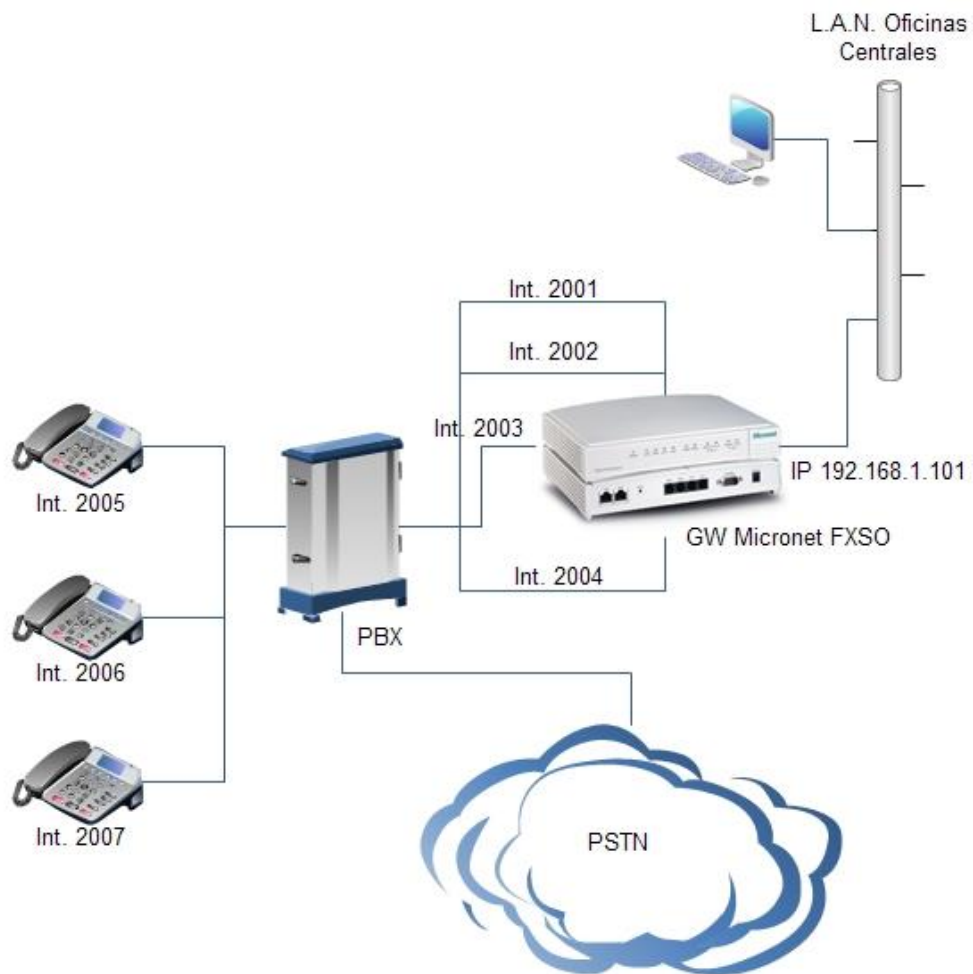
#### 5.4.2.2 Diseño de la Red de Telefonía

En este punto pretendo indicar como se debería realizar el conexionado físico de todos los equipos involucrados.

El primer gráfico muestra el conexionado del Gateway IP en la L.A.N. de la Oficina Central, dejando en claro como interactuará el dispositivo con la Central Telefónica, los internos (teléfonos) y el Switch principal de la Empresa.

---

<sup>43</sup> Imagen recuperada de: [http://www.citltda.cl/tel\\_voip.htm](http://www.citltda.cl/tel_voip.htm)



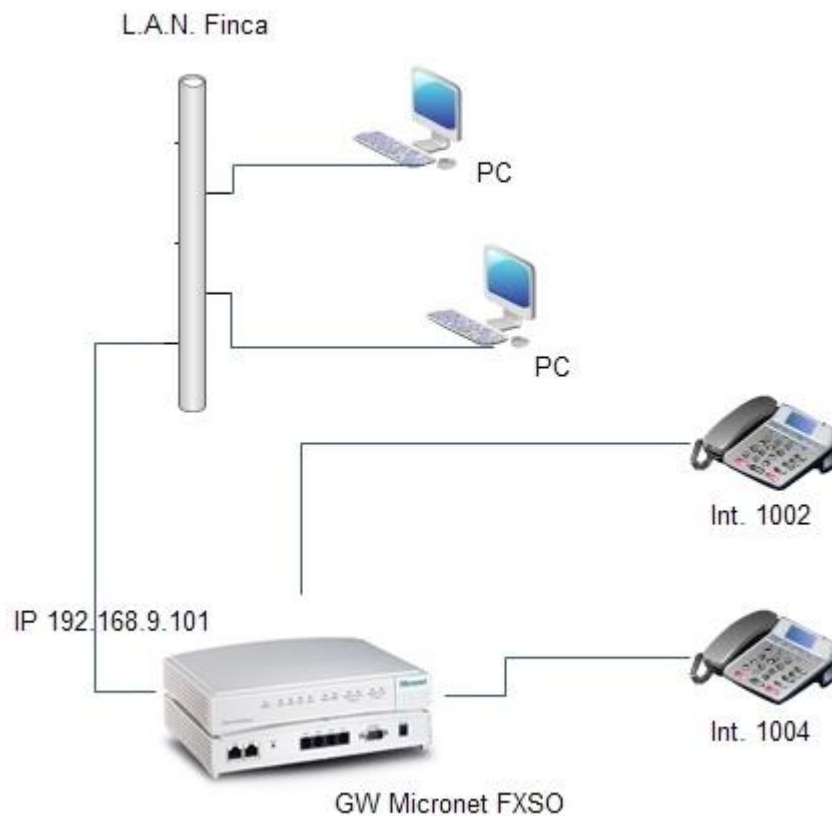
**Ilustración 44 - Conexión física del GW Ip en la oficina central <sup>44</sup>.**

Como se puede ver en la imagen anterior, lo que pretendo es conectar en las bocas FXSO del Gateway Micronet internos correspondientes a la Central PBX de la empresa. Recordemos que este equipo cuenta con 4 bocas de telefonía (RJ11, configurables como FXO o FXS), que nos sirvieron para dar internos a nuestra oficina remota.

Por otra parte, se conectará una de las bocas RJ45 del Gateway al Switch principal de la red L.A.N. Estos Gateway cuentan con 2 puertos L.A.N. que nos sirven para acceder al encaminamiento de las llamadas y a la configuración de equipo.

