ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA (WIMAX), PARA UN OPERADOR DE COMUNICACIONES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Silvana Ruiz Gaibor

Gustavo Cornejo

Andrés Atiencia

Guayaquil – Ecuador

2007

AGRADECIMIENTO

Ing. José Escalante Director de Tópico, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Le agradezco a mis padres Libia Gaybor y Bolívar Ruiz ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese amor y apoyo. También agradezco a todos los profesores que me han ayudaron de una u manera.

Silvana Ruiz Gaybor

Agradezco a mis padres, Carmen y Jorge Atiencia, por todo el esfuerzo y el apoyo constante e incondicional que me dieron durante toda mi vida estudiantil; por el amor, la comprensión, la bondad y la dedicación hacia a mí, por eso les dedico a ellos mi Título de Ingeniero.

Agradezco a todos los estuvieron conmigo en mi vida universitaria, a mis amigos, profesores, a mis compañeros de tésis, a mi hermana Madelaine y a una mujer muy especial que llevo siempre conmigo.

Y sobre todo gracias a Dios por haberme dado sabiduría, perseverancia, fortaleza para levantarme de cada caída y entregarme el mejor regalo de todos mis Padres bellos,…sin ellos no estaría aquí.

Andrés Atiencia

Esta obra no es un esfuerzo solamente mío, sino que tuvo la colaboración, tiempo y comprensión de mis padres Enrique Cornejo L. y Violeta Rodríguez, mis hijos Gustavo, Enrique y Cristina y muy especialmente de mi esposa Bernardita Drouet, y que fue llevado por supuesto, con la Gracia de Dios, y es por esto que se las dedico de mucho corazón a ellos.

Gustavo Cornejo R.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Holger Cevallos U.
SUB-DECANO FIEC

Ing. José Escalante A.
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Boris Ramos S.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Edgar Leyton Q.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Silvana Ruiz Gaibor

Andrés Atiencia

Gustavo Cornejo

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto es realizar un estudio y diseño para la implementación de la tecnología WiMAX en la ciudad de Guayaquil, para la prestación de servicios de portador e ISP de la empresa WhyMAX?.

En el capítulo I presentaremos el fundamento teórico y características técnicas de las diversas tecnologías que actualmente utilizan las empresas del medio, así como de la tecnología WiMAX.

A continuación, en el capítulo II seguimos con un estudio y evaluación del mercado para analizar los operadores actuales y la distribución de éste mercado, de esta manera y haciendo uso del estudio de la topología, poder realizar el diseño de cobertura de nuestra red. También se hace un análisis de las diferentes versiones del estándar 802.16 que podrían intervenir, con el objetivo de hacer una elección correcta de la tecnología WiMAX a utilizar.

Ya establecida la tecnología WiMAX, en el capítulo III se procede con el diseño de la red inalámbrica, iniciando el cálculo para la ubicación de los puntos de accesos o nodos de los equipos WiMAX, para con esto poder brindar una óptima distribución al potencial mercado.

Una vez definida la parte de conectividad se realizará el dimensionamiento del hardware de red que administrará la infraestructura de la misma, como por ejemplo, los routers, swicthes, servidores, etc. Así mismo se define también, en este capítulo, las políticas de operación de la red, así como el direccionamiento, segmentación, autenticación, priorización del tráfico en tiempo real sobre tráfico de datos.

Ya definida la red y sus políticas de operación, se decidirá el tipo de servicios de internet que se contratará con el proveedor con el objeto de diseñar una red con calidad de servicio.

En el capítulo IV se realiza un estudio completo del marco legal, donde se analiza la regulación del sistema WiMAX en el Ecuador y los diferentes reglamentos que se incluyen en el mismo tales como uso de frecuencia, comercialización de servicios y homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.

Finalmente, en el capítulo V, teniendo en cuenta el potencial mercado, el estudio del diseño y las regulaciones legales, se realiza un estudio de costos del proyecto a través de un análisis de inversiones, comercialización y rentabilidad del proyecto

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

ABREBIATURAS

IETF Internet Engineering Task Force / Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet.

CLEC Competitive Local Exchange Carrier /portador local competitivo del Intercambio.

IS-95 Estándar interno 95.

CSMA/CD Acceso Múltiple con Sensado de Portadora y Detección de Colisiones

HFC Híbrido de Fibra y Coaxial

GSM Global System for Mobile Communications

LMDS Local Multipoint Distribution Service

MAC Media Access Control address

OFDM Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

ARQ Automatic Repeat-reQuest.

INTRODUCCION

No existe tecnología de acceso ideal, pero cada una presenta condiciones, que lo hacen más apropiado para una determinada situación geográfica o de acuerdo al tipo de mercado que se dirige.

Las tecnologías que normalmente utilizan los proveedores de Internet en Guayaquil son: ADSL, LMDS, ATM, SOLNET, CDMA, GSM, los cuales tienen un precio accesible para los usuarios, pero algunas tienen dificultad para acceder a ciertos sectores, para lo cual se ha realizado el diseño de una red con la tecnología Wimax que permite la flexibilidad al momento de instalar y llegar a lugares de difícil acceso.

La tecnología WiMAX es un estándar de redes inalámbricas que ofrece más alcance y ancho de banda que Wi-Fi. Además presenta una alternativa inalámbrica a las instalaciones backhaul por cable y de última milla que usan al momento módems para cable.

El diseño tiene como objetivo primordial el proveer a la mayor parte de la ciudad el servicio de Internet a un costo asequible, para lo cual se realiza los estudios necesarios para lograrlo.

CAPITULO I

1TECNOLOGÍAS

1.1.Análisis del modelo OSI

El desarrollo de redes, en sus inicios se realizó de forma desordenada en muchos sentidos, por lo que se consideró al diseño de redes como un proceso muy complicado de llevar a cabo cuando se produjo un enorme crecimiento en la cantidad y el tamaño de las redes.

La Organización Internacional de Normalización (ISO), para enfrentar el problema de incompatibilidad de redes, investigó modelos de networking y en 1977 desarrolló una estructura de normas comunes dentro de las redes. Esta norma se conoce como el Modelo de Referencia OSI (Open Sistems Interconection).

OSI no es un estándar de comunicaciones, es un lineamiento funcional para las tareas de telecomunicaciones, surge de la necesidad de unificar los elementos que participan en la solución de los problemas de comunicación entre equipos de diferentes fabricantes, sin embargo muchos estándares y protocolos cumplen con los lineamientos del modelo.

1.1.1Las 7 capas del modelo OSI

El modelo de referencia OSI establece los lineamientos para que el software y los dispositivos de diferentes fabricantes funcionen juntos. Esto beneficia al momento en que se expande la red o se conectan las redes para formar redes de área extensa (WAN).

