

**USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO VÍA RADIO WLL, MMDS, LMDS**

**LUIS FERNANDO MONTENEGRO TABORDA**

**REYNALDO PADILLA VILLALBA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**MINOR COMUNICACIÓN Y REDES**

**CARTAGENA (BOLÍVAR)**

**2008**

**USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO VÍA RADIO WLL, MMDS, LMDS**

**LUIS FERNANDO MONTENEGRO TABORDA**

**REYNALDO PADILLA VILLALBA**

**Monografía para obtener el título de Ingeniero de Sistemas**

**Director:  
GONZALO GARZON**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**MINOR COMUNICACIÓN Y REDES**

**CARTAGENA (BOLÍVAR)**

**2008**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Cartagena, Septiembre de 2008**

Cartagena de Indias, D. T y C, 23 de Enero de 2008.

Señores:

Comité Curricular

Universidad Tecnológica de Bolívar.

Ciudad.

De la manera más atenta, no permitimos presentar a su consideración y aprobación, el trabajo de grado titulado: **“USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO VÍA RADIO WLL, MMDS, LMDS”** elaborado por **LUIS FERNANDO MONTENEGRO TABORDA y REYNALDO PADILLA VILLALBA**

Esperamos que el presente trabajo se ajuste a las expectativas y criterios evaluativos de la Universidad para los trabajos de grado.

Agradeciendo de antemano su colaboración.

Cordialmente,

---

**LUIS F. MONTENEGRO TABORDA**  
**CC: 73.202.989 DE CARTAGENA.**

---

**REYNALDO PADILLA VILLALBA**  
**CC: 73.186.159 DE CARTAGENA**

Cartagena de Indias, D. T y C, Septiembre de 2008.

Señores:

Comité Curricular

Universidad Tecnológica de Bolívar.

Ciudad.

A través de la presente me permito entregarle la monografía titulada: “**USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO VÍA RADIO WLL, MMDS, LMDS**”, para su estudio y evaluación la cual fue elaborada por los estudiantes **LUIS FERNANDO MONTENEGRO TABORDA** y **REYNALDO PADILLA VILLALBA** de los cuales acepto ser su director.

Atentamente,

---

**Ing. Giovanni Vásquez**

## **AUTORIZACIÓN**

Cartagena, D. T. y C., Enero de 2008.

Yo, **LUIS FERNANDO MONTENEGRO TABORDA**, identificado con el número de cedula 73202989 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el Catalogo Online de la biblioteca.

---

**LUIS FERNANDO MONTENEGRO TABORDA**

## **AUTORIZACIÓN**

Cartagena, D. T. y C., Enero de 2008.

Yo, **REYNALDO PADILLA VILLALBA**, identificado con el número de cedula 73.186.159 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el Catalogo Online de la biblioteca.

---

**REYNALDO PADILLA VILLALBA.**

## RESUMEN

En esta monografía se tratarán los sistemas de acceso vía radio y serán fundamentalmente los basados en las tecnologías WLL (Wireless Local Loop), MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) y el LMDS (Local Multipoint Distribution System). Como estos sistemas usan microondas, se requiere que no exista ningún tipo de obstáculo físico entre la antena emisora y la receptora, y para obtener la máxima eficiencia posible de transmisión, el equipo transmisor se instala en el punto de cota de terreno más alto. Cada uno manejando tipos de frecuencias y distancias diferentes.

La tecnología de **Bucle Local Inalámbrico (WLL)**, se basa en la utilización del espectro radioeléctrico. Es un sistema en el cual la central de comunicaciones local y los usuarios, se conectan usando la tecnología de radio en lugar de hacerlo a través de cables, este permite operar a una capacidad de transmisión mayor a 1Mbit por usuario y más de 1Gbit de ancho de banda agregado por área de cobertura. Este sistema de bucle local inalámbrico puede ser aplicado para llevar los servicios de telefonía a las áreas aisladas; para proveer de servicios avanzados a las áreas de negocios; para reemplazar los sistemas cableados en las zonas comerciales y residenciales; y como una alternativa de tecnología de bucle local para mercados nuevos o liberalizados. La tecnología WLL es particularmente atractiva en lugares donde la topología del terreno hace que la instalación de cables sea problemática evitando los costos de trazar rutas de cable físico. WLL también puede satisfacer la necesidad de



expandir el número de usuarios conectados a la red, rápidamente.

Describiendo también otra tecnología de acceso vía radio encontraremos el **Sistema de Distribución Multipunto Multicanal (MMDS)**, este es un sistema de banda ancha punto a multipunto de distribución por microondas, opera en un rango de 2.5-2.7 GHz generalmente, permite velocidades de acceso a Internet de hasta 3Mbps cubriendo un área de 24Kmts a 48Kmts. Es diseñado especialmente para aplicaciones asimétricas, este sistema conocido popularmente con el paradójico nombre de "wireless cable" o cable inalámbrico. MMDS estaba orientado a entornos rurales o de baja densidad, en donde el tendido de cable convencional para distribución podía resultar antieconómico. La escasa penetración o proyección de los sistemas MMDS se le atribuye al hecho de que el ancho de banda disponibles no permiten transmitir más de 25 o 30 canales analógicos, frente a los 80 canales analógicos disponibles en el cable y a los 150 canales de los sistemas digitales por satélite DTH (Direct To Home), por lo que no puede haber competencia respecto al tipo de servicio ofrecido. Por ello, estos sistemas han tenido más éxito comercial en zonas rurales o zonas de baja densidad de abonados, donde la inversión necesaria para la distribución por cable no se justifica. su utilización se basa más que todo en el servicio de televisión digital.

Escalando en estas tecnologías encontraremos por último el **Sistema de distribución local multipunto (LMDS)**, Este es también un sistema de comunicación punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas

frecuencias, de 28 o 40 GHz, para transmisión sobre banda ancha, que permite transmitir servicio de voz, datos, Internet y video. El sistema LMDS proporciona una estructura inalámbrica que alcanza distancias de 5 kms, por lo que la cobertura es local; ya que el tipo de enlace es punto a multipunto, quiere decir, que una estación base gestiona comunicaciones bidireccionales de cientos de usuarios.

Estos sistemas o tecnologías necesitan de un camino libre de obstáculo, que les permita establecer una conexión sin interrupciones o que no afecten la fluidez normal del tráfico de la información, para contrarrestar esta problemática establecen un mecanismo de visión directa y que se describirá como Line Of Sigt.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.	9
IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	12
JUSTIFICACIÓN.	13
OBJETIVOS	14
1. GENERALIDADES	15
1.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS WLL, MMDS, LMDS	15
1.1.1 CENTRO DE OPERACIÓN DE RED (NOC).	16
1.1.2 ALTERNATIVAS DE BACKBONE.	17
1.1.3 ESTACIÓN BASE.	18
1.1.4 EQUIPOS DE USUARIO (CPE).	19
1.2 TÉCNICAS DE COBERTURA	20
1.2.1 SECTORIZACION	21
1.2.2 CELULARIZACION	23
1.3 TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y DESPLIEGUE	24
1.3.1 ZONA GEOGRÁFICA Y OROGRAFÍA DEL TERRENO.	25
1.3.1.2 LINE OF SIGHT	26
1.3.2 DENSIDAD DE TERMINALES Y CONSUMO DE TRÁFICO.	27
1.3.3 CALIDAD DE SERVICIO.	28
1.3.4 BALANCE DE POTENCIAS.	28
1.3.5 TAMAÑO Y NÚMERO DE CELDAS.	29
1.3.6 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.	29

<b>1.4 SEGURIDAD DE TRANSMISIÓN.</b>	<b>30</b>
<b>1.5 TIPO DE MULTIPLEXACIÓN.</b>	<b>32</b>
<b>1.5.1 FDMA</b>	<b>33</b>
<b>1.5.2 TDMA</b>	<b>34</b>
<b>1.5.3 CDMA</b>	<b>35</b>
<b>1.6 ANTENAS PARA REDES DE ACCESO VIA RADIO</b>	<b>35</b>
<b>2. TECNOLOGÍA WLL</b>	<b>38</b>
<b>2.1 BUCLE LOCAL INALÁMBRICO (WLL)</b>	<b>38</b>
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA WLL</b>	<b>38</b>
<b>2.2.1 SPREAD SPECTRUM</b>	<b>40</b>
<b>2.3 ESTACIÓN BASE</b>	<b>41</b>
<b>2.4 EQUIPO DE USUARIO</b>	<b>42</b>
<b>2.2 WipLL</b>	<b>43</b>
<b>3. TECNOLOGÍA MMDS</b>	<b>45</b>
<b>3.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN MULTIPUNTO MULTICANAL (MMDS)</b>	<b>45</b>
<b>3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA</b>	<b>46</b>
<b>3.3 ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA</b>	<b>48</b>
<b>3.3.1 LA ESTACIÓN BASE</b>	<b>49</b>
<b>3.3.2 EL EQUIPO DEL USUARIO</b>	<b>50</b>
<b>3.4 ACCESO A INTERNET DE ALTA VELOCIDAD VIA MMDS</b>	<b>51</b>
<b>4. TECNOLOGÍA LMDS</b>	<b>54</b>

<b>4.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS)</b>	<b>54</b>
<b>4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA LMDS</b>	<b>55</b>
<b>4.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA LMDS</b>	<b>59</b>
<b>4.3.1 LA ESTACIÓN BASE</b>	<b>62</b>
<b>4.3.2 EQUIPAMIENTO DEL USUARIO</b>	<b>64</b>
CONCLUSIÓN	
RECOMENDACIONES	<b>67</b>
ANEXO	<b>69</b>
CIBERGRAFIA	<b>73</b>
BIBLIOGRAFÍA	<b>74</b>

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Componentes básicos de acceso vía radio.	16
<b>Figura 2.</b> Equipo de usuario.	19
<b>Figura 3.</b> Sectorización	21
<b>Figura 4.</b> Redes celulares.	23
<b>Figura 5.</b> line of sigh.	26
<b>Figura 6.</b> Multiplexacion FDMA	33
<b>Figura 7.</b> Multiplexacion TDMA.	34
<b>Figura 8.</b> multiplexacion CDMA.	35
<b>Figura 9.</b> Apertura vertical y apertura horizontal.	37
<b>Figura 10.</b> Tecnología WLL	41
<b>Figura 11.</b> Sistema MMDS.	43
<b>Figura 12.</b> WipLL	46
<b>Figura 13.</b> Estación base y usuario MMDS	49
<b>Figura 14.</b> Tecnología LMDS.	55
<b>Figura 15.</b> Acceso a una red LMDS.	61

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación de bandas 3.5GHz y 26GHz	21
<b>Tabla 2.</b> Tipos de antenas	37
<b>Tabla 3.</b> PROS y CONTRAS de MMDS.	53
<b>Tabla 4.</b> Bandas de frecuencias LMDS(BLOQUE A)	57
<b>Tabla 5.</b> Bandas de frecuencias LMDS(BLOQUE B).	57
<b>Tabla 6.</b> PROS y CONTRAS de LMDS	66
<b>Tabla 7.</b> Red inalámbrica Vs Red cableada	72
<b>Tabla 8.</b> MMDS Vs LMDS	72

## INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de información por medio de las redes de comunicaciones, le han dado un cambio al mundo y han permitido que el mundo de las comunicaciones sea más fácil para todos y aun mas si estas son de de forma inalámbrica, utilizando el aire como medio de transmisión por el cuales propagan ondas electromagnéticas o de radio.

