

**ENLACES INLAMBRICOS SPREAD SPECTRUM  
COMO SOLUCION DE ULTIMO KILOMETRO**

**ALEJANDRO JAVIER FOX SALGADO  
RUBEN AUGUSTO LLAMAS MORALES**

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA Y  
MECATRONICA  
CARTAGENA DE INDIAS  
2003**

**ENLACES INLAMBRICOS SPREAD SPECTRUM COMO SOLUCION DE  
ULTIMO KILOMETRO**

**FOX S, ALEJANDRO  
LLAMAS M, RUBEN**

**Monografía presentada para optar al título de Ingeniero Electricista e  
Ingeniero Electrónico**

**Director  
Giovanny Vásquez Mendoza  
Ingeniero de Sistemas**

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA, ELECTRÓNICA Y  
MECATRONICA**

**CARTAGENA  
2003**

**Nota de aceptación**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
  
-----

-----  
**Firma de presidente del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

Cartagena , Mayo 23 de 2003

## **RESUMEN**

Esta Monografía trata el tema general de los medios de transmisión de datos. Comienza haciendo una introducción general a los medios y tecnologías de transmisión de datos para luego enfocarse en el tema específico, que corresponde a las redes inalámbricas ***Spread Spectrum***. La redes inalámbricas se describen profundamente, partiendo del funcionamiento de su tecnología de transmisión y continuando con sus características, elementos físicos, especificaciones de montaje, cálculos requeridos, normatividad y ventajas y desventajas. Más adelante, se analizan de las características de los equipos fabricados por WAVE WIRELESS, utilizados para construir redes MAN inalámbricas con la tecnología estudiada previamente.

Una vez familiarizado el lector con la tecnología, se describe el caso específico de una ISP de Cartagena que escogió este tipo de tecnología para penetrar al mercado local de la banda ancha, utilizándola como solución de último kilómetro.

Para materializar lo abstracto, se documenta un radio enlace realizado por esta empresa , específicamente entre Mamonal y el Centro de la ciudad de Cartagena, describiendo desde los preliminares del montaje hasta la verificación del funcionamiento del mismo. En este montaje se pone en practica todo lo mencionado en el capítulo teórico y además se hace un recorrido gráfico y minucioso por todos los pasos requeridos para la configuración y monitores de los equipos de radio.

Por último se realizan las conclusiones correspondientes al estudio de esta tecnología de transmisión de datos.

El trabajo es complementado con una valiosa información presentada en los anexos en la forma de: actualizadas y completas fichas técnicas de todos los elementos que conforman un enlace de radio.

## CONTENIDO

ENLACES INLAMBRICOS SPREAD SPECTRUM COMO SOLUCION DE ULTIMO KILOMETRO.....	2
1 Medios y tecnologias de transmision de datos.....	16
1.1 Medios de transmisión .....	16
1.1.1 Cable coaxial: .....	16
1.1.2 Cables de pares trenzados.....	18
1.1.3 Fibra óptica .....	19
1.1.4 Microondas .....	22
1.1.5 Satélite.....	23
1.2 TECNOLOGIAS DE TRANSMISION de datos.....	24
2 REDES METROPOLITANAS INALAMBRICAS SPREAD SPECTRUM .....	27
2.1 TECNOLOGÍA SPREAD SPECTRUM.....	27
2.1.1 Como Funciona El <i>Spread Spectrum</i> : .....	30
2.1.2 Sistemas de Secuencia Directa (DSSS):.....	33
2.1.3 Sistemas <i>Frequency Hopping</i> (saltos de frecuencia):.....	35

2.1.4	Otras características de <i>Spread Spectrum</i> .....	37
2.2	FRECUENCIA.....	39
2.3	ELEMENTOS FÍSICOS DE UN RADIO ENLACE.....	40
2.4	FACTORES CONDICIONANTES .....	41
2.4.1	Potencia de transmisión de los radios: .....	42
2.4.2	Calidad de los conectores:.....	42
2.4.3	Longitud y calidad del <i>pigtail</i> :.....	43
2.4.4	Longitud y calidad del cable coaxial: .....	43
2.4.5	Ganancias y tipos de antenas.....	45
2.4.6	Distancia entre antenas: .....	46
2.4.7	Condiciones del terreno y meteorológicas: .....	47
2.4.8	LINEA DE VISTA: .....	47
2.4.9	Zona de Fresnel:.....	49
2.5	CALCULOS:.....	51
2.6	VENTAJAS DE LOS ENLACES INALAMBRICOS SPREAD SPECTRUM	
	53	
2.7	Normatividad.....	54
2.7.1	IEEE amplía la norma sobre redes inalámbricas de banda ancha para área metropolitana WirelessMAN (TM) a fin de soportar aplicaciones residenciales: .....	54
2.7.2	Información sobre el Grupo de Trabajo de la Norma IEEE 802.16..	57
2.7.3	Información sobre la <i>IEEE Standards Association</i> .....	58

2.7.4	Información sobre IEEE .....	58
3	SOLUCIONES INALAMBRICAS DE ULTIMO KILOMETRO CON EQUIPOS SPEEDLAN .....	60
3.1	BENEFICIOS DE LOS EQUIPOS SPEEDLAN : .....	62
3.2	CARACTERISTICAS .....	62
3.3	CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE .....	63
3.4	ESPECIFICACIONES .....	64
3.5	LA TECNOLOGIA WAVE WIRELESS Y SUS PRODUCTOS SPEEDLAN 65	
3.6	CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS SPEEDLAN .....	66
3.6.1	Ruteo Opcional IP con Filtro Avanzado para Seguridad.....	67
3.6.2	Filtros Firewall para adherir seguridad a la red.....	67
3.6.3	“ <i>Tunneling</i> ” .....	68
3.6.4	Encriptación de Datos.....	68
3.7	INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACION DE PUENTES INALAMBRICOS SPEEDLAN. ....	69
4	ENLACE ATARRAYA LTDA - C.I. OCEANOS SA.....	70
4.1	Solución de último kilómetro con proveedores locales. ....	72
4.2	Solución de último kilómetro con red propia. ....	73
4.2.1	Las ventajas de este tipo de red eran claras: .....	74
4.3	PRELIMINARES .....	76
4.4	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y POSICIONAMIENTO GLOBAL. ....	79

5	DIRECCIONAMIENTO.....	80
5.1	ALTURAS .....	80
5.2	LINEA DE VISTA .....	81
5.3	LINEA DE RADIO .....	82
5.4	CALCULOS.....	82
5.5	EQUIPOS UTILIZADOS .....	90
6	PROCEDIMIENTO PARA LA CONFIGURACIÓN Y MONITOREO DE LOS RADIOS SPEEDLAN SERIE 8000.....	91
6.1	Configuracion de equipos .....	91
6.2	Monitoreo y verificación del enlace .....	102
7	conclusiones .....	107
8	bibliografia.....	109
9	GLOSARIO .....	112

## LISTA DE IMÁGENES

1. Una imagen de un Analizador de Espectro de una señal SS de Secuencia Directa (DS). .....	32
2. Una imagen de Analizador de Espectro de una señal SS de <i>Frequency Hopping</i> (FH) .....	32
3. DIAGRAMA DEL SISTEMA DSSS.....	35
4. DIAGRAMA DEL SISTEMA FHSS.....	38
5. Elementos internos de un Radio Enlace .....	40
6. Elementos Externos de un radio enlace.....	41
7. Diferentes tipos de antenas .....	45
8. Zona de Fresnel.....	49
9. Esquema de perdidas y ganancias de un radio enlace.....	51
10. Radios SPEEDLAN serie 8000 .....	60
11. Logo de ATARRAYA LTDA.....	70
12. Los autores del trabajo en las instalaciones de ATARRAYA LTDA. ....	74
13. Realización del estudio topográfico.....	76

14. Torre de telecomunicaciones ubicada en el Edificio Banco de Bogota.....	77
15. Instalación de la antena en la torre del Edificio Banco de Bogota .....	77
16. Torre de telecomunicación de C. I. OCEANOS .....	78
17. INSTALACION DE ANTENA EN TORRE DE C. I. OCEANOS.....	78
18. Línea de vista Océanos- Atarraya.....	81
19. Ingreso de datos en <i>Link Analyzer</i> .....	88
20. Los resultados del LINK ANALIZER confirman la viabilidad del enlace.....	89

## LISTA DE TABLAS

1. Comparación de tecnología de transmisión de datos .....	26
2. PERDIDA DE CABLE COAXIAL .....	44
3. Cantidades para el calculo de la Zona de Fresnel .....	50
4. Características de los radios SPEEDLAN .....	63
5. Especificaciones de los SPEEDLAN .....	65

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: RADIOS SPEEDLAN SERIE 8000.....	100
ANEXO B: CABLE COAXIAL LMR400 .....	103
ANEXO C: ANTENAS .....	106
ANEXO D: TABLA COMPARATIVA DE PRECIOS PARA ENLACES DE DATOS PUNTO A PUNTO .....	119

## INTRODUCCION

En el mundo de hoy , donde las comunicaciones cumplen una función cada vez más importante en nuestras vidas, y donde las Instituciones e individuos sienten que la necesidad de “estar conectados” se hace mas grande con cada nuevo día, es importante considerar todas las alternativas en tecnologías y medios de transmisión disponibles ante nosotros.

Este trabajo pretende dar a conocer un poco más a fondo la tecnología de enlaces inalámbricos ***Spread Spectrum*** como solución para enlaces de datos, y específicamente como solución de último kilómetro para las ISP (***Internet Service Providers***).

Tradicionalmente las ISP utilizaron medios guiados como el par de cobre, el cable coaxial y la fibra óptica para llegar hasta los domicilios de los usuarios. Las redes WMAN ( Redes Inalámbricas de Área Metropolitana), usando el aire como medio

de transmisión, ofrecen una alternativa económica, práctica y eficiente para cumplir la misma función.

Este trabajo describirá los pormenores técnicos correspondientes a la construcción de radio enlaces, desde los preliminares hasta las pruebas de funcionamiento. Lo anterior con el fin de familiarizar al lector con esta tecnología y brindarle herramientas para la correcta escogencia entre las tecnologías y medios de transmisión disponibles en el mercado de hoy.

# 1 MEDIOS Y TECNOLOGIAS DE TRANSMISION DE DATOS

Los medios de transmisión de datos , como su nombre lo indica, son los elementos a través de los cuales se realiza la transmisión de datos. Existen dos grupos principales:

- Medios Guiados: Son los que utilizan un medio físico para realizar la transmisión.
  
- Medios no guiados: Son los que utilizan el aire para realizar la transmisión.

A continuación se describirán brevemente los medios transmisión de datos más comunes.

## 1.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

### 1.1.1 Cable coaxial:

Consiste en un cable conductor interno ( cilíndrico ) separado de otro cable conductor externo por anillos aislantes o por un aislante macizo. Todo esto se recubre por otra capa aislante que es la funda del cable.

Este cable, aunque sea mas costoso que el par trenzado, se puede utilizar a más larga distancia, con velocidades de transmisión superiores, menos interferencias y permite conectar más estaciones.

Se suele utilizar para televisión, telefonía a larga distancia, redes de área local, conexión de periféricos a corta distancia, etc. Se utiliza para transmitir señales analógicas o digitales. Sus inconvenientes principales son: atenuación, ruido térmico, ruido de ínter modulación.

Para señales analógicas, se necesita un amplificador cada pocos kilómetros y para señales digitales un repetidor cada kilómetro. Este cable lo compone la malla y el vivo. Este tipo de cable ofrece una impedancia de  $50\Omega$  por metro. El tipo de conector que utiliza es el RG58.

#### **1.1.1.1 Existen básicamente dos tipos de cable coaxial.**

- *Banda Base*: Es el normalmente empleado en redes de computadoras , con resistencia de  $50\ \Omega$  (Ohm) , por el que fluyen señales digitales .

- *Banda Ancha:* Normalmente mueve señales analógicas, posibilitando la transmisión de gran cantidad de información por varias frecuencias, y su uso mas común es la televisión por cable. Esto ha permitido que muchos usuarios de Internet tengan un nuevo tipo de acceso a la red, para lo cual existen en el mercado una gran cantidad de dispositivos, incluyendo los módems para CATV.

### **1.1.2 Cables de pares trenzados**

Es el medio guiado más barato y más usado. Consiste en un par de cables, embutidos para su aislamiento, para cada enlace de comunicación. Debido a que pueden haber acoples entre pares, estos se trenzan con pasos diferentes. La utilización del trenzado tiende a disminuir la interferencia electromagnética.

Este tipo de medio es el más utilizado debido a su bajo costo, se utiliza mucho en telefonía, pero su inconveniente principal es su poca velocidad de transmisión y su corta distancia de alcance. Con estos cables se pueden transmitir señales analógicas o digitales.

Es un medio muy susceptible al ruido y a interferencias. Para evitar estos problemas se suele trenzar el cable con distintos pasos de torsión y se suele recubrir con una malla para evitar las interferencias externas.

Los pares sin apantallar son los más económicos y los menos resistentes a interferencias, aunque se usan con éxito en telefonía y en redes de área local. A velocidades de transmisión bajas, los pares apantallados son menos susceptibles a interferencias, aunque son más caros y más difíciles de instalar.

Descripción breve de los tipos:

- UTP: Normal con los 8 cables trenzados.
- STP: Cada par lleva una malla y luego todos con otra malla.
- FTP: Malla externa, de aluminio.

### **1.1.3 Fibra óptica**

Es el medio de transmisión de datos inmune a las interferencias por excelencia porque no trabajan con impulsos eléctricos, por ende inmune a los ruidos del entorno que alteran la información. Al conducir luz por su interior, la fibra óptica no es propensa a ningún tipo de interferencia electromagnética o electrostática.

Se trata de un medio muy flexible y muy fino que conduce energía de naturaleza óptica. Su forma es cilíndrica con tres secciones radiales: núcleo, revestimiento y cubierta.

El núcleo está formado por una o varias fibras muy finas de cristal o plástico. Cada fibra está rodeada por su propio revestimiento que es un cristal o plástico con diferentes propiedades ópticas distintas a las del núcleo. Alrededor de este conglomerado está la cubierta ,constituida de material plástico o similar, que se encarga de aislar el contenido de aplastamientos, abrasiones, humedad, etc.Es un medio muy apropiado para largas distancias e incluso últimamente para redes LAN. Sus beneficios comparado con los cables coaxiales y pares trenzados son :

- Permite mayor ancho de banda.
- Menor tamaño y peso.
- Menor atenuación.
- Aislamiento electromagnético.
- Mayor separación entre repetidores.

Generalmente esta luz es de tipo infrarrojo y no es visible al ojo humano. La modulación de esta luz permite transmitir información tal como lo hacen los medios eléctricos Su rango de frecuencias es todo el espectro visible y parte del infrarrojo.

Utilizan, para la transmisión, a los rayos de luz que inciden con una gama de ángulos diferentes en el núcleo del cable.

Las fibras ópticas se clasifican de acuerdo al modo de propagación que dentro de ellas describen los rayos de luz emitidos .En esta clasificación existen tres tipos .

#### **1.1.3.1 Monomodo:**

En este tipo de fibra, los rayos de luz transmitidos viajan linealmente. Si se reduce el radio del núcleo, el rango de ángulos disminuye hasta que sólo sea posible la transmisión de un rayo, el rayo axial. Este tipo de fibra puede ser considerada como el modelo mas sencillo de fabricar y se utiliza para recorrer grandes distancias.

#### **1.1.3.2 Multimodo:**

Los rayos de luz en su interior viajan rebotando , a diversos ángulos, a lo largo del cable hasta llegar a su destino .

Los inconvenientes del tipo multimodal es que debido a que dependiendo del ángulo de incidencia de los rayos, estos tomarán caminos diferentes y tardarán más o menos tiempo en llegar al destino, con lo que se puede producir una

distorsión (rayos que salen antes pueden llegar después), lo cual limita la velocidad de transmisión.

Hay un tercer modo de transmisión que es un paso intermedio entre los anteriormente comentados y que consiste en cambiar el índice de refracción del núcleo. A este modo se le llama multimodo de índice gradual.

Los emisores de luz utilizados son: **LEDs**, de bajo costo, con utilización en un amplio rango de temperaturas y con larga vida media, e **ILD** ( más costoso, pero más eficaz y permite una mayor velocidad de transmisión ).

#### **1.1.4 Microondas**

En este sistema se utiliza el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite de forma digital a través de las ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales o múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecerse enlaces punto a punto.

##### **1.1.4.1 Estructura:**

Las estaciones consiste en una antena y un equipo de radio con dos interfases.

La transmisión es en línea recta (línea de vista) y por lo tanto se ve afectada por accidentes geográficos , edificios, bosques, etc. El alcance promedio es de 40 Km. Una de las principales ventajas importantes es la capacidad de poder transportar miles de canales de voz a grandes distancias utilizando repetidoras, a la vez que permite la transmisión de datos en su forma natural.

Las formas mas comunes de utilización en redes de transmisión de datos son tres:

- *Redes entre ciudades* : Utilizadas por la red telefónica publica en muchos países latinoamericanos. Esta basada en microondas con antenas repetidoras terrestres .
- *Redes metropolitanas privadas* y para aplicaciones específicas.
- Redes de largo alcance con satélites.

En caso de utilización de satélites, las antenas emisoras, repetidoras o receptoras pueden ser fijas (terrestres) o móviles (barcos, etc )

### **1.1.5 Satélite**

Es un dispositivo que actúa como reflector de las emisiones terrestres. Es decir, que es la extensión al espacio del concepto de la torre de microondas. Los satélites reflejan un haz de microondas que transportan información codificada. El

sistema de reflexión se compone de un receptor y un emisor que operan a diferentes frecuencias, por ejemplo, se recibe a 6 Ghz y se envía (refleja) a 4 Ghz.

Los satélites giran alrededor de la tierra en forma sincronizada con ésta y a una altura de 35,680 Kms, en un arco directamente ubicado sobre el ecuador. Esta es la distancia requerida para que el satélite gire alrededor de la tierra en 24 horas.

El espaciamiento o separación entre dos satélites de comunicaciones es de 2,880kms. Equivalente a un ángulo de 4°, visto desde la tierra . La consecuencia inmediata es que el número posible de satélites en órbita es reducido.

## 1.2 TECNOLOGIAS DE TRANSMISION DE DATOS

La siguiente tabla describe brevemente las tecnologías de transmisión de datos mas comunes.

Tecnología de Carrier	Descripción	Velocidad	Medio Físico	Comentarios
Acceso Telefónico	Acceso en demanda utilizando módem y una línea telefónica normal	2400 bps a 56 Kbps	Par telefónico normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Disponible a gran escala</li> <li>➤ Servicio económico pero lento comparado con otras tecnologías</li> <li>➤ La velocidad se degrada por el ruido en las líneas telefónicas</li> </ul>

<b>ISDN</b>	Requiere una línea telefónica dedicada y un router	64 Kbps a 128 Kbps	Par telefónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No está tan disponible como el servicio telefónico normal. (En Cartagena no está disponible)</li> <li>➤ El servicio cuesta un poco mas que el servicio telefónico normal</li> </ul>
<b>Cable</b>	Requiere una línea de cable coaxial y un MODEM especial para cable	64 Kbps a 10 Mbps	Cable Coaxial. A veces se utiliza cable telefónico para las solicitudes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Debe existir la red de cable coaxial</li> <li>➤ Alta velocidad a precios razonables</li> <li>➤ Ancho de banda compartido</li> </ul>
<b>ADSL</b> Asymmetric Digital Subscriber Line	Esta tecnología utiliza la porción digital no utilizada de una línea telefónica de cobre normal para transmitir y recibir información. El ADSL es asimétrico porque recibe de 6 a 8 Mbps pero solo puede transmitir datos a 64 Kbps.  Requiere un modem especial.	64 Kbps a 8 Mbps	Par telefónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No interfiere con el uso normal de la línea telefónica</li> <li>➤ El ancho de banda es dedicado, no compartido como el del cable</li> <li>➤ El ancho de banda se afecta con la distancia a los nodos. Distancia limitada hasta el switch de la compañía telefónica.</li> <li>➤ El servicio es costoso en Cartagena</li> </ul>
<b>Wireless</b>	Utiliza un equipo <i>wireless</i> remoto ( Transmisor/receptor) para conectarse a una base.	11 Mbps o mas	Aire  Requiere una antena	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Facil instalación</li> <li>➤ Maneja altas velocidades a bajos costos</li> <li>➤ Puede ser utilizado para enlaces de datos, TV y servicio telefónico entre otros.</li> </ul>

				TV y servicio telefónico entre otros.
<b>Satélite</b>	El computador envía solicitudes de información a una ISP vía acceso telefónico normal y los datos retornan vía satélite a un plato ( de techo), el cual se conecta al computador con un decodificador.	40 Mbps	Aire  Requiere una antena	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No comparte el ancho de banda</li> <li>➤ Se pueden integrar varios servicios como TV e Internet utilizando el mismo equipo.</li> <li>➤ El servicio es unidireccional con un enlace de subida lento.</li> <li>➤ Requiere una cuenta de Internet</li> <li>➤ Ocupa la línea telefónica mientras está en uso.</li> </ul>
<b>Frame Relay</b>	Requiere un FRAD ( Dispositivo de Acceso <b>Frame Relay</b> )	56 Kbps a 1.544 Mbps	Varios	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Muy utilizado con Fibra óptica</li> <li>➤ La disponibilidad puede estar limitada en algunas áreas</li> <li>➤ Permite el re uso de canales</li> <li>➤ Derivado del ATM</li> </ul>

### 1. Comparación de tecnología de transmisión de datos

## 2 REDES METROPOLITANAS INALAMBRICAS SPREAD SPECTRUM

Dentro del enorme panorama de las comunicaciones, resaltan las Redes Metropolitanas Inalámbricas ***Spread Spectrum*** como una tecnología madura y robusta que representa una alternativa a los medios guiados convencionales.