<sup>44</sup> Imagen de elaboración propia.

El conexionado físico entre el Gateway Micronet y la red L.A.N. de la Finca quedará instalado de la siguiente manera:



**Ilustración 45 - Conexionado físico del GW Ip en la finca <sup>45</sup>.**

A igual que con el conexionado del Gateway de la oficina central, éste dispositivo lo conectaremos a una de las bocas del Switch L.A.N. y por otro lado conectaremos 2 teléfonos analógicos, directamente sobre sus bocas de telefonía (RJ11).

Esto, ya nos da lugar para poder acceder a la configuración del equipo.

---

<sup>45</sup> Imagen de elaboración propia.

### 5.4.2.3 Configuración de los Equipos

#### 5.4.2.3.1 Configuración del Gateway de las Oficinas Centrales

Una vez conectado el Gateway a la Red L.A.N. de la empresa, podemos acceder a él a través de nuestro navegador. En el browser colocamos la IP correspondiente al dispositivo, en este caso es 192.168.1.101. Luego validamos con un usuario y una contraseña.

Una vez logueados en el equipo, la primera pantalla a la que accedemos para configurar es la de “Interfaz de Red”.

The screenshot shows the 'Network Interface' configuration page of the FXSO Configuration Web Server. The interface includes a navigation menu on the left and a main configuration area with the following fields and options:

- IP Address:** 192, 168, 1, 101
- Subnet Mask:** 255, 255, 255, 0
- Default routing gateway:** 192, 168, 1, 50
- IP Mode:**  FIX IP  DHCP  PPPoE
- HTTP Port:** 80
- DNS primary:** 168, 95, 192, 1
- DNS secondary:** 168, 95, 1, 1
- SNTP:**  Enable  Disable
- SNTP Server Address:** 168, 95, 195, 12
- GMT:** +8
- IP Sharing:**  Enable  Disable
- IP Sharing Server Address:** 210, 59, 163, 198
- User Name:** pppoe
- Password:** \*\*\*\*\*
- IP Address:** (empty field)
- Destination:** (empty field)
- DNS primary:** (empty field)
- Reboot After Remote Host Disconnection:**  On  Off
- PPPoE Echo Request:**  enable  disable

Ilustración 46 - Interfaz de red del GW Ip <sup>46</sup>-

Como podemos ver, lo que configuramos en ésta pantalla, es todo lo concerniente a la parte de Red L.A.N. Definimos una IP estática (esto es más conveniente ya que nuestro dispositivo siempre va a tener la misma IP), máscara y gateway, puerto por el que se puede acceder a través del browser (puerto 80), los DNS y la clave de acceso.

<sup>46</sup> Imagen obtenida de Micronet.

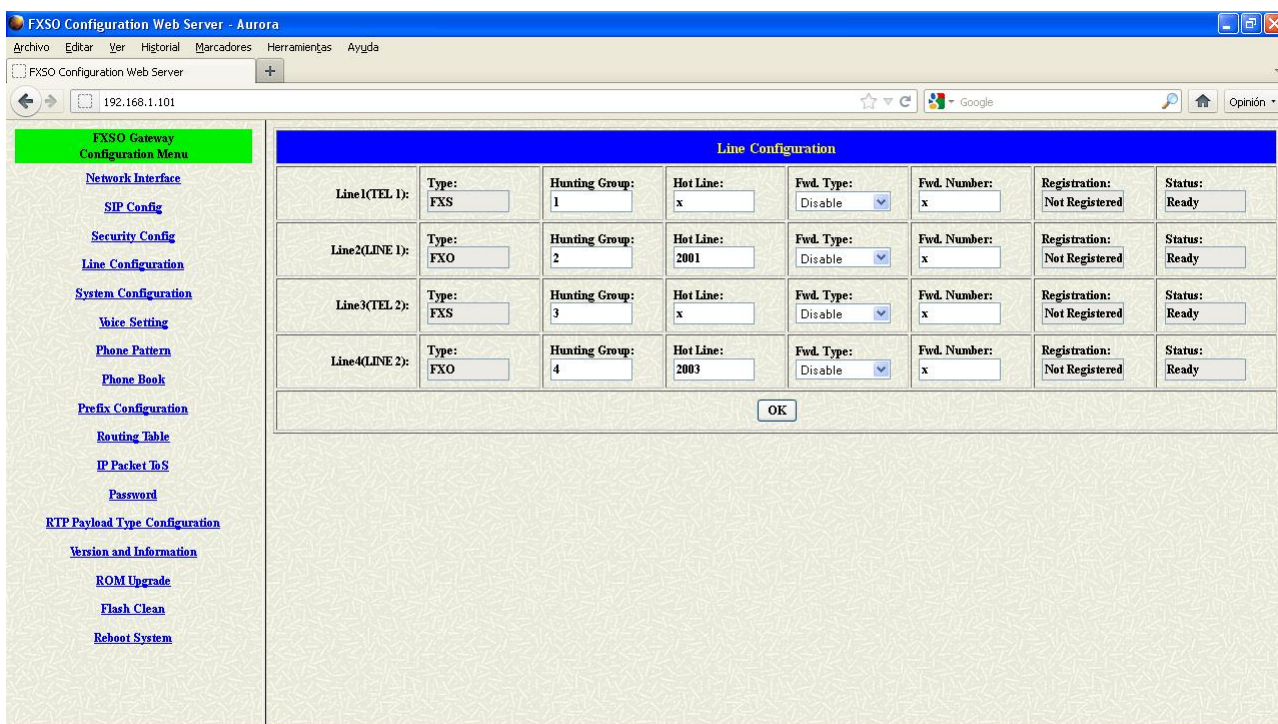
La segunda opción de configuración que tenemos es la “Configuración SIP”. Para una mejor explicación y entendimiento de este tema, es bueno detallar este punto con la “Configuración de Línea”.

The screenshot shows the 'SIP Configuration' page in the FXSO Configuration Web Server. The interface includes a navigation menu on the left and a configuration form on the right. The form contains the following fields and values:

SIP Configuration	
Mode:	<input checked="" type="radio"/> Peer-2-Peer <input type="radio"/> Proxy
Primary Proxy IP Address:	10.1.1.2
Primary Proxy port:	5060
Secondary Proxy IP Address:	null
Secondary Proxy port:	5060
Outbound Proxy:	null
Outbound Proxy port:	5060
Prefix String:	null
Line 1 Number:	1001
Line 2 Number:	1002
Line 3 Number:	1003
Line 4 Number:	1004
SIP port:	5060
RTP Port:	16384
Expire:	60
OK	

Ilustración 47 - Configuración SIP del GW Ip <sup>47</sup>.