El uso de las tecnologías WLL (Wireless Local Loop), MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) y el LMDS (Local Multipoint Distribution System). Donde el cliente siempre es exigente con el servicio y siempre quieren lo mejor donde se exige mucho ancho de banda y la ubicación del acceso queriendo decir con esto la posibilidad de comunicarse en cualquier momento sin importar el lugar y aprovechando altamente los servicios ofrecidos por los operadores así mismo abriendo las posibilidades de cobertura identificando los segmentos residenciales o negocios y los desafíos a que se enfrenta esta nueva tecnologías la convergencia de voz, datos y videos con aplicaciones empresariales que demandan nuevas soluciones integrales de confluencia, movilidad y seguridad.

El avance tecnológico de Colombia es otro punto importante que va evolucionando desde el cableado hasta la convergencia de voz, datos y videos en LAN`S, WAN`S. Además el uso de Internet como una necesidad particular



de movilidad con una gran cobertura y de fácil acceso, sin descuidar los criterios de seguridad.

Estas tecnologías necesitan de un line of sight, esto es para que, se establezca la comunicación entre la antena emisora y la antena situada en el hogar del abonado debe haber un camino libre de obstáculos. Existe una característica de las emisiones en frecuencias altas, denominado 'rain fade'. Debido a que las moléculas de agua afectan al comportamiento de las señales de frecuencia elevada en términos de transferencia de parte de la energía de la señal a la molécula de agua, la lluvia constituye en principio un problema principalmente a los sistemas LMDS ya que provoca la pérdida de la potencia de las señales por el manejo de sus altas frecuencias.

Esta tecnología se recomienda implementar para acceder a sectores rurales y urbano marginales y en casos en los que no existe redes cableadas; cuando se tiene distancias largas entre poblaciones y localidades que se desean interconectar, en los que no se justificaría tender una red física.

Teniendo en cuenta la relación ancho de banda distancia de cada tecnología se puede ver que estas cubren menos distancias si transmiten a frecuencias altas pero ofrecen una mayor velocidad en la transmisión de la información, mientras que las que transmiten a frecuencias bajas cubren una distancia mayor pero ofrece velocidades de transmisiones muy bajas. Las que operan a frecuencias altas son más sensibles a los obstáculos (árboles, edificios, montañas) y se le hace muy difícil sobrepasar, por eso la señal se degrada fácilmente y es por

esto que necesita operar a distancias cortas, a lo contrario de las que operan a bajas frecuencias.

De esta forma se describirán las tecnologías de acceso vía radio WLL, MMDS, LMDS sus componentes, arquitectura, características, seguridad, etc.

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente no se cuenta con materiales que les permita al estudiante o al docente acceder, conocer o investigar sobre el uso de tecnologías WLL(**Bucle Local Inalámbrico**), MMDS (**Sistema de Distribución Multipunto Multicanal**), LMDS (**Sistema de distribución local multipunto**). Por esta razón se busca crear un documento en el cual permita al lector ilustrarse y conocer el modo de operación, implementación y características de cada una de estas tecnologías.

## **JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación permitirá a los estudiantes, docentes y proveedores de servicios conocer mas acerca de esta tecnología vía radio especialmente en WLL, MMDS,LDMS y en algunos momento servirá como material de apoyo para los docentes permitiendo dar a conocer funcionamiento y características de esta tecnología sin la necesidad de ir a internet y a su vez siendo mas preciso en la búsqueda de este tema.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Permitir a las persona interesadas en este tema tener una forma de acceso a la investigación sobre el uso de las tecnologías de acceso vía radio, Bucle Local Inalámbrico (WLL), Sistema de Distribución Multipunto Multicanal (MMDS) para comprender de una forma más fácil el modo de operación y sus característica.

### **ESPECÍFICOS**

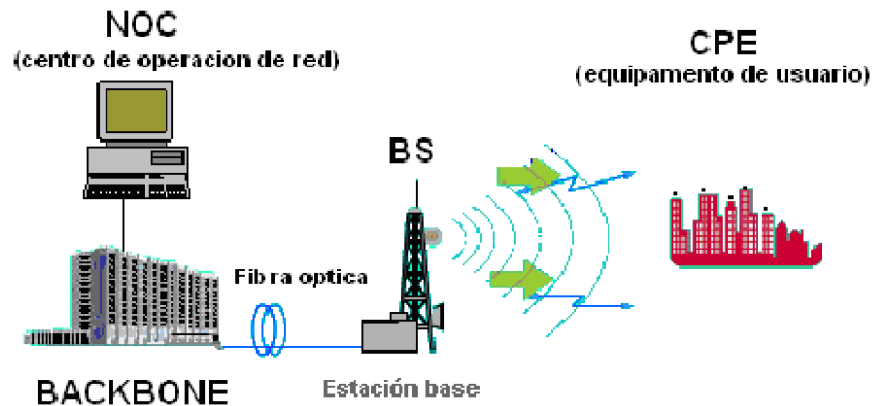
- Identificar los componentes fundamentales que integran estas tecnologías de acceso vía radio WLL, MMDS, LMDS.
- Conocer como opera la tecnología de acceso vía radio WLL.
- Describir el funcionamiento de la tecnología de acceso vía radio MMDS.
- Definir el manejo de la tecnología de acceso vía radio LMDS.

## **1. GENERALIDADES.**

En este capítulo se tratarán todos los aspectos necesarios para la operación de las tecnologías de acceso vía a radio, haciendo referencia a todas las partes que juegan un papel importante en la instalación e implementación de las tecnologías de Bucle Local Inalámbrico (WLL), Sistema de Distribución Multipunto Multicanal (MMDS) y la del Sistema de Distribución Local Multipunto (LMDS), tanto en el proveedor de servicio, como en la interfaz radio y en los usuarios finales que quieran gozar de la calidad de servicios que puede ser brindadas por estas tecnologías.

### **1.1 COMPONENTES PARA EL ACCESO WLL, MMDS, LMDS**

Varias arquitecturas de red son posibles dentro del diseño del sistema WLL, MMDS, LMDS. Es de esperar que los servicios sea una combinación de voz, video y datos. Estas tecnologías apuntan a las aplicaciones fijas. El servicio puede ser continuo o discontinuo, y puede soportar uno o múltiples usuarios adyacentes. Los componentes para la operación de las redes vía radio o inalámbricas consiste principalmente en:



**Figura 1.** Componentes básicos de acceso vía radio.

- **NOC** (Network Operations Center), Centro de Operación de Red
- Backbone.
- **BS** (Base Station), Estación Base
- **CPE** (Customer Premises Equipment), Equipo del usuario.

### 1.1.1 CENTRO DE OPERACIÓN DE RED (NOC).

Toda la red es administrada por el centro de operación de red (NCO), que provee una completa e integrada solución extremo a extremo en la red. El NOC se debe encargar de administrar, supervisar, configurar los componentes del sistema, su topología, reportar el estado de las alarmas y mediciones. El NOC Utiliza los requisitos administrativos de SNMP (Signaling Network Management Protocol) para proveerse de interfaz grafica simplificada, administración de trayectorias y configuración superior, enrutamiento y restauración de aplicaciones, excelente escalabilidad y flexibilidad. La

plataforma esta diseñada para manejar todas las operaciones de provisión, administración y mantenimiento de los componentes del sistema, incluyendo el backbone y la conmutación en cada estación base.

Los protocolos de transporte, administración de usuarios y manejo del ancho de banda de radio pueden ser soportados por el NOC. También esta integrado con el planeamiento de usuarios para garantizar una administración comprensible y eficiente del espectro inalámbrico y asegurar que la información geográfica de la señal (Line Of Sight, LOS) esté fácilmente disponible para los operadores. También puede monitorear los niveles de la calidad del servicio de los usuarios, así también como la de los nuevos servicios basados en las necesidades de los usuarios.

### **1.1.2 ALTERNATIVAS DE BACKBONE.**

El backbone es usado para conmutar el tráfico entre los sectores de cobertura y para conectar las estaciones base por medio de troncales de fibra óptica o también vía radio

Una configuración es punto a punto basado en una estrella, cuando un Concentrador central (Hub), es responsable de modular y demodular el volumen de tráfico agregado en una situación central y distribuirlo seguidamente como una señal analógica sobre un enlace de fibra a las estaciones base. Aunque este método es atractivo cuando el número de estaciones bases es pequeño, el costo del despliegue es significativo cuando el



número de estaciones bases geográficamente dispersas que necesitan ser conectadas al Hub central es grande, y la confiabilidad de la red no es tan alta como en la siguiente alternativa.

Otra alternativa es una configuración híbrida, que involucra anillos y conexiones de radio punto a punto, integrando la alta fiabilidad de la infraestructura de los anillos y la flexibilidad, portabilidad y el crecimiento modular de las conexiones de radio punto a punto.

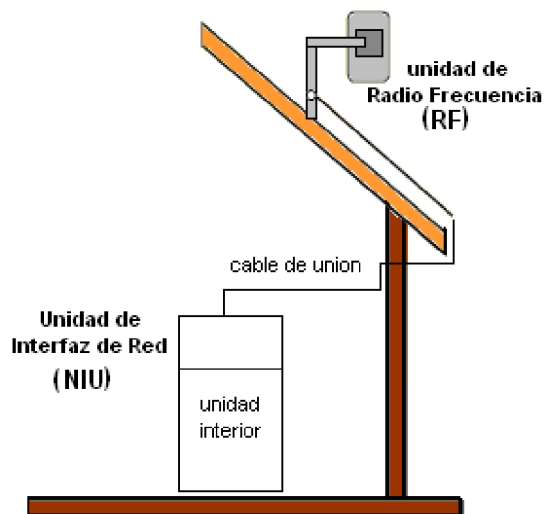
### **1.1.3 ESTACIÓN BASE (BS).**

La estación base es donde ocurre la conversación desde el Backbone hacia la infraestructura inalámbrica. El equipo de la estación base incluye la interfaz de red para la determinación del Backbone, funciones de modulación y demodulación; el equipo de transmisión y recepción generalmente ubicado encima de la terraza o en una torre.

Las estaciones bases en esto sistemas se despliegan para proveer la cobertura geográfica necesaria. Cada estación base se conecta a la red, bien sea por cable o por microondas. De esta manera, se asemeja a un sistema celular móvil; cada estación base utiliza una o varios sectores de cobertura, manteniendo a los suscriptores dentro del área de cobertura y proporcionando conexión de retorno a la red principal. El área de cobertura es determinada por

la potencia del transmisor, las frecuencias en las cuales la estación base y los radios terminales del suscriptor funcionan, las características locales asociadas de la propagación en función de la geografía local y del terreno, y los modelos de radiación de las antenas de la terminal de la estación base y del suscriptor. El número de estaciones bases depende de anticipar el tráfico para el cual se va a utilizar, la capacidad de sistema, la disponibilidad del sitio, el rango de cobertura que se va a proporcionar y las características de propagación local, entonces esto sería determinado por la tecnología a usar WLL, MMDS o LMDS. En general, cuanto mayor es el ancho de banda disponible, mayor es la capacidad para desplegar la red.

#### 1.1.5 EQUIPOS DE USUARIO (CPE).



**Figura 2.** Equipo de usuario

El CPE (Customer Premises Equipment), hace referencia a lo que concierne al domicilio del usuario, se compone de dos elementos. Consiste de un modulo escalable, integrado por una unidad exterior de Radio Frecuencia (**RF**) y la unidad interior Unidad De Interfaz de Red (**NIU**, Network Interface Units), que actúa de multiplexor de las señales. Ambas se unen por un cable (coaxial, fibra óptica) a señales intermedias ya remoduladas.

El equipo de usuario puede servir a una gran variedad de usuarios, desde pequeñas empresas hasta, unidades residenciales y unidades de múltiples viviendas. El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo dato, voz, video y aplicaciones multimedia interactivas.