A continuación se describen las siete capas:

Capa 1 - Nivel Físico: Define el medio de comunicación utilizado para la transferencia de información. Ejemplo: Cables, conectores, voltajes, velocidad de transmisión de datos.

Capa 2 - Nivel de enlace de datos: Proporciona facilidades para transmisión de bloques entre dos estaciones de red. Ejemplo: ATM, Ethernet, Frame Relay, HDLC, PPP, Token Ring, Wi-Fi, STP

Capa3 - Nivel de red: Define el enrutamiento y el estado de los mensajes que se envían a nodos de la red. Ejemplo: AppleTalk, IP, IPX, NetBEUI, X.25.

Capa 4 – Nivel de Transporte: Se encarga de efectuar el transporte de los datos de la máquina origen a la destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando. Es el corazón de la comunicación. Ejemplo: SCTP, SPX, TCP, UDP

Capa 5 – Nivel de Sesión: Este nivel provee los servicios utilizados para la organización del dialogo entre usuarios y el manejo e intercambio de datos. Ejemplo: NetBIOS

Capa 6 – Nivel de presentación: Traduce el formato y asigna una sintaxis a los datos para su transmisión en la red. Ejemplo: ASN.1, MIME, SSL/TLS, XML

Capa 7.- Nivel de aplicación: Proporciona comunicación entre dos procesos de aplicación tales como programas de aplicación y aplicaciones de red, además de aspectos de comunicaciones para aplicaciones especificas entre usuarios de redes como manejo de la red y protocolos de transferencia de archivos (FTP). Ejemplo: DNS, FTP, HTTP, IMAP, IRC, NFS, NNTP, NTP, POP3, SMB/CIFS, SMTP, SNMP, SSH, Telnet, SIP.

1.1.2Ventajas del modelo OSI

Debido a esta subdivisión en capas el problema de transmitir información entre computadoras se divide en siete problemas más pequeños y de tratamiento más simple. Esta división de las funciones de networking se denomina “división de capas”. Si la red se divide en las siete capas mencionadas anteriormente, se obtiene como ventaja la división de la comunicación de red en partes más pequeñas y fáciles de manejar, se normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos por diferentes fabricantes, estandarizando las interfaces, permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí, evita que los cambios en una capa afecten las otras capas, divide la comunicación de red en partes más pequeñas para simplificar el aprendizaje y simplifica la enseñanza y el aprendizaje, respecto al manejo y transmisión de datos.

1.2.Análisis del modelo TCP / IP

El modelo TCP/IP es el estándar histórico y técnico de la Internet. El Departamento de Defensa de EE.UU. (DoD) creó el modelo de referencia TCP/IP porque necesitaba diseñar una red que pudiera sobrevivir ante cualquier circunstancia, incluso una guerra nuclear. En un mundo conectado por diferentes tipos de medios de comunicación, como alambres de cobre, microondas, fibras ópticas y enlaces satelitales, el DoD quería que la transmisión de paquetes se realizara cada vez que se iniciaba y bajo cualquier circunstancia. Este difícil problema de diseño dio origen a la creación del modelo TCP/IP.

El TCP/IP se desarrolló como un estándar abierto. Esto contribuyó a acelerar el desarrollo de TCP/IP como un estándar. Además, al contrario de lo que ocurre con OSI, el modelo TCP/IP es software, es decir, es un modelo para ser implementado en cualquier tipo de red. Facilita el intercambio de información independientemente de la tecnología y el tipo de subredes a atravesar, proporcionan una comunicación transparente a través de sistemas heterogéneos.

1.2.1Las capas del modelo TCP/IP.

Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto. TCP/IP no define una capa física ni de enlace. Este protocolo define solamente tres capas que funcionan en los niveles superiores a la capa física y de enlace para crear así un modelo independiente del hardware en el que se implemente. Estas son:

Capa de aplicación: incluye detalles de las capas de sesión y presentación de OSI. *Capa de transporte*: se encarga de los aspectos de calidad del servicio con respecto a la confiabilidad, el control de flujo y la corrección de errores. Uno de sus protocolos, el Protocolo para el Control de la Transmisión (TCP).

Capa de Internet: divide los segmentos TCP en paquetes y enviarlos desde cualquier red. Los paquetes llegan a la red de destino independientemente de la ruta que utilizaron para llegar allí. El protocolo específico que rige esta capa se denomina Protocolo Internet (IP). En esta capa se produce la determinación de la mejor ruta y la conmutación de paquetes.

Capa de acceso a la red: También se conoce como la capa de host a red. Esta capa guarda relación con todos los componentes, tanto físicos como lógicos, necesarios para lograr un enlace físico. Incluye los detalles de tecnología de networking, y todos los detalles de la capa física y de enlace de datos del modelo OSI. Se refiere a cualquier tecnología en particular utilizada en una red específica.

La relación entre IP y TCP es importante. Se puede pensar en el IP como el que indica el camino a los paquetes, en tanto que el TCP brinda un transporte seguro.

1.2.2Comparación entre el modelo OSI y el TCP/IP

En la Figura 1.1 se puede observar la posición que ocupan los protocolos TCP/IP respecto al modelo teórico de referencia OSI. Tres de las capas en el modelo de referencia TCP/IP corresponden con una o más capas del modelo OSI.

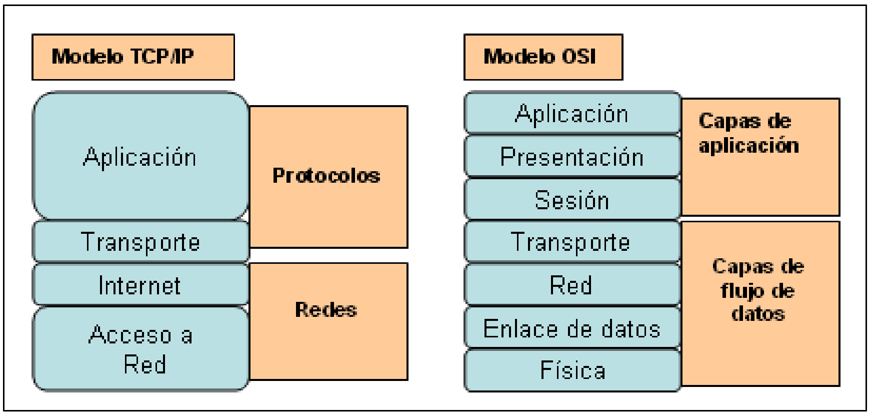


Figura 1.1: Comparación entre el modelo OSI y el TCP/IP
(Ref:www.adrformacion.com/udsimg/wserver/1/img1017.gif)

En el modelo OSI se ocultan mejor los protocolos que en el modelo TCP/IP y se puede reemplazar con relativa facilidad al cambiar de tecnología. El modelo OSI se definió antes que los protocolos, mientras que en TCP/IP se definieron primero los protocolos y el modelo fue en realidad una descripción de los protocolos existentes, por lo que los protocolos se ajustan perfectamente al modelo. El único problema es que no se ajustaba a ninguna pila de protocolos, no fue de mucha utilidad para describir redes que no fueran TCP/IP. Entre el modelo OSI con el modelo TCP/IP, surgen algunas similitudes, como por ejemplo: ambos se dividen en capas, tienen capas de aplicación, aunque incluyen servicios muy distintos, capas de transporte y de red similares, deben ser conocidos por los profesionales de networking y suponen que se conmutan paquetes.