<sup>47</sup> Imagen obtenida de Micronet.



**Ilustración 48 - Configuración de línea del GW Ip <sup>48</sup>.**

En la pantalla de “Configuración SIP”, configuramos el modo en el que van a funcionar nuestro Gateway de Voz. Para éste caso el modo seleccionado es Punto a Punto, esto es porque los Gateway van a funcionar en un entorno LAN-MAN por lo tanto no salen a Internet, y todo lo que tenga que ver con la explicación y configuración Proxy, es innecesaria.

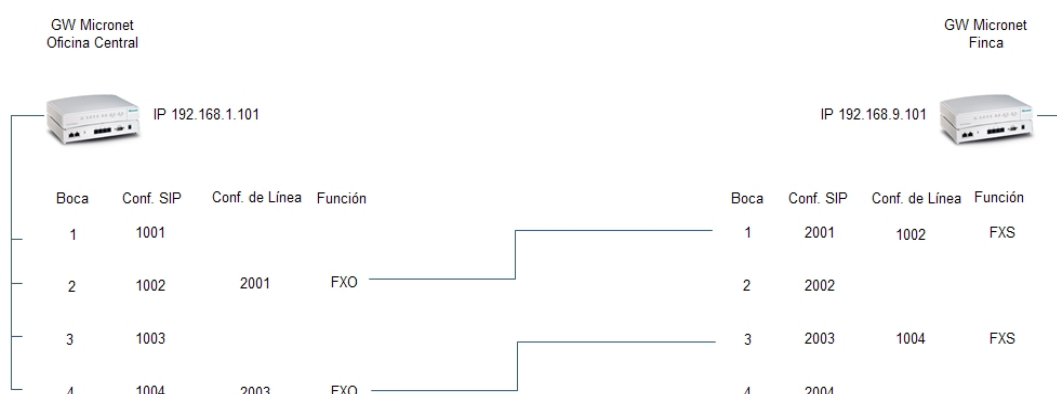
Otro punto importante que voy a configurar, es la asignación de un número que me va a identificar a cada puerto RJ11 que posee el Gateway Local (número fijado por nosotros). Como en este caso solo se van a utilizar 2 internos, los números que seleccionamos fueron 1002 para la boca n° 2 y 1004 para la boca n° 4, de nuestro Gateway Local.

En la “Configuración de Línea” seteamos cada puerto de telefonía para que funcione como FXO o FXS en función de nuestra necesidad. Como se ve en la imagen, lo que estamos haciendo es solo configurar 2 puertos (el 2 y el 4), le estamos indicando que van a funcionar como FXO (ya que estos puertos se conectan directamente a la PBX de la oficina) y le asignamos un número identificativo (para el puerto 2 es el 2001 y para el puerto 4 es el 2003) que debe coincidir con el

<sup>48</sup> Imagen obtenida de Micronet.

número que se le asignamos en la “Configuración SIP” del Gateway remoto. De ésta manera logramos encaminar los paquetes (tanto de ida como de vuelta) y poder garantizar la conectividad entre los extremos.

Para terminar de entender de una mejor manera y resumir lo anteriormente descrito, veamos el siguiente gráfico:

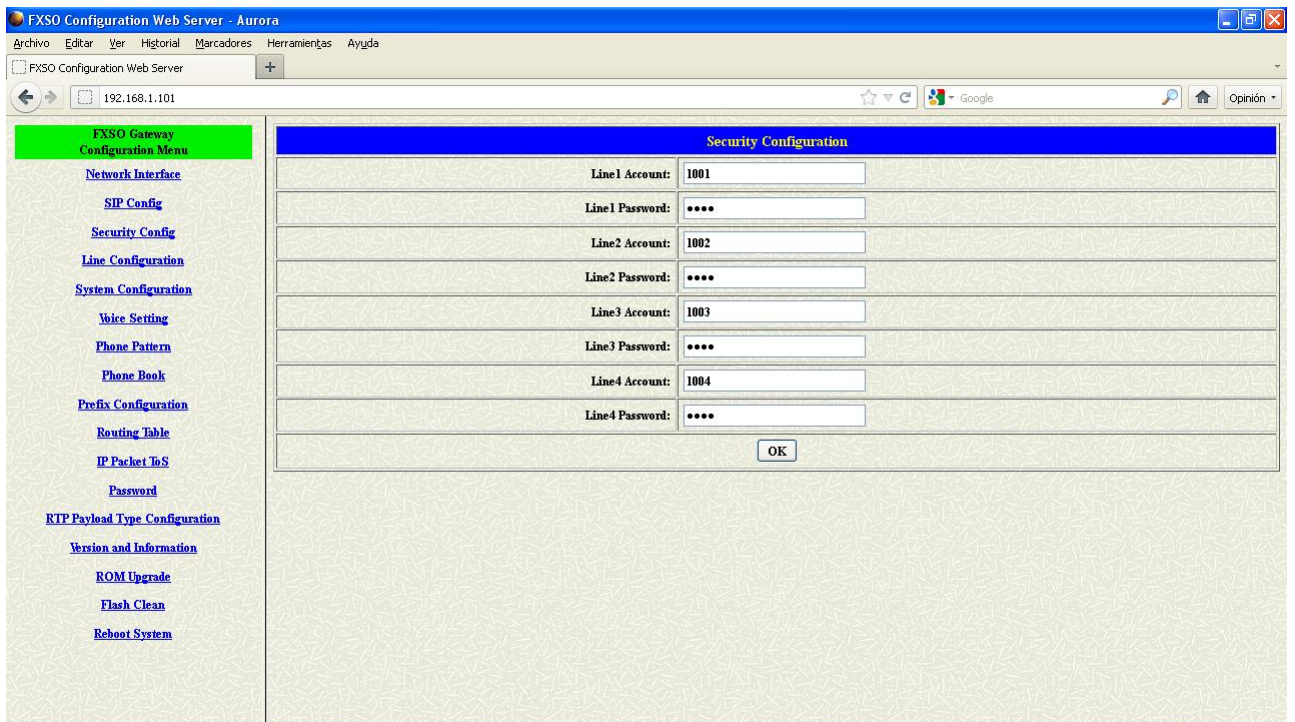


**Ilustración 49 - Resumen de configuración SIP y de Línea de los GWs Ip <sup>49</sup>.**

La tercera opción es la “Configuración de Seguridad”

---

<sup>49</sup> Imagen de elaboración propia.