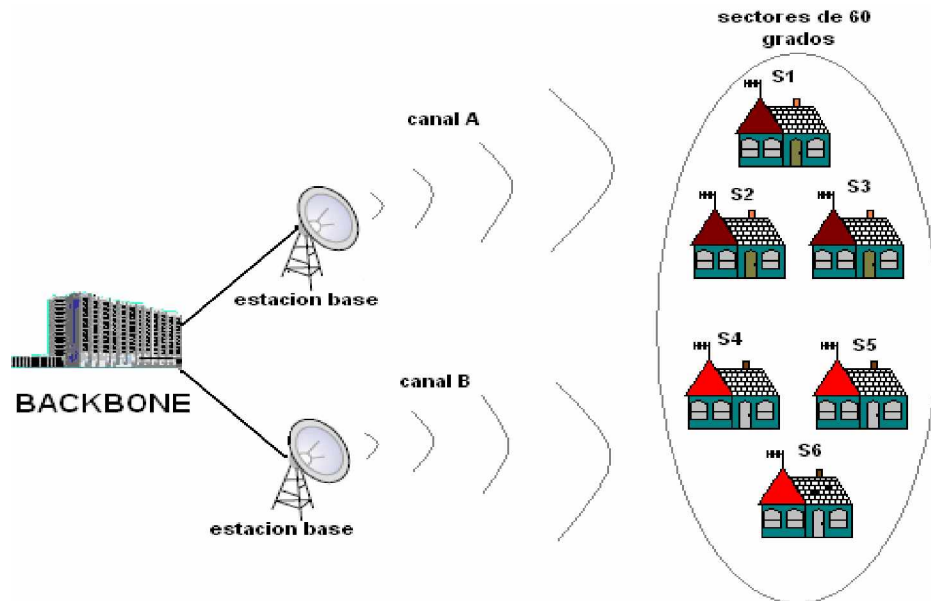
## **1.2 TÉCNICAS DE COBERTURA**

En los sistemas de acceso vía radio el espectro disponible está limitado por las disposiciones de los organismos gubernamentales reguladores de las radiocomunicaciones, por lo que es imperativo utilizar algún método que permita aumentar la cobertura sin requerir frecuencias adicionales. Según la regulación en Colombia, cada empresa móvil tiene un techo o tope de 40MHz, sin embargo buscan ampliaciones como las de otros países que van desde 50MHz hasta 80MHz; el espectro actual para llegar a los consumidores no les permite a los operadores tener unas mejores expectativas para los desarrollos que quieren hacer o implementar.

Frecuencia de 3.5GHz	26 Frecuencia de 26GHz
Largo alcance: hasta 7Kmts	Corto alcance: hasta 3Kmts
Baja capacidad: menor que 4Mbps	Alta capacidad: mayor que 16Mbps
Costos reducidos	Costos elevados

**Tabla 1.** Comparación de bandas 3.5GHz y 26GHz

### 1.2.1 SECTORIZACIÓN



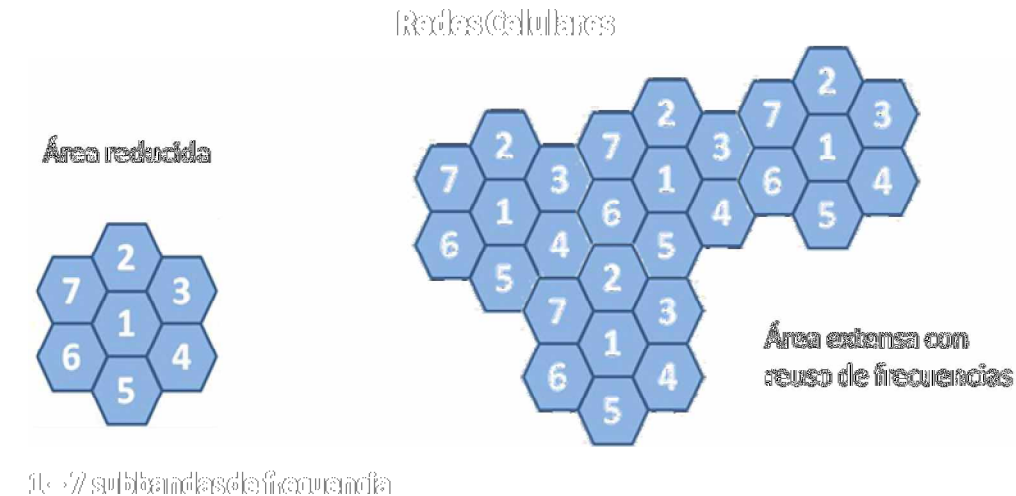
**Figura 3.** Sectorización

Uno de estos métodos para tener una mejor cobertura es la sectorización, técnica en la cual se emplea un arreglo de antenas altamente direccionales para re-utilizar los canales de Radio Frecuencia (RF) en una determinada zona

geográfica. En este contexto, la re-utilización de frecuencias se refiere al envío de distinta información a diferentes usuarios utilizando varias veces los mismos canales de RF. Por ejemplo, supóngase que se dispone de un arreglo de antenas que permite dividir la zona a cubrir en 6 sectores de 60° cada uno; si se dispusiera solamente de un par de canales A y B, ello permitiría utilizar 3 veces cada canal para transmitir distinta información, lo cual triplica la capacidad de cada canal. En un esquema de sectorización existirá un compromiso entre el incremento de la capacidad asociado al número de sectores cubiertos y el incremento de la capacidad asociado a la utilización de esquemas de modulación cada vez más complejos, cuya susceptibilidad al ruido e interferencia será cada vez mayor.

Cuando se utiliza la sectorización es necesario contar con una adecuada separación entre sectores adyacentes, lo cual puede lograrse utilizando antenas lo suficientemente directivas y polarizaciones alternas. Por lo general, en un entorno libre de obstáculos y de trayectorias múltiples, un aislamiento entre sectores de 30 dB suele dar resultados satisfactorios.

## 1.2.2 CELULARIZACION



**Figura 4\*.** Redes celulares

Otra técnica empleada y en la que mas se enfocadas las tecnologías WLL, MMDS, LMDS para aumentar el rendimiento del espectro de Frecuencia de Radio (RF) es la celularización. En ella se utilizan múltiples transmisores para enviar información a grupos de suscriptores que están geográficamente dispersos; cada grupo de suscriptores se halla dentro de una región o celda. El incremento en la capacidad se produce al enviar diferente información RF desde distintas celdas utilizando los mismos canales de RF. En la práctica se acostumbra utilizar una combinación de técnicas de sectorización y celularización. Para utilizar un esquema de celularización es necesario contar con un enlace de banda ancha entre la estación central y cada una de las estaciones base, el cual permitirá acomodar el crecimiento del ancho de banda

\* Figura 2. Extraída de STANLLINGS, Willan. Comunicaciones y Redes. Sexta edición. Prentice Hall.

provocado por la re-utilización de frecuencias. Dicho enlace suele ser de fibra óptica o microonda punto-a-punto. Por supuesto, es necesario diseñar tomando en cuenta la presencia de señales ajenas a la deseada en cada una de las celdas, lo que no es un problema tan grave como en el caso de la telefonía celular, en el que cada uno de los usuarios dispone de antenas omnidireccionales: en MMDS cada suscriptor emplea antenas altamente direccionales, dirigidas hacia la respectiva estación base.

En un sistema celularizado podrían emplearse dos técnicas básicas de multicanalización; multicanalización por división de frecuencias (FDM, Frequency Division Multiplexing) y multicanalización por división de tiempo (TDM, time division multiplexing). La elección está dictada por el espectro disponible y el tamaño de las celdas a servir. Esto último es una función de factores tales como la potencia disponible para la transmisión, el formato de modulación, la ganancia de las antenas, el tipo de terreno, etc. Por razones de competitividad se requiere un tamaño de celda relativamente grande, ya que al reducir el tamaño de la celda suben los costos de infraestructura.

### **1.3 TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y DESPLIEGUE**

A la hora de realizar la planificación y despliegue de un sistema de acceso vía radio punto a multipunto existen varios factores que deben tenerse en cuenta: zona geográfica y orografía del terreno, densidad de terminales y consumo de

tráfico, calidad de servicio requerida, balance de potencias del enlace radio, tamaño y número de celdas, ubicación de estaciones base, reutilización de frecuencias, teorema de shannon<sup>1</sup> de equivalencia entre ancho de banda y potencia, entre otros. Los principales son:

### **1.3.1 ZONA GEOGRÁFICA Y OROGRAFÍA DEL TERRENO.**

En el caso de una gran área, el factor clave en la penetración del sistema lo constituye la vegetación existente. Si el haz del radio enlace se obstruye por árboles o vegetación, el impacto sobre el nivel de señal es significativo.

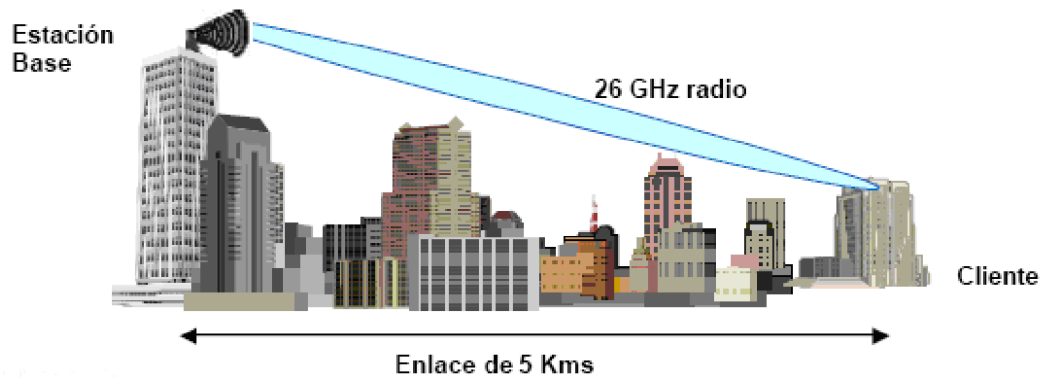
A frecuencias milimétricas, la situación es más crítica. A frecuencias tan elevadas no existe prácticamente difracción y cualquier pequeño obstáculo provoca la reflexión del haz, por lo que estos sistemas necesitan diseñarse con visión directa entre las antenas (LoS, Line of Sight).

---

<sup>1</sup> **“Por el Teorema de Shannon de equivalencia exponencial entre potencia y ancho de banda, si se duplica el ancho de banda utilizado, solo es necesario emitir la raíz cuadrada de la potencia para lograr la misma relación señal a ruido en recepción”.**



### 1.3.1.1 LINE OF SIGHT.



**Figura 5.** Line of sigh.

Para que se establezca la comunicación entre la antena emisora y la antena situada en el hogar del abonado debe haber un camino libre de obstáculos. Pero existen otras posibilidades, el abonado al sistema recibe la señal mediante una de tres vías: desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre éste y el receptor; desde un repetidor, en zonas de sombra; mediante un rayo reflejado en alguna superficie (paredes de edificios, reflectores / repetidores pasivos, etc.). La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas (antenas planas de 16x16 cm) con capacidad de emisión en banda ancha.

Existe otra característica de las emisiones en frecuencias altas, denominado "rain fade". Debido a que las moléculas de agua afectan al comportamiento de las señales de frecuencia elevada en términos de transferencia de parte de la energía de la señal a la molécula de agua, la lluvia constituye en principio un

problema principalmente a los sistemas LMDS ya que provoca la pérdida de la potencia de las señales por el utilizamiento de sus altas frecuencias. Esto se soluciona básicamente aumentando la potencia de transmisión, reduciendo el tamaño de la célula o mediante ambos métodos a la vez. En el primer caso se utilizan normalmente sistemas de potencia variable que, asociados a equipos de detección de lluvia, aumentan la potencia de transmisión de forma automática cuando se produce la lluvia; cuando la optimización en la variación de potencia no resulta suficiente, se disminuye el tamaño de la célula para conseguir más potencia. De hecho, en células con radio menor de 8km el “rain fade” no aparece. Otros agentes meteorológicos, como la nieve o el hielo, no introducen ningún tipo de deterioro en la señal.