Los protocolos TCP/IP son los estándares en torno a los cuales se desarrolló la Internet, de modo que la credibilidad del modelo TCP/IP se debe en gran parte a sus protocolos. En comparación, por lo general las redes no se desarrollan a partir del protocolo OSI, aunque el modelo OSI se usa como guía.

1.2.3IPV6

IPv6 es la versión 6 del Protocolo Internet, un estándar del nivel de red encargado de dirigir y encaminar los paquetes a través de una red. Diseñado por Steve Deering de Xerox PARC y Craig Mudge, IPv6 está destinado a sustituir al estándar IPv4, cuyo límite en el número de direcciones de red admisibles está empezando a restringir el crecimiento de Internet y su uso, especialmente en China, India, y otros países asiáticos densamente poblados. Pero el nuevo estándar mejorará el servicio globalmente; por ejemplo, proporcionando a futuras celdas telefónicas y dispositivos móviles con sus direcciones propias y permanentes. Al día de hoy se calcula que las dos terceras partes de las direcciones que ofrece IPv4 ya están asignadas.

IPv4 soporta 4.294.967.296 (232) direcciones de red diferentes, un número inadecuado para dar una dirección a cada persona del planeta, mientras que IPv6 soporta 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 (340 sextillones) direcciones, cerca de 4,3 × 1020 (430 trillones) direcciones por cada pulgada cuadrada de la superficie de La Tierra.

Adoptado por el Internet Engineering Task Force en 1994 (cuando era llamado "IP Next Generation" o IPng), IPv6 cuenta con un pequeño porcentaje de las direcciones públicas de Internet, que todavía están dominadas por IPv4. La adopción de IPv6 ha sido frenada por la traducción de direcciones de red (NAT), que alivia parcialmente el problema de la falta de direcciones IP. Pero NAT hace difícil o imposible el uso de algunas aplicaciones P2P, como son la voz sobre IP (VoIP) y juegos multiusuario. Actualmente, el gran catalizador de IPv6 es la capacidad de ofrecer nuevos servicios, como la movilidad, Calidad de Servicio (QoS), privacidad, etc. El gobierno de los Estados Unidos ha ordenado el despliegue de IPv6 por todas sus agencias federales para el año 2008.

Se espera que IPv4 se siga soportando hasta por lo menos el 2025, dado que hay muchos dispositivos heredados que no se migrarán a IPv6 nunca y que seguirán utilizando por mucho tiempo.

IPv6 es la segunda versión del Protocolo de Internet que se ha adoptado para uso general. Un paquete en IPv6 está compuesto principalmente de dos partes: la cabecera y los datos.

La cabecera está en los primeros 40 bytes del paquete y contiene las direcciones de origen y destino (128 bits cada una), la versión de IP (4 bits), la clase de tráfico (8 bits, Prioridad del Paquete), etiqueta de flujo (20 bits, manejo de la Calidad de Servicio), longitud del campo de datos (16 bits), cabecera siguiente (8 bits), y límite de saltos (8 bits, Tiempo de Vida). Después viene el campo de datos, con los datos que transporta el paquete, que puede llegar a 64k de tamaño en el modo normal, o más con la opción "jumbo payload".

Hay dos versiones de IPv6 levemente diferentes. La ahora obsoleta versión inicial, descrita en el RFC 1883, difiere de la actual versión propuesta de estándar, descrita en el RFC 2460, en dos campos: 4 bits han sido reasignados desde "etiqueta de flujo" (flow label) a "clase de tráfico" (traffic class). El resto de diferencias son menores.

En IPv6 la fragmentación se realiza sólo en el nodo origen del paquete, al contrario que en IPv4 en donde los routers pueden fragmentar un paquete. En IPv6, las opciones también se salen de la cabecera estándar y son especificadas por el campo "Cabecera Siguiente" (Next Header), similar en funcionalidad en IPv4 al campo Protocolo.

Existen algunas desventajas del uso de IPV6 como por ejemplo la necesidad de extender un soporte permanente para IPv6 a través de todo Internet y de los dispositivos conectados a ella, para estar enlazada al universo IPv4 durante la fase de transición, todavía se necesita una dirección IPv4 o algún tipo de NAT en los routers pasarela (IPv6<-->IPv4) que añaden complejidad y que significa que el gran espacio de direcciones prometido por la especificación no podrá ser inmediatamente usado y problemas de arquitectura, como la falta de acuerdo para un soporte adecuado de IPv6 multihoming.

También existen ventajas del uso del IPv6 como por ejemplo, la convivencia con IPv4, hará posible una migración suave, gran cantidad de direcciones, que hará virtualmente imposible que queden agotadas. Se estima que si se repartiesen en toda la superficie de la Tierra habría 6,67x1023 IPs por m². Porque Existirá direcciones unicast, multicast y anycast. Ademas, el formato de cabecera es más flexible que en IPv4 para agilizar el encaminamiento, nuevas características de seguridad; nueva versión de ICMP, que incluye a MLD, el equivalente del IGMP de IPv4; autoconfiguración de los nodos finales, que permite a un equipo aprender automáticamente una dirección IPv6 al conectarse a la red; movilidad incluida en el estándar, que permitirá cambiar de red sin perder la conectividad.

El cambio de IPv4 a IPv6 ya ha comenzado. Durante 20 años se espera que convivan ambos protocolos y que la implantación de IPv6 sea paulatina. Existe una serie de mecanismos que permitirán la convivencia y la migración progresiva tanto de las redes como de los equipos de usuario. En general, los mecanismos de transición pueden clasificarse en tres grupos: Pila dual, Túneles y Traducción. Actualmente el protocolo IPv6 está soportado en la mayoría de los sistemas operativos modernos.

1.3.Fibra óptica

La fibra óptica es un conductor de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos.

La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna. Normalmente la luz es emitida por un láser o LED. Las fibras son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones en cortas y largas distancias, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran velocidad, mayores que las comunicaciones de radio y de cable.