Con esta tecnología se pueden realizar radio enlaces hasta de 40 kms de longitud (sin repetidoras).

### 2.1 TECNOLOGÍA SPREAD SPECTRUM

La tecnología Spread Spectrum (SS) fue desarrollada en los años 40 a vísperas de la Segunda Guerra Mundial, para proteger comunicaciones y hacerlas privadas y eficientes.

El espectro disperso es una tecnología inalámbrica que trabaja en la frecuencia de 902- 928MHz, 2450 – 2483.5MHz y 5725 – 5850MHz y transmite información en bandas que no requieren autorización para su uso, las llamadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ISM). Las principales características de esta

tecnología son: Conectan múltiples sitios hasta distancias de 40km y con una velocidad de hasta 11Mbps, además que trabaja con todos los sistemas operativos de redes tradicionales, es compatible con redes **Ethernet** y con los estándares de la industria, cumple con el estándar IEEE 802.3 y 802.11 y es de fácil uso e instalación entre otras.

El **Spread Spectrum** cubre las comunicaciones digitales seguras, y está siendo explotado actualmente para fines comerciales e industriales. En los próximos años todo el mundo estará involucrado, de algún modo u otro, con las comunicaciones **Spread Spectrum**. Las aplicaciones comerciales para el SS son muchas: redes PAN, LAN, MAN y WAN **Wireless**, **Modems** para **Scanners/PDAs/Radios**, despacho digital, comunicaciones de teléfonos celulares digitales, y muchas otras.

El **Spectrum de la IEEE** de agosto, 1990, contenía un artículo titulado: "**El Spread Spectrum se vuelve Comercial**", por Donald L. Schilling del **City College de Nueva York**, Ray Mond L. Pickhultz de la Universidad de George Washington, y Laurence B. Milstein de UC San Diego. Este artículo resumió la llegada de SS comercial:

"Las comunicaciones de radio Spread Spectrum, tecnología favorita, desde hace tiempos, por las fuerzas militares porque resiste interferencias y es difícil de interceptar por los enemigos, está al borde de un desarrollo comercial

potencialmente explosivo. La razón : las señales Spread Spectrum, las cuales se distribuyen sobre un amplio rango de frecuencias y luego se recolectan en su frecuencia original en el receptor, son tan poco sospechosas como si fueran transparentes. Así como es tan improbable que sean interceptadas por el enemigo, es tan improbable que interfieran con otras señales de uso empresarial y comercial. Incluso las transmitidas en las mismas frecuencias. Tal ventaja le da a un espectro de frecuencias congestionado, un rango de uso expandido.

Un caso puntual es un proyecto de demostración de dos años que la Comisión de Comunicaciones Federal (FCC) autorizó en mayo (1990) para Houston, Texas y Orlando, Florida. En ambos casos, una nueva red de comunicaciones personales (PCN) de **Spread Spectrum** va a compartir la banda de 1.85 - 1.9 Gigahertz con la logística de las empresas locales de gas y electricidad. La empresa licenciada por la FCC, Millicom Inc; una empresa de teléfonos celulares de Nueva York , espera enlistar a más de 45.000 usuarios.

La demostración pretende mostrar que los usuarios de **Spread Spectrum** pueden compartir una banda de frecuencias con usuarios convencionales de microondas, sin que un grupo interfiera con otro. Por lo tanto incrementando la eficiencia de la banda utilizada...”

### 2.1.1 Como Funciona El *Spread Spectrum*:

El *Spread Spectrum* utiliza señales de banda ancha parecidas al ruido. Debido a que las señales SS son parecidas al ruido, son difíciles de detectar. Las señales SS también son difíciles de interceptar o demodular.

Aun más, las señales SS son mas difíciles de interferir que las señales de banda angosta. Estas características de baja posibilidad de interceptación (LPI) y de anti-interferencias (AJ) son por las cuales las fuerzas militares han utilizado el SS por tanto años. Las señales SS se hacen intencionalmente mucho mas anchas que la información que transportan para hacerlas mas parecidas al ruido.

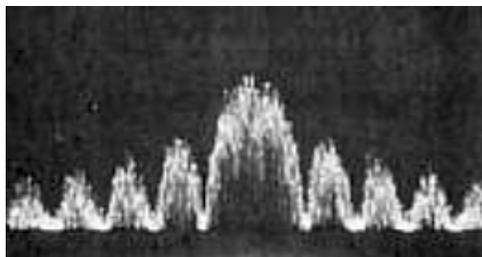
Las señales SS utiliza códigos rápidos que corren muchas veces el ancho de banda de la información o rata de datos. Estos códigos especiales (**Spreading**), se llaman códigos de "Seudo Aleatorios" o "Seudo Ruido" . Se llama seudo por que no son ruido real gaussiano.

Los transmisores SS utilizan niveles de potencia de transmisión similares a los transistores de banda angostas. Debido a que las señales SS son tan anchastan a que las señales ss son masas anchas tas .uchas veces el ancho de banda de la informacion grupo interfiera con otro por lo , transmiten a una densidad de potencia espectral mucho menor, medidas en Watts por Hertz, que los

transmisores de banda angostas. Esta característica de menor densidad de potencia transmitida, es un punto a favor de las señales SS. Las señales SS y las señales de banda angosta pueden ocupar la misma banda, con poca o ninguna interferencia. Esta cualidad es la principal razón para el interés en el SS hoy en día.

El ***Spread Spectrum*** es un grupo de técnicas de modulación que se caracteriza por su amplio espectro de frecuencias. Las señales de salida moduladas ocupan un ancho de banda mucho mayor que el ancho de banda de la información banda base de la señal. Para calificar como señal ***Spread Spectrum***, se deben cumplir dos requisitos:

- El ancho de banda de la señal transmitida es mucho mayor que el ancho de banda de la información.
- Alguna función diferente a la información enviada se utiliza para determinar el ancho de banda transmitido resultante.



1. Una imagen de un Analizador de Espectro de una señal SS de Secuencia Directa (DS).

La mayoría de los sistemas SS transmiten un ancho de banda de señal RF 20 a 254 veces mas ancho que la información enviada. Algunos sistemas SS han empleado anchos de banda RF 1000 veces mas ancho de banda de información.

Los sistemas SS comunes son de tipo "**Direct Sequence**" (Secuencia Directa), "**Frequency Hopping**" (Saltos de Frecuencia) o también una combinación de estos 2 tipos (llamada "**Hybrid**").



2. Una imagen de Analizador de Espectro de una señal SS de *Frequency Hopping* (FH)

Existen también sistemas "**Time Hopping**" y "**Chirp**". Los sistemas SS **Time Hopping** no han encontrado aplicaciones comerciales a la fecha. Sin embargo, la llegada de memorias RAM económicas y de los rápidos Chips Microcontroladores hacen que **Time Hopping** se una alternativa viable para los sistemas SS del

futuro. Las señales “**Chirp**” son utilizadas frecuentemente en sistemas de radares y se utilizan raramente en sistemas SS comerciales.

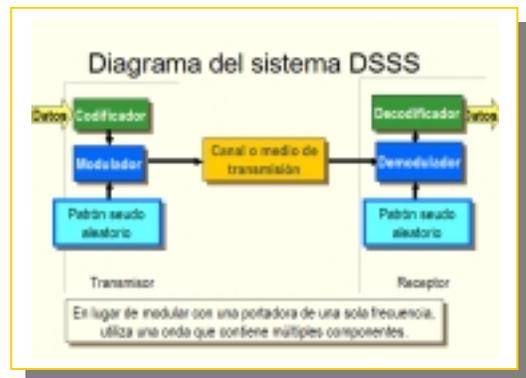
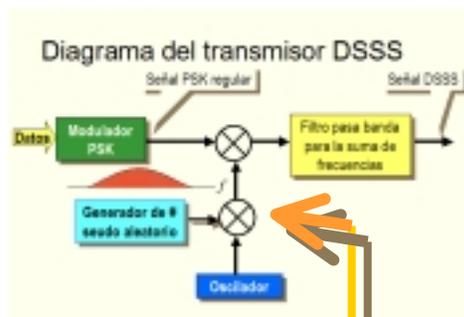
### **2.1.2 Sistemas de Secuencia Directa (DSSS):**

Atribuyen su nombre a que emplean una secuencia de códigos de alta velocidad, junto con la información básica transmitida, para modular su portadora RF. La secuencia de códigos de alta velocidad se utiliza directamente para modular la señal portadora, por ende ajustado del ancho de la banda RF transmitido. Para este propósito han sido utilizadas secuencias de código binario tan cortas como de 11 bits o tan largas como de  $[2^{89} - 1]$ , a tasas de códigos desde un bit por segundo hasta varios cientos de Mega bits por segundo.

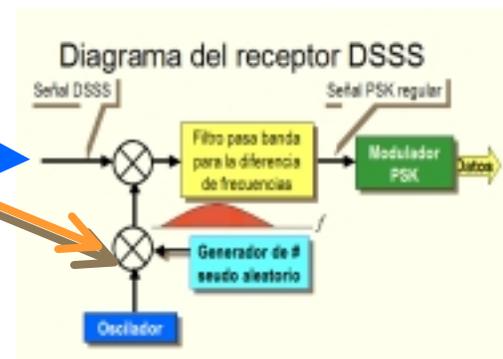
El resultado de modular una portadora RF con dichas secuencias de códigos es producir una señal centrada en la frecuencia de la portadora, SS modulado a secuencia directa con un espectro de frecuencia  $\left[ \frac{(\text{Sen}x)}{x} \right]^2$ . El lóbulo principal de este espectro tiene un ancho de banda del doble de la tasa de reloj del código de modulación, de nulo a nulo. Los lóbulos laterales tienen un ancho de banda, de nulo a nulo, igual a la tasa del reloj del código. El espectro de la secuencia directa varía en su forma espectral dependiendo de la portadora y la modulación de los

datos utilizados. La señal mostrada en la figura 1 corresponde a una señal **Binary Phase Shift Keyed** (BPSK), la cual es el tipo de señal de modulación más utilizada en los sistemas de secuencia directa.

Los datos para la transmisión se adicionan con el código de pseudo ruido más rápido. El compuesto de pseudo ruido y datos se puede pasar a través de un **scrambler** de datos para volver aleatorio el espectro de salida, (y por ende remover las líneas espectrales discretas). Un modulador de secuencia directa es utilizado entonces para modular la frecuencia de la portadora que será transmitida. La modulación AM de portadora suprimida DSB resultante puede verse también como BPSK. Con secuencia directa es posible la modulación de



El patrón de ruido tiene que ser idéntico tanto para el Tx como para el Rx.



### 3. DIAGRAMA DEL SISTEMA DSSS

la portadora diferente a BPSK , sin embargo, BPSK es la más sencilla y la más utilizada técnica de modulación SS.

Un receptor SS utiliza una replica de código de pseudo ruido generado localmente y un **correlator** receptor para separar solo la información codificada deseada de las señales posibles. Un **correlator** de SS puede verse con un filtro pasa bandas muy especial. Responde solo a señales codificadas con código pseudo ruido que concuerden con su código propio. No obstante, un **correlator** SS puede ser ajustado a diferentes códigos simplemente cambiando su código local. Este **correlator** no responde a interferencia, o ruido natural o artificial. Responde solamente a señales SS con características idénticas y codificadas con el código pseudo ruido idéntico.

#### 2.1.3 Sistemas *Frequency Hopping* (saltos de frecuencia):

El espectro de frecuencias de banda ancha deseado se genera de diferente manera en un sistema ***Frequency Hopping***. Hace justo lo que su nombre implica, salta de frecuencia en frecuencia en una banda amplia.

El orden específico en el que se ocupa la frecuencia es una función de la tasa de información. El espectro transmitido de una señal FH es diferente al de un sistema de secuencia directa.

En vez de un sobre en forma de  $\left[\frac{(S \sin x)}{x}\right]^2$ , la salida de un sistema FH es plana sobre la banda de frecuencia utilizada. La figura 2 muestra el espectro de salida de un sistema de FH. El ancho de banda de una señal FH es simplemente  $W$  veces el número de ranuras de frecuencia disponibles, donde  $W$  es el ancho de banda de cada canal de sitio.

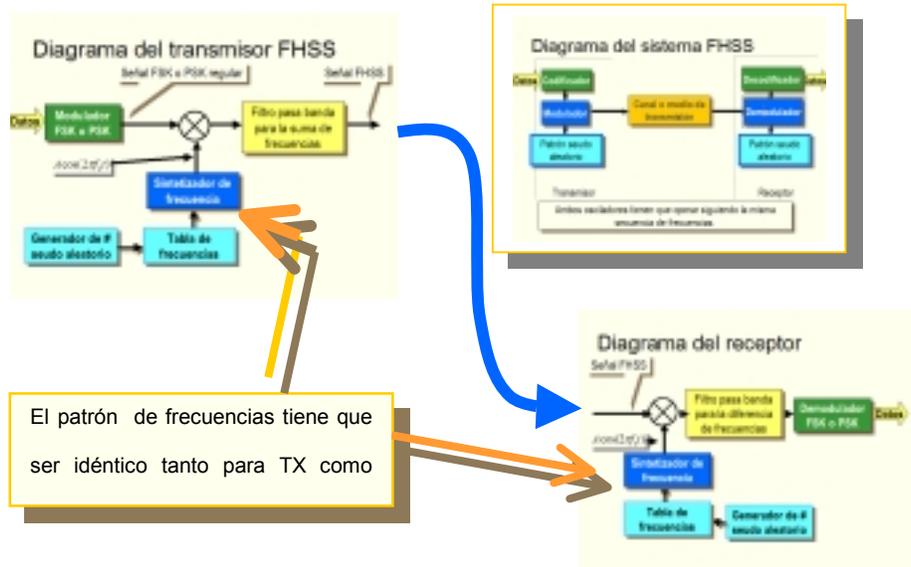
FH es la modulación SS más fácil de utilizar. Cualquier radio con su sintetizador de frecuencias controlado digitalmente puede, teóricamente, ser convertido en un radio FH. Esta conversión requiere la adición de un generador de código pseudo ruido para seleccionar la frecuencia para transmisión o recepción. La mayoría de los sistemas FH utilizan los saltos uniformes de frecuencias sobre una banda de frecuencias. Esto no es absolutamente necesario, si, tanto el receptor como el transmisor del sistema, conocen de antemano las frecuencias que serán omitidas. Por ende, podría fabricarse un **Frequency Hopper** en 2 metros para que se salte los pares de frecuencias de repetidor frecuentemente utilizados. Un sistema FH puede utilizar modulación de portadora digital o análoga y puede ser diseñado utilizando técnicas convencionales de radios de banda angosta. El **de-hopping** en

el receptor se hace a través de un generador de código de pseudo ruido sincronizado que controla al sintetizador local de frecuencias de oscilación del receptor.

#### **2.1.4 Otras características de *Spread Spectrum*.**

El **spread** (dispersión), de energía sobre una banda amplia, o mas baja densidad de potencia espectral hace que las señales SS tenga baja probabilidad de interferir de con comunicación de banda angosta. Las comunicaciones de banda angosta, así mismo, causan poca o ninguna interferencia a los sistemas SS por que el receptor de correlación integra efectivamente sobre un ancho de banda muy amplio para recobrar la señal SS.

El **correlator** luego dispersa un interferenciador de banda angosta sobre el ancho de banda de detección total del receptor. Debido a que la densidad de señal integrada total o SNS en la entrada del **correlator** determina si habrá interferencia o no, todos los sistemas SS tienen un umbral o nivel de tolerancia de interferencia donde cesan las comunicaciones útiles.



#### 4. DIAGRAMA DEL SISTEMA FHSS

Este umbral o tolerancia se relaciona al proceso de ganancias del SS. El proceso de ganancias es esencialmente la razón del ancho de la banda RF al ancho de la banda de la información.

Un radio comercial típico de secuencia directa, podría tener una ganancia de 11 a 16 dB, dependiendo de la tasa de datos. Puede tolerar niveles de **jamming** (interferencia) de 0 a 5 dB más fuerte que la señal deseada. El sistema puede trabajar con SNR negativo en el ancho de banda RF. Debido a la ganancia procesada de **correlator** del receptor, el sistema funciona con SNR positivo en la información base banda. Además de ser difíciles de interceptar e interferir, las señales SS son difíciles de explotar o (**spoof**). La explotación de señales es la habilidad del enemigo (o, no – miembro de la red), de escuchar una red y utilizar la

información de la red sin ser un miembro válido de la misma. **Spoofting** es el acto de introducir falsa, o maliciosamente, tráfico falso a una red. Las señales SS son también naturalmente más seguras que las de radios de banda angosta.

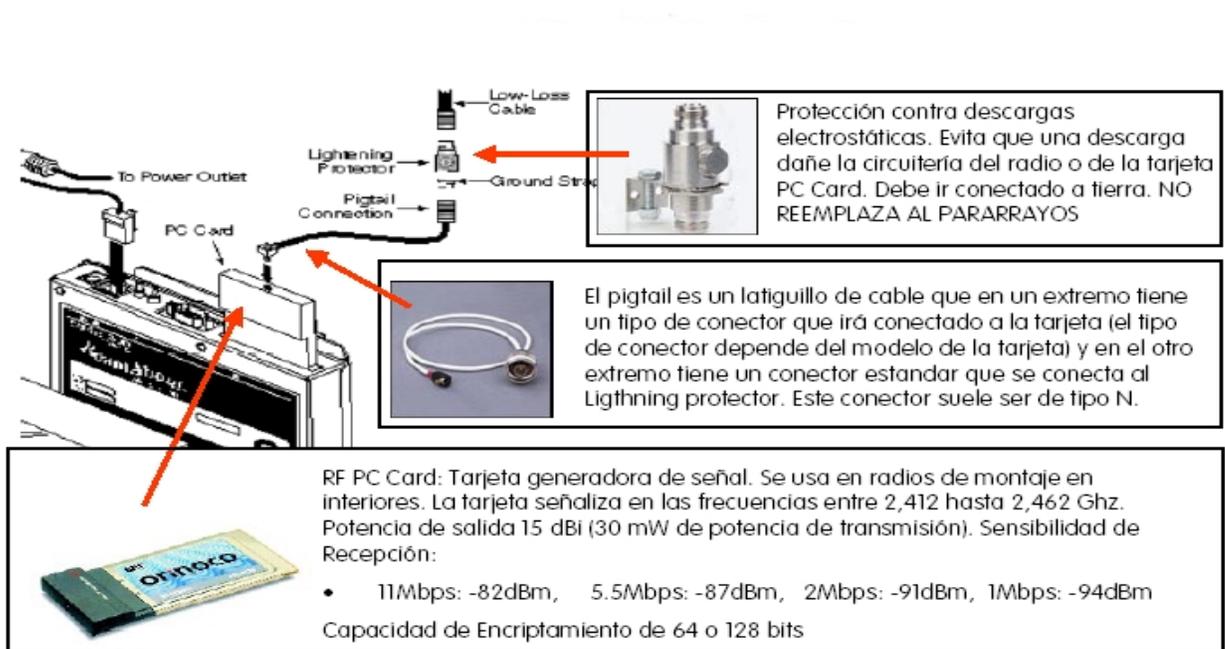
Aunque las señales SS se pueden ajustar para que tengan cualquier grado de privacidad deseado, los mensajes pueden ser encriptados en cualquier nivel de seguridad deseado. La misma naturaleza del SS permite niveles de privacidad militares o de inteligencia y una seguridad con complicaciones mínimas.