### **1.3.2 DENSIDAD DE TERMINALES Y CONSUMO DE TRÁFICO.**

Para aumentar el porcentaje de abonados o terminales que pueden ser cubiertos, se emplean torres y edificios elevados lo que permitira tener una buena línea de visión directa entre donde se sitúan las antenas, así como repetidores secundarios de baja potencia para llegar a cubrir zonas inaccesibles.

### **1.3.3 CALIDAD DE SERVICIO.**

Adicionalmente a los efectos de bloqueo del haz, el solapamiento entre celdas o la redundancia del sistema también afectan a la calidad del servicio. El solapamiento entre celdas es un factor de diseño importante de tal forma que se garantice que un abonado situado cerca del borde de la celda pueda recibir servicio de múltiples direcciones.

La calidad de servicio o fiabilidad se mide por medio del porcentaje de tiempo que el sistema funciona correctamente. Los valores típicos de la calidad del servicio oscilan entre el 99,9 % y el 99,999 %.

Adicionalmente, para aumentar este porcentaje pueden emplearse técnicas de diversidad (espacio o frecuencia). Estas técnicas de diversidad consisten en proporcionar rutas distintas para transmitir y recibir la misma información. La idea se basa en que se puede presentar un desvanecimiento de la señal simultáneamente en todas las posibles rutas y corten el enlace.

### **1.3.4 BALANCE DE POTENCIAS.**

El balance de potencias se utiliza para estimar la distancia máxima de la estación base a la que debe situarse un terminal para mantener una determinada calidad de señal y confiabilidad del enlace. En este cálculo intervienen todas las ganancias y pérdidas del sistema, incluyendo

transmisores, repetidores, antenas, propagación en espacio libre, convertidores de frecuencia, amplificadores, desvanecimientos por lluvia o vegetación, etc.

### **1.3.5 TAMAÑO Y NÚMERO DE CELDAS.**

El tamaño máximo de celda para servir un área está relacionado al nivel de confiabilidad deseado obtenido a partir del presupuesto del enlace. El tamaño de la celda puede variar dentro del área de cobertura debido al tipo de la antena, su altura y pérdida de señal. La selección del tamaño de la celda afecta el costo capital total para la cobertura del área requerida. No obstante, el tipo de área (urbana, suburbana o rural) condiciona enormemente el tamaño de la celda por cuestiones de tráfico.

### **1.3.6 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.**

La sectorización de las celdas se realiza por cuestiones de tráfico, ya que permite la reutilización de las frecuencias y por lo tanto del ancho de banda disponible. En general, el costo del sistema depende del número de celdas necesarias para cubrir toda el área de cobertura.

La utilización de antenas omnidireccionales en la estación base da lugar a múltiples interferencias en las celdas vecinas, las cuales pueden evitarse empleando frecuencias distintas. Pero dado que se desaprovecha capacidad

de tráfico, suelen emplearse técnicas de reutilización de frecuencia para volver a utilizar el espectro en celdas suficientemente alejadas de forma similar a como se realiza en los sistemas de telefonía móvil celular. Adicionalmente, en el interior de una misma celda también se emplea sectorización tanto para aumentar la directividad de las antenas como para independizar el tráfico de un grupo de usuarios.

#### **1.4 SEGURIDAD EN LA TRANSMISIÓN.**

Para dotar de seguridad a las comunicaciones vía radio a través de las tecnologías de acceso WLL, MMDS, LMDS, se utiliza un módulo de encriptación de datos. Así, todos los datos transmitidos entre las diferentes sedes conectadas viajan encriptados a través de la red. Cualquier información, incluido los mensajes de Control de Acceso al Medio (MAC) que se manden desde la BS (estación base) o NT (Terminal de red), son encriptados mediante este sistema. Este módulo trabaja con la tecnología de transporte ATM, por lo que resulta transparente a cualquier protocolo que se utilice por encima de esta capa. La seguridad se establece por medio de la autenticación, el control de acceso, la confidencialidad, la integridad de los datos, imposibilidad de rechazo, dependencia de tiempo.

- Por medio de la *autenticación*, Cada vez que se intenta un acceso MAC o una solicitud de ancho de banda se produce una encriptación de esta

información, la hace estar protegida y segura. La validación del usuario se produce con una clave para cada puerto almacenado en la NT. Esta clave viene preestablecida de fábrica y puede modificarse a la hora de configurar y poner en marcha el equipo. La estación terminal debe probar a la estación base de que es en realidad la estación terminal "A" admitida en red (en la solicitud de registro y solicitud de ancho de banda, etc.). A su vez la estación base se asegura que el mensaje viene de la estación terminal "A" (registro y solicitud de ancho de banda, etc.).

- En el *control de acceso*, brinda seguridad porque si se usa una clave falsa en la interfaz radio conllevaría un cálculo erróneo del CRC (comprobación de redundancia cíclica) en la parte receptora, con lo que el paquete de datos se descartaría. La confidencialidad asegurada mediante la utilización de claves que no se pueden leer o copiar por otras personas. Una estación terminal está segura de que sólo la estación base a la que está conectada puede leer el mensaje que ella envía. A su vez, una estación terminal está segura de que nadie puede escuchar los mensajes que le envía la estación base.
- La *integridad de los datos* en la interfaz radio se asegura por medio del CRC (comprobación de redundancia cíclica), ya que la modificación de los datos sólo es posible en tiempo real. Permite que la estación base esté segura de que el mensaje recibido de la estación terminal "A" no ha sido modificado (y posteriormente retransmitido vía radio) por un tercero,

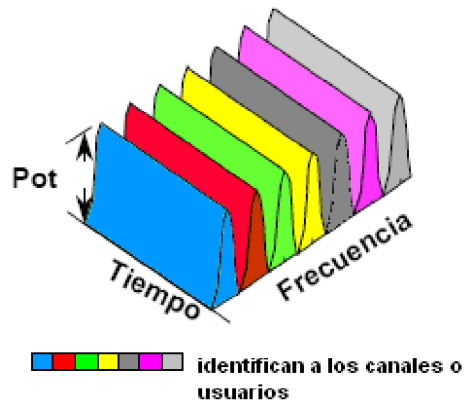
o que un tercero está haciendo las veces del terminal "A" una vez abierto el enlace, dado que la red no permite la intrusión.

- La *imposibilidad de rechazo* también es una forma de seguridad, ya que, se refiere a que sólo se rechazan aquellos paquetes que tengan asignada una clave que no sea válida y que por lo tanto no provengan del equipo de Terminal de Red (NT).
- Brindando seguridad por medio de la *dependencia del tiempo*, ya que el tiempo es parte de la función de encriptación, tratar de descifrar mensajes en otro momento que no sea en tiempo real, llevaría al sistema a rechazar el paquete. Un mensaje transmitido en el tiempo  $t$  no es válido para el intervalo de tiempo  $t+1$ . Esto garantiza que el mensaje utilizado por "A" para entrar en la red o para hacer un requerimiento de ancho de banda no puede ser usado por un tercero.

## **1.5 TIPO DE MULTIPLEXACIÓN.**

Para que no ocurra ningún conflicto entre las señales que llegan simultáneamente a un punto de recepción, se establece un orden mediante una técnica de acceso múltiple. El medio de transmisión es un recurso que puede ser subdividido en canales individuales de acuerdo a la tecnología de acceso empleada. Estas técnicas de acceso múltiple son:

### 1.6.1 FDMA



**Figura 6.** Multiplexación FDMA

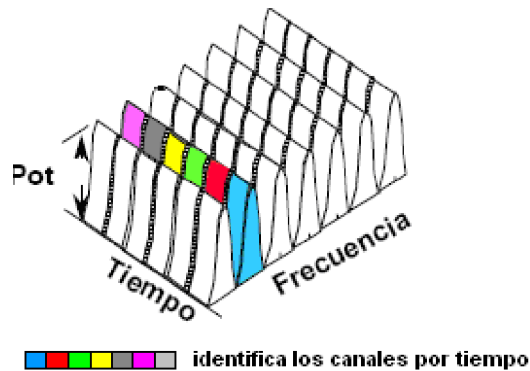
Utilizando la técnica FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), es una alternativa para que simultáneamente varias transmisiones ocupen el mismo transporte. Fue implementada en la banda de 800 MHz, utilizando un ancho de banda de 30KHz por canal<sup>2</sup>. FDMA subdivide el ancho de banda en frecuencias, cada frecuencia sólo puede ser usada por un usuario. Debido a la limitación en ancho de banda, esta técnica de acceso es ineficiente ya que se saturan los canales al aumentar el número de usuarios alrededor de una celda.

---

<sup>2</sup> Camino individual y dedicado a través del medio de transmisión, para la información de un usuario



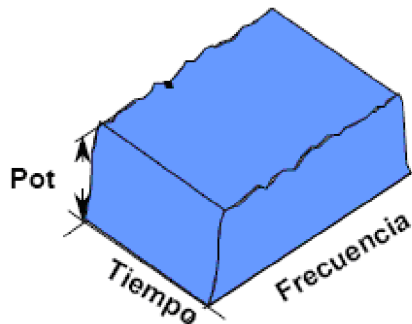
## 1.6.2 TDMA



**Figura 7.** Multiplexación TDMA

La técnica TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) utiliza el espectro de manera similar a los sistemas FDMA, con cada radio base ocupando una frecuencia distinta para transmitir y recibir. Sin embargo, cada una de estas bandas son divididas en tiempo (conocidas como ranuras de tiempo) para cada usuario en forma de round-robin. Por ejemplo, TDMA de seis ranuras divide la transmisión en seis periodos de tiempo fijos (ranuras), cada una con igual duración, con una asignación particular de ranuras para transmisión para uno de seis posibles usuarios. Este tipo de metodología requiere una sincronización precisa entre la terminal móvil y la radio base. Como puede verse en este esquema de seis ranuras por canal, se incrementa en un factor de seis la capacidad de TDMA con respecto a FDMA.

### 1.6.3 CDMA



■ El usuario usa la misma frecuencia pero con un código propio

**Figura 8.** Multiplexación CDMA




Otra técnica de acceso múltiple es conocida como CDMA (Acceso Múltiple por diferenciación de Código). Al asignar diferentes códigos a los usuarios, un sistema de acceso múltiple es posible. Las limitaciones de reuso de frecuencia vistas en FDMA y TDMA ya no son tan críticas en CDMA, ya que múltiples terminales móviles y radio bases pueden ocupar las mismas frecuencias a la vez. Es obvio entonces que la capacidad en usuarios en CDMA se incrementa bastante con respecto a las otras dos técnicas de acceso múltiple.