La Fibra óptica, es flexible y puede usarse como un paquete de cables. Las fibras para usos interurbanos son de cristal por la baja atenuación que tienen. Para las comunicaciones se usan fibras multimodo y monomodo, usando las multimodo para distancias cortas (hasta 500m) y las monomodo para acoplamientos de larga distancia. Debido a que las fibras monomodo son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de estas son más caros que los de las fibras multimodo.

Algunas de las ventajas de la fibra óptica son:

- Su ancho de banda es muy grande, hay sistemas de multiplexación que permiten enviar 32 haces de luz a una velocidad de 10Gb/s cada uno por una misma fibra, dando lugar a una velocidad total de 320Gb/s.
- Su atenuación es muy baja.
- Es inmune al ruido electromagnético

- La materia prima con la que se fabrica es abundante.

A pesar de las ventajas antes enumeradas, la fibra óptica presenta una serie de desventajas frente a otros medios de transmisión, siendo las más importantes:

- La fragilidad de las fibras.
- Necesidad de usar transmisores y receptores más caros
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de rotura del cable.
- No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.
- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.

1.4.Clasificación de redes inalámbricas por área de cobertura.

Tal como las redes tradicionales alámbricas, vamos a clasificar a las redes inalámbricas en cuatro categorías, de acuerdo a las distancias de cobertura de las mismas.

En la primera categoría *WWAN*, están las redes que cubren desde centenas hasta miles de kilómetros. En la segunda categoría WMAN, cubrimos desde la centena de metros hasta la decena de kilómetros.

En tercer lugar, están las WLAN, que comprenden las redes que cubren la decena de metros hasta aproximadamente la centena de metros. Y en la última categoría está la WPAN, donde pondremos a las redes que comprenden desde metros hasta 30 metros.

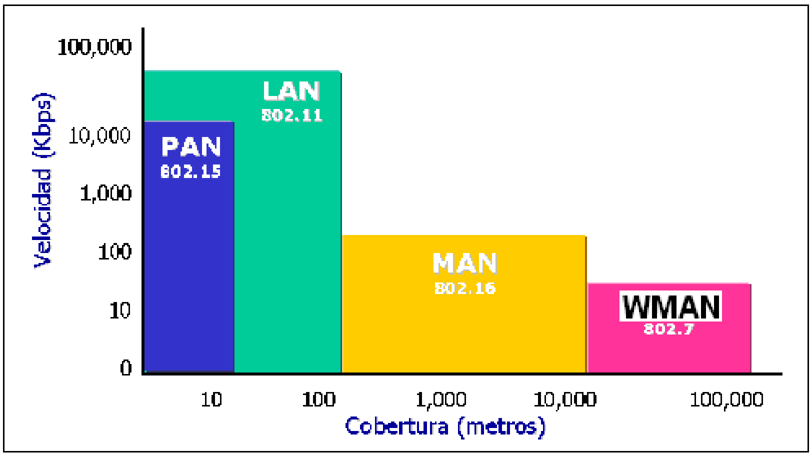


Figura 1.2: Redes tradicionales alámbricas.
(Ref: www.canal-ayuda.org/a-informatica/inalambrica.htm)

A continuación describiremos brevemente cada una de estas categorías:

- **Redes inalámbricas WAN:** Wide Área Network (Redes de Área Extensa), comprenden tecnologías tales como: telefonía celular analógica, radiolocalización de dos vías (pagers), radio enlaces terrestres de microondas, láser (infrarrojo), WLL (Wireless Local Loop), LMDS (MMDS), comunicaciones por satélite. Con MMDS es posible la provisión de Internet a altas velocidades en el rango de decenas de Mbps a distancias de más de 40 kilómetros, limitándola únicamente la curvatura de la tierra y la línea de vista.

Con LMDS se puede transferir información hasta en el rango de Gbps, debido a que trabaja en una banda de frecuencia mayor [20-30 GHz] y con mas capacidad de canal, pero funciona en celdas con cobertura de 5 a 8 kilómetros. En esta categoría el acceso a Internet vía satélite ha jugado un papel importante hoy en día.

- **Redes inalámbricas MAN:** Una red de área metropolitana (Metropolitan Area Network) es una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo. El concepto de red de área metropolitana representa una evolución del concepto de red de área local a un ámbito más amplio, cubriendo áreas mayores que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que pueden llegar a una cobertura regional e incluso nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana.

- **Redes inalámbricas LAN**: Entre estas redes tenemos la IEEE 802.11x, HiperLAN/2. La especificación IEEE 802.11 define redes locales inalámbricas que emplean ondas de radio en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz conocido como espectro ensanchado. Por otro lado el foro global HiperLAN/2 definió una especificación que opera en la banda de 5 GHz y que permite la transferencia de datos de hasta 54 Mbps que utiliza una técnica de modulación conocida como OFDM (Orthogonal Digital Multiplexing) para transmitir señales analógicas.

Estándar	Velocidad máxima	Interfase de aire	Ancho de banda de canal	Frecuencia
802.11b	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz
802.11a	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz
HomeRF2	10 Mbps	FHSS	5 MHz	2.4 GHz
HiperLAN2	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
5-UP	108 Mbps	OFDM	50 MHz	5.0 GHz

Tabla 1.1: Principales estándares WLAN

- **Redes inalámbricas PAN:** Las Personal Area Network o Redes de Área Personal, tales como IEEE 802.15 (Bluetooth), Homero, HomeRF son una nueva categoría en redes que cubre distancias cortas y cerradas. La IEEE 802.15 y HomeRF trabajan en la banda de frecuencias de espectro ensanchado de 2.4 GHz. Bluetooth es capaz de transferir información entre un dispositivo a otro a velocidades de hasta 1 Mbps, permitiendo el intercambio de video, voz y datos de manera inalámbrica.

Con cualquiera de estas tres últimas tecnologías se podrá acceder a la red de la casa u oficina desde un teléfono celular y podrá controlar dispositivos o consultar a distancia los datos importantes y acceder a Internet con sólo conectarse a la red en el caso de que tenga la red casera u oficina conectada a Internet.

1.5.LMDS

LMDS o Local Multipoint Distribution Service (Sistema de Distribución Local Multipunto) es una tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

Presenta tres características importantes. En primer lugar, los sistemas LMDS se pueden desplegar e instalar muy rápidamente en comparación con otras. En segundo lugar, LMDS permite el acceso a Internet de alta velocidad, tanto por el sector residencial como para el empresarial, gracias a las técnicas digitales que se han incorporado recientemente; finalmente, esta tecnología presenta un importante potencial como tecnología de acceso para nuevos operadores que no disponen de grandes recursos, así como para los Competitive Local Exchange Carrier.