## 2.2 FRECUENCIA

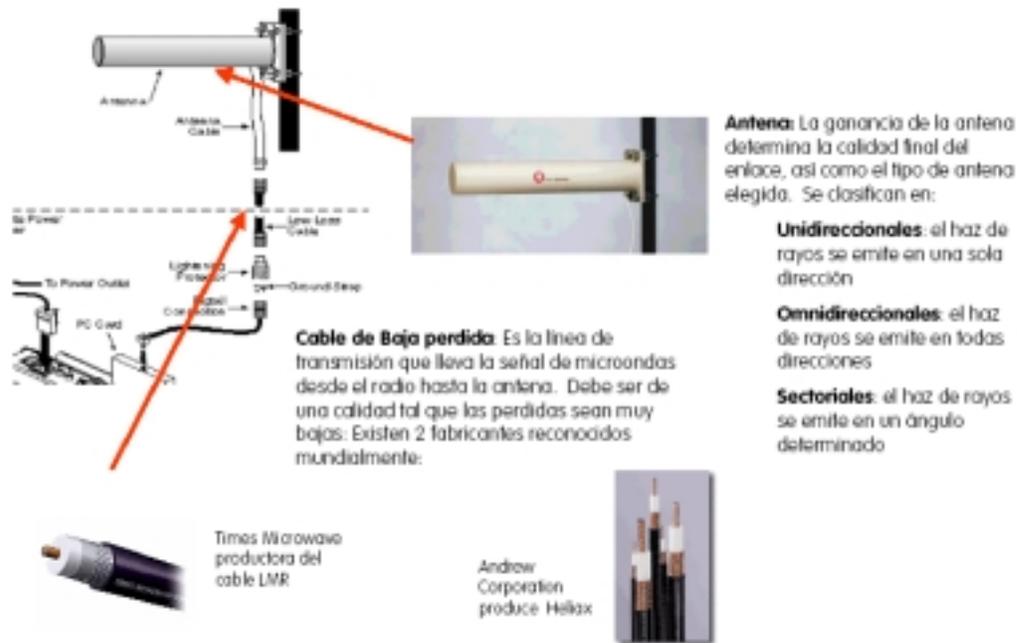
En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, la FCC (**Federal Communications Comisión**), la Agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas ISM (Industrial, Científica y Médica) 902-928MHz, 2.400-2.4835GHz, 5.725- 5.850GHz a las redes inalámbricas basadas en espectro disperso. Estas bandas son para uso comercial sin licencia : Es decir, la FCC simplemente asigna la banda y establece las directrices de utilización, pero no se involucra ni decide sobre quién debe transmitir en esa banda. En 1996, un grupo de empresas del sector de informática móvil ( **Mobile Computing**) y de servicios forman el **Wireless LAN Interoperability Forum** (WLI Form) para potenciar este mercado

mediante la creación de una amplia línea de productos y servicios ínter operativos. Entre los miembros fundadores de WLI Forum se encuentran empresas como **ALPS Electronic, AMP, Data General, Contron, Seiko Epson y Zenith Data Systems.**

### 2.3 ELEMENTOS FÍSICOS DE UN RADIO ENLACE



### 5. Elementos internos de un Radio Enlace



## 6. Elementos Externos de un radio enlace

### 2.4 FACTORES CONDICIONANTES

Los factores que van a condicionar y determinar el funcionamiento y el rendimiento del enlace son los siguientes:

- Potencia de transmisión de los radios
- Calidad de los conectores
- Longitud y calidad del **pigtail**
- Longitud y calidad del cable coaxial
- Ganancias y tipos de antenas
- Distancia entre antenas
- Zona de Fresnel

- Condiciones del terreno y meteorológicas

#### **2.4.1 Potencia de transmisión de los radios:**

En ficha técnica de cada radio se indica su potencia de transmisión. Cuanto mayor sea la potencia de transmisión, mayor será el alcance del enlace, siempre teniendo en cuenta los demás factores condicionantes.

**Ver Anexo A**

#### **2.4.2 Calidad de los conectores:**

Hay que ser cuidadosos al realizar las conexiones, ponchados y soldaduras de los conectores. Es recomendable hacer una buena inversión en conectores y herramientas de calidad para ganar en estabilidad del enlace y evitar pérdidas de señal. Para este tipo de cableado se suele utilizar conectores de tipo N.

**Ver Anexo B**

### **2.4.3 Longitud y calidad del *pigtail*:**

El *pigtail* es un latiguillo de cable que en un extremo tiene un tipo de conector que va conectado al radio y en el otro extremo tiene un conector que va al protector de descargas eléctricas. Este conector suele ser de tipo N.

Cuanto más corto y de más calidad sea el *pigtail*, menor será la pérdida de señal. El *pigtail* puede comprarse hecho o fabricarse a la a medida. Se aconseja que en ningún caso el *pigtail* supere los 2 metros de longitud, si bien unos 20 cm pueden ser suficientes.

### **2.4.4 Longitud y calidad del cable coaxial:**

El cable coaxial es uno de los factores más importantes del radio enlace. Éste deberá recorrer desde la antena hasta la ubicación del radio. Se debe tener en cuenta:

Cuanto más largo sea el cable coaxial, mayor será la pérdida de señal

La calidad del cable afecta a la pérdida de señal / metro. Se podría decir que:

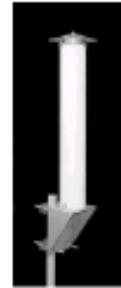
***cable de menor pérdida = cable más grueso y rígido = cable más costoso***

No existe longitud máxima para el cable coaxial, pero a mayor longitud, mayor pérdida. El tipo de cable coaxial con mayor éxito en telecomunicaciones es el LMR. La siguiente tabla que muestra la relación entre modelos de cable LMR y pérdida de señal / metro longitudinal a una frecuencia de 2.4GHz:

CABLE	PÉRDIDA EN dB/100M
LMR-200	54.2
LMR-240	41.5
LMR-400	21.7
LMR-600	14.2
LMR-900	9.58
LMR-1200	7.27
LMR-1700	5.51

## **2. PERDIDA DE CABLE COAXIAL**

## 2.4.5 Ganancias y tipos de antenas



### 7. Diferentes tipos de antenas

Los tipos de antena existentes pueden agruparse en dos grandes clasificaciones:

#### 2.4.5.1 Antenas Direccionales:

Las antenas direccionales concentran la potencia transmitida en un haz estrecho direccional. El patrón de propagación es un haz lobular pincelado.

Estas antenas logran usualmente mayores distancias debido precisamente a su direccionalidad. Debido también a su direccionalidad, el área de cobertura es menor.

- Antena Yagi, Antena Panel, Antena Sectorial, Reflector Parabólico

#### **2.4.5.2 Antenas Omnidireccionales.**

Las antenas Omnidireccionales irradian en todas las direcciones con un ángulo de cobertura de 360° en horizontal y con un ángulo pequeño en vertical. Logran mayor cobertura, pero la potencia transmitida se esparce en todas las direcciones en horizontal por lo que las distancias que se logran son menores.

**VER ANEXO C**

#### **2.4.6 Distancia entre antenas:**

Cuanto mayor sea la distancia entre antenas, obviamente mayor será la pérdida de señal. La distancia entre antenas no debe exceder los 40 Kms. Se puede calcular la pérdida de la señal por propagación entre antenas con la siguiente fórmula simplificada:

$$P_p = 40 + 20 \cdot \text{Log}(d)$$

Donde.

$P_p$  = Pérdida por propagación en dB

$d$  = distancia en metros entre las antenas

#### 2.4.7 Condiciones del terreno y meteorológicas:

Los árboles, los edificios, tendidos eléctricos, etc. influyen en la recepción de la señal. La señal se refleja en los objetos y llega con retardo de fase a la antena receptora, pudiendo provocar pérdidas de señal. Se puede corregir este efecto desplazando 6cm longitudinalmente hacia delante o hacia atrás la antena receptora (6cm es la mitad de la longitud de onda, es decir, desde un pico hasta un valle de la senoide).

El hielo y la nieve influyen negativamente en las antenas cuando están en contacto directo con éstas. La lluvia , como tal, tiene poco impacto sobre la pérdida por propagación, pero en el caso de las antenas *flat-panel*, puede disminuir su rendimiento si se crea una película de agua en el panel de la antena.

#### 2.4.8 LINEA DE VISTA:

Debido a que las ondas de radio de alta frecuencia son atenuadas por obstáculos, se requiere una clara línea de vista entre las antenas para un óptimo desempeño y

un alcance máximo. La línea de vista es el espacio libre que existe entre dos puntos.

En términos visuales, el horizonte es el punto en la distancia donde un objeto desaparece de la vista debido a que se junta con la curvatura de la tierra. Si el objeto es elevado se extiende el horizonte visual para que pueda ser visto a una mayor distancia antes de que la vista no lo alcance.

El mismo concepto se aplica a las señales de radio. El horizonte de radio o línea de vista es el punto en la distancia donde el camino entre las dos antenas es bloqueado por la curvatura de la tierra. Como el horizonte de visual, el horizonte de radio puede ser extendido por medio de la elevación de la antena transmisora, la receptora o ambas para extender el alcance de comunicación.

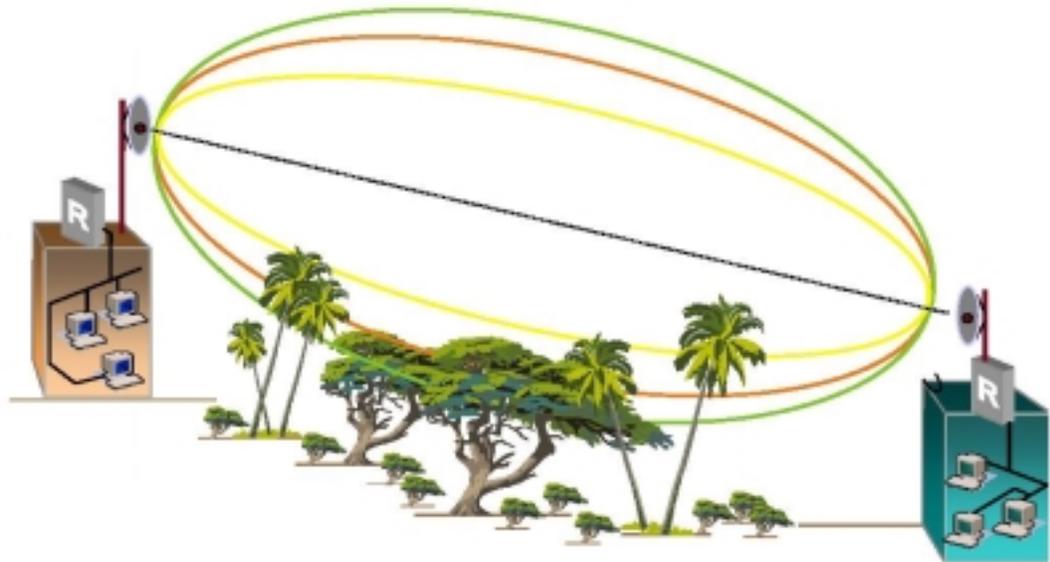
Obstrucciones que pueden interferir en un enlace :

- Características geográficas (montañas)
- Curvatura de la tierra
- Edificios
- Árboles.

Si cualquiera de estas obstrucciones es lo suficientemente alta para bloquear la vista de un punto a otro, no existe línea de vista visual.

### 2.4.9 Zona de Fresnel:

La llamada zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además del factor de línea de vista. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de señal recibido.



8. Zona de Fresnel

Toda la zona marcada en amarillo debe permanecer despejada de obstáculos.

Tabla para calcular la zona de Fresnel:

<b>DISTANCIA ENTRE ANTENAS (EN KM)</b>	<b>ZONA DE FRESNEL (EN METROS)</b>
1	3.9
2	5.6
3	7.1
4	8.4
5	9.7
6	11.0
7	12.3
9	15.0
10	16.4
11	17.9
12	19.4
13	21.0
14	22.7
15	24.4
16	26.2
17	28.0
18	29.9
19	31.9
20	34.0
25	45.4
30	58.7

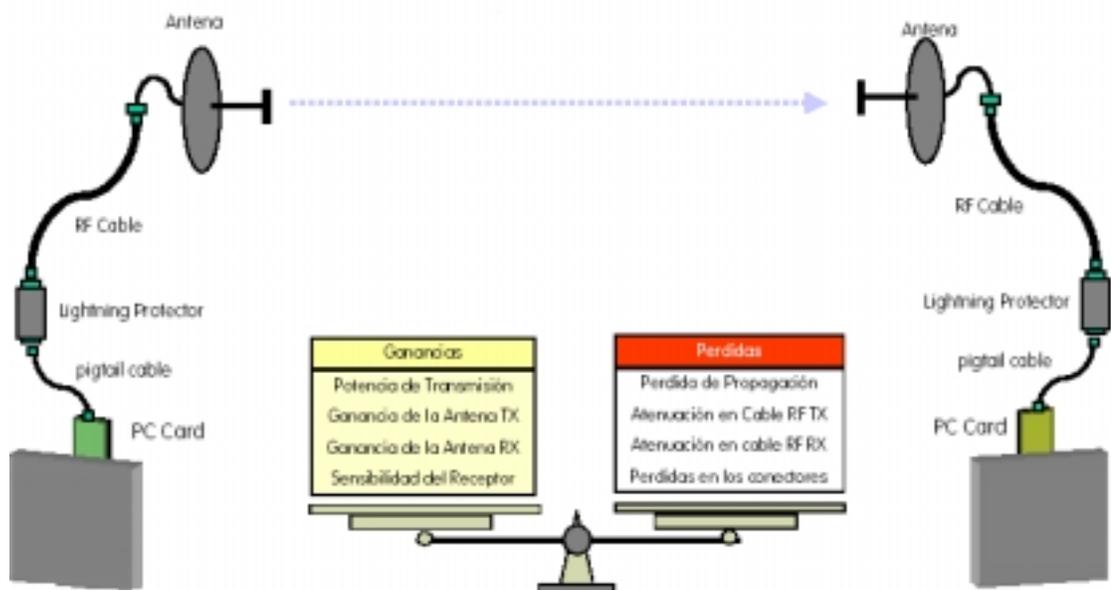
### 3. Cantidades para el calculo de la Zona de Fresnel

Nota: la zona de Fresnel expresada en la tabla es calculada según el 70% de la 1ª zona de Fresnel a una frecuencia de 2.4GHz + la curvatura terrestre para cada distancia.

Cuando no se respeta la Zona de Fresnel el enlace pierde potencia y el **throughput** real disminuye.

## 2.5 CALCULOS:

Es posible calcular el nivel de recepción de señal en función de todos los factores condicionantes:



9. Esquema de pérdidas y ganancias de un radio enlace

La siguiente formula describe las perdidas y ganancias en un enlace:

**Nivel recepción señal** = **Potencia transmisión** – **Pérdida conectores** + **Potencia amplificador** – **Pérdida en cables** + **Ganancia antena** – **Pérdida por propagación**  
+ **Ganancia antena** – **Pérdida cables** – **Pérdida conectores**

O abreviando:

**Nrs** = **Pt** – **Pco** + **Pa** – **Pca** + **Ga** – **Pp** + **Ga** – **Pca** – **Pco**

Físicamente:

**Radio–Conectores+Amplificador–Coaxial+Antena–Separación+Antena–Coaxial–  
Conectores+Radio**

Para establecer un enlace óptimo, el Nrs debe ser mayor que la sensibilidad + margen.

Para un que un enlace funcione correctamente la sensibilidad debe ser:

- Para 11Mbit: -82dBm
- Para 5.5Mbit: -87dBm
- Para 2Mbit: -91dBm
- Para 1Mbit: -94dBm

El margen ha de ser:

Mínimo: 10dB

Enlaces expuestos a interferencias (ciudad): 15dB

Enlaces con condiciones climáticas adversas: 20dB

Para un margen de 10 dB :

$Nrs > -82 + 10$

$Nrs > -72\text{dBm}$

Concluyendo:

$$P_{t_a} - P_{co_a} + P_{a_a} - P_{ca_a} + G_{a_a} - P_p + G_{a_b} - P_{ca_b} - P_{co_b} > -72\text{dBm}$$

Donde Margen = 10 dB

## 2.6 VENTAJAS DE LOS ENLACES INALAMBRICOS SPREAD SPECTRUM

Buenas características de desempeño, resistencia a la interferencia externa, seguridad, bajos costos de operación, facilidad de instalación, facilidad en el mantenimiento y detección de fallas, útil en ciertas circunstancias geográficas, menor tiempo de instalación, buen nivel de integración con redes tradicionales existentes, mínima capacitación para la instalación.

Las desventajas o limitaciones son : la potencia y distancias limitadas, velocidad de transmisión limitada, y que es una tecnología relativamente nueva.

## **2.7 NORMATIVIDAD**

### **2.7.1 IEEE amplía la norma sobre redes inalámbricas de banda ancha para área metropolitana WirelessMAN (TM) a fin de soportar aplicaciones residenciales:**

IEEE 802.16a (TM) establece la etapa para desplegar el acceso inalámbrico de banda ancha fija *para redes multimedia de alta velocidad*

**PISCATAWAY, N.J., 30 de enero de 2003** Una nueva norma sobre redes inalámbricas de banda ancha para áreas metropolitanas (WirelessMAN) del ***Institute of Electrical and Electronics Engineers*** (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos – IEEE) ofrece acceso inalámbrico de banda ancha fija (BWA) entre 2 y 11 GHz.. La norma, IEEE 802.16a, es una extensión de la norma global IEEE 802.16(TM) WirelessMAN para 10 a 66 GHz publicada en abril de 2002.

Al igual que en la norma base IEEE 802.16, la tecnología avanzada que define está diseñada para abarcar desde principios básicos hasta servicios multimedia como video conferencia, voz y juegos. También se incluyen nuevas funciones como la arquitectura de malla opcional.

La norma IEEE.802.16a, "Interfaz aérea para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha fija – Modificaciones de control de acceso de medios y especificaciones de nivel físico adicionales para 2-11 GHz", establece la etapa para el despliegue generalizado de MAN (red de área metropolitana) de 2 a 11 GHz como una alternativa económica para cablear conexiones del último kilómetro a las redes públicas.

La norma soporta espectros con y sin licencia entre 2 y 11 GHz. Estas frecuencias son idóneas para aplicaciones residenciales y empresas pequeñas que utilizan enlaces sin visibilidad directa.

Los proveedores de servicios de Internet inalámbrica (WISP), las portadoras nacionales y multinacionales y las compañías telefónicas independientes serán los principales clientes del equipo desarrollado conforme a la norma.

“La nueva norma IEEE 802.16a rediseña el escenario de banda ancha”, comenta Roger Marks, Presidente del Grupo de Trabajo de la norma 802.16 sobre acceso inalámbrico de banda ancha.

“Cierra la brecha del último kilómetro lo que brinda a los usuarios un método sin cableado de fácil instalación a fin de obtener acceso a redes centrales destinadas a aplicaciones multimedia”.

“Puesto que la tecnología se integra adecuadamente a la norma IEEE 802.11 sobre redes de área local (LAN) inalámbricas, las estaciones base de la norma IEEE 802.16<sup>a</sup> resultan excelentes candidatas para enlazar de manera inalámbrica puntos de activación con Internet. La norma desempeñará una función esencial en regiones subdesarrolladas en las que no están disponibles infraestructuras de cableado avanzado”.

Las pruebas de cumplimiento e interoperabilidad de las interfaces aéreas de **WirelessMAN**, de 2 a 66 GHz, están respaldadas por el foro de interoperabilidad global para acceso de microondas (**WiMAX**). La aceptación mundial de la norma sobre **WirelessMAN** también está respaldada por decisiones del **European Telecommunications Standards Institute** (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones – ETSI) con el propósito de que pueda emplearse un subgrupo de la norma 802.16a como base para una norma de ETSI.

### **2.7.2 Información sobre el Grupo de Trabajo de la Norma IEEE 802.16**

El Grupo de Trabajo de la Norma IEEE 802.16 sobre acceso inalámbrico de banda ancha opera por medio de un proceso abierto y acreditado de elaboración de normas de interfaz aérea **WirelessMAN** para redes inalámbricas de banda ancha de áreas metropolitanas, así como normas de coexistencia y cumplimiento relacionadas. Durante sus reuniones bimestrales, el grupo ha completado especificaciones centrales para el acceso inalámbrico de banda ancha fija de 2 a 66 GHz y está intensificando su labor con la finalidad de soportar terminales móviles y fijas desde la misma estación base. Se trata de una unidad del Comité de Normas IEEE 802 sobre LAN/MAN, foro premier transnacional para la normalización de redes inalámbricas. Si se desea obtener más información sobre el Grupo de Trabajo de la Norma IEEE 802.16, visite el sitio Web: <http://WirelessMAN.org/>.

### **2.7.3 Información sobre la *IEEE Standards Association***

La ***IEEE Standards Association*** (Asociación de Normas del IEEE – IEEE-SA), organismo global encargado del establecimiento de normas, elabora normas de consenso por medio de un proceso abierto que reúne a diversas partes de una industria. Cuenta con una cartera de más de 870 normas completadas y más de 400 en desarrollo. La IEEE-SA promueve el proceso de ingeniería mediante la creación, la elaboración, la integración, la distribución y la aplicación de conocimiento sobre tecnologías y ciencias de la información y la electrónica para beneficio de la humanidad y de la profesión. Si se desea obtener más información sobre la IEEE-SA, visite el siguiente sitio Web: <http://standards.ieee.org/>.

### **2.7.4 Información sobre IEEE**

IEEE cuenta con más de 375,000 miembros en aproximadamente 150 países. Por medio de sus miembros, la organización es una autoridad líder en áreas que abarcan espacio aéreo, computadoras, telecomunicaciones, biomedicina, energía eléctrica y electrónica de consumo. IEEE produce casi el 30 por ciento de la literatura mundial en las áreas de ingeniería eléctrica y electrónica, tecnología de control e informática. Esta organización no lucrativa también patrocina o

copatrocina más de 300 conferencias técnicas cada año. En la página Web:

<http://www.ieee.org/> puede encontrarse información adicional.

La norma IEEE 802.16a, 802.16, WirelessMAN es una marca registrada de IEEE.

Todos los nombres o productos son marcas registradas de sus respectivos titulares.

### 3 SOLUCIONES INALAMBRICAS DE ULTIMO KILOMETRO CON EQUIPOS SPEEDLAN

#### SPEEDLAN

Es nuestro propósito describir las características de los equipos SPEEDLAN utilizados para crear los enlaces de último kilómetro entre una ISP y sus usuarios, ya que éstos son los equipos utilizados en el montaje que será descrito posteriormente.