### 1.7 ANTENAS PARA REDES DE ACCESO VIA RADIO.

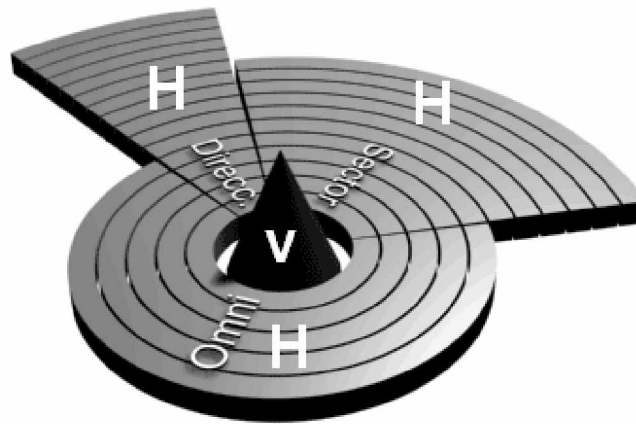
Las antenas para las redes inalámbricas o vía radio se pueden dividir en tres tipos direccionales o directas, omnidireccionales y sectoriales. Las antenas utilizadas en los sistemas WLL, MMDS, LMDS difieren bastante dependiendo

de que se encuentre en la estación base o en el lugar del usuario. En el caso de este último, se emplean antenas directivas para conseguir la máxima ganancia. En el caso de la estación base, debido a la transmisión punto a multipunto, se emplean o bien antenas omnidireccionales que cubren completamente la celda, o bien un conjunto de antenas sectoriales con anchos de haz que pueden variar entre los 30 grados y los 180 grados. Las antenas sectoriales, además de poseer una mayor ganancia, permiten reutilizar las frecuencias del sistema. De este modo, se obtiene una multiplicación de la capacidad del sistema en términos del número de abonados a los que se les puede dar servicio. Además, empleando polarizaciones distintas entre sectores adyacentes, se consigue optimizar el aislamiento entre los mismos.

Las polarizaciones utilizadas en estos sistemas son lineales: horizontal (**H**) y vertical (**V**). En lo que respecta a la apertura horizontal, una antena omnidireccional trabajará horizontalmente en todas direcciones, es decir, su apertura será de 360 grados. Una antena direccional oscilará entre los 4 grados y los 40 grados y una antena sectorial oscilará entre los 90 grados y los 180 grados. La apertura vertical debe ser tomada en cuenta si existe mucho desnivel entre los puntos a unir inalámbricamente. Si el desnivel es importante, la antena deberá tener mucha apertura vertical. Por lo general las antenas, a más ganancia (potencia por decirlo de algún modo) menos apertura vertical. Suponiendo que se utilizan cuatro antenas sectoriales de 90 grados para cubrir cada celda y polarizaciones ortogonales.

DIRECCIONAL	OMNIDIRECCIONAL	SECTORIA
		
Entre 4-40 grados de apertura horizontal	su apertura horizontal será de 360 grados	Entre 90-18040 grados de apertura horizontal
La apertura vertical debe ser tenida en cuenta si existe mucho desnivel entre los puntos a unir inalámbricamente.		

**Tabla 2.** Tipos de antenas.



H: horizontal

V: vertical

**Figura 9.** Apertura vertical y apertura horizontal<sup>3</sup>

---

Figura 9 extraída de [www.34t.com](http://www.34t.com)

## **2. TECNOLOGÍA WLL**

Se empieza a describir la tecnología de acceso vía radio Bucle Local Inalámbrico (wireless local loop, WLL), la cual propone muchas aplicaciones para este tipo de acceso.

### **2.1 BUCLE LOCAL INALÁMBRICO (WLL).**

El Bucle Local Inalámbrico es un sistema en el cual la central de comunicaciones local y los usuarios, se conectan por medio de las tecnologías de acceso no guiado, utilizando el aire como medio de transmisión por el cuales propagan ondas electromagnéticas o de radio para lograr la conexión ala red.

### **2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA WLL.**

Esta tecnología opera en el rango de 1GHz a 2GHz, permite a las operadoras una capacidad de transmisión mayor a 1Mbps por usuario y más de 1Gbps de ancho de banda agregado por área de cobertura. Para operar WLL, la infraestructura primero debe ser desplegada, es decir, las radio bases tienen que ser instaladas hasta alcanzar la cobertura geográfica y la capacidad

requeridas por la red. Sólo entonces, el servicio estará disponible para todos los suscriptores potenciales, dentro del rango de señales de las radio bases. En algunos casos, es conocido como la ultima milla<sup>4</sup> o ultimo kilómetro en una red telefónica, aunque el área de cobertura de un sistema WLL podría extender muchas millas de la oficina central.

El sistema puede configurarse para acceder a un servicio mínimo de ancho de banda llamado CIR<sup>5</sup> y un servicio máximo de ancho de banda, llamado MIR<sup>6</sup>. Esta característica permite no penalizar a los usuarios con un acceso restringido, en cuanto a cantidad de información por segundo, sino más bien, dejar que cuando otros usuarios no usen la red, el recurso disponible de información, sea maximizado en forma relativa a este usuario, que contará con mayores beneficios de acceso que otros usuarios.

La red de WLL, en el diseño de la mayoría de sus puntos, fue creada para dar un crecimiento de un 35 % de su capacidad, es decir, mediante el agregado de sectores en las radio base puede cubrir el agregado de nuevos usuarios y aplicaciones de mayor ancho de banda por cada uno de ellos.

El esquema de seguridad en la red, consiste en encriptar el enlace de extremo a extremo, permitiendo así, que nadie pueda entender, escuchar o alterar la información. El sistema de acceso por radio, posee un sistema de encriptación

---

<sup>4</sup> Llamado así por llegar a lugares muy apartados

<sup>5</sup> CIR. mínimo ancho de banda garantizado.

<sup>6</sup> MIR. Máximo ancho de banda utilizable.

llamado WEP (wired equivalent privacy), que permite cifrar la información que se transmite. Proporciona cifrado a nivel 2. Está basado en el algoritmo de cifrado RC4<sup>7</sup>, y utiliza claves de 64 bits (40 bits más 24 bits del vector de iniciación IV) o de 128 bits (104 bits más 24 bits del IV) que permite realizar transmisiones seguras. Mediante Firewalls permiten asegurar la información de los servidores y también los accesos a Internet.

### **2.2.1 SPREAD SPECTRUM**

La tecnología usada por el WLL es Spread Spectrum. El ancho de banda de la señal transmitida es mucho mayor que el mensaje original, o sea, se le agrega un código el cual hace que se incremente la señal al transmitir. Esta tecnología de espectro disperso involucra la transformación de la información de banda angosta a una señal de banda amplia para transmisión.

Espectro disperso provee comunicaciones seguras, confiables y de misión crítica. La tecnología de espectro disperso está diseñada para intercambiar eficiencia en ancho de banda por confiabilidad, integridad y seguridad. Es decir, más ancho de banda es consumido con respecto al caso de la transmisión en banda angosta, la relación ancho de banda/potencia produce una señal que es en efecto más robusta al ruido y así más fácil de detectar por el receptor que conoce los parámetros (código) de la señal original transmitida. Pero si el

---

<sup>7</sup> RC4 algoritmo de cifrado de flujo. Es decir, funciona expandiendo una semilla (seed en inglés) para generar una secuencia de números pseudoaleatorios de mayor tamaño, con el fin de cifrarlos.

receptor no está sintonizado a la frecuencia correcta o no conoce el código empleado, una señal de espectro disperso se detectaría solo como ruido de fondo. Debido a estas características de la tecnología de espectro disperso la interferencia entre la señal procesada y otras señales no pertenecientes o ajenas al sistema de comunicación es reducida.



**Figura 10.** Tecnología WLL

### 2.3 ESTACIÓN BASE

En esta parte el proveedor de servicios debe ubicar el sitio donde va a instalar los elementos que componen a la Estación base. Teniendo en cuenta el tipo de antena puede, esta puede ser de tipo omnidireccional o conformarla por varias sectoriales que permitan el cubrimiento de los abonados, esta antena se debe o deben (para el caso de las sectoriales) situar en un lugar donde no sea afectada por los aspectos de las zonas de sombra para que tengan un desarrollo óptimo. La Estación Base posee un equipo que actúa como concentrador, recogiendo toda la información que provienen de los clientes de

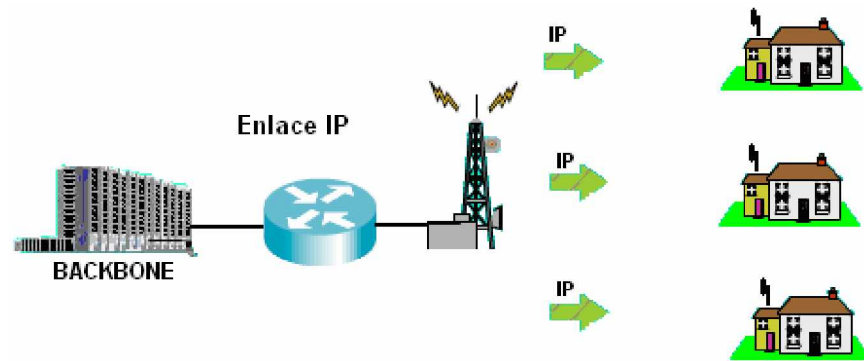


los distintos sectores que esta cubra. Su función es adaptar la interfaz radio a un medio no guiado (modulación y demodulación de las señales de radio frecuencia), además de procesar los protocolos de acceso al medio (colisiones, reserva de intervalos temporales). también un centro de conmutación siendo el área donde se maneja los servicios que se le prestara a los usuarios.

## **2.4 EQUIPO DE USUARIO**

Comprende una serie de interfaces para implementar la integración en lo que respecta al usuario o abonado y equipos para realizar la interconexión, la antena capta la señal emitida por la Estación a través de la terminación mientras que con una Unidad de Interfaz de Red (NIU) la convierte en voz, video y dato, distribuyéndola por los cables pudiendo otorgar finalmente el servicio a los usuarios. La antena debe estar polarizada de tal forma que permita recibir la señal proveniente de dicha estación esto incluye la línea de visión directa.

## 2.5 WipLL.



**Figura 11.** WipLL

Las tecnologías WipLL disponibles ofrecen un concepto que se ha constituido en la tendencia mundial, es decir la infraestructura de redes inalámbricas IP puras, con mayor flexibilidad y cobertura. WipLL no se trata de una tecnología estandarizada, es la entrega de servicios de telecomunicaciones por medio del protocolo IP a los usuarios de forma inalámbrica; es decir, la telefonía IP llega a los usuarios de manera inalámbrica. WipLL es la mezcla de dos tecnologías que actualmente están logrando un dominio en la industria de las telecomunicaciones (telefonía IP, redes WLL), soporta calidad de voz comparable con la de telefonía por par de cobre, y el área de cobertura puede ir hasta los 25Kmts en sectores con alta densidad de terminales instalados; para el caso de telefonía pública, esta cobertura alcanza hasta los 30Kmts. Generalmente estos sistemas se basan en FHSS(El espectro ensanchado por salto de frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum o FHSS) es una técnica de modulación en espectro ensanchado en el que la señal se emite sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatorias, saltando de

frecuencia en frecuencia sincrónicamente con el transmisor.) como método de acceso de radio. WipLL es una red inalámbrica punto-multipunto basada en tecnologías IP de alta capacidad (4Mbps), puede transportar voz, video y datos con una simple plataforma sobre un área metropolitana; soportando Calidad de Servicio (QoS) y Ancho de Banda por Demanda (BoD).

La infraestructura que soporta esta tecnología, comparada con otras redes, es económica, rápida de instalar, más flexible, permite escalabilidad y representa una solución bastante competitiva, solucionando la necesidad de comunicación con acceso inalámbrico.

Esta tecnología se recomienda implementar para acceder a sectores rurales y urbano marginales y en casos en los que no existe redes cableadas; cuando se tiene distancias largas entre poblaciones y localidades que se desean interconectar, en los que no se justificaría tender una red física.