Entre sus características está que usa señales en la banda de las microondas, en concreto la banda Ka (en torno a los 28 Ghz, y además dependiente de las licencias de uso de espectro radioeléctrico del país), por lo que las distancias de transmisión son cortas, a tan altas frecuencias la reflexión de las señales es considerable (nótese que la banda Ka, es la banda del espectro usado para las comunicaciones satelitales), por lo que la señal es incapaz de atravesar obstáculos, cosa que sí es posible con las señales de baja frecuencia; debido a esto, desde la estación base hasta la antena de abonado ha de haber línea de vista. Es así que pueden formarse unas zonas de sombra (zonas "imposibles" de ofrecer servicio), pero éstas se pueden paliar con la colocación estratégica de las estaciones base para que una misma zona tenga acceso a varias células y también mediante el uso de amplificadores y reflectores.

Otro problema a tener en cuenta es la derivación de la energía de la señal transmitida en la molécula de agua (recordemos que estamos hablando de microondas), por lo que la potencia de la señal se reduce. Este efecto se palia mediante la subida de la potencia entregada o la reducción del tamaño de la célula. Por esta razón, en estas condiciones (lluvias) se usa la corrección de errores hacia adelante, la adaptación dinámica de potencia y la adaptación dinámica de la modulación usada.

Su modo de funcionamiento se basa en dividir el diagrama de radiación de la antena por sectores, de forma que se puedan crear diferentes nodos de área de servicio.

Así, si se dispone de un determinado margen de frecuencias X en la antena para cubrir una zona en la que se encuentra Y abonados, según el principio de sectorización de la antena, esta zona se podría dividir en , por ejemplo, Z sectores de modo que cada uno de ellos, donde habría Y/Z abonados, utilizan la frecuencia X completa para su propio servicio, con lo cual se obtiene una multiplicación de la capacidad del sistema en términos de *n* abonados al que se puede dar servicio, al mismo tiempo que cada sector presenta un conjunto de servicios previamente determinado. Este tipo de antena parece habitualmente en el ámbito de las comunicaciones celulares.

En LDMS la sectorización se realiza en cuadrantes, normalmente utilizando polaridades alternas horizontal y vertical en cada sector. Esta diversidad en la polarización permite optimizar la reutilización de frecuencias; en el caso de cuatro sectores se obtiene de 4:1 con respecto a otros sistemas que no emplean técnicas de reutilización de frecuencia, lo cual proporciona una importante ventaja competitiva en términos de costes. Los niveles de reutilización del espectro obtenidos se acercan al cien por ciento.

Puede transmitir a velocidades que van desde 51,84 Mbps hasta 622 Mbps. Una simple célula LMDS puede soportar el equivalente a 128 Líneas E1 o el equivalente a 3.800 líneas telefónicas para cada par de canales asignados de 56 MHz.

El equipo asociado a la estación base esta configurado en función de una filosofía modular, de forma que se pueda realizar el despliegue para prácticamente cualquier número de circuitos por sector. En líneas generales, se puede afirmar que la capacidad de estos sistemas es realmente notable comparándolas con otras tecnologías.

Como resultado de las características de propagación, la distancia del enlace puede ser de 100 m hasta 35 Km. (dependiendo de la sensibilidad de las unidades de abonado y la calidad de servicio a ofrecer). Los sistemas de comunicación LMDS en la banda de 3,5 GHz tienen la ventaja de no verse demasiado afectados por la niebla, la lluvia o la nieve.

La modulación utilizada es generalmente QAM o QPSK. El régimen binario es hasta 8 Mbps (no concretado, en algunas fuentes nombran hasta 45 Mbps). La metodología de acceso puede ser FDD, FDMA, TDD, TDMA y FH (frequency hopping). El protocolo de Transporte es PPP, celdas ATM y Ethernet por el aire.

1.6. Sistemas móviles inalámbricos

1.6.1CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access) utiliza una técnica para asignar un código único a cada conversación. Las señales de todas las llamadas son transmitidas a través de la misma frecuencia. Las señales dispersas son tomadas, de lo que es un mar de ruido, por el receptor, quien conoce el código de la llamada que desea atender. Esta técnica permite la transmisión simultánea de un gran número de llamadas telefónicas sobre una misma frecuencia de radio. De este modo, la capacidad del manejo de llamadas de estos sistemas se incrementa de 10 a 20 veces más que los sistemas celulares convencionales.

CDMA-2000 1xRTT es una versión de CDMA del estándar IMT-2000 que fue desarrollado por la unión de telecomunicación internacional (ITU). La designación "1xRTT" (1 times Radio Transmission Technology) es usada para identificar la versión de la tecnología CDMA2000 que opera en un par de canales de 1,25-MHz (1,25 MHz una vez, opuesto a 1,25 MHz tres veces en 3xRTT).

CDMA-2000 1xRTT casi duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95. Aunque capaz de soportar altas velocidades de datos, la mayoría de desarrollos están limitados a una velocidad pico de 144 kbits/s. Mientras 1xRTT es calificado oficialmente como una tecnología 3G, por otros es considerado como una tecnología 2.5G (o a veces 2.75G). Esto ha permitido que sea implementado en el espectro 2G en algunos países limitando los sistemas 3G a ciertas bandas.

CDMA-2000 1xEV-DO es un sistema de datos inalámbrico con alta velocidad y alta capacidad que combina la conveniencia de la movilidad con el desempeño de una red de datos fija. Es verdaderamente una tecnología 3G una vez que permite la transmisión de datos con tasas arriba de 2.4Mbps y al mismo tiempo permite servicios de datos multimedia bastante avanzados.

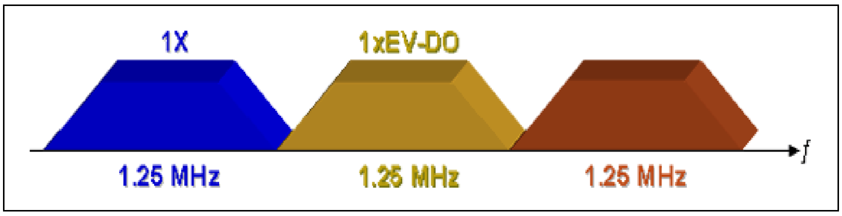


Figura 1.3: Ubicación de portadoras en un sistema cdma2000 y 1xEV-DO
(Ref:www.unibague.edu.co/portal/programas/ingenieria_electronica/el_oraculo_wlan_wpan/telemovil.htm)

Es una solución con costo muy competitivo ya que sólo una BTS es capaz de entregar más que 4Mbps de capacidad usando un canal de 1.25MHz. Esa eficiencia en el uso del espectro significa para las operadoras CDMA poder transmitir mucho más datos para sus usuarios con un upgrade mínimo en su red. La combinación de variados servicios de valor agregado con contenidos multimedia y bajo costo por MByte es la llave para aumentar la demanda y el éxito de los servicios de datos inalámbricos.