#### 10. Radios SPEEDLAN serie 8000

Los **Brouters**, ( **Bridge/Router**), SPEEDLAN dan al Proveedor de Servicios de Internet (ISP), una alternativa al uso de medios guiados, ( cobre o fibra óptica), para el acceso de los usuarios al servicio Internet. La Serie 8000 de SPEEDLAN es una solución de radio, una dotación física y un software lógico completo, en

entorno Windows 95/98/NT4.0 para las comunicaciones inalámbricas que trabajan conjuntamente con la estación base inalámbrica de SPEEDLAN, en una ubicación seleccionada del sitio ISP (Nodo u oficina) . La conectividad se hace a la ISP inalámbrica mente y ésta puede ampliarse o incrementarse hasta crear una Red de Área Metropolitana inalámbrica completa.

Los equipos SPEEDLAN van donde el cable no puede ir o llegar, ampliando la base del cliente sin dependencia sobre la infraestructura de la compañía de teléfono o proveedores locales, y se pueden instalar inmediatamente, sin requerir dispendiosas canalizaciones , tendidos de cables y obras civiles.

Los equipos SPEEDLAN, con velocidades de 3,6 y 11 Mbps, pueden ser utilizados para realizar enlaces punto-punto o punto-multipunto. Cuentan, además, con puertos de actualización para configurarse a varias velocidades de transmisión y/o como repetidor.

Este sistema es ideal para servicios de Internet o negocios que necesitan conectividad a Internet con alto rendimiento. Otras aplicaciones incluyen extender redes privadas multi-punto para escuelas, hospitales y un amplio rango de aplicaciones comerciales e industriales.

### 3.1 BENEFICIOS DE LOS EQUIPOS SPEEDLAN :

- Ofrecen comunicaciones donde no se pueden cablear líneas telefónicas o fibra óptica.
- Simple y rápida implementación.
- Sin renta mensual, rápida recuperación de la inversión.
- Más confiable que las líneas de teléfono.
- Alternativa para restablecimiento de comunicaciones en caso de desastres naturales.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Velocidad de Datos de 3,6 y 10 Mbps	Mayor ancho de banda que las líneas telefónicas y canales limitados de fibra óptica ( 64, 128, 256, 512 Kbps)
Tecnología inalámbrica de Espectro Disperso	Sin costo, libre de frecuencia No requiere licencia ante FCC Tecnología segura para transmisión de datos
Enlaces hasta 40km	Permite realizar enlaces sin el incremento en el costo por distancia

Protocolo Transparente	Garantiza acceso constante y entrada a todos los sitios en configuraciones Multipunto. Retransmisión automática de paquetes.
Propietario de Sistema	Le da a la ISP control total sobre los enlaces
Fácil Instalación	Sin la espera de la compañía telefónica, pueden realizar enlaces en horas. Temporal y transportable.
Servicio y Soporte	Un año de garantía. Soporte técnico disponible por teléfono las 24 h, los 365 días del año.

#### 4. Características de los radios SPEEDLAN

### 3.3 CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE

- Frecuencia de 2.4GHz y 5.7 GHz
- Administración SNMP
- Ruteo IP/IPX
- Ancho de banda dinámico
- **MAC Layer** transparente compatible con la mayoría de sistemas de redes.
- Configuraciones Punto – Punto y Punto- Multipunto.

### 3.4 ESPECIFICACIONES

CHASIS	
DIMENSIONES	17.7 cm x 44.5 cm x 19.5 cm
PESO	19 kg aproximadamente
RADIO	
Rango de Frecuencia	2.4 o 5.7 GHZ
Arquitectura que soporta	Punto a Punto y Punto a Multipunto
Modulación	DQPSK
Tecnología	Secuencia Directa Espectro Disperso
Ganancia	12dB (Nominal)
Poder de Salida	14dBm
Velocidad de Datos	64 Kbps a 10Mbps
Sensibilidad	-85dBm (Típico)
Licencia	Homologado
Distancia	Hasta 40km ( con amplificador)

---

PROTOCOLO	
Puente con ruteo IP/IPX	IEEE 802.3 Ethernet, IEEE 802.1 MAC Layer Transparente, IPIPX
Modo de Operación	Half Duplex
Compatibilidad LAN	Compatible con la mayoría de sistemas de redes

#### 5. Especificaciones de los SPEEDLAN

### 3.5 LA TECNOLOGIA WAVE WIRELESS Y SUS PRODUCTOS SPEEDLAN

El SPEEDLAN 8000 es un **Brouter** inalámbrico fácil de utilizar, siendo transparente a su red existente, con capacidad de enrutar direcciones IP y conectar dos o más redes **ethernet**. El puente/enrutador, puede transmitir todos los protocolos **ethernet** incluyendo **IP, IPX, Appletalk NetBeui**, etc.

### 3.6 CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS SPEEDLAN

Puente transparente **Ethernet** con Filtro Avanzado para Seguridad y Confiabilidad en la red.

SPEEDLAN soporta lo que se conoce como Puente **Ethernet** Transparente sin “**Spanning Tree**” o Soporte de Ruteo. Desde que los **bridge/routers** intentan dar seguridad a las redes entre una Lan local y un campo o una empresa con una amplia red, y desde que usa puentes múltiples en diferentes ramas de la red, éstos podrían comprometerse esta seguridad, el escenario de las diferentes ramas de la red no esta soportado. Adicional al Puente **Ethernet** Transparente, el **bridge/router** SPEEDLAN puede disminuir paquetes basados sobre la mayor capa de datos encapsulados con el paquete. Esta opción da a los **bridge/routers** SPEEDLAN la habilidad de mejorar las características de filtro de seguridad avanzada y puedan adherir una medida significativa de seguridad y fiabilidad de red a una red incomparables que son dados por los ruteadores con multiprotocolos.

### 3.6.1 Ruteo Opcional IP con Filtro Avanzado para Seguridad

El *bridge/router* soporta ruteo de direcciones IP además de puenteo. Puede ser usado para adherir capacidad de enrutamiento cuando sea la opción más apropiada.

### 3.6.2 Filtros Firewall para adherir seguridad a la red.

Además de un puente transparente y un filtro *MAC layer*, el *bridge/router* tiene capacidades de buscar en el interior de los paquetes y decidir si pasarlos o tirarlos. Esta decisión es realizada, basándonos en criterios diferentes dependiendo de los protocolos usados. Como ejemplo paquetes con protocolos IP pueden ser desechados (o bloqueados). Paquetes que tienen direcciones con destinos IP certeros, o que están destinados para servidores de *sockets* IP certeros, tales como servidor SMTP, TELNET, etc. Paquetes *Apple Talk* pueden ser desechados basándose en el nombre *Apple printer* o servidor para ser usado o el nombre de *Apple Talk Zone* donde la impresora o el servidor reside. Debe decidir no habilitar esos filtros avanzados en caso de que SPEEDLAN llevara a cabo un puente transparente estandar con capacidades IP/SNMP. Es recomendable, que configure los filtros SPEEDLAN para desechar cualquier protocolo que no se utilice para reducir el trafico de la red que tiene la LAN local. Sin filtros de protocolo, un puente pasará todas las emisiones y multiemisiones de

paquetes en la LAN local. Cada computadora en la LAN local experimentará un uso del CPU para cada uno de estos paquetes causando un bajo rendimiento.

### **3.6.3 “Tunneling”**

Puente Remoto Virtual para cualquier protocolo **ethernet** usando una red de trabajo IP como mecanismo de transporte.

El **bridge/router** puede ser configurado para dar conexión **ethernet** virtual entre varias LANs usando redes de trabajo IP como medio de transporte.

### **3.6.4 Encriptación de Datos.**

Los **bridge/routers** SPEEDLAN pueden ser configurados para dar conexión encriptada entre varias LAN's . Estas LAN's no tiene que usar el protocolo IP. Esta característica es útil particularmente para compañías que desean dar conectividad usando redes públicas pero quieren la seguridad de tener sus datos encriptados.

Los **bridge/routers** SPEEDLAN pueden ser configurados para dar conexión de datos encriptada UDP/TCP para una o más subredes IP. Esta característica es

útil particularmente para compañías que desean encriptar su conectividad UDP/TCP cuando están utilizando Internet.

### **3.7 INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACION DE PUENTES**

#### **INALAMBRICOS SPEEDLAN.**

- Tener línea de vista entre las antenas a instalar.
- Instalación de antenas.
- Instalación de cables.
- Conexión a tierra.
- Conexión del puente/ruteador inalámbrico a la fuente de poder.
- Conexión del puente/ruteador inalámbrico a cualquier conector LAN ***ethernet.***
- Repetir los pasos del Nro 1 al 6 para la instalación remota a la unidad SPEEDLAN .
- Verificar la funcionalidad del equipo usando las luces ***LEDS.***

#### **4 ENLACE ATARRAYA LTDA - C.I. OCEANOS SA**

Atarraya Ltda. se creó en 1995 con el objetivo de desarrollar proyectos en el área de Multimedia, Telecomunicaciones y el Internet, tema éste muy incipiente por aquel entonces.



##### **11. Logo de ATARRAYA LTDA**

En 1997 realizó el diseño e instalación del nodo Internet para el ISP Cyberclub Ltda. en la ciudad de Barranquilla, incluyendo además de los servicios de Correo, Web, FTP, etc., todos los aspectos de enlaces de Telecomunicaciones WAN y acceso remoto.

En 1998 se firmó un convenio con Telecartagena en el que se encargó a Atrarraya en modalidad de **outsourcing**, de la operación y comercialización del servicio de Internet. Desde el inicio del convenio se logró un alto crecimiento y actualmente se cuenta con aproximadamente mil quinientos clientes en la modalidad de acceso conmutado.

Adicionalmente, se han realizado proyectos en distintas modalidades de Telecomunicaciones, Intranets, Configuración de redes LAN y Construcción de Redes de Cableado Estructurado para importantes empresas de la región.

En el año 2003 Atrarraya incursionó en el campo de la prestación del servicio de Internet de banda ancha a través de canales dedicados. La empresa contaba con un nodo de Internet como parte de su infraestructura, pero carecía de un medio de transmisión, o solución de último kilómetro, para llevar el Internet hasta el domicilio de los usuarios.

Para tal efecto sería necesario subcontratar este servicio con un proveedor local o construir una red MAN propia, lo cual podría resultar excesivamente costoso, dependiendo del medio a utilizar. Las dos alternativas se estudiaron para llegar a la solución deseada.

#### 4.1 SOLUCIÓN DE ÚLTIMO KILÓMETRO CON PROVEEDORES LOCALES.

En Cartagena existen dos anillos de fibra óptica que recorren gran parte de la ciudad. Uno pertenece a Telecartagena y es administrado por DUCTEL, el otro pertenece a PROMIGAS TELECOMUNICACIONES y es rentado a diferentes proveedores nacionales, no es rentado al cliente final.

La fibra óptica es el medio que ofrece mayor ancho de banda en Telecomunicaciones, hasta 10Gbps con las nuevas tecnologías. El inconveniente radica en que Atarraya no realizaría un tendido de fibra óptica propio desde su sede principal hasta los domicilios de sus usuarios. Lo anterior sería excesivamente costoso e imposible de considerar. Por tal razón, en caso de escoger la fibra óptica como medio de transmisión, se debería rentar un cupo en cualquiera de los anillos existentes. Tal cupo o canal tendría un valor mensual de conformidad con el ancho de banda contratado, lo cual implicaría un costo fijo que habría que trasladar al usuario final.

En Cartagena Colombiatel maneja la tecnología ADSL, en calidad de *outsourcing* para Telecartagena, la cual utiliza las líneas telefónicas de cobre como medio de transmisión. El ADSL permite alcanzar anchos de banda hasta de 8 Mbps. En Cartagena, por razones políticas, el ADSL está limitado a 64 Kbps. El sistema de

contratación de un canal de ADSL es similar al de la fibra óptica, se cancela un valor mensual por un ancho de banda contratado

La Tabla comparativa del Anexo D presenta los canales ofrecidos por algunos proveedores de la ciudad, con su respectivo valor mensual y valor de setup (Instalación), existe un valor adicional correspondiente a la obra civil necesaria para llevar la fibra óptica hasta el lugar de la conexión, determinado previo estudio del proveedor.

Los valores de los canales mostrados en la tabla sirvieron para descartar la contratación de un proveedor local. Los valores mencionados sumados al costo del canal de Internet harían que el valor de un canal dedicado, ofrecido por Atrarraya, estuviera por fuera de los precios del mercado, sin sumar los costos de operación y utilidad de la empresa. En otras palabras, se estaría trabajando a pérdida para enriquecer al proveedor del último kilómetro.

#### **4.2 SOLUCIÓN DE ÚLTIMO KILÓMETRO CON RED PROPIA.**

Era obvio que la solución mas conveniente sería la de una red propia y económica. Se conocía la existencia de las redes MAN inalámbricas, pero no se conocían los pormenores técnicos y económicos para el montaje de las mismas. En el módulo de Redes LAN, MAN Y WAN de este Minor, pudimos, los autores de

este trabajo, alcanzar conocimientos técnicos y económicos con los cuales pudimos tomar la decisión de realizar una red MAN inalámbrica para la solución de último kilómetro de la Empresa Atarraya Ltda., en la cual laboramos.



**12. Los autores del trabajo en las instalaciones de ATARRAYA LTDA.**

#### **4.2.1 Las ventajas de este tipo de red eran claras:**

- Se realizaría solamente una inversión inicial para el montaje de la Red. Lo anterior eximiría a Atarraya del pago mensual de conexión que exigen las alternativas de conexión mencionadas anteriormente. El promedio del valor de los equipos necesarios para un radio enlace sería menor al valor de

cinco meses del pago de un último kilómetro de 64 Kbps con un proveedor local.

- *La Red podría crecer proyectada a la demanda de los nuevos usuarios. Se invertiría en equipos en las zonas de mayor concentración de usuarios.*
- *Los equipos serían propiedad de Atarraya.*
- *Mayor Ancho de Banda y Control sobre la Red.* Debido a que los equipos serían administrados directamente por Atarraya, se podría controlar el ancho de banda de los diferentes enlaces a conveniencia de propia.

Atarraya optó por la segunda opción y en los primeros meses del año en curso construyó la primera porción de su red MAN inalámbrica. Actualmente se cuenta con un número creciente de usuarios satisfechos y con nodos en el Centro, Bocagrande , Mamonal y próximamente en Manga y Pie de la Popa.

Para efectos de este trabajo, se ha documentado un enlace específico, Atarraya (Centro) con la empresa C.I. Oceanos ( Mamonal), para describir los pasos del montaje de un radio enlace en la banda ISM de 2.4 Ghz.

### 4.3 PRELIMINARES

Para realizar un Radio enlace es necesario previamente determinar su factibilidad. La factibilidad consta básicamente en la verificación de la existencia de una *Línea de Vista* , entre los dos puntos a enlazar, necesaria para el funcionamiento del enlace. Para efectos de lo anterior se realizó un estudio Topográfico, dirigido por la empresa TOPO-CONSULTAS DEL CARIBE, que adicionalmente serviría para el direccionamiento de las antenas del radio enlace.



**13. Realizacion del estudio topografico**

Las antenas se posicionaron tentativamente en la siguientes lugares:

**ATARRAYA LTDA.** : El nodo de Atarraya se encuentra ubicado en el Centro, Edificio Banco de Bogota. Este edificio cuenta con una torre de comunicaciones de 4.6 mts, ubicada en su cubierta, la cual constituiría el mejor punto de ubicación de la antena, ya que su altura elimina los obstáculos existentes hasta Mamonal.



**14. Torre de telecomunicaciones ubicada en el Edificio Banco de Bogota**



**15. Instalación de la antena en la torre del Edificio Banco de Bogota**

**C.I. OCEANOS S.A.** : Las instalaciones de Oceanos en Mamonal cuentan con una torre de comunicaciones de 45 mts de altura, para sus enlaces de radio con las fincas de cultivo. Esta torre sería el punto idóneo para la ubicación de la antena.



**16. Torre de telecomunicación de C. I. OCEANOS**



**17. INSTALACION DE ANTENA EN TORRE DE C. I. OCEANOS**

#### **4.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y POSICIONAMIENTO GLOBAL**

El posicionamiento global por satélite se realizó utilizando un G.P.S. Turbo G-1 marca Topcon con antena RTK. Las coordenadas geográficas obtenidas fueron:

**GEO D1:** ( Torre Atarraya )

**LATITUD : 10**(grados) **25** (minutos) **25.8** (segundos) **NORTE**

**LONGITUD : 75** (grados) **32** (minutos) **54.2** (segundos) **OESTE**

En Coordenadas del IGAC : 1644874.9187 N ; 838925.3726 E

**GEO D2 :** ( Torre Oceanos)

**LATITUD : 10** (grados) **21** (minutos) **49.3** (segundos) **NORTE**

**LONGITUD : 75** (grados) **30** (minutos) **30.9** ( segundos) **OESTE**

En Coordenadas del IGAC : 1638201.0627 N ; 843255.2278 E

La distancia que separa al GEO D1 con el GEO D2 es de **7960 metros**.

## 5 DIRECCIONAMIENTO

El AZIMUT del GEO D1 al GEO D2 es **147** (grados) **2** (minutos) **50** (segundos).

Los datos anteriores serían útiles en la escogencia y direccionamiento de las antenas.

### 5.1 ALTURAS

En la ciudad existen placas niveladas con referencias al nivel del mar. Para dar la cota o elevación de los puntos mencionados se utilizaron placas referenciadas en estudios previos.

La cota del GEO D1 es 29.3 metros sobre el nivel del mar ( altura Edificio Banco de Bogota) + 4.6 metros de altura de la torre. **Cota 1 = 33.9 metros.**

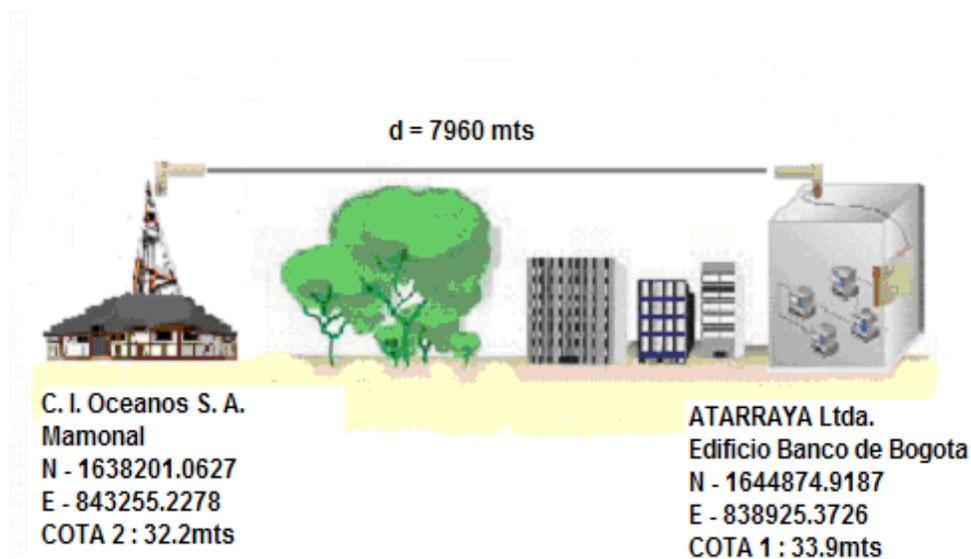
La cota del GEO D2 es 2.2 metros sobre el nivel del mar ( altura base de torre) + 30 metros de altura de antena en la torre. **Cota 2 = 32.2 metros.**

La diferencia de altura entre GEO D1 al GEO D2 es **1.7 metros.**

Los datos anteriores serían necesarios para la confirmación de las alturas de las antenas en las torres.

## 5.2 LINEA DE VISTA

Con la ayuda de los datos anteriores se realizó el estudio de línea de vista entre los puntos a enlazar.



### 18. Línea de vista Océanos- Atarraya

La distancia que separa los dos puntos impidió ubicar claramente un punto desde el otro. Fue necesario realizar la prueba del espejo, muy utilizada en este tipo de montajes. La prueba consistió en situar a un técnico de Atarraya en la torres de Océanos, a 30 mts de altura, con un espejo de 30 cms x 30 cms , mientras que en

la torre del Edificio Banco de Bogota se observaba en esa dirección con binóculos de alta resolución, tratando de ubicar el reflejo del espejo. El reflejo pudo ser distinguido desde la torre de Atarraya, indicando la existencia de la línea de vista.

### **5.3 LINEA DE RADIO**

El estudio topográfico indicó que la zona donde se encontraba el punto medio del enlace correspondía a la zona de Manzanillo, sector residencial Naval. Se realizó una inspección ocular de la zona con la cual se pudo determinar que no habían elementos de gran altura que obstaculizaran el enlace. Lo anterior para respetar el punto medio de la zona de Fresnel, el cual es muy importante para los radio enlaces.

Con las pruebas y reconocimientos anteriores se procedió a instalar los equipos y construir el enlace para luego realizar las pruebas necesarias de verificación y funcionamiento del mismo.

### **5.4 CALCULOS**

En la parte preliminar al montaje se realizaron los cálculos correspondientes al enlace para la escogencia de las antenas y la predicción de resultados.

Con los datos obtenidos en el estudio en sitio, (longitud de antenas a radios, distancia exacta entre antenas y equipos a utilizar), se realizaron los cálculos de pérdidas y ganancias. El objetivo es conocer la combinación idónea entre tipo de cable y antena.

Datos:

Distancia entre Antenas: 7960m

Longitud cable A: 30m

Longitud cable B: 4m ( Radio tipo exterior)

Potencia del Radio A: 12dBi

Potencia del Amplificador A: 22dBm

Potencia del Radio B: 12dBi

Pérdida conectores A: 2 dB aprox.