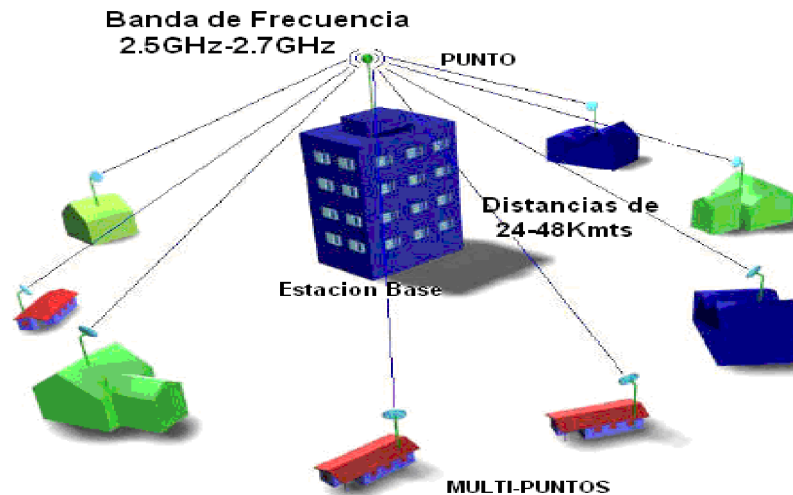
### **3. TECNOLOGÍA MMDS**

El Servicio de Distribución Multicanal Multipunto (Multichannel Multipoint Distribution Service, MMDS), caracterizándose por proporcionar mejor ancho de banda y que mas que todo esta orientado ala prestación de servicio de televisión, pero también puede prestar los servicios de teléfono e Internet.

#### **3.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN MULTIPUNTO MULTICANAL (MMDS)**

Este sistema plantea una tecnología inalámbrica para distribuir servicios principalmente de video/televisión sobre frecuencias de microondas. También conocido como wireless DSL (Línea de Abonado Digital) por algunos fabricantes u operadores, por la capacidad de proporcionar los mismos servicios que DSL (línea digital, alta velocidad, asimetría, etc.) pero de forma inalámbrica.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA



**Figura 12.** Sistema MMDS

La banda en la que funciona MMDS es de 2.5GHz a 2.7GHz, ofreciendo opciones de acceso a banda ancha punto a multipunto. MMDS proporciona normalmente velocidades de 1Mbps a 10Mbps en el enlace de baja y de 512Kbps en el enlace de subida, siendo así una tecnología asimétrica. Los alcances de este sistema están en el rango de los 24Kmts a 48Kmts sin ser afectados por la lluvia. Como aspecto negativo al trabajar con esta frecuencia se requiere que los equipos empleados sean muy precisos y de una tecnología muy superior que los equipos tradicionales de transmisión de TV terrestre. Además la señal a esta frecuencia se va a ver afectada por efectos “transparentes” a frecuencias inferiores, fenómenos con la gran pérdida de la señal producida al atravesar cualquier objeto como montañas, árboles, etc. Siendo este el principal inconveniente a solucionar a la hora de aplicar estos

servicios. Por eso, se hace necesario una línea de visión directa (LOS, line of sight) entre la antena transmisora y la receptora. Otros efectos que perjudican a las señales en esta frecuencia son las condiciones atmosféricas y el multitrayecto.

En un sistema MMDS los datos son transmitidos vía microondas utilizando un esquema de multiplexión por división de tiempo (TDM, Time Division Multiplexing).

En un sistema típico de MMDS, un cierto número de programas, son recibidos y procesados en una central donde se forma un paquete que se convierte a la frecuencia adecuada para su procesamiento. Este se comprime, se digitaliza, se encripta para su protección, se modula y multiplexa, se amplifica y luego se traslada a unas frecuencias superiores que alimentan a unos transmisores específicos que llevan la propagación a la antena transmisora, muy directiva para su radio difusión.

Los transmisores SHF que trabajan en el rango del GHz (3-30GHz y 30-100km), distribuyen a través de las antenas transmisoras la propagación en el área de cobertura determinada por la potencia de emisión y limitada por factor orograficos, técnicos y climáticos. La propagación emitida por los transmisores es recibida por las antenas de los abonados o usuarios, donde inmediatamente se traslada el ancho de banda a unas frecuencias inferiores más manejables que sufran menos perdidas por el cableado de distribución.

### 3.3 ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

La estructura básica se compone de una cabecera o estación base, un sistema de distribución por microondas y un equipo de recepción de usuario.

Las señales y programas de TV son recibidas desde diferentes fuentes en los equipos de recepción de la estación base (satélite, RF, cable) y convertidas a frecuencias manipulables por el equipo de cabecera.

Ya en esta cabecera las señales junto con otras fuentes, son procesadas pasando por moduladores y codificadores, para ser sometidas individual o globalmente a amplificaciones de potencias adecuadas a la cobertura del sistema específico.

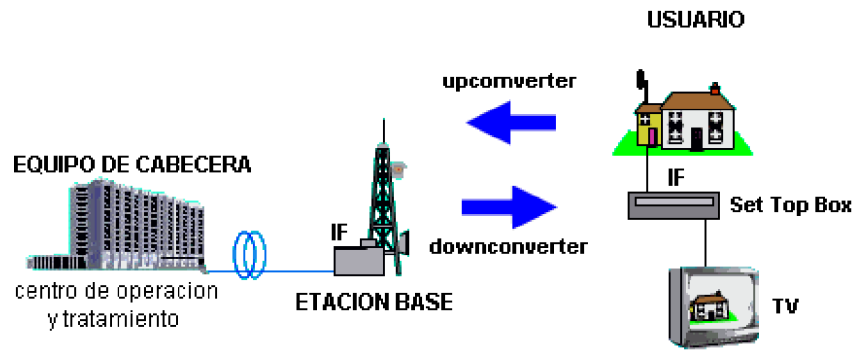
Estos programas se combinan y se llevan mediante cables coaxiales o también vía radio a la antena transmisora.

La antena situada en una torre o lugar estratégico que permita tener una línea de visión directa con el área del abonado, emite la programación total en un modo omnidireccional o direccional, cubriendo un área de 24Kmts a 48Kmts.

En el hogar del usuario, una pequeña antena de microondas de unos 25cm a 50cm, recibe la señal y la traslada previo al paso por un downconverter hacia un bloque receptor conversor-decodificador. La salida de este Set-Top-Box<sup>8</sup> (aparato que se coloca encima del televisor) alimenta directamente al receptor convencional de TV en rango de VHF (30-300MHz y 30-100km) o UHF (300MHz-3GHz y 30-100km).

---

<sup>8</sup> **Dispositivo encargado de la recepción y opcionalmente decodificación de señal de televisión analógica a digital, para luego ser mostrada en un dispositivo de televisión.**



**Figura 13.** Estación base y Usuario MMDS

### 3.3.1 LA ESTACIÓN BASE.

Luego de que se establece el espectro de frecuencia que se va a utilizar para conformar el sistema MMDS y que se transmitirán por medio de las antenas, estas son llevadas al equipo de cabecera donde se codifica, remodula y se lleva junto a las señales de producción propia hacia los correspondientes procesadores de audio/video.

Las salidas de los procesadores se tratan adecuadamente, en banda base o en radiofrecuencia, para su posterior codificación de seguridad y tratamiento digital, en su caso para compactar los canales. Los equipos codificadores reciben la señal de radio frecuencia de los procesadores de audio y video, permitiendo codificar a de mas la señal de video, la información de audio. Estas señales codificadas en banda base se introducen en un modulador de frecuencia intermedia (IF) mono canal y a partir de ahí se lleva a los equipos propios de transmisión.



Los equipos de transmisión MMDS suelen incluir un conversor hacia arriba o “upconverter” que traslada la señal al rango de las microondas (SHF), y un amplificador que genera la potencia final de emisión, usualmente con valores entre 10W, 50W o 100W, por canal dependiendo de la cobertura deseada.

Toda la cadena de equipos de la estación base va a proporcionar una propagación codificada y preparada para su transmisión en el rango de frecuencia manejado.

### **3.3.2 EL EQUIPO DEL USUARIO**

Para equipar al usuario y que este pertenezca a la red MMDS, se coloca una pequeña antena muy directiva que lleva acoplada un bloque de conversión hacia abajo o (downconverter), este bloque captura la señal de microondas y las convierte en frecuencias mas tratables para los equipos, que posteriormente, procesaran la señal hasta llevarla finalmente al receptor convencional de televisión. Estas antenas se sitúan generalmente en un mástil sobre el tejado del abonado y es orientada a las antenas transmisoras para conseguir una óptima recepción.

La antena se compone de un reflector parabólico o semiparabolico, que dirige las ondas recibidas hacia un foco, donde se sitúa el elemento que va a convertir esta señales electromagnéticas en señales eléctricas esta señal se lleva a través de una porción de cable coaxial hacia el “downconverter”, donde se filtra, se amplifica y se convierte a rango de frecuencia intermedia IF (22MHz

a 408MHz) o Set Top Box situado cerca del aparato de televisión pueda sintonizar.

El bloque del “downconverter” precisa de una tensión continua de unos 18 voltios para su funcionamiento, que le es proporcionada por una fuente situada dentro del propio hogar del abonado. El DBC (bloque downconverter), situado cerca de la antena es fundamental para que el nivel mínimo de la señal que capta la antena sea rápidamente amplificada con bajo ruido, sufriendo las menores pérdidas posibles en su paso por la línea de transmisión que la lleve al “set top converter” o Set Top Box.

Una vez la señal está en el Set Top Box, se decodifica según una clave electrónica individual asignada al usuario, y desde ahí se controla la selección de canales y otros controles como pueden ser el volumen del audio, etc., algunos de estos equipos son capaces también de proporcionar la tensión continua necesaria para el funcionamiento de los bloques para el downconverter, con lo que se ahorra la instalación de una fuente externa.

### **3.4 ACCESO A INTERNET DE ALTA VELOCIDAD VIA MMDS**

La demanda por acceso a Internet crece exponencialmente. Cada vez más y más usuarios obtienen acceso a la Red a través de un proveedor de servicios de Internet (IPS, Internet Services Provider) utilizando las líneas telefónicas. El

sistema de telefonía pública conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) está orientado a proveer una conexión bidireccional con un ancho de banda simétrico. Esto representa un desperdicio del ancho de banda disponible. De hecho, la información requerida por el usuario (texto, vídeo, imágenes, audio) puede necesitar un ancho de banda importante. Otro factor a tener en cuenta es que las centrales telefónicas están pensadas para manejar el tipo de tráfico originado por las llamadas convencionales de voz, cuya duración en promedio no va mas allá de algunos minutos; en contraste una conexión a Internet representa una llamada cuya duración es mucho más larga, pero en la cual el canal es utilizado solamente en los momentos en los que hay intercambio de información.

<b>PROS</b>	<b>CONTRAS</b>
Rapidez en el despliegue se debe principalmente a no tener que realizar obra civil, ni cablear la zona donde se pretende dar servicio, por lo que se ahorra tiempo y dinero	Falta de regulación y estandarización, lo que dificulta la interoperabilidad. posibilidad de entrar tarde al mercado por causas ajenas al operador
Despliegue económico y gradual. Escalabilidad.	Requiere línea de visión directa.(line of sight). Ya que pueden encontrar factores en el medio, que hace que la señal sea degradada o interrumpida y llegue con ruido a su destino.

<p>Insensible a la distancia. La distancia entre el cliente y la central no es un requisito fundamental en el despliegue. Alternativa adecuada a zonas aisladas de difícil acceso y cableado</p>	<p>Medio compartido.</p>
<p>Largo alcance. MMDS, a diferencia de LMDS no es afectado por la lluvia lo que permite alcances mucho mayores, del orden de 24Kmts a 48Kmts</p>	<p>Menor velocidad. Velocidades menores que LMDS, de 1Mbps a 10Mbps en el canal descendente y unos 512Kbps en el ascendente</p>

**Tabla 3.** PROS y COMTRAS de MMDS

## **4. TECNOLOGÍA LMDS**

Se presenta por ultimo la tecnología del Sistemas de Distribución Local Multipunto (Local Multipoint Distribution System, LMDS), es una de las tecnologías que más propone ancho de banda pero que su capacidad de cobertura no alcanza distancias muy grandes para proveer mejor calidad de servicio.