Con su alta velocidad y bajo atraso para conectarse a la Internet, soporta una gran variedad de servicios de datos inalámbricos y sus aplicaciones alcanzan diferentes segmentos como corporativos, consumidor final y el acceso fijo de banda ancha, debido a su fácil instalación, comparada a una red con cable. Además, puede proveer una performance similar a un servicio cable/DSL de 128 a 256kpbs.

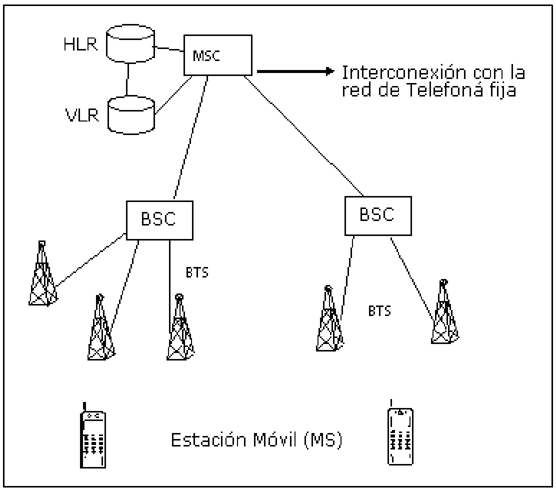


Figura 1.4: Arquitectura básica CDMA
(Ref:www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialcdma/pagina_1.asp)

El sistema de radio en CDMA a veces llamado la estación base son las terminales de ruta de radio que están conectados a la MSC (central de conmutación móvil). El sistema de radio es a veces dividido en BTS y BSC.

- El **BTS** (Sistema transreceptor base), consiste de uno o más transreceptores colocados en una localización única y terminales de una ruta de radio en el lado de la red. El BTS puede ser colocado con una estación base controladora o puede ser independientemente establecido.
- El **BSC** (controlador de la estación base) controla y supervisa el sistema de uno o más BTS, cambia mensajes entre el BTS y la MSC. Algunos mensajes señalizados pueden pasara través del BSC transparentemente.

- El ***MSC*** (centro de conmutación móvil), sirve de interfaz entre el tráfico de usuario de la red inalámbrica y la red PSTN o también a las redes de otros proveedores móviles.
- El **HLR** (registro de Localización del residente) es la unidad funcional usada para la supervisión de los subscriptores móviles para mantener la información de todos los subscriptores como, el número de serie electrónico (ESN), número de directorio (DN), identificación de subscriptor móvil internacional (IMSI), perfil del usuario, localización común.
- El **VLR** (registro de localización del Visitante) es la unidad funcional que dinámicamente almacena la información de los subscriptores como, ESN, DN, información del perfil del usuario obtenido de los usuarios HLR, cuando los subscriptores son localizados en el área de cobertura por el VLR.

Las redes de datos con conmutación de paquetes (PSDN), han hecho posible que exista Internet y al mismo tiempo, ha hecho que las redes de datos, especialmente las redes IP basadas en LAN, estén más disponibles de forma más generalizada.

La PSDN utiliza una técnica que divide un mensaje de datos en unidades más pequeñas llamadas paquetes. Éstos se envían a su destino siguiendo la mejor ruta disponible y se reensamblan en el extremo de recepción.

Las redes de conmutación de paquetes tienen su razón de ser para permitir la comunicación de datos mediante Internet en todo el mundo. Una red de datos pública o una red de conmutación de paquetes es el equivalente de datos de la PSTN.

1.6.2 GSM

GSM (Global System for Mobile Communication) es un estándar internacional para la transmisión de voz y datos sobre un teléfono inalámbrico. Está basado en la tecnología TDMA y FDMA, opera en las bandas de 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz.

Es una tecnología diferente a las demás ya que opera bajo una serie de estándares controlados que indican como debe operar el sistema. Esto asegura que los sistemas GSM sean compatibles globalmente.

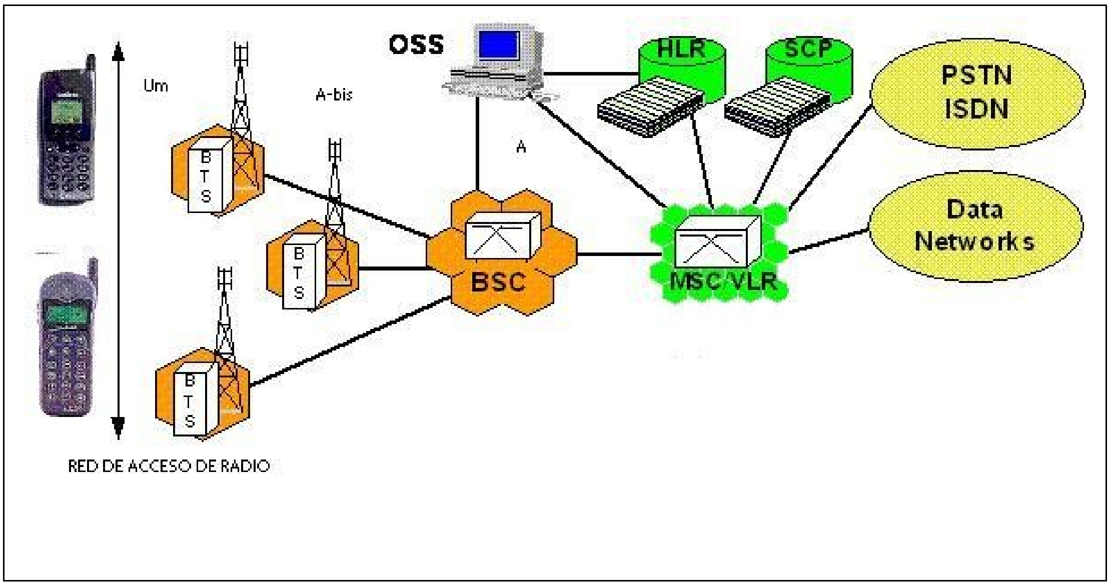


Figura 1.5: Arquitectura de una red GSM
(Ref: www.mailxmail.com/curso/informatica/gsm/capitulo3.htm)

La red de acceso de radio (RAN) tiene varios componentes, los cuales son similares a los de CDMA como son el BSC, el BTS, interfaces, excepto el BSS.