Pérdida conectores B: 2 dB aprox.

Ganancia antena A: ?

Ganancia antena B: ?

Nivel de recepción de señal mínimo para 11Mbps: -67dBm

Se calcula la pérdida por propagación en los 7960m:

$$P_p = 40 + 20 \cdot \text{Log}(7960) = 118\text{dB}$$

Aplicando la fórmula:

$$12 + 22 - 2 - (30 * \text{atenuación}) + \text{Gan}_A - 118 + \text{Gan}_B - (4 * \text{atenuación}) - 2 > -67$$

Simplificando un poco:

$$-86 + \text{Gan}_A + \text{Gan}_B - (34 * \text{atenuación}) > -67$$

Ya que elegiremos antenas iguales con ganancias iguales para ambos puntos, podemos decir que:

$$\text{Gan}_A = \text{Gan}_B$$

$$(2 \cdot \text{Gan}) - (34 \cdot \text{atenuación}) > 19\text{dB}$$

Posibles atenuaciones:

$$\text{LMR-200} = 0.542\text{dB/m}$$

$$\text{LMR-400} = 0.217\text{dB/m}$$

$$\text{LMR-600} = 0,142\text{dB/m}$$

Las tres posibilidades respectivas:

$$(2 \cdot \text{ganancia}) - 18.428\text{dB} > 19\text{dB}$$

$$\text{Ganancia} > 18.714\text{dB}$$

ó

$$(2 \cdot \text{ganancia}) - 7.378\text{dB} > 19\text{dB}$$

$$\text{ganancia} > 13.189\text{dB}$$

ó

$$(2 \cdot \text{ganancia}) - 4.828\text{dB} > 19\text{dB}$$

$$\text{ganancia} > 11.914\text{dB}$$

Entonces, dependiendo del modelo de cable que a utilizar, la ganancia de cada antena deberá ser mayor de 18.714dBi, de 13.189dBi, o de 11.914dBi respectivamente.

Se puede utilizar tranquilamente el modelo de cable LMR 400 con un par de antenas de grilla de reflector parabólico de 24 dBi de ganancia y cubrir la distancia perfectamente a 11Mbps.

Por medio de los resultados de los cálculos del procedimiento anterior se opta por realizar el enlace con cable LMR-400 y con un par de antenas de grilla de reflector parabólico de 24 dBi de ganancia.

El enlace de 11Mbit a realizar atraviesa parte de la ciudad hasta la periferia, por tanto se aplica el margen de 15dB, obteniendo:

$$Nrs > -82 + 15$$

$$Nrs > -67dBm$$

Ecuación de pérdidas y ganancias:

$$Pt_a - Pco_a + Pa_a - Pca_a + Ga_a - Pp + Ga_b - Pca_b - Pco_b > -67dBm$$

Reemplazando los valores.

$$P_{t_a} = 15\text{dBm}$$

$$P_{co_a} = 2\text{dB}$$

$$P_{a_a} = 22\text{dBm}$$

$$P_{ca_a} = 6.3\text{dB}$$

$$G_{a_a} = 24\text{dBi}$$

$$P_p = 118\text{dB}$$

$$G_{a_b} = 24\text{dBi}$$

$$P_{ca_b} = 6.3\text{dB}$$

$$P_{co_b} = 2\text{dB}$$

$$N_{rs} > -67\text{dBm}$$

Se aplica la fórmula:

$$P_{t_a} - P_{co_a} + P_{a_a} - P_{ca_a} + G_{a_a} - P_p + G_{a_b} - P_{ca_b} - P_{co_b} > N_{rs}$$

$$12\text{dBm} - 2\text{dB} + 22\text{dBm} - 6.51\text{dB} + 24\text{dBi} - 118\text{dB} + 24\text{dBi} - 0.868\text{dB} - 2\text{dB} > -67\text{dBm}$$

-47.4dB > -67dB

los resultados indican que el nivel de todos los factores es mayor al nivel necesario para alcanzar el enlace a 11Mbit. Por lo tanto, si la zona de Fresnel está despejada, el enlace debe ser optimo.

Como verificación de este calculo se utiliza un herramienta facilitada por la compañía WAVE WIRELESS en su pagina **web** para el análisis de enlaces.

The screenshot shows the 'LINK ANALYZER' web application interface. The page has a dark blue header with the 'wave' logo and navigation links for 'What's New', 'Products', 'Courses', and 'Home'. A left sidebar contains 'Partners', 'Training', 'Link Analyzer', and 'News'. The main content area is titled 'LINK ANALYZER' and contains a form with the following fields:

- Link Name:
- Link Distance:
- Fade Margin:  Note: Leave blank to have link analyzer calculate fade margin.
- Site 1:
  - Product:
  - Bandwidth:
  - Antenna:
  - Cable Length:
  - Cable Type:
  - Amplifier:
- Site 2:
  - Product:
  - Bandwidth:
  - Antenna:
  - Cable Length:
  - Cable Type:
  - Amplifier:

Below the form is a checkbox labeled 'Check if you wish to use an Up/Down converter with this link.' and a 'Calculate Link Quality' button.

The footer contains links for 'Price List', 'Partners', 'Support', and 'About Wave', along with a search bar and a 'GO' button.

19. Ingreso de datos en *Link Analyzer*.

Resultado arrojado por LINK ANALIZER.

The screenshot displays the LINK ANALYZER web application interface. The top navigation bar includes the WAVE logo, contact information (843-897-2300), and menu items: What's New, Products, Classroom, and Home. A left sidebar contains links for Partners, Training, Link Analyzer, and Manuals. The main content area is titled "LINK ANALYZER" and contains the following fields and results:

- Link Name: Atamiya - Coronas
- Link Distance: 7000 Meters
- Fade Margin: 15 (Note: Leave blank to have link analyzer calculate fade margin.)
- Site 1:
  - Product: SPREDLAN 8100 & 8200
  - Bandwidth: 11Mbps
  - Antenna: 24 dBi Semi-Parabolic Grid
  - Cable Length: 20 Meters
  - Cable Type: LMR 400
  - Amplifier: 2200m max (P A24T1T)
- Site 2:
  - Product: SPREDLAN 8100 & 8200
  - Bandwidth: 11Mbps
  - Antenna: 24 dBi Semi-Parabolic Grid
  - Cable Length: 4 Meters
  - Cable Type: LMR 400
  - Amplifier: None
- Check if you wish to use an Up/Down converter (must use 5.8Ghz antennas)

Results and Calculations:

- Message: Congratulations. Your link is successful.
- Visual: A color-coded signal strength bar showing a strong signal.
- Text: The SPREDLAN 8100 & 8200 has a receive sensitivity of -82 dBm at 11Mbps bandwidth. Your Link Strength is -37.05 dBm.
- Calculations:
  - 12.0 dBm Signal from Radio
  - 8.05 (Site 1) Cable Loss dB .05 (Site 2)
  - 24.8 (Site 1) Antenna Gain dBi 24.8 (Site 2)
  - 1.83 Watts ERP
  - 58.07 dB Path Loss
  - 15 dB Fade Margin
- Button: Re-Calculate Link Quality
- Note: If Link Distance is changed new Fade Margin must be entered by you or empty the field for auto calculate.

The bottom of the page features a purple footer with links for Press Room, Partners, Support, About Wave, and a field for "Join Our Mailing List" with a "GO" button.

20. Los resultados del LINK ANALYZER confirman la viabilidad del enlace.

## **5.5 EQUIPOS UTILIZADOS**

La red MAN de Atarraya está construida con equipos Speedlan Serie 8000. Estos equipos ofrecen una solución funcional y económica de acuerdo con las necesidades de la empresa. Para el enlace Atarraya-Oceanos se utilizaron antenas semiparabólicas de grilla de 24 dBi de ganancia, en polarización horizontal, considerando la longitud del enlace y los cálculos previos. Hubo necesidad de utilizar un amplificador Hyperlinktech de 1 Watt en el extremo de Atarraya debido a la interferencia de la zona, ya que a pocos metros del nodo de Atarraya se encuentra el nodo de otra empresa que utiliza radio enlaces como solución de último kilómetro.

## 6 PROCEDIMIENTO PARA LA CONFIGURACIÓN Y MONITOREO DE LOS RADIOS SPEEDLAN SERIE 8000

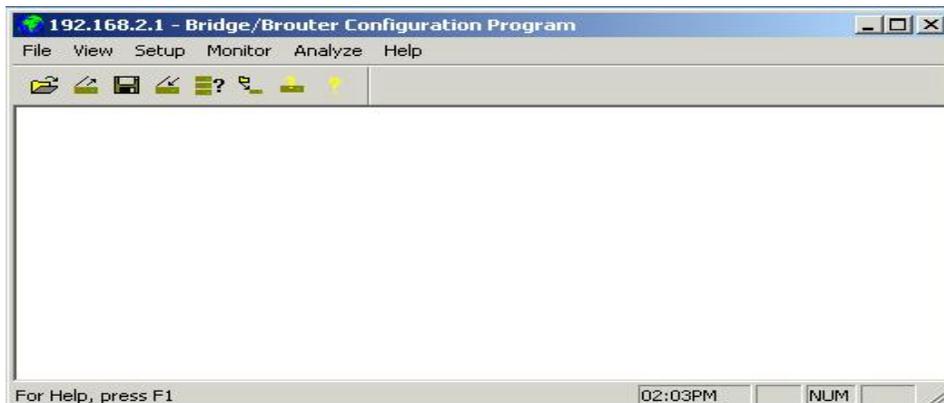
El procedimiento posterior a la instalación de las antenas y radios es el de la configuración de los equipos. Este procedimiento permitirá luego la verificación de la calidad de los enlaces y la transmisión de datos.

### 6.1 CONFIGURACION DE EQUIPOS

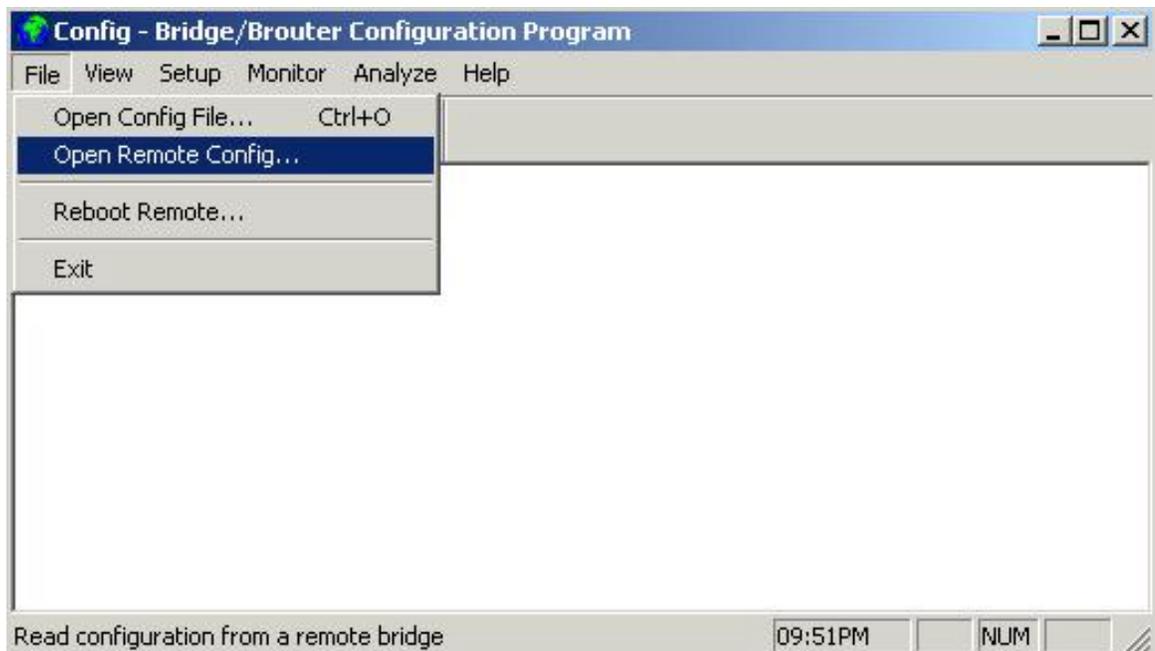
Los equipos Speedlan poseen un software de configuración , **SPEEDLAN CONFIGURATOR**, que permite de manera gráfica y sencilla la configuración de los mismos. Son muchos los parámetros y funciones a configurar pero para nuestro caso específico, nos limitaremos a configurar los equipos como **Bridge**, y omitiremos funciones como las de NAT y DHCP , entre otras.

A continuación, como ejemplo, se realizará un recorrido gráfico por el proceso de configuración de la base Speedlan 8100, ubicada en la sede de Atarraya Ltda.

Al inicializar el **Software Speedlan Configurator**, la primera ventana que se visualiza muestra la barra de menú principal.

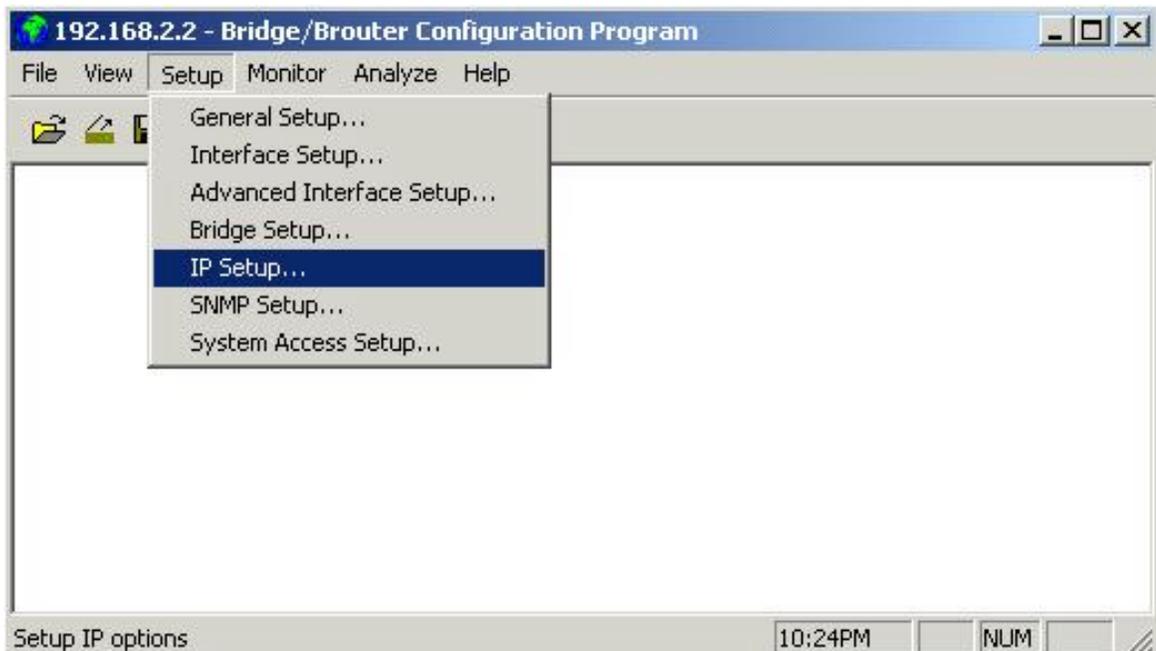


Para poder ingresar al equipo local, vía Ethernet, o a alguno de los equipos remotos , vía radio enlace, se debe escoger la opción <File>, y luego que se despliegue su submenú se debe ingresar a <Open Remote Config...>.

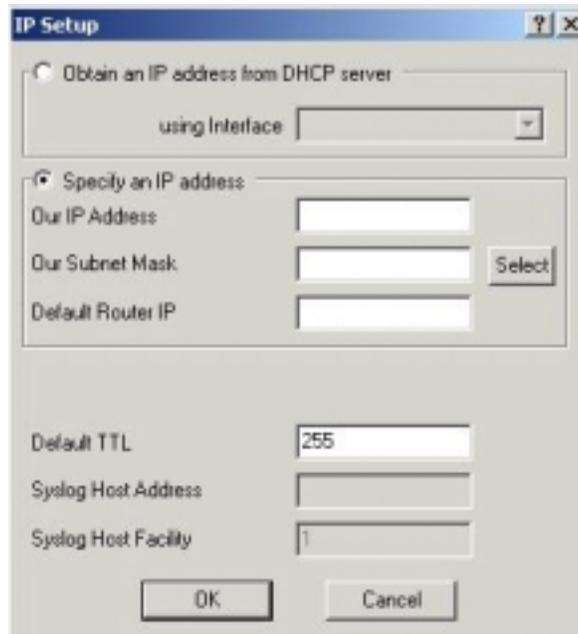


Cuando se ingresa al radio por primera vez, se observa que el radio viene configurado con una dirección IP predeterminada. Se procede entonces a cambiar la IP del PC con el cual se quiere ingresar al radio, por una que pertenezca a la misma subred del radio. Se ingresa nuevamente al radio, y en esta ocasión sí será posible ingresar satisfactoriamente por que ya los dos equipos se encuentran en la misma subred.

En el siguiente paso se procede a configurar la IP del radio con una IP que corresponda a la subred a utilizar. Para ello se debe ingresar al menú <<Setup..>>, luego que se despliegan sus submenús se selecciona <<IP Setup>>.



Luego aparece una ventana en la cual se configura la IP del radio de igual manera que el NIC de un PC convencional.



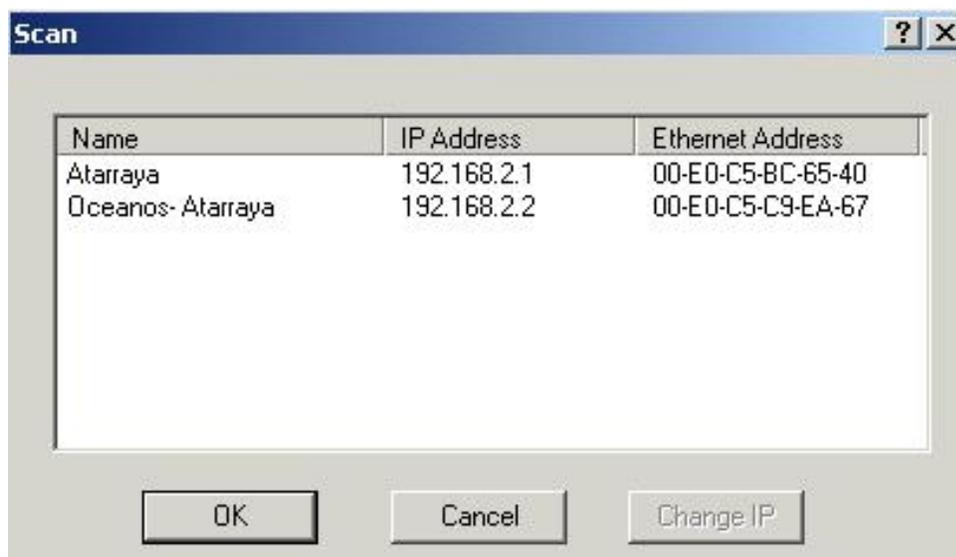
Al realizar el cambio de IP se visualizará la ventana que presenta la opción para entrar al equipo deseado.

Si se conoce de antemano la Dirección IP del mismo y su respectivo password, se deben colocar los datos en las casillas correspondientes y picar en la opción <OK> . El password por default es *public*.



En caso de que no se tenga conocimiento de la dirección IP del equipo ( cuando no es la primera vez que se ingresa), se debe escoger la opción <Scan>, que escanea los enlaces activos que convergen al equipo al cual se está conectado vía Ethernet.

La ventana muestra los equipos escaneados con sus respectivas direcciones IP y MAC. En esta ventana se procede a escoger el equipo a configurar, simplemente picando sobre su nombre.

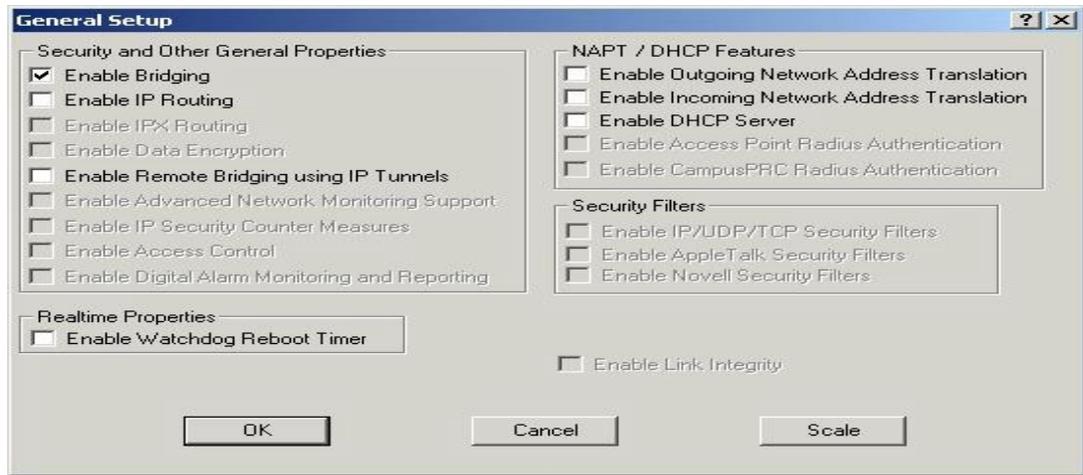


Luego de escoger el equipo deseado, por la vía directa o por el scan, aparece una ventana que indica que la conexión con el equipo se ha realizado satisfactoriamente.