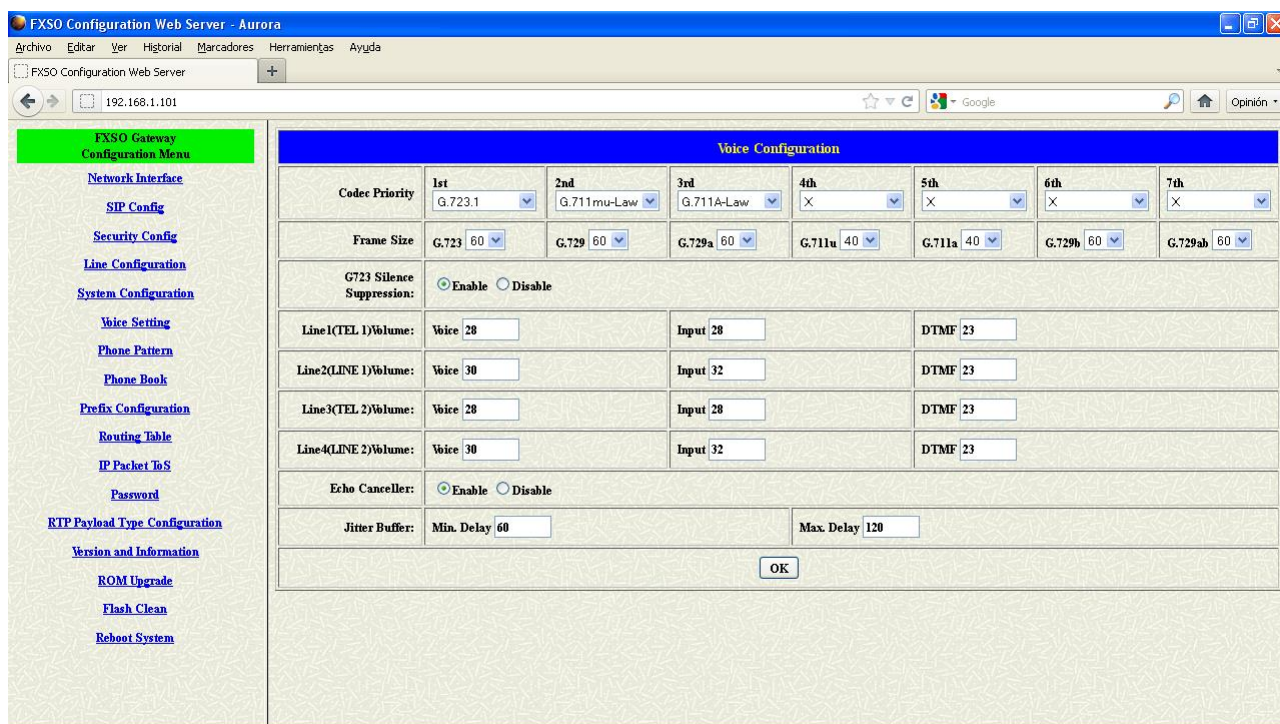
**Ilustración 50 - Configuración de seguridad del GW Ip <sup>50</sup>-**

En esta pantalla asignamos una clave de seguridad a cada puerto.

Nuestra próxima pantalla corresponde a la “Configuración de la Voz”

---

<sup>50</sup> Imagen obtenida de Micronet.



**Ilustración 51 - Configuración de la voz del GW Ip <sup>51</sup>.**

En esta pantalla lo que hacemos es seleccionar con que Codec se va a comprimir la voz que viajará a través de nuestra Red. La prioridad la tiene el Codec G.723.1, luego el G.711mu-Law y por último el G.711A-Law.

En este punto me detengo un para exponer los motivos que me llevaron a elegir los codec de compresion de vos. Seleccione el codec G.723.1 en primera instancia, porque el consumo de ancho de banda se encuentra entre los 5,6 – 6,3 kbps (bastante bajo) y su calidad de reproduccion de vos es muy fiel.

Además habilito la opción de Cancelacion de Eco, mejorando así la calidad de la llamada. Por último le doy el tamaño al buffer que nos va a dar solución al problema de Jitter que podamos tener en las llamadas.

Toda éstas configuración garantizan una entrega correcta de los paquetes de voz, minimizando la pérdida de paquetes y una muy buena calidad.

<sup>51</sup> Imagen obtenida de Micronet.

Nuestra próxima pantalla es “El Libro Telefónico”

The screenshot shows the 'Phone Book' configuration page in the FXSO Configuration Web Server. The page has a blue header and a navigation menu on the left. The main content area contains a table with two records and a 'New Record' form below it.

Index	Name	E164	IP Address	Drop	Insert
1	vparque1	2001	192.168.9.101	Disable	
2	vparque2	2003	192.168.9.101	Disable	

Below the table is a 'New Record' form with the following fields:

- Index:
- Name:
- E164:
- IP Address:
- Drop Prefix:  Disable  Enable
- Insert Prefix:

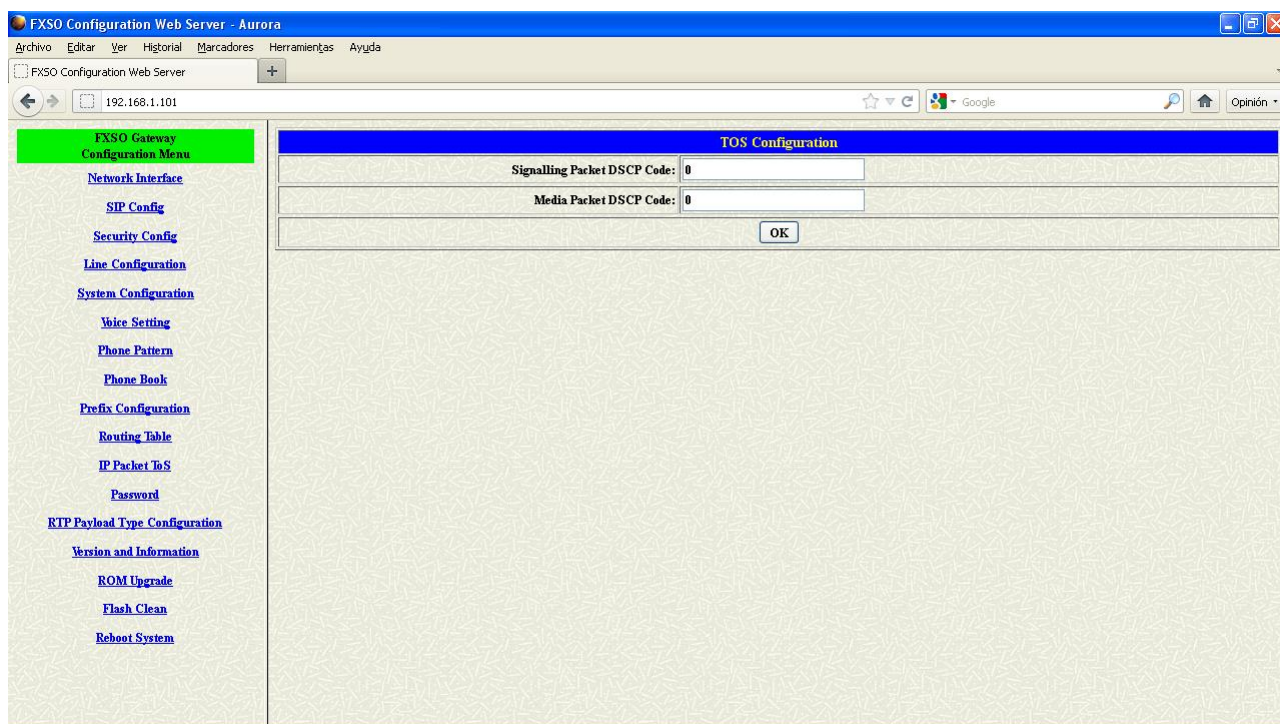
Buttons:

**Ilustración 52 - Configuración del libro de teléfonos del GW Ip <sup>52</sup>-**

En este punto le asigno un nombre identificativo al interno local, y le indico la IP remota (Gateway remoto) a la que debe llegar para poder encaminar las llamadas.

Por último, la pantalla que debemos configurar es “Tipo de Servicio”

<sup>52</sup> Imagen obtenida de Micronet.



**Ilustración 53 - Configuración del tipo de servicio del GW Ip <sup>53</sup>.**

Estos equipos tienen la funcionalidad de marcar los paquetes de acuerdo a la prioridad que considere. Como la priorización la voy a controlar con el router y no con estos equipos, seteamos en 0 el campo ToS del paquete IP, marcación que le va a indicar al router local una “prioridad normal” a los paquetes.

#### 5.4.2.3.2 Configuración del Gateway de la Finca

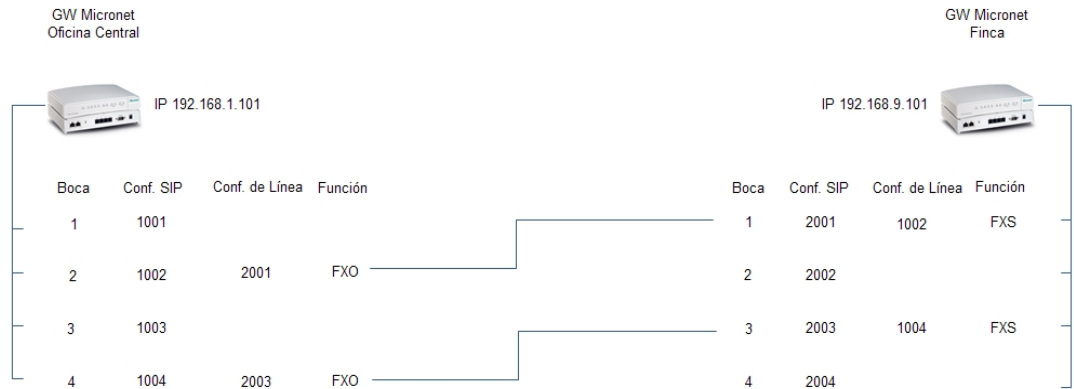
La configuración del Gateway de la finca es similar a la configuración del Gateway de la oficina central, y por tal motivo, no voy a entrar en mayor detalle en cuanto a la configuración y exposición de las pantallas.

Solo pretendo dejar expuesta la configuración SIP y la Configuración de línea, que detallo en la siguiente imagen, ya que considero que es el punto más crítico a tener en cuenta en la configuración, porque es aquí donde debemos tener un especial cuidado en la colocación de estos

---

<sup>53</sup> Imagen obtenida de Micronet.

números porque son los que van a permitir realizar correctamente el encaminamiento de los paquetes, por lo tanto, son los que nos van a permitir realizar las comunicaciones telefónicas.



**Ilustración 54 - Resumen de configuración SIP y de Línea de los GWs Ip <sup>54</sup>.**

<sup>54</sup> Imagen de elaboración propia.

## 5.5 L.A.N.

### 5.5.1 Introducción

Es de suma importancia que el tráfico que circula en nuestra red L.A.N. sea controlado de manera precisa. Si no existe control o si el mismo es muy precario, es probable que el rendimiento de nuestra red sea bajo y que mucho de los recursos con los que se cuentan no sean aprovechados como esperamos.

Es por ello que dentro de la “Solución Integrada de Comunicaciones” que se aplica para esta tesina, se encuentra el análisis e implementación de las medidas más relevantes que se deben tener en cuenta para garantizar un buen funcionamiento de la red y aprovechamiento de los recursos.

### 5.5.2 Control del Ancho de Banda

Dentro de una red Ethernet la cual tiene acceso a internet (como es éste caso), existen una serie de aplicaciones que deben controlarse adecuadamente, ya que de no hacerlo, el uso y sobretodo el abuso de ellas, afectará directamente al rendimiento de la red.

Como primera medida a tener en cuenta, es identificar cual es el tráfico que está circulando por nuestra red. Para ello utilizamos un programas con el que podemos “sniffear” la red, y con ello darnos cuenta que es lo que está transitando. De acuerdo al estudio que realice, se determino que las aplicaciones que circulan en la red de Sanes S.A. son las siguientes: http, e-mail, ftp, msn, p2p, ssh, entre las más relevantes.


Una vez identificado el tráfico circulante, debemos realizar un “plan de priorización” de las mencionadas aplicaciones y así poder determinar cuáles son aquellas que necesitan de una alta prioridad de procesamiento, cuales son útiles para la tarea diaria, cuales son aquellas que pueden tolerar retardos y por último definir que aplicaciones no son realmente importantes y que generan un alto consumo en el ancho de banda.