Subsistema de estación base (BSS) agrupa la maquinaria de infraestructura específica a los aspectos celulares de GSM, está en contacto directo con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio. Por lo tanto, incluye las máquinas encargadas de la transmisión y recepción de radio, y de su gestión. Por otro lado, está en contacto con los conmutadores del NSS (Network and Switching Subsystem). La misión se puede resumir en conectar la estación móvil y el NSS, y por lo tanto, conecta al usuario del móvil con otros usuarios. El BSS tiene que ser controlado, y por tanto debe estar en contacto con el OSS.

De acuerdo con la estructura de GSM, el BSS incluye dos tipos de máquinas: el BTS (Transceptor de la Estación Base), en contacto con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio, el BSC (Controlador de la Estación Base), en contacto con los conmutadores del NSS.

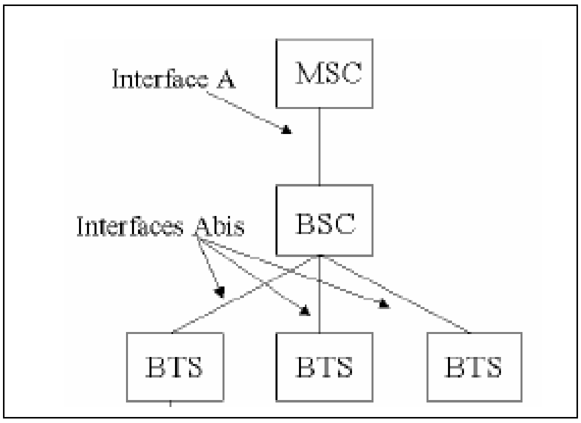


Figura 1.6: Componentes e interfaces de la BSS.
(www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/cabral_leite/seg_wap_04.html)

1.6.3GPRS.

Las siglas GPRS corresponden a Global Packet Radio Services, Servicio Global de Paquetes por Radio. Se basa en la conmutación de paquetes realizando la transmisión sobre la red GSM que usamos actualmente. La velocidad de conexión puede llegar a los 115 kbps, 12 veces más que la permitida por la red básica GSM. Plantea la solución parcial a uno de los problemas, la velocidad de transmisión.

GPRS utiliza la conmutación de paquetes que es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

Al sistema GPRS se le conoce también como GSM-IP ya que usa la tecnología IP (Internet Protocol) para acceder directamente a los proveedores de contenidos de Internet. GPRS ofrece a los usuarios móviles mayor velocidad de transmisión de datos por lo general 40-50kbit/s y resulta adecuado para el tráfico intenso de Internet e Intranet. Al igual que en IP, GPRS se caracteriza por estar basada en paquetes, cada paquete puede tener una longitud variable, dependiendo de los recursos disponibles, pero con un máximo de 1.5 Kbytes. Además, utiliza DNS.

El medio de transmisión es compartido entre los usuarios que hagan uso de el y soporta cualquier tipo de aplicación IP. Al tener tantas semejanzas con IP, GPRS necesita cubrir ciertos requisitos.

Es necesario definir un “contexto” previo a la conexión, es posible definir más de una dirección IP simultáneamente (contexto), una transmisión cifrada solo en el interfaz Um. Pero también presenta ventajas, los usuarios conocen su posición (teóricamente), esto es posible dada la utilización de GPS (Global Posistion System). También el mismo punto de acceso y dirección IP puede ser utilizado incluso en roaming. Y por último, al tener la conexión solo mientras exista transmisión, la facturación es sobre la cantidad de información enviada.

Las interfaces de aire GPRS son:

- **Interfaz Gn**.-Esta interfaz se encarga de la transmisión de información entre el SGSN y el GGSN. Opera el GTP (GPRS Tunnel Protocol), que usa el mecanismo de "tunneling" entre los GPRS Support Nodes en la red backbone GPRS, también se trabaja con los protocolos TCP/UDP e IP.
- **Interfaz Gi**.- Es la que comunica a la red GPRS con las redes exteriores.
- **Interfaz Gb**.- Establece todo el dialogo con el terminal móvil

- **Interfaz Gs**.- Se utiliza entre el MSC/Registro de Lugares Visitantes (RLV) y el SGSN para coordinar el envío de señales para terminales móviles capaces de manejar datos por conmutación de circuitos y por paquetes.

La arquitectura de red de GPRS está basada fundamentalmente en GSM. Los principales elementos que se introducen son dos nodos de soporte GPRS el uno nodo de conmutación (SGSN) y el de pasarela (GGSN) cuyas misiones son complementarias.

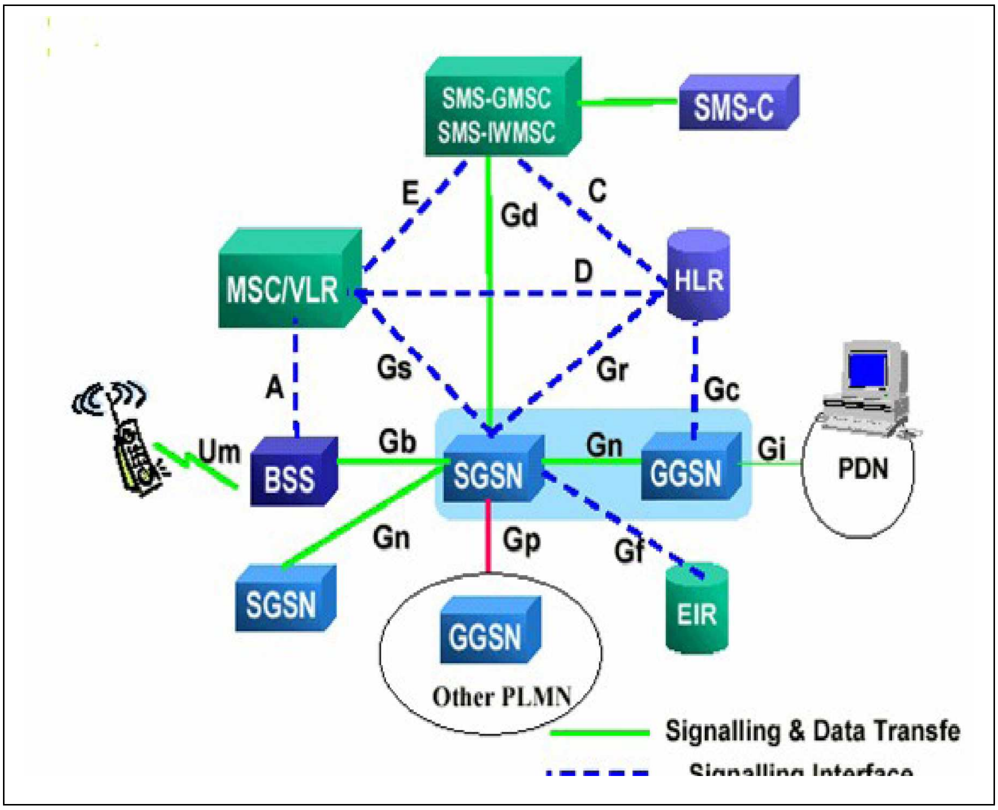


Figura 1.7: Interfaz aérea GPRS
(www.melodiasmoviles.com/documentacion/gprs.php)

El *GGSN* (Gateway GPRS Support Node**)** es el que proporciona el acceso a las redes de datos basadas en IP. Actualización de software a nivel de BTS (Estación de transmisión).