En esta etapa ya se está dentro del equipo deseado, por lo tanto se puede proceder a configurar los diversos parámetros de los cuales dependerá el modo de funcionamiento del equipo.

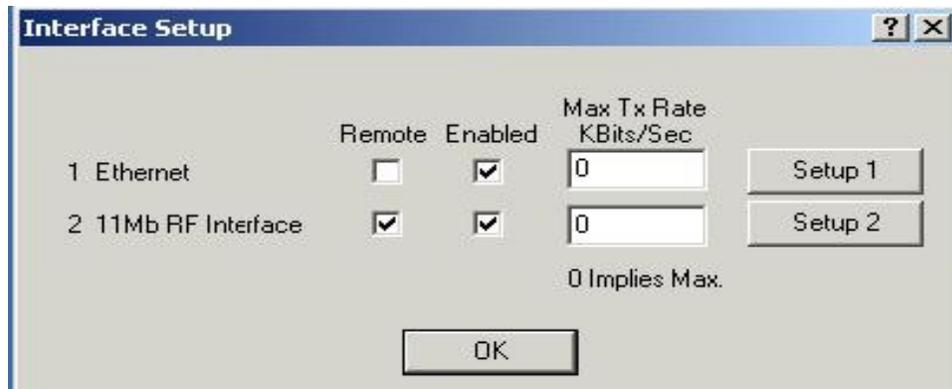
Para la configuración general del equipo se ingresa en el menú principal a <Setup>, luego que se despliegue el respectivo submenú se ingresa a <General Setup...>, en el cual se observa diferentes opciones, tales como “Security and Other General Properties”, “NAPT / DHCP Features” y otras mas; de las cuales se seleccionó “Bridging”.



Seguidamente, se deben configurar los puertos y/o interfaces que del radio. Para esto se ingresa en el menú principal a <Setup>, luego que se despliegue se ingresa al submenú <Interface Setup...>.

En este submenú se puede apreciar que el radio tiene dos interfaces y/o puertos, uno "Ethernet" y el otro "11Mb RF Interface". El puerto Ethernet se habilita para acceder a él directamente y el puerto RF se habilita para acceder a él tanto directa como remotamente, por otra parte también se observa la opción "Max Tx Rate Kbits/Sec", con la cual se puede limitar el ancho de banda de cada uno de los puertos, pero en este caso ambos puertos están al máximo.

En este submenú también encontramos dos ítems, uno para "Ethernet"(Setup 1), y otro para "11Mb RF Interface"(Setup 2).



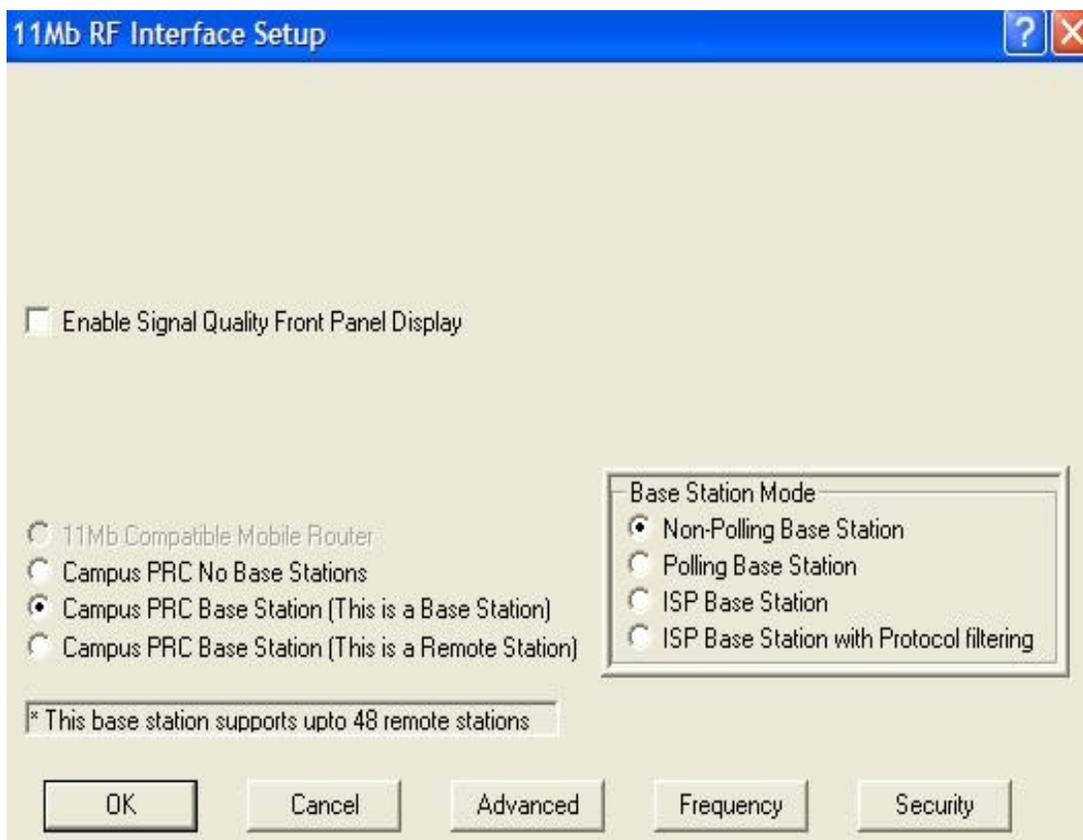
Al ingresar al “Setup 1”, se aprecia la siguiente ventana.

En nuestro caso específico se debe elegir “10 Mbit/sec Half Duplex”, por que los radios SpeedLan Series 8000 transmiten de este modo.



En la opción “Setup 2” se configura el puerto RF. En esta ventana se puede configurar el modo de funcionamiento del radio, refiriéndonos a si el radio va a

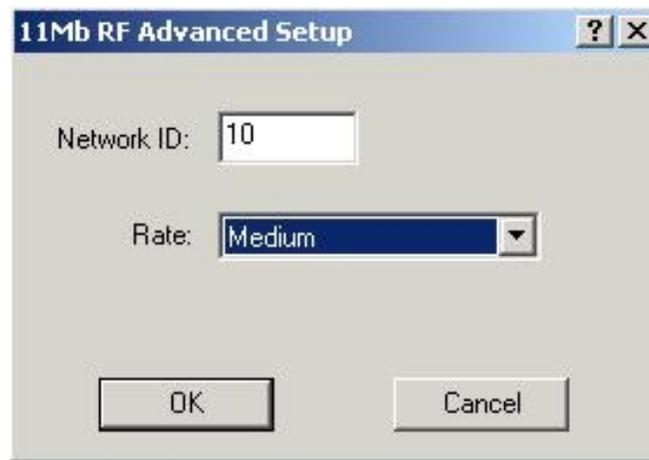
funcionar como base o como estación remota. En nuestro caso específico, el radio funciona como base, ya que este está situado en el nodo de Internet. Al escoger la opción “Campus PRC Base Station”, la ventana nos indica que la base soporta 48 estaciones remotas.



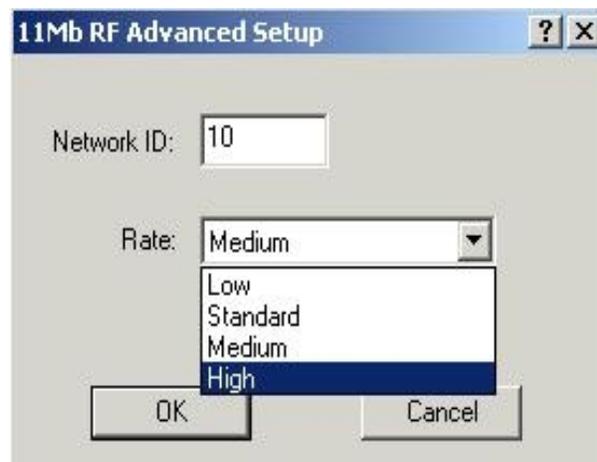
En la parte inferior de la ventana anterior se pueden observar las opciones para configuración avanzada del equipo.

Una de estas opciones es <Advanced>, la cual es una de las ventajas que trae consigo este software, porque además de que esta tecnología trae una división de

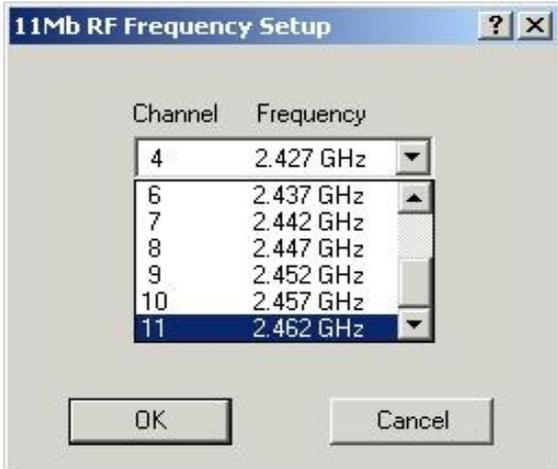
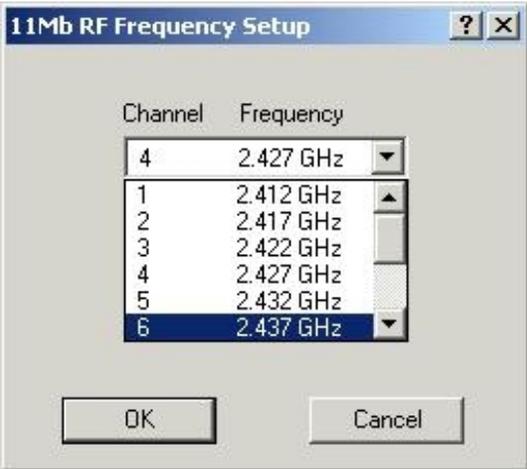
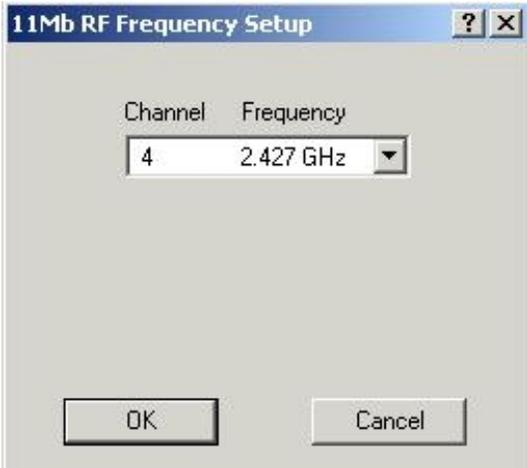
once canales, cada uno de 5MHz; este software trae una clasificación e identificación de sus paquetes, la cual esta dispuesta por medio de un "Network ID" y "Rate". Todo lo anterior es realizado para asegurar que los paquetes enviados por estos radios no sean captados o interferidos por otros radios que se encuentren en la zona y manejen la misma banda de frecuencias.



En la siguiente ventana se muestra la opción donde se escoge el "Rate".



En las siguientes ventanas, se muestran los diversos canales de la división en frecuencia de la banda.



Con todo lo anterior se culmina de manera satisfactoria la instalación y configuración de la parte lógica del enlace, este procedimiento debe realizarse en ambos extremos.

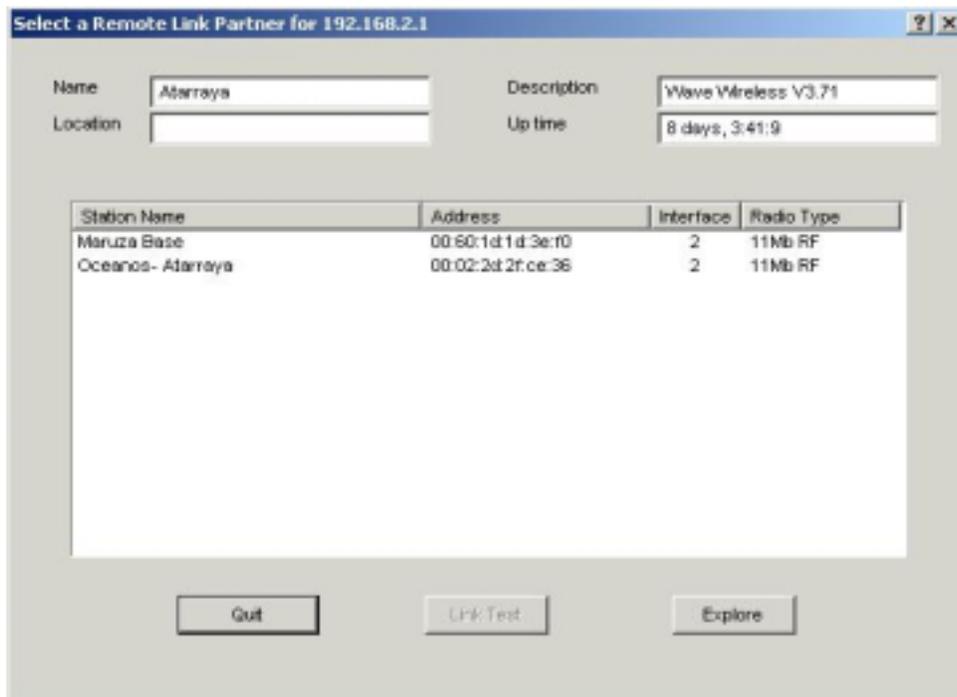
Es muy importante que ambos equipos queden con el mismo canal y Network ID, de otra manera el enlace no funciona.

## **6.2 MONITOREO Y VERIFICACIÓN DEL ENLACE**

El paso final del montaje es la verificación de la calidad del enlace. Este procedimiento se realiza con la ayuda del mismo software, el cual permite monitorear parámetros que definen la calidad del enlace.

La siguiente ventana es la opción con la cual se pueden visualizar los enlaces activos del radio. Luego de haber ingresado al radio y de haber culminado satisfactoriamente el procedimiento de configuración se ingresa en el menú principal a <Analyze>, luego cuando se despliega el submenú se ingresa a <Wireless Link Test>..

En esta opción aparecen distintas descripciones, que son básicamente información sobre el radio, pero para nuestra prueba nos interesa la parte donde se visualizan los enlaces directos con nuestro radio base.

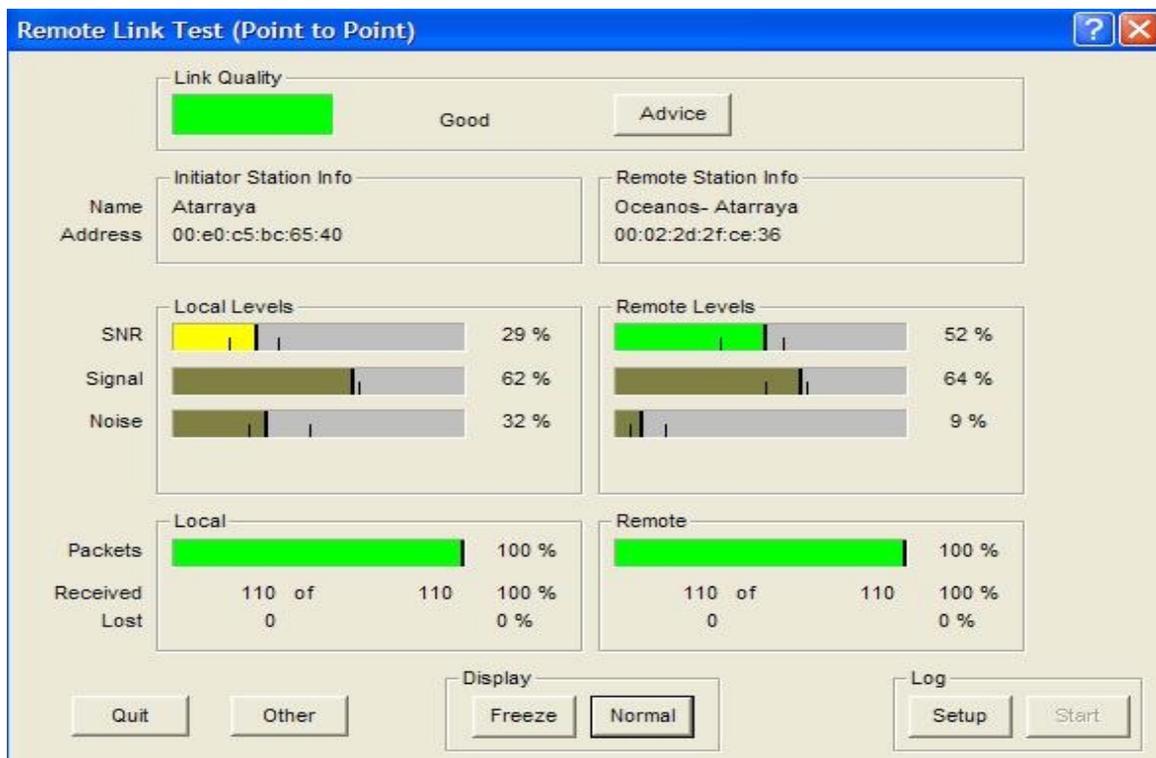


En esta ventana nos remitimos a seleccionar el enlace al cual le queremos hacer la prueba.

La siguiente ventana aparece cuando se realiza la prueba del enlace, en dicha prueba se observan diferentes parámetros, entre los cuales se tienen calidad del enlace, nombre de identificación tanto de la estación base como de la remota,

junto a esto las direcciones MAC respectivas; también se muestra los porcentajes de la Relación Señal a Ruido “SNR”; y los porcentajes de la transmisión de paquetes enviados, recibidos y perdidos.

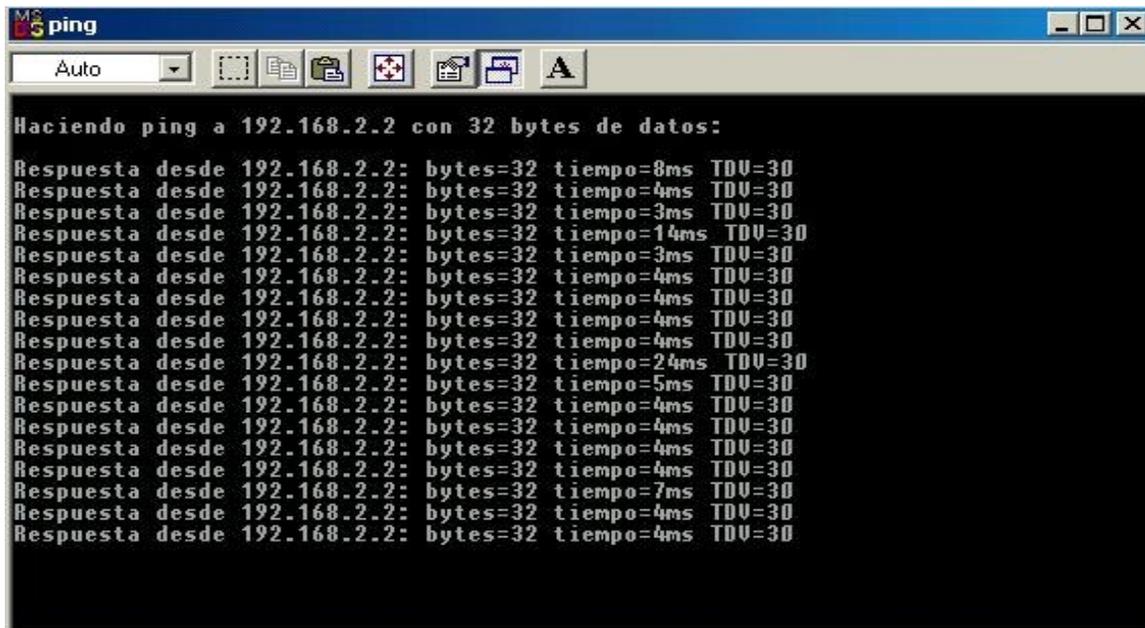
Esta ventana maneja un código de colores: verde =bueno, amarillo = aceptable, y rojo = malo.



Esta herramienta es ideal para el monitoreo permanente de los enlaces por parte del administrador de la red.

La herramienta de monitoreo es muy útil, pero la prueba final al enlace es la ejecución de un Ping prolongado al equipo remoto para tener el dato exacto del tiempo de respuesta del equipo y por ende del enlace.

En la siguiente ventana observamos un Ping prolongado desde un equipo en la subred de la base ( Atarraya) a la estación remota ( CI Oceanos)



```
MS-DOS [C:\] ping
Auto
Haciendo ping a 192.168.2.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=8ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=4ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=3ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=14ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=3ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=4ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=24ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=5ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=4ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=7ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=4ms TDV=30
Respuesta desde 192.168.2.2: bytes=32 tiempo=4ms TDV=30
```

Esta imagen es el ping del radio ubicado en C. I. Océanos.

En la siguiente ventana observamos un Ping prolongado desde un equipo en la subred de la base ( Atarraya) a la base, simplemente para la verificación del enlace Ethernet.

```
MS ping
Auto
Haciendo ping a 192.168.2.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo<10ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=2ms TDU=30
Respuesta desde 192.168.2.1: bytes=32 tiempo=1ms TDU=30
```

Los datos del monitoreo y las pruebas anterior nos comprueban que el enlace funciona sin problema alguno. Los tiempos de respuesta de la estación remota son excelentes para cualquier tipo de tecnología de enlace de datos.