### **4.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS).**

Es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha que se inscribe en el marco del multimedia y se basa en una concepción celular.

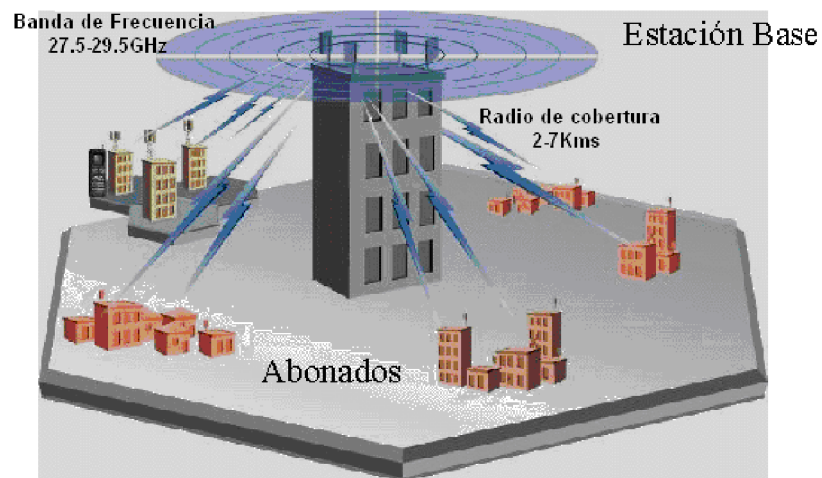
Las comunicaciones en los sistemas LMDS se realizan en forma de radiodifusión desde la estación base hacia los usuarios. De acuerdo con esta filosofía, estos sistemas utilizan estaciones bases distribuidas a lo largo de la zona que se pretende cubrir, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios, generando así de una manera natural una estructura basada en células, también llamadas áreas de servicio. Como indica la primera sigla de su nombre L (local), la transmisión tiene lugar en términos de distancias cortas.

Ya que la transmisión es punto-multipunto, significa que una única estación transmite la señal a toda antena receptora incluida dentro de una zona geográfica determinada. Una estación base puede tener varios sectores, y cada sector, un área de cobertura del sistema multipunto.

Esto permite dar cobertura a municipios completos con una sola estación emisora. Una estación base de radio puede gestionar las comunicaciones bidireccionales de hasta 4.000 usuarios.

LMDS permite el acceso a Internet de alta velocidad, tanto para el sector residencial como para el empresarial, gracias a las técnicas digitales de transmisión de datos.

#### 4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA LMDS



**Figura 14.** Tecnología LMDS

La tecnología LMDS consiste en que trabaja en el margen superior del espectro electromagnético en la banda de 28GHz, concretamente en el intervalo de 27.5GHz a 29.5GHz. y en la banda de 31GHz. Distribuye a cada usuario hasta 8Mbps, 240 veces más velocidad que una línea telefónica convencional normalmente las señales de elevada frecuencia se han considerado siempre inadecuadas para las comunicaciones terrestres debido a que experimentan reflexiones cuando encuentran obstáculos en su camino de propagación como pueden ser árboles, edificios, montañas; originando lo que se conoce como zonas de sombra a las que no llega la señal; en cambio como las señales de baja frecuencia atraviesan fácilmente estos obstáculos han sido las frecuencias elegidas para este tipo de comunicaciones. Sin embargo las frecuencias altas proporcionan importantes ventajas en términos de ancho de banda, fundamentalmente, y debajo nivel de saturación del espectro. El radio de cobertura es aproximadamente 4Kmts pudiendo variar dentro de un intervalo de 2-7Kmts.

Dado que la comunicación es bidireccional, los usuarios también pueden establecer enlaces punto a punto con dicha estación base. Para el enlace descendente (estación base-usuario) suele emplearse TDMA como técnica de acceso. Por otra parte, para el enlace ascendente (usuario-estación base) se utilizan combinaciones de acceso múltiple TDMA y FDMA.

A continuación, una tabla con las bandas de frecuencia (van separados en dos bloques, ya que usan unas N "parte" de frecuencia para usar en total un ancho

banda "X") que son las asignadas por la FCC (Federal Communications Commision).

<b>BLOQUE A</b>	
Frecuencias	Ancho de banda (BW)
27,500 - 28,350 GHz	850 MHz
29,100 - 29,250 GHz	150 MHz
31,075 - 31,225 GHz	150 Mhz
Total BW del Bloque A: 1150 Mhz	

**Tabla 4.** Bandas de frecuencias LMDS (BLOQUE A)

<b>BLOQUE B</b>	
Frecuencias	Ancho de banda (BW)
31,000 - 31,075 GHz	75 MHz
31,225 - 31,300 GHz	75 MHz
Total BW del Bloque B: 150 Mhz	

**Tabla 5.** Bandas de frecuencias LMDS (BLOQUE B)

Como consecuencia directa de trabajar con las frecuencias más elevadas del espectro, LMDS requiere la existencia de un Line Of Sight o camino sin obstáculos entre la estación base y la antena situada en el parte del usuario o



abonado, para que la señal no sufra reflexiones y pueda llegar a su destino sin interrupciones. Generalmente en este camino se encontraran zonas de sombras ya que en las zonas urbanas la sombra puede llegar a afectar hasta un 40% de los usuarios que existen en una célula o pertenecen ala red.

El corto alcance se debe principalmente a los problemas de línea de visión directa y ala lluvia. Para resolver el problema que ocasiona la lluvia en tales frecuencias se puede optar por:

- Aumentar la potencia de transmisión, utilizando normalmente sistemas de potencia variable que aumentan la potencia de transmisión automáticamente cuando se producen lluvias.
- Reducir el tamaño de la célula. Los requisitos del tráfico condicionan mucho el tamaño de las células en el caso de altas densidad de usuarios o grandes consumos de anchos de banda (edificios de empresas), siendo necesario reducir el radio de las células (en algunos casos hasta los 500Mts) para garantizar una cierta calidad de servicio.

Mediante el uso de frecuencias distintas o a través del uso de poralizaciones diferentes, es posible utilizar el espectro en células suficientemente alejadas. Además, dentro de cada célula se emplea sectorización, tanto para aumentar la directividad de las antenas, como para independizar el tráfico de un grupo de usuario.

Por otra parte, en lo que respecta al contexto de protocolos, LMDS aparece como un sistema especialmente neutro, lo cual aumenta su potencial integrador. LMDS puede trabajar en entornos ATM, TCP/IP y MPEG-2.

La seguridad en el sistema LMDS puede utilizar *encriptación en la trama radio*. El objetivo de la encriptación utilizada en el enlace radio LMDS es la de garantizar tanto al usuario final conectado a la estación terminal LMDS (NT) como al proveedor de servicio a través de la estación base (BS) de que no sea posible el uso del enlace sin autorización.

La encriptación consiste en modificar los datos antes de realizar la transmisión utilizando un algoritmo secreto conocido sólo por el transmisor y el receptor de la información. La modificación de la trama radio es realizada en base a cada byte transmitido, añadiendo un byte adicional en el proceso de encriptación y eliminándolo en el proceso de desencriptación. El proceso de encriptación se realiza sobre toda la información del usuario final, ya sean tanto servicios de líneas dedicadas, como servicios de tráfico de datos.

#### **4.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA LMDS.**

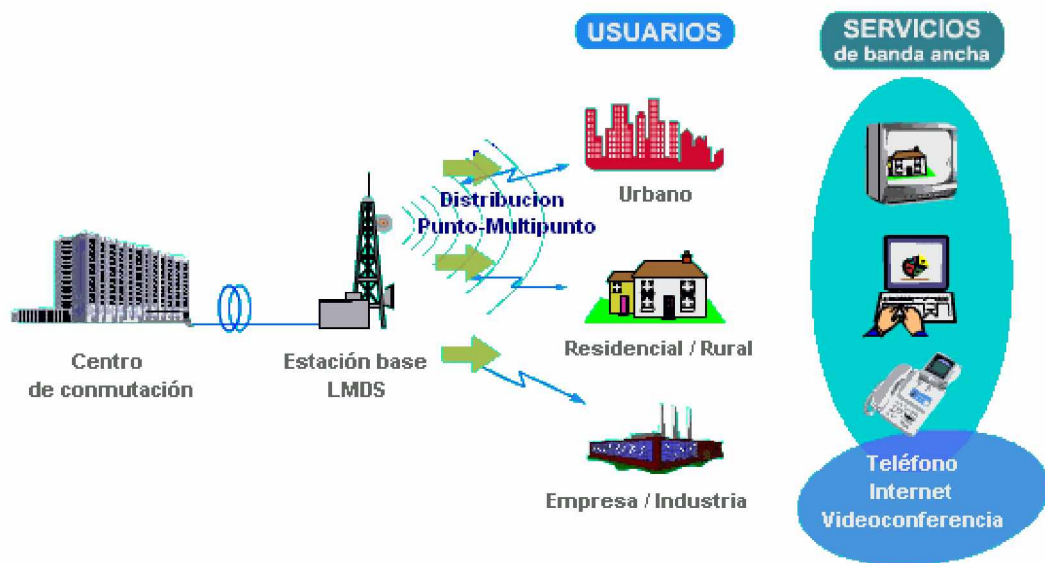
LMDS utiliza altas frecuencias, con atenuación mínima conocidas como "ventanas espectrales", ante los agentes atmosféricos. Básicamente, la

infraestructura asociada a LMDS consiste en el segmento de la estación base o hub y el segmento de usuario. Este último está conformado por una serie de antenas situadas en cada usuario; en cada hogar para el caso residencial y en cada oficina, en sitio industrial para el caso de negocios. El tamaño de estas antenas, que se pueden instalar en tan sólo dos horas, es muy pequeño. Después de haber ajustado las antenas se establece la comunicación bidireccional entre el emisor y el receptor. Las antenas reciben las señales emitidas por la estación base-hub al mismo tiempo que emiten señales hacia esa estación base. Mediante un down-converter la señal en la banda de 28 GHz por ejemplo, se pasa a una frecuencia intermedia IF (Intermediate Frequency) para que la señal sea compatible con los equipos del usuario; así también, mediante un up-converter, esta señal de frecuencia intermedia se convierte en una señal de frecuencia en 28 GHz para generar la transmisión desde la ubicación del usuario hacia el hub. El segmento de usuario comprende también el set-top-box, basado tradicionalmente en tecnología analógica, aunque por medio de la tecnología digital, se mejora considerablemente la recepción de señales de vídeo.

En el segmento de usuario la antena capta la señal emitida por el hub y la unidad de interfaz de red la convierte en voz, vídeo y datos, y la distribuye por todos los cables existentes en la planta del edificio. El segmento de la estación base está formado por la propia estación omnidireccional o sectorizada, que se sitúa sobre estructuras o edificios ya existentes o sobre torres de transmisión de una altura determinada para poder disminuir al máximo las zonas de

sombra. La antena sectorizada permite reutilizar frecuencias, lo cual produce un notable incremento de la capacidad global del sistema, en particular, en lo que concierne a la generación de servicios en dos sentidos.

Otras partes del segmento de usuario son una serie de interfaces para implementar la integración en el marco del sistema de comunicaciones del usuario, y equipos para realizar la interconexión con la WAN (Wide Area Network), una interfaz Ethernet para conectar ordenadores y equipos asociados y una interfaz de red para controlar la interacción entre los diferentes equipos informáticos y de comunicaciones. En concreto, esta interfaz de red, conocida como NIU<sup>9</sup>, constituye una interfaz estandarizada para todos los equipos existentes en el sitio del usuario, como, por ejemplo, PBX o multiplexadores de acceso integrado.