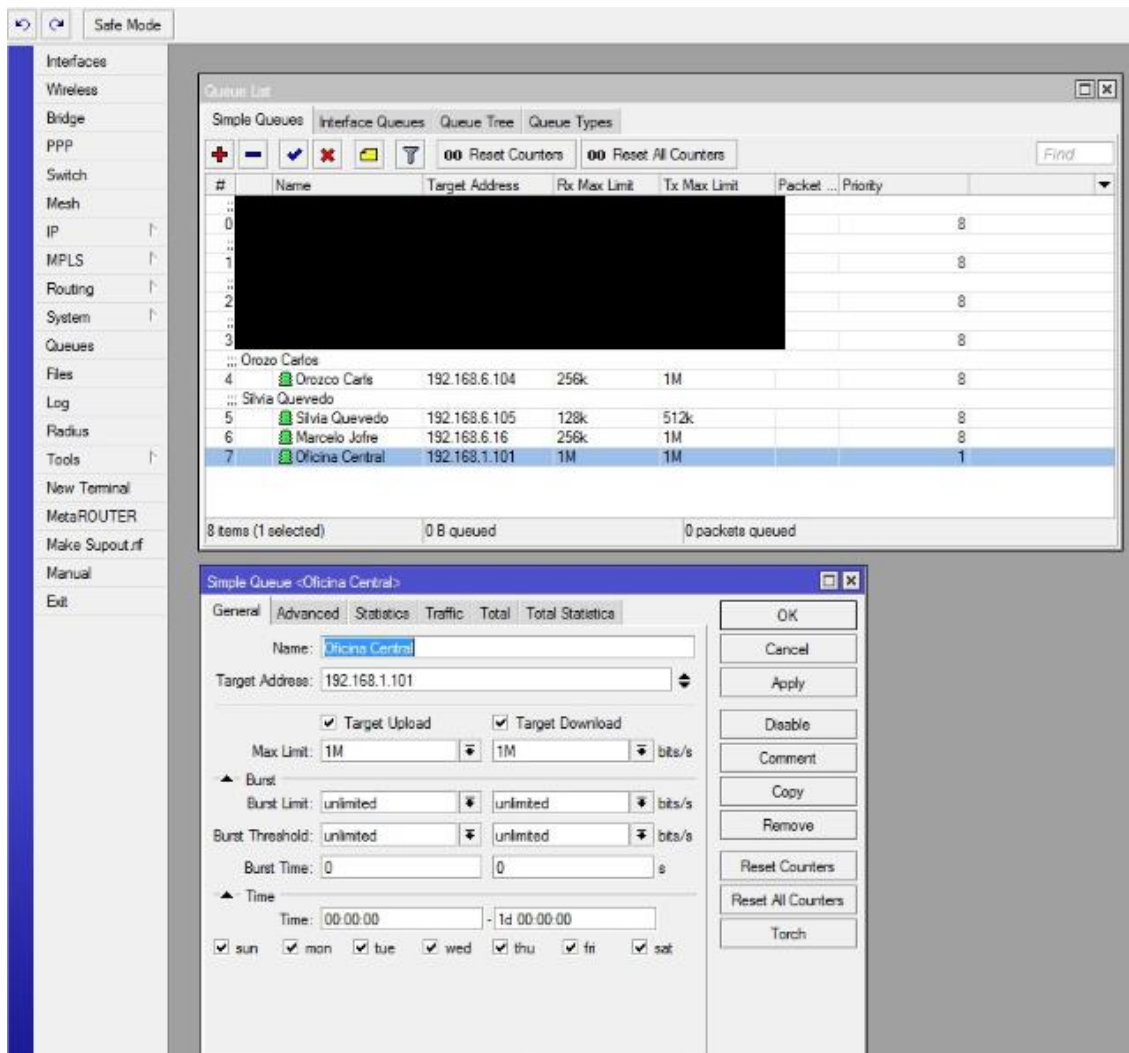
Para este caso, el “plan de priorización” queda conformado de la siguiente manera:

1. VoIP, peticiones HTTP y SSH.
2. Correo, ftp, msn, y descargas de la web.
3. Aplicaciones P2P (kazaa, bittorrent, emule, etc).

Con estos parámetros definidos, comenzo con la configuración de nuestra Lista de Control de Acceso.

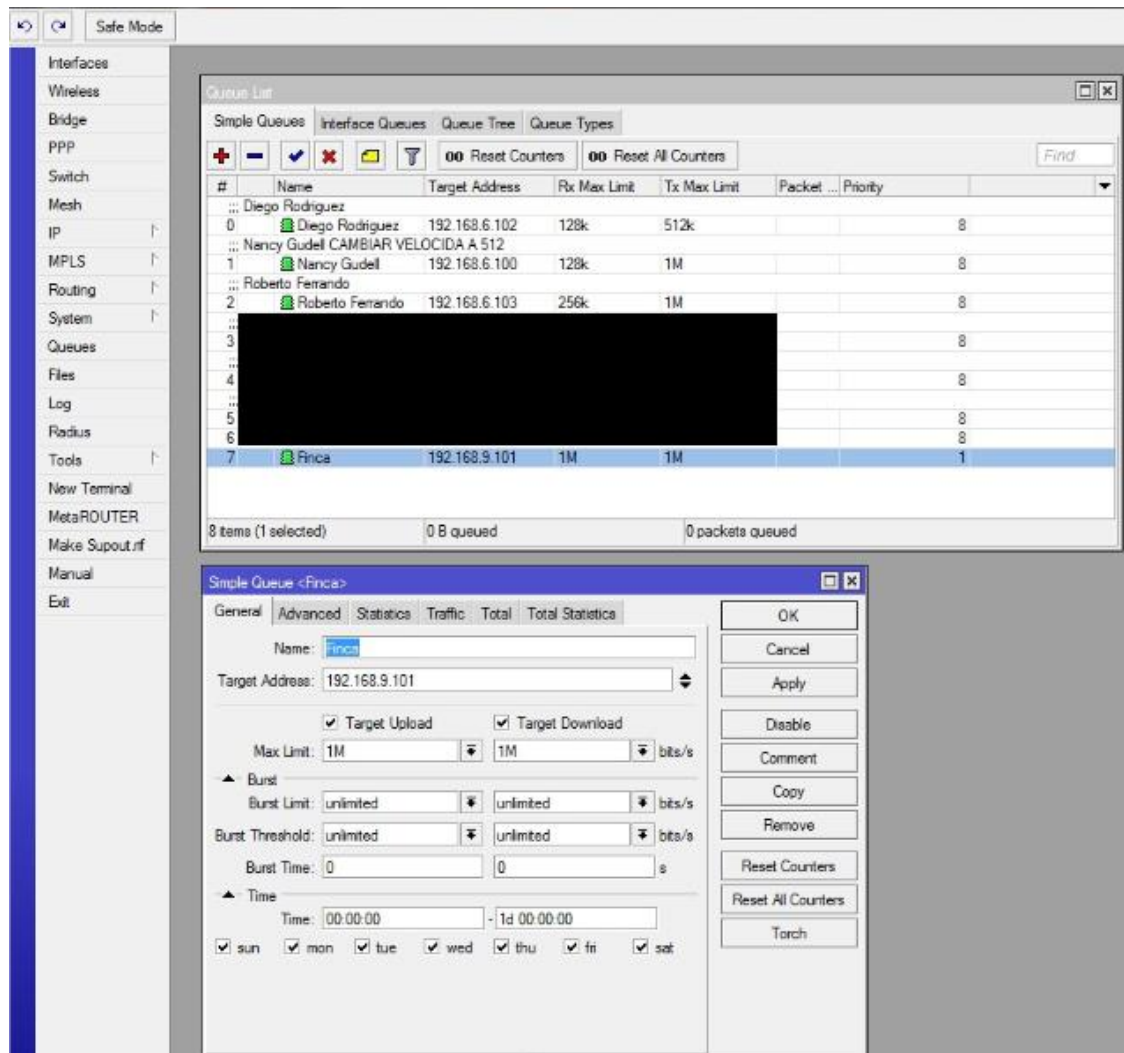
Los routers Mikrotik tienen varias maneras de resolver la administración del “Ancho de Banda”. Según el estudio en el que se trabajo dentro de la “Solución Integrada de Comunicaciones”, llegue a la conclusión que mediante la implementación de una “cola simple” se da solución a la problemática planteada.

De acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior, decido atender como prioridad a la VoIP y para ello se “priorizaron las IPs” de los Gateway de VoIP (tanto de la Oficina Central como así también de la Finca). El procedimiento a seguir una vez logeados dentro del router Mikrotik, es ir al menú “Queues” y en la solapa “Cola Simple” apretar el botón .



**Ilustración 55 - Creación de la Cola de la Oficina Central <sup>55</sup>.**

<sup>55</sup> Imagen obtenida de Mikrotik.



**Ilustración 56 - Creación de la Cola de la Finca <sup>56</sup>.**

Como vemos en los gráficos anteriores, en la solapa “General” defino un nombre identificativo para cada cola (una Oficina Central y otra Finca), coloco la IP que quiero controlar (la de los Gateway de VoIP correspondientes) y le asigno el ancho de banda tanto de subida como de bajada (para estos caso es de 1 Mbps). Después delimito el horario y los días en los que se va a aplicar la cola. De acuerdo al relevamiento realizado en la “Solución Integrada de Comunicaciones”, llegué a la conclusión que este servicio debe funcionar permanentemente, por lo tanto selecciono todos los check box correspondientes a los días de la semana y quito la restricción del horario. En la solapa “Advanced”, le indico la prioridad con la que debe tratar los paquetes que

<sup>56</sup> Imagen obtenida de Mikrotik.

van a llegar al router Mikrotik desde la ip de los Gateway. Lo que logro en este punto es marcar el campo ToS de la cabecera IP de cada paquete con la mayor prioridad (1), por lo tanto cuando el paquete llegue a la “cola simple”, este será procesado de forma inmediata sin importar que existan otros paquetes (de menor prioridad) con anterioridad.

Lo que decido hacer con el resto de los paquetes que circulan en la red, es priorizarlos en función de lo que definí anteriormente en nuestra Lista de Control de Acceso. Por lo tanto, al resto de los paquetes se los van a tratar con una priorización “normal” ya que no requieren de una atención especial (a diferencia de la que requiere la VoIP).

Por último a las aplicaciones P2P les voy a dar una “prioridad baja”, porque considero que generan un consumo innecesario del ancho de banda de la red y no son útiles para el trabajo diario.

Un aspecto verdaderamente importante que quiero remarcar, es que el “cuello de botella” (en cuanto al ancho de banda), lo tenemos en el “radioenlace” (recordemos que a nivel de L.A.N. las redes funcionan a 100 Mbps y en nuestro Radioenlace disminuye a 20 Mbps) y es por esto, que nuestro control y administración debe enfocarse fundamentalmente, en ese segmento.

Si bien los requerimientos de ancho de banda que hoy presenta la empresa no son tantos como para colapsarlo, recordemos que este recurso es escaso y que con el correr del tiempo, las nuevas necesidades podrían requerir de mucho recurso. Por este motivo es que aplico este control logrando así **garantizar una buena administración del recurso.**

## 6 Conclusiones

En cuanto a las conclusiones que puedo sacar con respecto a la “Solución Integrada de Comunicaciones” calculada para la empresa Sanes S.A., son las siguientes:

- A lo largo de toda la tesina, se ha logrado cumplir ampliamente con el objetivo general de diseñar una solución integrada de comunicaciones para la empresa Sanes S.A., integrando diferentes tecnologías y cubriendo todas las necesidades planteadas.
- El cálculo teórico del radioenlace me permite asegurar que es técnicamente posible realizarlo y que con la elección de los equipos indicados y la configuración de los mismos de la manera expuesta, se da solución a las necesidades del vínculo entre la oficina central y la finca.
- A la hora de seleccionar la alternativa para establecer el vínculo entre la oficina central y la finca, “el costo” de los equipos propuestos no fue el factor determinante, sino que lo fue el “nivel de recepción” calculado.
- El radioenlace fue calculado de manera tal que las necesidades actuales de la empresa puedan ser cubiertas y además, se deja un margen bastante considerable para aplicaciones futuras, sin tener que recurrir a nuevas inversiones, cálculos o modificaciones del diseño planteado.
- Se determinó que con el uso de los equipos Micronet y los códecs de compresión de voz propuestos, se genera un consumo de ancho de banda mínimo y una buena calidad en la voz, para satisfacer la necesidad de telefonía en la finca.
- De acuerdo al estudio y análisis de las aplicaciones utilizadas en la empresa, se pudo llevar a cabo un adecuado “plan de priorización” que permite identificar sobre que aplicaciones se debe trabajar para realizar un adecuado control del ancho de banda de la red.