## 7 CONCLUSIONES

Las redes MAN inalámbricas son una alternativa viable para los enlaces de datos a nivel metropolitano. Tienen ventajas y desventajas en comparación con los otros medios de transmisión existentes en el mercado, pero pueden ser la solución más práctica y económica para ciertas aplicaciones.

En el caso específico de las ISP, ofrecen una excelente solución para los enlaces de último kilómetro. El ancho de banda ofrecido y el simple hecho de no presentar incrementos económicos con el incremento de la longitud de los enlaces, (menores de 40 Km.), son dos puntos fuertes a favor de esta tecnología. El valor de los elementos que componen un enlace y la facilidad de instalación de los mismos hacen también que sea una tecnología considerable para la construcción de enlaces de datos.

Aunque es una tecnología comercialmente nueva, viene siendo utilizada con éxito desde hace más de 50 años por las fuerzas militares. El hecho de utilizar el aire como medio de transmisión no implica que la tecnología flaquea en cuestiones de seguridad. La tecnología **Spread Spectrum** cuenta con muchas herramientas para burlar los diferentes tipos de ataques que se podrían presentar por parte de intrusos, sin mencionar que también soporta encriptación de datos.

Es importante anotar que aunque la construcción de un enlace inalámbrico es un trabajo relativamente sencillo, existe una ciencia y unos procedimientos que seguir para poder garantizar que el enlace funcione y que los elementos instalados sean aprovechados óptimamente. Los enlaces construidos “al ojo”, puede que funcionen, pero seguramente no son óptimos y frecuentemente se incurre en sobrecostos.

El futuro es amplio para esta tecnología, cada vez es mas utilizada y ya existen entidades específicas y normas que la regulan. Con el tiempo se va a erradicar el pensamiento cerrado y erróneo de que la tecnología inalámbrica no soporta brisas ni lluvias. La tecnología inalámbrica aunque utilice el aire como medio de transmisión, es muy sólida y confiable.

## **8 BIBLIOGRAFIA**

**"Redes de Computadoras", A. Tannenbaum, Prentice-Hall**

**"Comunicación de Datos, Redes de Computadores y Sistemas Abiertos", F. Halsall, Addison Wesley, 1998**

**"Comunicaciones y Redes de Computadores", W. Stallings, Prentice-Hall, 1997**

**Web Oficial del Estándar 802.116**

<http://www.ieee802.org/16>

<http://grouper.ieee.org/groups/802/16/>

**Curso de Telecomunicaciones y Redes**

[http://www.eveliux.com/fundatel/menu\\_telecom.html](http://www.eveliux.com/fundatel/menu_telecom.html)

**Documento de enlaces inalámbricos**

[http://www.ictp.trieste.it/~its/2002/lectures/Carlo/wireless/docs/RF\\_propagation.pdf](http://www.ictp.trieste.it/~its/2002/lectures/Carlo/wireless/docs/RF_propagation.pdf)

## **Tecnologías inalámbricas**

<http://www.palowireless.com>

## **Monografía sobre Redes inalámbricas**

[http://www.um.es/~eutsum/escuela/Apuntes\\_Informatica/Divulgacion/Informatica/re  
desinalam.html](http://www.um.es/~eutsum/escuela/Apuntes_Informatica/Divulgacion/Informatica/re<br/>desinalam.html)

## **Universidad de Alcalá de Henares- Lab. de Redes de Computadores**

<http://www.arrakis.es/~sergilda/wlan/>

## **UNAB – Redes Inalámbricas**

<http://personales.com/colombia/bucaramanga/redeswlan/>

## **Calculo de la Zona de Fresnel**

[http://www.firstmilewireless.com/calc\\_fresnel.html](http://www.firstmilewireless.com/calc_fresnel.html)

## **Fichas técnicas de antenas**

[http://www.hyperlinktech.com/web/antennas\\_2400.php](http://www.hyperlinktech.com/web/antennas_2400.php)

## **Fichas técnicas de cables coaxial**

<http://www.timesmicrowave.com>

**Equipos SPEEDLAN y *Link Analyzer***

<http://www.wavewireless.com>

**Manual equipos SPEEDLAN**

## 9 GLOSARIO

**antena unidireccional.-** Antena caracterizada para radiar o recibir la mayor parte de energía en una sola dirección.

**antena Yagi.-** Antena simétrica constituida por un cierto número de elementos radiantes, que comprenden por un parte un elemento alimentado y, por la otra, elementos no alimentados, uno de los cuales actúa como reflector y los demás como elementos directores; dicha antena comprende a veces varios elementos reflectores situados fuera del plano de los elementos mencionados.

**banda.-** Conjunto de las frecuencias comprendidas entre límites determinados y pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión. La clasificación adoptada internacionalmente está basada en bandas numeradas que van de la que se ubica de los  $0.3 \times 10^n$  Hz a  $3 \times 10^n$  Hz, en la cual n es el número de banda.

**banda ancha.-** Forma de modulación en la cual se forman múltiples canales mediante la división del medio de transmisión en pequeños segmentos de frecuencia. Los canales de banda ancha son comúnmente utilizados para transmitir televisión.

**banda de base.-** Banda de frecuencias ocupada por una señal, o por varias señales multiplexadas; destinada a encaminarse por un sistema de transmisión radioeléctrico o por un sistema de transmisión por línea. En el caso de radiocomunicaciones, la señal de banda de base constituye la señal que modula el transmisor. Cuando una transmisión comprende una modulación múltiple, se considera ocupada por la señal que se aplica a la primera etapa de modulación y no la banda ocupada por una señal modulada intermedia.

**banda de frecuencia.-** Parte del espectro radioeléctrico que es utilizada para una emisión y que puede definirse por dos límites especificados, o por su frecuencia central y la anchura de la banda asociada.

**banda de microondas.-** Banda de frecuencia de más de 1000 MHz, que utiliza ondas muy cortas.

**baudio.-** Unidad binaria de transmisión de información por segundo. Mide la velocidad de traspaso de información por segundo que un canal es capaz de conducir. En la práctica, se iguala a bits por segundo (bps), aun cuando técnicamente no son lo mismo. También se llama baud.

**bit.-** La unidad de información más pequeña que puede ser procesada o transportada por un circuito. Es representado por la presencia o ausencia de un pulso electrónico (1 ó 0). Es la contracción de las palabras *binary digit*.

**byte.**- Grupo de ocho bits de información equivalentes a un carácter llamado también un octeto.

**datos** – Representación de objetos de una manera formalizada, adecuada para la comunicación o tratamiento por medio de personas o automáticamente. Es la información que se procesa por un programa de computadoras o señales continuas llamadas analógicas.

**datos analógicos** – Datos en forma de cantidades físicas de variaciones continuas de tensiones eléctricas.

**dBi** – Ganancia relativa de una antena, con respecto a un radiador isotrópico (i).

**dBm** – Nivel absoluto de potencia expresado en decibelios.

**decibel, decibelio, dB** – Décima parte de un Bel. Unidad para medir la intensidad relativa de una señal, tal como potencia, voltaje, etc. El número de decibeles es diez veces el logaritmo (base 10) de la relación de la cantidad medida al nivel de referencia.

**decodificador** – Dispositivo que efectúa la decodificación. Realiza la operación inversa a la codificación, decodificando una información digital de entrada con un determinado formato. El decodificador es el circuito que identifica el dato sometido a su entrada. Es fundamental para la operación de la unidad de control de las

computadoras, en la interpretación de las diferentes instrucciones del lenguaje máquina.

**demodulación** – Operación inversa a la modulación, para construir la señal modulada primitiva. En telegrafía es la reconstrucción en el aparato receptor del esquema, según el cual ha sido modulada para su transmisión en la corriente portadora de un despacho telegráfico. La demodulación permite restablecer el texto primitivo del telegrama.

**demodulador** – Circuito o dispositivo cuya acción sobre una onda portadora, permite recuperar o recomponer la onda moduladora original.

**densidad de bits** – Total de información o capacidad en bits contenida dentro de un área dada de memoria; se suele asociar este término a memorias externas (cintas, discos, etc.).

**densidad de flujo de potencia** – Potencia transmitida por unidad de superficie normal al vector de apuntamiento, en un sector del campo electromagnético.

**directividad** – Se define como la relación potencia por unidad de ángulo sólido (estereorradián), en esa dirección y la intensidad media radiada por la antena en todas las direcciones. Al convertir la pérdida de transmisión o, en casos concretos, la pérdida de transmisión en el trayecto de un rayo en una pérdida básica de transmisión, deben tomarse en cuenta las directividades de la onda plana para las

antenas transmisoras y receptoras, en la dirección y para la polarización en cuestión, en aquellos casos en que la calidad de funcionamiento de la antena está influida por el terreno local u otros obstáculos (que no afectan al trayecto). En el caso particular de propagación por onda de superficie con antenas situadas en el suelo o en sus proximidades, la superficie de captación de la señal y, en consecuencia, la potencia disponible, disminuyen con relación a su valor de espacio libre, por lo que debe deducirse el valor de  $g_r$  que ha de utilizarse.

**directividad de una antena** – En relación con una antena dirigida, grado en que la misma concentra la radiación o la captación de energía en determinada dirección o direcciones. Cuando mayor es la directividad, menor es la abertura angular del haz radiado o del haz de captación, según que la antena sea emisora o receptora, respectivamente. Representa el valor de la ganancia directiva en la dirección en que la misma es máxima.

**enlace de microondas** – Sistema de transmisión y recepción que hace uso de las ondas que se hallan en el rango de las microondas.

**enlace de radio** – Cualquier parte de un sistema de telecomunicación en el que se transmite por radio.

**enlace de RF (radio frecuencia)** – Enlace que se extiende desde la salida del convertidor ascendente de la estación terrena transmisora, hasta la entrada del convertidor descendente de la estación terrena receptora.

**enlace dedicado** – Facilidad brindada para el trayecto de telecomunicaciones, con características especificadas entre dos puntos.

**estación de microondas** – Estación de telecomunicaciones que opera en la banda de microondas y que se comunica con una similar ubicada a una distancia limitada por la línea de vista (es necesario que desde una estación se pueda observar la otra). Permite la transmisión de gran capacidad de canales telefónicos o de datos y de señales de televisión.

**FCC (Federal Communications Commission)** – Comisión Federal de Comunicaciones. Organismo dirigido por una junta de comisionados nombrados por el presidente de los Estados Unidos con base en el acta de comunicaciones de 1934. Tiene poder para regular todos los sistemas de telecomunicación interestatales e internacionales que se originan en los Estados Unidos.

**fibra óptica** – Técnica de transmisión de la luz por fibras finas, largas y flexibles de un material transparente. Dispositivo utilizado en la transmisión de señales, utilizando como medio de conducción un haz de luz. El uso dado a fibras de vidrio especiales, para transmitir pulsos de luz láser, dando las señales de encendido y

apagado de información digital. Las señales son codificadas mediante variación de algunas características de las ondas de luz, generadas por un láser de baja potencia. La salida es enviada a través de conductores de luz de fibra hacia un dispositivo que recibe y decodifica la señal.

**fibras de índice escalonado** – fibras ópticas que tienen un cambio brusco en el índice de refracción entre el núcleo y el revestimiento, con el índice de refracción del núcleo ligeramente mayor al del revestimiento (del 0.75% al 2%).

**fibras de índice gradual** – Fibras ópticas que tienen un índice de refracción que varía en función a la distancia radial, donde el eje de la fibra, con un valor máximo en el centro de la fibra que decrece a medida que se incrementa la distancia radial del núcleo.

**fibras monomodo** – Fibras que aceptan la programación de un solo nodo. Generalmente es una guía de onda óptica de bajas pérdidas con un núcleo pequeño, requiere de una fuente láser para la señal de entrada; debido a su pequeño cono de aceptación y a que el radio del núcleo se aproxima a la longitud de onda de la fuente, sólo un modo se propaga y se caracteriza por tener un ancho de banda muy grande y por su capacidad de eliminar la disposición modal.

**fibras multimodo** – Las fibras multimodo se clasifican en fibras ópticas de índice escalonado y de índice gradual; en estos tipos se propaga más de un modo, permitiendo que los rayos no axiales se propaguen a través del núcleo.

**frecuencia** – Ritmo de recurrencia o rapidez de repetición de un fenómeno periódico. Representa el número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica tal como corriente alterna, las ondas acústicas u ondas de radio.

**frecuencia asignada** – Dentro de la banda de frecuencias asignadas a una estación, rango hertziano en el que se debe transmitir una señal determinada.

**frecuencia característica** – Frecuencia que puede identificarse y medirse fácilmente en una emisión determinada que cumple con características ya conocidas. Una frecuencia portadora puede designarse, por ejemplo, como una frecuencia característica.

**frecuencia central** – Línea media geométrica de las frecuencias de corte de un filtro de ondas. Frecuencia portadora cuando se modula simétricamente.

**frecuencia continua** – Frecuencia de un oscilador en el cual los límites de variación están por debajo de lo permisible.

**frecuencia crítica** – Mínima frecuencia que puede propagarse como movimiento ondulatorio armónico en una guía de onda; tendrá longitud de onda y velocidad de fase de guía infinitas. El valor depende de las dimensiones y modo de la guía; también se llama frecuencia de corte.

**frecuencia de onda portadora** – Frecuencia en la cual va modulada la onda portadora.

**frecuencia modulada (FM)** – Modulación analógica en la cual la frecuencia de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora. En transmisiones de radio, cubre la banda de radiodifusión de los 88 a los 108 MHz y es menos susceptible a la interferencia que las transmisiones en AM. Se utiliza también en comunicaciones móviles bidireccionales. En inglés se le conoce por las siglas FM.

**frecuencia normalizada** – Relación entre el valor real de la frecuencia y su valor nominal.

**frecuencia portadora** – Frecuencia no modulada generada por un transmisor de radio, radar u otro, o bien la frecuencia medida de la onda emitida cuando es modulada por una señal. También se denomina frecuencia central, frecuencia simétrica de reposo.

**ganancia** – Lo contrario de pérdida. Se obtiene generalmente por la inserción de un amplificador en un circuito de transmisión. Se mide en nepers o en decibelios. Se define como el aumento del nivel de potencia, es decir, por la relación de la potencia efectiva a la que sería librada sin el conversor del amplificador.

En las antenas direccionales de radio, cociente (expresado en decibelios) de la tensión producida en las terminales del receptor por una señal que llegue a la dirección de sensibilidad máxima de la antena, dividida por la producida por la misma señal en una antena omnidireccional de referencia (generalmente un dipolo de media onda).

En el caso de una antena transmisora, es el cociente de la intensidad del campo que se produce en un punto a lo largo de la línea de radiación máxima, para una potencia determinada radiada por la antena, dividida por la que produce el mismo punto y para la misma potencia en una antena omnidireccional. Grado de amplificación de una señal proporcionada por un determinado *circuit*, suele expresarse en dB.

En televisión, exponente que entra en la ley de la potencia usada como aproximación de la curva del valor de salida en función del valor de entrada sobre la región de interés.

**ganancia absoluta** – Ganancia en una dirección cuando la antena de referencia es isotrópica y está aislada en el espacio.

**ganancia de amplificador** – Razón entre la potencia de una señal a la salida de un amplificador y su potencia a la entrada.

**ganancia de antena** – Relación, generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria, la entrada de una antena y la potencia suministrada a la entrada de la antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión; para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo o la misma densidad de flujo de potencia a la misma distancia; salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización especificada. Según la antena de referencia elegida, se distingue entre:

- a) La ganancia isótropa o absoluta si la antena de referencia es un dipolo de media onda, aislado en el espacio.
- b) La ganancia en relación con un dipolo de media onda, si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contiene la dirección dada.

c) La ganancia en relación con una antena vertical corta, si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada.

**ganancia de potencia** – Cociente entre la potencia transferida a la carga por un dispositivo cuando se le está excitando mediante un determinado generador y la potencia que dicho generador transfiere al dispositivo en cuestión.

**ganancia de transmisión** – Aumento de potencia (generalmente expresado en dB) entre un punto y otro de una línea de transmisión.

**Giga** – Prefijo que representa mil millones.

**Gigabit** – Mil millones de bits, anteriormente denominado billibit.

**gigaciclo** – Mil millones de ciclos, término con igual significado que gigaherzio.

**gigaherzio (GHz)** – Múltiplo del hertzio; significa mil millones de hertz.

**guía de ondas** – Conductor hueco de metal que permite la propagación en su interior de frecuencias ultraelevadas (microondas).

**halfduplex** – Modo de operación de un sistema o circuito de telecomunicaciones también conocido como operación semiduplex, dúplex en alternativa, explotación

en semiduplex u operación en semiduplex. Permite establecer una comunicación simple en la cual pueda invertirse el sentido de la transmisión. También corresponde a una creación de simplex, con la diferencia que uno de los dos interlocutores o corresponsales tienen el mando de la comunicación, y determina el sentido de la transmisión, es decir, puede hablar o escuchar a voluntad, cosa que ha de someterse a la voluntad del primero.

**hardware** – Parte que corresponde a los elementos físicos constituyentes (circuitería, equipo físico), de un computador, ya sean de tipo electrónico. Eléctrico o mecánico. Aunque inicialmente fue término de argot (de aquí su difícil traducción) hoy en día está generalmente aceptado.

**hertz (hz)** – Unidad de medida de la frecuencia oscilante, igual a un ciclo o periodo por segundo.

**IEC (International Electrotechnical Comission)** – Comisión Internacional Electrotécnica. Organismo internacional relacionado con la elaboración de normas en la ingeniería eléctrica y electrónica que edita diversas publicaciones preparadas por sus comités técnicos.

**IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers)** – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Organismo norteamericano, parte del ANSI, que mediante estudios propios promueve normas de estandarización. El IEEE es una

organización profesional y una de sus principales actividades es el desarrollo de normas no obligatorias pero generalmente aceptadas, en el área de comunicaciones y electrónica, con énfasis en técnicas de medición y definición de términos.

**IEEE802.X:** Conjunto de especificaciones de la redes LAN dictadas por el IEEE (the Institute of Electrical and Electronic Engineers). La mayor parte de las redes cableadas cumplen la norma 802.3, especificación para las redes ethernet basadas en CSMA/CD, o la norma 802.5, especificación para las redes Token Ring. Existe un comité 802.11 trabajando en una normativa para redes inalámbricas de 1 y 2 Mbps. La norma tendrá una única capa MAC para las siguientes tecnologías: Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) e infrarrojos. Se están desarrollando borradores de las normas.

**Infraestructura de red:** Red inalámbrica centrada en un punto de acceso. En este entorno los puntos de acceso no solo proporcionan comunicación con la red cableada sino que también median el tráfico de red en la vecindad inmediata.

**intermodulación** – Fenómeno que ocurre en un sistema no lineal cuando se aplican a la entrada dos o más señales de frecuencias diferentes y que tiene por efecto hacer aparecer a la salida señales parásitas cuyas frecuencias son

respectivamente iguales a la suma y a la diferencia de las frecuencias de las señales incidentes y de sus armónicas.

**ISDN (integrated services digital networks)** – Véase red digital de servicios integrados.

**ISO (International Standard Organization)** – Organización Internacional para Estandarización, conjuntada en 1947 como una agencia especializada de las Naciones Unidas, la ISO se encarga de la normalización internacional trabajando con los cuerpos normativos de aproximadamente 90 países.

El alcance del trabajo técnico de la ISO cubre todos los campos de la normalización con la excepción de la ingeniería eléctrica y electrónica, las cuales, por acuerdo, son responsabilidad de la Comisión Electrotécnica Internacional.

**kilobaud** – Unidad de velocidad que se compone de 1000 bauds y que se toma como referencia en las comunicaciones telegráficas, correspondiente a la transmisión de un intervalo o punto Morse por segundo.

**kilobits (kb)** – Unidad igual a mil bitios o bits.

**kilobyte (kb)** – Medida de volumen de transmisión de datos, equivalente a 1 024 bytes.

**Kilocarácter** – Medida de volumen de transmisión de datos. Equivalente a mil caracteres.

**kilocteto** – Medida de volumen de transmisión de datos equivalente a 1 024 octetos, es similar al kilobyte.

**LAN (local área network's)** –Véase redes de área local.

**LED (light emitting diode)** –Véase diodo emisor de luz.

**línea** – En telecomunicaciones, circuito, comunicación, parte exterior de un circuito constituido por los conductores que conectan un aparato telefónico o telegráfico con la central, o conectan 2 centrales. Cable conductor de energía eléctrica.

**línea conmutada** – Línea de comunicación que permite el acceso a una red utilizando enlaces telefónicos.

**línea dedicada** –Línea destinada a la recepción y salida de un servicio específico punto a punto.

**línea física** – Son las líneas que permiten la conducción de señales. Pueden ser principalmente metálicas o hechas de materiales sintéticos. Su aplicación va desde sistemas de energía, telefónicos, radioelectrónicos y de onda portadora.

**lóbulo lateral de la antena** – Dirección de propagación de la radiación de una antena fuera del haz principal.

**lóbulo posterior** – Lóbulo de radiación cuya dirección es sensiblemente opuesta a la del lóbulo principal de la antena.

**lóbulo principal** – Lóbulo que contiene la dirección de máxima radiación.

**MAN (Metropolitan Area Networks)**- Véase redes de área metropolitana.

**megabyte** – Medida de volumen de transmisión de datos que representa un millón de caracteres o bytes.

**megahertzio** – Un millón de hertzios o hertz. Antiguamente denominado megaciclo.

**menú** – Conjunto de opciones que se presentan al usuario a lo largo de un proceso interactivo para que elija la opción más adecuada. Los menús se usan dentro de los programas de aplicaciones informáticas y en los de comunicaciones sirven para que el usuario configure el módem de acuerdo con lo que se desea transmitir.