**Figura 15.** Acceso a una red LMDS

<sup>9</sup> NIU. (Network Interface Units), Unidad de Intefaz de Red

### 4.3.1 LA ESTACIÓN BASE

Consistente en una torre de varios metros de altura, dónde se instalan dos o más antenas que dan cobertura a los usuarios ubicados en las cercanías (2-7Km). Se pretende que la estación base proporcione cobertura omnidireccional, situándose sobre estructuras o edificios ya existentes o sobre torres de transmisión de una altura determinada para poder disminuir al máximo las zonas de sombra. Las estaciones bases son los elementos que por un lado, se conectan a las redes públicas o privadas, con interfaces como ATM, IP, etc., mientras que por el otro ofrecen la interfaz a la red de acceso inalámbrica, en pocas palabras, es la pasarela entre la red inalámbrica de acceso y la red del operador.

La estación base se comunica con las estaciones clientes ubicadas en los CPE, bajo el esquema de red punto multipunto. Efectivamente, aquí se encuentra el equipamiento de transmisión y recepción de microondas incluyendo las antenas más las correspondientes funcionalidades de modulación y demodulación (o detección) de la banda base de información respecto de las portadoras de radiofrecuencia. Las transmisiones de una estación base pueden realizarse bajo un patrón omnidireccional o bien en forma sectorizada. La antena sectorizada permite reutilizar frecuencias, lo cual produce un notable incremento de la capacidad global del sistema, en particular, en lo que concierne a la generación de servicios en dos sentidos, ya que su modo de funcionamiento se basa en dividir el diagrama de radiación de

la antena en sectores, de forma que se puedan crear diferentes nodos de área de servicio.

Pero en la estación base, en lo que se conoce como unidad interna, también se realiza la conversión de la red inalámbrica en cableada, prevista con fibra óptica de transporte. Por lo tanto, el equipamiento incluirá la interfaz de red para la terminación de la fibra. Adicionalmente en la estación base podría haber conmutación local a nivel de banda base en la propia unidad interior, en cuyo caso los clientes de la misma estación base se pueden comunicar entre ellos sin entrar ni pasar por el Backbone de fibra.

En cambio, si todo el tráfico se hace entrar, pasar y salir por la misma u otra estación base, un conmutador ATM o IP en el Backbone de fibra será el encargado de manejar la trayectoria de las comunicaciones. Esta topología facilita la centralización de las funciones anteriores, manejando todo el conjunto de estaciones base del sistema. Así la estación base está construida alrededor de un conmutador de gran velocidad que soporte circuitos virtuales tanto permanentes como conmutados en una red ATM (si la red es ATM). Una tarjeta propia o una caja aparte proveen el sistema de transmisión correspondiente con el sistema de módems.

### 4.3.2 EQUIPAMIENTO DEL USUARIO

Las configuraciones del equipo especial del cliente varían entre vendedor y dependen de las necesidades del cliente. Principalmente, toda configuración incluye equipo microondas externo y equipo digital interno capaz de proveer modulación, demodulación, control y funcionalidad de la interfaz del equipo especial del cliente. El equipamiento del emplazamiento de usuario. Los enlaces ascendente (uplink) y descendente (downlink) deben separarse por medio de un duplexor colocado a la salida de la antena. En este tipo de esquema es imprescindible evitar la interferencia del enlace ascendente sobre el descendente, ya que la diferencia de potencias es considerable y el aislamiento del duplexor no es perfecto. Por ello, los GHz de ancho de banda se dividen y se toman bandas diferentes para cada uno de los sentidos.

Las partes más generales del equipamiento son por lo general, Antenas, Transmisores y receptores de RF, equipos terminales IDU y adaptadores.

Antena, que pueden ser de tipo disco de reducido diámetro (10-15 cm de diámetro banda de 26 GHz) ó cuadrada y plana (25x25 cm banda 3,5 GHz).

Receptor / Transmisor RF, este equipo, que transmite y recibe la información. Para aplicaciones simétricas de tráfico, como telefonía, datos e Internet.

Receptor RF, es el equipo que transmite y recibe señales, denominado LNB (Low Noise Block). Usado para aplicaciones asimétricas, recepción de TV mediante difusión.

Equipamiento adaptador, se encarga de adaptar las señales RF para su recepción descodificada por el terminal del usuario, siendo un interfaz a la red de acceso inalámbrica. Es el caso de la TV, es el Set Top Box, la tarjeta red 10/100baseT para el PC y el splitter o módem radio para telefonía. Sin embargo no tiene que existir un equipo por usuario, los equipos terminales (IDU, In Door Unit) son los elementos a los que se conectan los diferentes abonados de forma común. La estructura de una red de acceso inalámbrica no exige que exista un equipo terminal por abonado, sino que un mismo equipo terminal puede dar servicio a un número elevado de abonados, actuando como multiplexor de acceso.

<b>PROS</b>	<b>CONTRAS</b>
Despliegue rápido y económico: se debe principalmente a no tener que realizar obra civil, ni cablear la zona donde se pretende dar servicio, por lo que se ahorra tiempo y dinero	Falta de regulación y estandarización lo que dificulta la interoperabilidad. Puede provocar que operadores que se han decantado por este tipo de solución hayan entrado tarde al mercado, especial mente al residencial.
Despliegue gradual. Conforme los usuarios se abonen el despliegue será finalizado. Esto supone ahorros en costos y en tiempo de	Requiere línea de visión directa. (line of sight). Ya que pueden encontrar factores en el medio, que hace que la señal sea degradada o interrumpida y



lanzamiento al mercado, con la ventaja que esto supone en cuanto a cuota de mercado.	llegue con ruido a su destino.
Elevadas capacidades y velocidades, al operar en altas frecuencias, pudiéndose obtener 46Mbps en el enlace descendente y de 2Mbps en el ascendente. A esto hay que añadir que la conexión es "always on"	Condiciones atmosféricas el factor climático que mas repercute es la lluvia debido a las elevadas frecuencias a las que se trabaja.
Flexibilidad en el contexto de protocolos en el que puede trabajar. LMDS puede trabajar en entornos TCP/IP	Corto alcance. El radio de cobertura de una célula es de unos 4Kmts. De aquí, que su utilización se halla dado principalmente en ciudades en zonas con alta densidad de población donde las principales necesidades sean elevadas velocidades en distancias cortas
Al permitir bidireccionalidad, se pueden ofrecer servicios conjuntamente mediante una plataforma unica. Ejemplo: la telefonía y el acceso a Internet.	Medios compartidos aparecen inconvenientes en cuanto a la velocidad final conseguida y a la seguridad

**Tabla 6.** PROS y CONTRAS DE LMDS

# CONCLUSIONES

El análisis tecnológico mostrado en esta investigación reseña lo que fue la llegada de los servicios basados en Internet y las redes privadas de datos mostrando así una alta exigencia de los requerimientos de ancho de banda, calidad de servicio, velocidad y cobertura. Esta nueva tecnología permite que se simplifique y se mejoren los requerimientos de los usuarios brindándole una buena conexión a Internet sin importar el lugar, momento, ni tiempo que pueda navegar a la mejor velocidad y con fácil acceso al medio.

El cambio de paradigma que implica una conexión guiada a través de un cable físico, ya está quedando atrás gracias a las conexiones inalámbricas que se realiza utilizando el aire como medio de transmisión.

## RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación mas a fondo para conocer en que otras tecnologías operan o utilizan el uso de vía radio con tecnologías WLL, MMDS, LMDS ¿cuales son los países que utilizan este tipo de tecnología y en cuanto tiempo se implementarían esta tecnologías en Colombia?
- Conocer cuales son las tecnologías de acceso vía radio implementadas actualmente en Colombia como por ejemplo: GSM o 3G, en cuanto a telefonía móvil realizando una descripción de esta implementación.

## ANEXOS

### ACCESO INALÁMBRICO EN COLOMBIA

Las frecuencias son de libre utilización porque cualquier persona en el país puede hacer uso de ellas si posee la tecnología necesaria. Por ejemplo, el estándar Bluetooth es una tecnología inalámbrica de bajo costo que permite la comunicación “sin cables” entre teléfonos móviles, ordenadores personales (PCs), laptops, asistentes digitales personales (PDAs), teclados, mouses, impresoras y otros dispositivos de computación que se encuentren a una distancia menor a 10 metros.

La resolución atribuyó los siguientes rangos de frecuencia para los sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local que empleen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital de banda ancha y baja potencia:

- a). Banda de 902 a 928 MHz,
- b). Banda de 2 400 a 2 483,5 MHz,
- c). Banda de 5 150 a 5 250 MHz,
- d). Banda de 5 250 a 5 350 MHz,
- e). Banda de 5 470 a 5 725 MHz, y

Aunque la utilización del espectro radioeléctrico en las bandas de frecuencias mencionadas anteriormente no requiere licencia, para prestar el servicio a terceros los operadores deben tener la concesión respectiva, en el caso de acceso a Internet se necesita la licencia de valor agregado). Banda de 5 725 a 5 850 MHz.

<b>ELEMENTO</b>	<b>RED INALÁMBRICA</b>	<b>RED CABLEADA</b>
<b>MOVILIDAD</b>	Información en tiempo real, y en cualquier lugar de cobertura para todos los usuarios de su red	Los equipos están limitados por una distribución física rígida, demarcadas por el enlace de las conexiones de red.
<b>INSTALACIÓN</b>	Puede desplegarse y ponerse operativa en poco tiempo	Se necesitan muchas obras para desplegar el cableado estructurado lo que toma mucho tiempo.
<b>FLEXIBILIDAD</b>	Permite llevar los servicios a áreas de difícil cobertura	Poco flexibles.
<b>REDUCCIÓN DE COSTOS</b>	Se ahorra mucho en obra civil y en el mantenimiento, mas inmune a acciones de vandalismos, robos, etc.	Se gasta más en obra civil y su mantenimiento requiere más tiempo.
<b>ESCALABILIDAD</b>	El cambio de topología de la red para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas es sencillo, independientemente si	Los cambios de la topología requiere de un nuevo estudio y una planificación de la distribución física y

	son pequeñas o grandes redes y es también mas fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red	lógica de los equipos, lo que se complica si se trata de una red con un gran numero de usuarios.
--	--	--

**Tabla 7.** Red inalámbrica Vs Red cableada

<b>Sistema de acceso radio</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Ancho de banda</b>	<b>Distancia</b>
<b>MMDS</b>	2.5GHz a 2.7Ghz	1Mbps a 10Mbps en el canal descendente y unos 512Kbps en el ascendente.	De 24-48Kmts
<b>LMDS</b>	27.5GHz a 29.5GHz.	46Mbps en el enlace descendente y de 2Mbps en el ascendente.	De 2-7Kmts

**Tabla 8.** MMDS Vs LMDS

## CIBERGRAFIAS

<http://www.icaei.es>

<http://ministerios.sanluis.gov.ar>

<http://es.geocities.com>

<http://www.34t.com>

<http://www.tech-faq.com>

<http://www.unavarra.es>

<http://topcomm.biz>

<http://www.dinero.com>

<http://www.enterate.unam.mx>



## **BIBLIOGRAFIAS**

Comunicación y redes. STANLLINGS, Willan Sexta Edicion. Prentice Hall.

Comunicaciones Inalámbricas. Un Enfoque Aplicado. David Roldán Martínez (Editorial Ra-ma).

Tecnología inalámbrica radio LAN de alto rendimiento (High Performance radio LAN - Hiperlan), como una solución alternativa a redes cableadas. (Monografía)

Sistemas Inalámbricos IEEE 802. (Monografía)