## 7 Bibliografía

### 7.1 Libros

- LECHTALER, Antonio Ricardo Castro. Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información 2da Edición Volumen 1 y 2. Barcelona, España. Reverté S.A. 2001.
- TANENBAUM, Andrew. Redes de Computadoras. México. Prentice Hall. 2003.
- FARREL, Jay. Global Positioning System & Inertial Navigation. USA. McGraw Hill. 1999.
- TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas 4ta Edición. Mexico. Prentice Hall. 2001.

### 7.2 Sitios de Internet

<http://www.mikrotik.com>: Routers y wireless.

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>: Radiomobile.

<http://www.boboto.com.cn/english/index.asp>: Antenas Boboto.

[http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm\\_campaign=es&utm\\_medium=ha&utm\\_source=es-ha-sk-eargen&utm\\_term=google%20earth](http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth): Mapas cartográficos de Google Earth.

## 8 Anexos

### 8.1 Especificaciones de la antena parabólica grillada Boboto 5.8 Ghz



BOBOTO

Home Products About Us BOBOTO News Trade Shows BOBOTO View Network Client Service Antenna Knowledge

Home 中文版 Contact

→ New product

→ Product show

**Product Showroom**

- ▣ MIMO Antennas
- ▣ 4.9/5.1/5.5/5.8GHz Antennas
- ▣ 3.5GHz WIMAX Antennas
- ▣ 2.4GHz WiFi Antennas
- ▣ 800-2500MHz Ceiling mount, Wall mount and LPDA Antennas
- ▣ 1800/1900MHz Antennas
- ▣ 1200/1500MHz Antennas
- ▣ 800/900MHz\GSM/CDMA Antennas
- ▣ 600/700MHz Antennas
- ▣ DVB-T/DNB-T Mobile TV Antennas
- ▣ 450MHz Antennas
- ▣ 350MHz Antennas
- ▣ 150/230MHz Antennas
- ▣ GPS Antennas
- ▣ WCDMA/TD-SCDMA/ CDMA2000 Antennas
- ▣ Wireless Public Telephone Antennas

4.9/5.1/5.5/5.8GHz Antennas->5.8GHz Parabolic Antennas



5.8G Parabolic Antenna

【Model Number】	PDJ-PST5800-29-06
【Frequency range(MHz)】	5725~5850
【Bandwidth(MHz)】	125
【Gain(dBi)】	29
【VSWR(50 Ohm)】	≤1.5
【Polarization】	Vertical
【AZ/EL BW(°)】	8/6
【Input impedance(Ω)】	50
【F/B Ratio(dB)】	≥33
【Max Power(W)】	100
【Size(mm)】	600*900
【Connector】	N-K
【Weight(kg)】	1.4
【Lightning protection】	Direct Ground
【Max Wind Speed】	60M/S

## 8.2 Especificaciones del Router Board 411A de Mikrotik

# RouterBOARD 411/A



The heart of RB411 is the new Atheros CPU which makes this tiny device a quick one. Tests show that it is up to three times more powerful than our previous model.

Comparing to RB411, the RB411A adds more memory and a Level4 license.


RB411/A includes RouterOS - the operating system, which will turn this powerful system into a highly sophisticated router/firewall or bandwidth manager.

One small device - with all the power of RouterOS. At a very special price.

CPU	Atheros AR7130 300MHz network processor
Memory	32/64MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	One 10/100 Mbit/s Fast Ethernet port with Auto-MDI/X
miniPCI	One MiniPCI Type IIIA/IIIB slot
Extras	Reset switch, Beeper
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
LEDs	Power, NAND activity, 5 user LEDs
Power options	Power over Ethernet: 10..28V DC (except power over datalines). Power Jack: 10..28V DC
Dimensions	10.5 cm x 10.5 cm (4.13 In x 4.13 In) Weight: 82 g (2.9 oz)
Power consumption	~3W without extension cards, maximum - 12 W
Operating System	MikroTik RouterOS v3, Level3 license (RB411A: Level4)

8.3 Especificaciones del Router Board R52Hn de Mikrotik (radio)

# RouterBOARD R52Hn



### 802.11a/b/g/n dual band miniPCI card

- Dual band IEEE 802.11a/b/g/n standard
- Output Power of up to 25dBm @ a/g/n Band
- Support for up to 2x2 MIMO with spatial multiplexing
- Four times the throughput of 802.11a/g
- Atheros AR9220, chipset
- High Performance (up to 300Mbps physical data rates and 200Mbps of actual user throughput) with Low Power Consumption
- 2 X MMCX Antenna Connector (J4 - Chain 0)
- Modulations:
  - OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM
  - DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK
- Operating temperatures: -50°C to +60°C
- Idle power consumption 0.4W
- Max power consumption 7W
- MiniPCI IIIA+ design (3mm longer than MiniPCI IIIA)
- 1.5mm heatsink, 3mm RF shield thickness
- ±10KV ESD protection on RF ports

RouterBOARD R52Hn miniPCI network adapter provides leading 802.11a/b/g/n performance in both 2GHz and 5GHz bands, supporting up to 300Mbps physical data rates and up to 200Mbps of actual user throughput on both the uplink and downlink. 802.11n in your Wireless device provides higher efficiency for everyday activities such as local network file transfers, Internet browsing, and media streaming. R52Hn has a high power transmitter, bringing you even more range.

802.11b	RX Sensitivity	TX Power
1Mbit	-93	24
11Mbit	-93	24
<b>802.11g</b>		
6Mbit	-94	25
54Mbit	-81	22
<b>802.11n 2.4GHz</b>		
MCS0 20MHz	-94	25
MCS0 40MHz	-92	24
MCS7 20MHz	-78	21
MCS7 40MHz	-75	20

802.11a	RX Sensitivity	TX Power
6Mbit	-97	25
54Mbit	-80	21
<b>802.11n 5GHz</b>		
MCS0 20MHz	-97	24
MCS0 40MHz	-92	22
MCS7 20MHz	-77	18
MCS7 40MHz	-74	17

#### Data Rates

802.11b	
	11Mbps; 5.5Mbps; 2Mbps; 1Mbps
802.11a/g	
	54Mbps; 48Mbps; 36Mbps; 24Mbps; 18Mbps; 12Mbps; 9Mbps; 6Mbps
802.11n	
20MHz	1Nss: 65Mbps @ 800Gi, 72.2Mbps @ 400Gi (Max.) 2Nss: 130Mbps @ 800Gi, 144.4Mbps @ 400Gi (Max.)
40MHz	1Nss: 135Mbps @ 800Gi, 150Mbps @ 400Gi (Max.) 2Nss: 270Mbps @ 800Gi, 300Mbps @ 400Gi (Max.)

routerboard.com