**microondas** – Término con el que se conocen las longitudes de onda del espectro que abarca aproximadamente de 30 a 0.3 cm, y corresponde a frecuencias comprendidas entre 1 y 100 GHz.

Hasta el momento, las microondas son el principal medio de transmisión a larga distancia. Un solo canal de radio en microondas puede tener 6 000 canales de voz en un ancho de 30MHz. En las transmisiones de microondas una señal de RF es generada, modulada, amplificada y enviada a través de una antena transmisora. Irradia por el espacio libre hasta una antena receptora que la amplifica y demodula.

**milisegundo** – Milésima parte de un segundo.

**miliwatt** – Un milésimo de watt, es la base para medir los niveles de intensidad de la señal en los circuitos de telecomunicaciones.

**módem** – Dispositivo electrónico que realiza las funciones de modulación o demodulación en una transmisión. Puede ser analógico o digital. Hace posible que las señales de datos sean transportadas por los medios de conducción, su nombre proviene de la contracción de las palabras modulador-demodulador.

**modo de funcionamiento** – Subconjunto del conjunto total de funciones posibles de un elemento.

**modo dúplex** – Conducción simultánea entre dos terminales correspondientes en sentidos opuestos.

**modo semiduplex** – Conducción alterna entre dos terminales correspondientes en sentidos opuestos.

**modo simplex** – conducción en un solo sentido.

**modulación** – Proceso por el que se modifican algunas de las características de una oscilación y onda de acuerdo con las variaciones de otra señal llamada generalmente moduladora.

**modulación analógica** – Modulación para comunicaciones analógicas en la que las ondas originales son directamente moduladas en portadoras en el transmisor, utilizando alguna forma de amplitud modulada (AM), frecuencia modulada (FM) o modulación por fase (PM).

**modulación de frecuencia** – Modulación en la cual la frecuencia de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora. En inglés, se le conoce por las siglas FM.

**modulación digital** – Modulación para comunicaciones digitales en la que las ondas originales son primero convertidas en secuencias de bits y después transformadas por codificación en portadoras de RF para su transmisión. La codificación se realiza mediante diferentes técnicas como pueden ser BPSK, QPSK, FSK, etcétera.

**modulación por desplazamiento de frecuencia** – Proceso de conversión de señales analógicas en digitales, en el cual la frecuencia instantánea, resultante de la onda modulada, es desplazada entre un conjunto de valores discretos relacionados con las condiciones significativas de la señal digital modulada. Se le conoce por sus siglas en inglés FSK.

**modulador** – Dispositivo empleado para modular o variar las características fundamentales de una onda senoidal con otra señal llamada moduladora.

**nodo principal** – Principal punto de convergencia de varios conductores eléctricos o de comunicación.

**normalización** – Fijación, por medio de un acuerdo, de los criterios que debe cumplir un proceso o bien producido en cuanto a calidad, tipo de material, valores de ciertas características asociadas, etc., de modo que dé un resultado adecuado para un fin dado.

**onda corta (ondas decamétricas)** – Tienen la propiedad de ser reflejadas por las capas electrizadas de la atmósfera, comprendida entre los 10, 50, 200 y 545 metros, respectivamente.

**onda de baja frecuencia** – onda de frecuencia inferior o igual a 3 000 GHz.

**onda de señal** – Onda que permite la transmisión de información o de algún efecto de las comunicaciones.

**onda larga** – En radiocomunicaciones, onda electromagnética con longitud superior a unos 545 metros (frecuencia inferior a 550 KHz).

**onda portadora** – Onda generada y modulada en un transmisor con objeto de transportar información. La modulación puede ser de amplitud, de frecuencia o de fase. Se le conoce por su abreviatura en inglés CW.

**onda sinusoidal** – Representación gráfica de una señal analógica.

**ondas de alta frecuencia** – Ondas radioeléctricas cuya frecuencia es superior a 3 MHz e inferior o igual a 30MHz. También se conocen como ondas decamétricas con longitud de onda de 10 a 100 metros.

**ondas de radio** – Ondas electromagnéticas que se extienden en parte del espectro que va de las altas frecuencias de radio audibles, justo un poco abajo de la región infrarroja.

**par** – Línea bifilar, línea de dos conductores. Conjunto de dos conductores aislados uno del otro y asociados para entrar en la constitución de una o más vías de transmisión.

**par coaxial** – Línea de transmisión en la cual un conductor está centrado y aislado de un tubo metálico que sirve como segundo conductor.

**par de conectores** – Dispositivos extremos de una guía de onda que permiten la unión con otra guía de onda de igual o de diferentes características.

**par telefónico** – Los dos conductores de cobre de un circuito telefónico que conectan al equipo telefónico del usuario con el conmutador.

**parámetro** – Cantidad a la cual se le pueden asignar valores arbitrarios (se utiliza como punto de referencia), bajo los cuales sucede un evento (transmisión, etc.)

**parámetros de líneas de transmisión** – Parámetros que caracterizan el comportamiento de una línea de transmisión. Los más importantes son la constante de atenuación y la constante de fase.

**pararrayos** – Dispositivo de protección contra las descargas atmosféricas; comprende por lo general varillas o puntas; tomas de tierra, y conductores que unen los diversos elementos entre sí.

**pasabanda de frecuencias** – Dispositivo electrónico que deja pasar determinadas frecuencias. La banda pasante de un circuito-resonante-serie es la diferencia en hertzios (ciclos por segundo) que hay entre la frecuencia más alta y la frecuencia más baja que el circuito deja pasar, tomándose estas frecuencias como aquéllas

para las cuales la amplitud de la tensión o corriente corresponden al pico de la curva.

**patrón de frecuencia** – Oscilador de frecuencia estable, por lo general controlado por un cristal o diapasón, empleado principalmente en la calibración de frecuencias.

**patrón de radiación** – Término utilizado para describir la forma geométrica con la que una antena irradia o recibe las señales electromagnéticas; es decir, en cuales direcciones lo hace con mayor o menor efectividad.

**pérdida de transmisión de un enlace radioeléctrico** – Relación, habitualmente expresada en decibelios, para un enlace radioeléctrico, entre la potencia radiada por la antena de transmisión y la potencia que estaría disponible a la salida de la antena de recepción si no hubiera pérdida en los circuitos de radiofrecuencia, suponiendo que se mantengan las características de directividad de las antenas.

**pérdida del sistema** – En un enlace radioeléctrico, relación (expresada generalmente en decibelios) entre la potencia de radiofrecuencia entregada a la entrada de la antena transmisora y la potencia de la señal de radiofrecuencia resultante disponible a la salida de la antena receptora.

**pérdida relativa al espacio libre** – Diferencia, expresada en decibelios, entre la potencia básica de transmisión y la potencia básica de recepción.

**pérdida total de un enlace radioeléctrico** – Relación, habitualmente expresada en decibelios, entre la potencia suministrada por el transmisor de un enlace radioeléctrico y la potencia recibida en el receptor correspondiente, en las condiciones reales de instalación, propagación y explotación.

**pérdidas atmosféricas** – Pérdidas de propagación de la señal debidas a fenómenos atmosféricos.

**perturbación radioeléctrica** – Fenómeno electromagnético que se manifiesta por las emisiones de radiofrecuencias y es susceptible de crear problemas de funcionamiento a un dispositivo, equipo o sistema.

**polarización** – Desarrollo lineal o circular que se imprime a una onda electromagnética, la cual se modifica en su trayecto por rotación del plano de polarización o despolarización de las ondas.

Es la propiedad de una onda electromagnética que describe la dirección del vector campo eléctrico.

Fenómeno perjudicial que se observa en el dieléctrico. Tiene por efecto aumentar la capacidad y el factor de disipación a frecuencias infravolubles.

Acción y efecto de hacer que el movimiento ondulatorio que está en un solo plano perpendicular a la dirección de la onda electromagnética del rayo luminoso; varíe

de los vectores (eléctrico y magnético) de una radiación electromagnética a una dirección particular.

**polarización horizontal** – En radio, polarización de las ondas de modo que las líneas de fuerza eléctrica son horizontales, lo que equivale a decir que el plano de polarización magnética es vertical. Se transmite con polarización horizontal cuando la antena o sus elementos activos tienen esa posición; en ese caso la antena receptora o sus elementos activos deben estar también en posición horizontal.

**polarización vertical** – En radio, polarización de las ondas de modo que las líneas de fuerza eléctrica de polarización magnética son horizontales. Las ondas se emiten con polarización vertical cuando la antena emisora o sus elementos activos tienen posición vertical en ese caso, la antena receptora o sus elementos activos deben estar, asimismo, en posición vertical.

**portadora** – Onda de radio generada por un transmisor cuando no existe señal de modulación.

**posicionamiento** – Acción de apuntar correctamente las antenas y enviar y recibir ondas radioeléctricas.

**potencia** – Suma total de las relaciones entre la potencia en la cresta de la envolvente, la potencia media y la potencia de la portadora, para las distintas

clases de emisión, en condiciones normales de funcionamiento y en ausencia de modulación. Se indica en las recomendaciones del CCIR que pueden tomarse como guía para determinar tales relaciones.

**potencia activa** – Potencia media en un circuito de corriente alterna. En el caso de una onda sinusoidal, es igual al producto de la tensión eficaz y el componente en fase de la tensión eficaz.

**potencia de la portadora de un transmisor radioeléctrico** – Media de la potencia suministrada a la línea de alimentación de la antena por un transmisor durante un ciclo de radiofrecuencia en ausencia de modulación.

**potencia de ruido de interfrecuencia** – Suplemento de la potencia de ruido resultante de la potencia de una línea de telecomunicaciones de tensiones o de corriente.

**potencia del haz** – Producto de la

**potencia radiada** – Potencia total emitida por una antena emisora, se expresa en watts.

**propagación** – Transmisión de energía al frente de ondas, en forma de ondas electromagnéticas en la dirección normal. Generalmente es esférico, o forma parte de una esfera o de un plano. Se aplica también a las ondas acústicas.

**propagación de la señal** – Viaje de una señal entre un transmisor y un receptor.

**propagación de ondas** – Avance de las ondas electromagnéticas a través de un medio, o avance de una perturbación eléctrica instantánea a través de una línea de transmisión.

**propagación en el espacio libre** – Propagación de una onda electromagnética en un medio dieléctrico ideal homogéneo que se puede considerar infinito en todas las direcciones.

**Punto de acceso:** Dispositivo que transporta datos entre una red inalámbrica y una red cableada (infraestructura).

**radiación** – Fenómeno que se produce cuando un receptor que emplea la reacción en el circuito de antena es ajustado en forma que se pone a oscilar. Por este motivo, se ve aumentada la fuerza de la señal para los receptores vecinos.

**radio** – Término general que se aplica al empleo de las ondas electromagnéticas, entre ellas pueden estar el radiorreceptor, el radioemisor, la estación radiotelegráfica, la radiocomunicación, la radiotelefonía, etc.

**radio de largo alcance** – Sistema de radio de microondas para la transmisión de señales telegráficas y telefónicas a largas distancias del orden de 5 600 Km. o

más en tramos de línea visual entre una serie de repetidores que demodulan la señal para producir la frecuencia intermedia.

**radio de onda larga** – comunicación por radio en que se pueden recibir frecuencias inferiores a la frecuencia más baja de radiodifusión de 550 KHz.

**radioenlace** – Sistema usado para mantener una comunicación por medio de la radio entre dos puntos específicos mediante el uso de ondas radioeléctricas.

**razón señal/ruido** – Relación entre el valor de la señal deseada en un punto dado y el ruido existente en dicho punto; por lo general expresada en decibeles.

**recepción** – Acción de recibir señales.

**red** – Un número determinado de estaciones radiodifusoras o de televisión conectadas por cable coaxial, radio, o línea alámbrica, de tal forma que todas las estaciones puedan emitir el mismo programa, simultáneamente.

**red de área extensa** – Grupo de sistemas de cómputo que cubren regiones extensas de un estado o de un país o todo el mundo, su velocidad de transmisión varía desde unos cientos de bits por segundo hasta un megabit (un millón de bits) por segundo. Sus siglas en inglés son WAN.

**red de área local** – Zona de acción en la que se presta el servicio de red o del conjunto organizado de estaciones que pueden comunicarse entre sí, en la cual un

procesador sirve como servidor de la red y los elementos que la integran pueden ser procesadores o terminales, los elementos locales pueden ser del tipo cable Ethernet, cable de banda ancha o arillo de señal. En inglés, sus siglas son LAN.

**red del área metropolitana** – Red integrada por un conjunto organizado de terminales o redes distribuidas dentro de un área metropolitana cuyas configuraciones típicas son en malla o estrella; su diámetro no es mayor a 50 Km. Sus siglas en inglés son MAN.

**red de microondas** – Sistema de comunicaciones formado por estaciones separadas entre 30 y 80 kilómetros que permiten la transmisión de una gran cantidad de canales telefónicos (2600 o más) o varios canales de televisión. Operan en las frecuencias más altas de radio (de 1 a 30GHz).

**red de telecomunicación** – Conjunto de medios para proporcionar servicios de telecomunicación entre cierto número de ubicaciones donde el equipo proporciona acceso a esos servicios.

**red Ethernet** – Red de topología lineal. Las estaciones de trabajo Etherlink se van anexando al troncal de cable coaxial con conectores normales del tipo BNC. El tipo de protocolo que maneja es CSMA/CD/CA.

**redes multipunto** – Redes en las que todos los nodos comparten un medio de comunicación común. Son las ideales para las redes de ámbito reducido o local,

pues permiten enviar mensajes a todos los nodos a la vez y ahorran trabajo a los nodos, ya que ninguno debe hacer de repetidor. Como en las redes punto a punto, también ahora hay inconvenientes que casualmente son contrapuestos a los del caso anterior, puesto que estas redes multipunto, al tener muchos receptores en paralelo, no pueden alcanzar grandes distancias; no obstante, un caso particular de las redes multipunto son las redes con uso de satélite, en las que las distancias prácticamente no tienen límite.

**reflector** – Superficie reflectora destinada a modificar la dirección de la energía radiante o de las ondas sonoras o a concentrar aquélla o éstas en una dirección deseada.

**reflector parabólico** – Antena del satélite de tipo parabólico que proporciona haces para los enlaces ascendentes y descendentes tanto en banda C como Ku.

**región de Fresnel** – Región entre la antena y la región de Fraunhofer.

**relación de señal/ruido** – Relación de potencia de señal a potencia de ruido que existe en algún punto específico de un sistema electrónico.

**relación de señal/ruido normalizada** – Desempeño del receptor en función de la distorsión, de la mutilación de la señal o de la proporción de caracteres erróneos. Se utiliza a menudo la relación de potencia señal/ruido en el receptor, inmediatamente antes de la parte o lineal; en tales casos, se emplea un parámetro

llamado “relación señal/ruido normalizada, definida como la relación de potencias señal/ruido por budio y por unidad de anchura de banda.

**ruido** – Fenómeno físico variable que no contiene en apariencia información y que puede superponerse o combinarse con una señal útil.

Cualquier señal indeseada superpuesta a la ya existente. El ruido eléctrico se puede producir por chispazos pequeños, irregulares, al abrir o cerrar un interruptor. Se puede originar también por ondas de radio o campos eléctricos magnéticos en el entorno. En inglés, se le conoce como noise.

**ruido artificial** – Ruido en los canales de comunicación, producidos por fuentes que no son extraterrestres, ni están asociados a las perturbaciones atmosféricas, tales como motores eléctricos, encendido de motores de explosión, fugas en líneas de altas tensión, diatermia y generadores para calentamiento industrial.

**ruido blanco** – Ruido aleatorio de origen eléctrico o acústico presente en una banda de frecuencias dada.

**ruido de interferencia** – Señal a la salida de la demodulación de frecuencia de un receptor de comunicaciones; función de la señal deseada de radiocomunicación y de la señal interferente no deseada. Diferentes organizaciones han investigado este fenómeno en forma experimental, midiendo los niveles de la potencia de ruido

de interferencia y/o de la señal y las densidades de potencia de ruido observadas en una determinada ranura de frecuencias de un sistema de radiocomunicaciones.

**ruido seudoaleatorio** – Secuencia relativa seudoaleatoria de impulsos, cuya configuración se asemeja lo más posible al verdadero ruido; utilizado en la comprobación del comportamiento de sistemas electrónicos y de telecomunicaciones.

**RX (receptor)** – Abreviatura que denota recepción, término aplicado a recibe una señal, mensaje u otra forma de información.

**T-I** – Portadora digital para señales de voz. Consistente en multiplexar juntos 24 canales de voz, utilizando 7 bits para codificar cada prueba. Se transmite a frecuencias de voz de 4 KHz, por lo que se necesitan 8 000 pruebas por segundo, cada una de esas pruebas tarda 125 microsegundos en efectuarse. La combinación del número de canales, por el número de bits de pruebas, da la velocidad de 1 544 bps, que es el estándar de transmisión T-I.

**tasa de bits errados** – Fracción de una secuencia de bits de mensajes que se reciben con error en promedio por cada millón de bits transmitidos, en condiciones normales las transmisiones por satélites tienen una menor tasa de bits errados que las transmisiones terrestres, ya que típicamente sólo se realiza un reflejo o repetición de señal, con lo que la introducción de ruido, y por consiguiente la

degradación, es menor. Sin embargo está sujeto a mayores errores en condiciones climatológicas adversas.

**técnicas de control de acceso al satélite** – A fin de optimizar la capacidad portadora de un satélite, así como para satisfacer la demanda de servicios, se utilizan diversas técnicas de acceso múltiple al satélite como son: Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), Acceso Múltiple por Diferenciación de Código (CDMA), Acceso Múltiple por Asignación en Función a la Demanda (DMA).

**técnica del espectro ensanchado** – El ensanchamiento de espectro (spread spectrum) consiste fundamentalmente en ensanchar la potencia de la señal en una anchura de banda mucho mayor que la señal, esto se logra multiplicando la señal con un código especial durante la transmisión. La estación receptora la comprime y la demodula. Esta técnica se viene utilizando desde 1981. Es especialmente útil para las comunicaciones por satélite destinadas a estaciones terrenas muy pequeñas, ya que permite la transmisión confiable de datos a pesar de la presencia de señales interferentes fuertes.

**tecnología digital** – Tecnología utilizada en las telecomunicaciones relativa a la información en forma digital o de estados discretos.

**telecomunicación** – Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

**telecomunicación óptica** – Telecomunicación por medio de haces luminosos o de una radiación invisible, telecomunicación mediante un haz láser.

**telemática** – Servicio de telecomunicación que completan los servicios telegráficos o telefónicos tradicionales, utilizando generalmente técnicas de teletratamiento para permitir que el usuario reciba o envíe información pública o privada, o efectúe operaciones tales como la consulta de archivos. Término originado para describir la combinación de la informática con las telecomunicaciones.

**TIA (Telecommunications Industry Association)** – Asociación de Industrias de las Telecomunicaciones. Organismo fundado en 1968 como resultado de la fusión de la US Telephone Suppliers Association (Asociación de Proveedores de Equipos Telefónicos de los Estados Unidos) y el grupo de tecnología informática dentro de la Electronic Industries Association, EIA (asociación de Industrias Electrónicas).

Ambas, la TIA y la EIA, redactan normas que deben ser ratificadas por la American National Standards Institute ANSI.

**términos de radio frecuencia: GHz, MHz, Hz.** La unidad internacional de medida de frecuencia es el Hertzio (Hz) el cual es equivalente a la unidad antigua de ciclos por segundo. Un MHz es un millón de Hertzios y un GHz son mil MHz (mil millones de Hz). Como referencia: La frecuencia eléctrica utilizada en Europa son 50 Hz y en EEUU son 60 Hz. La banda de frecuencia de radiodifusión AM es 0.55 - 1.6 MHz. La banda de frecuencia de radiodifusión FM es 88 - 108 MHz. Los hornos microondas típicamente operan a 2.45 GHz.

**tiempo de propagación** – Tiempo necesario para que una señal pase por un dispositivo o recorra un medio conductor.

**topología** – Término que describe la configuración, conexión, clase y forma de operación de los elementos que componen una red de comunicaciones de datos, red de área local o red digital de servicios integrados.

Estudio de aquellas propiedades de los espacios que generalizan la noción del “límite” y “función continua” del análisis.

**torre de microondas** –Estructura que en su parte superior cuenta con antenas parabólicas que transmiten, repiten o reciben las ondas electromagnéticas y que se encuentran conectadas a equipos de radiofrecuencias.

**torre de radio** – Torre que generalmente varias decenas de metros de altura, en que la antena está montada convencionalmente para aumentar el alcance de la transmisión por radio; en algunos casos la antena puede ser la propia torre.

**transmisión de datos** – Transferencia de datos en forma codificada de un lugar a otro por una telecomunicación.

**transmisor** – Equipo utilizado para la generación de una onda radioeléctrica modulada con la información deseada y alimentada a una antena para ser emitida al espacio.

**transmisor de radio** – Equipo utilizado para generar y amplificar una portadora de radiofrecuencia, modular la señal portadora con la información y alimentar la portadora modulada a una antena para su radiación en el espacio como ondas electromagnéticas. Denominado también equipo de radio, radiotransmisor o transmisor.