La función principal es la de actuar como pasarela entre la red troncal GPRS y las redes externas como IP. Es el elemento principal de la infraestructura.

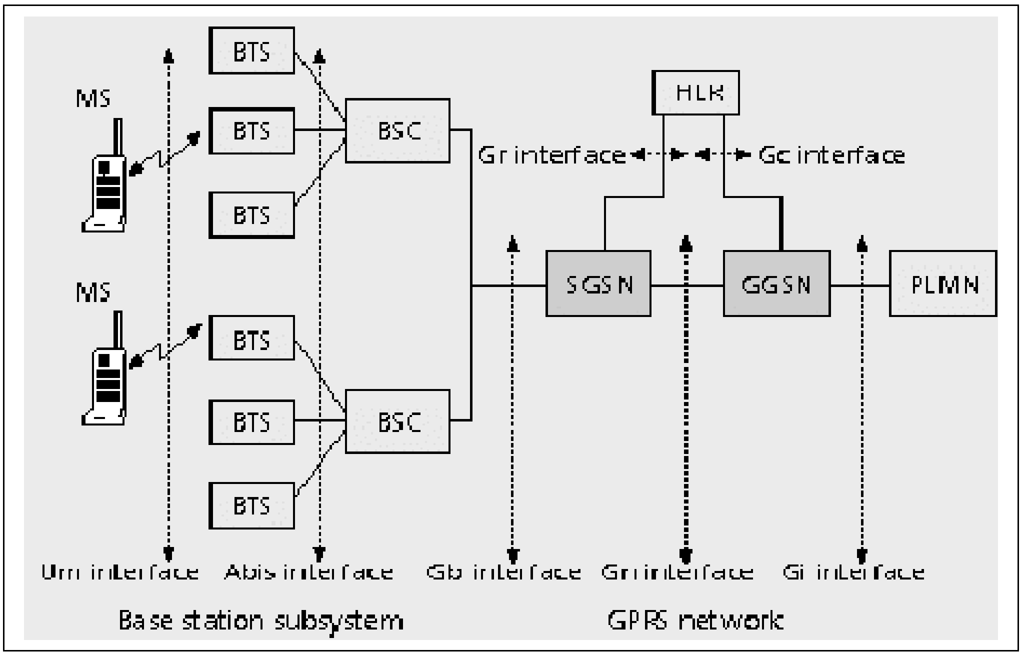


Figura 1.8: Arquitectura GPRS
(Ref: www.melodiasmoviles.com/documentacion/gprs.php)

PCU (Unidad de Control de Paquetes) es el nuevo hardware en el controlador de estación (BSC). Es la encargada de manejar la comunicación de paquetes.

La red troncal GPRS o backbone basado en IP.

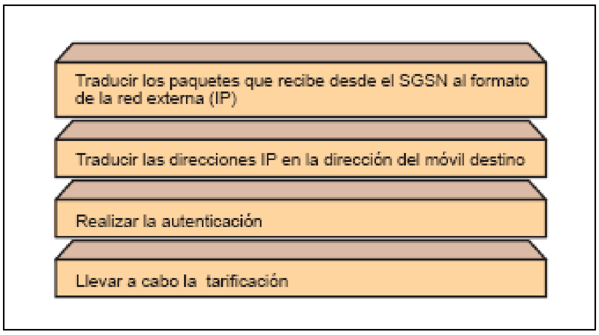


Figura 1.9: Funciones del GGSN
(Ref: www.melodiasmoviles.com/documentacion/gprs.php)

El *SGSN* (Serving GPRS Support Node) se encargará de la gestión de la movilidad y del mantenimiento del enlace lógico entre móvil y red. Es decir es el encargado de la entrega de paquetes desde y hacia los móviles que están dentro de su área de servicio. Tiene asociado un Location Register similar al VLR.

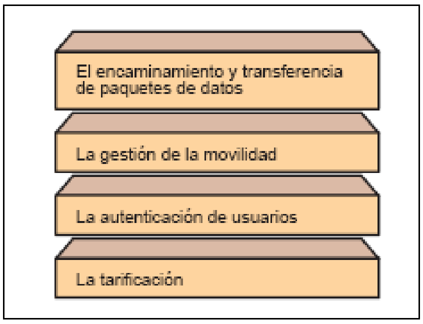


Figura 1.10: Funciones del SGSN
(www.melodiasmoviles.com/documentacion/gprs.php)

1.7.WiFi (802.11)

En 1997, la IEEE tomó al estándar 802.11 o Wi-Fi como la primera tecnología wireless lan. Es una serie de estándares de redes inalámbricas desarrolladas por el grupo de trabajo 11 del comité de estándares de la IEEE. Esta serie de estándares incluyen 6 diferentes tipos de modulación, siendo las más conocidas los estándares a, b y g. El estándar 802.11i fue una mejora a la seguridad, mientras que el resto de estándares (c-f, h, j, k-v) corresponden a mejoras del servicio.

Este estándar IEEE802.11 define, la capa de control de acceso al medio (MAC), administración de protocolos y servicio MAC y tres capas físicas (PHY). La versión original del estándar 802.11, especificaba dos tasas de transferencia a 1 y 2 Mbps., a través de señales infrarrojas o en la banda de 2.4 Ghz.

Las tres capas físicas son: banda física infrarroja (IR), banda FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) que funciona a 2.4 Ghz. y por último la banda DSSS (Direct Squence Spread Spectrum) a la misma frecuencia. El estándar también define como método de acceso al medio el CSMA/CD, utilizando la mayor parte del canal para garantizar la transmisión.

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan la banda 2.4 Ghz., que puede tener interferencias de microondas o teléfonos inalámbricos, mientras la versión 802.11a utiliza la banda de 5 Ghz.

- 802.11a: El estándar fue aprobado en 1999. Se basa en el estándar original, operando en la banda de 5Ghz, pero utilizando la técnica OFDM de modulación con 52 canales, alcanzando tasas de transmisión de hasta 54Mbps, que se puede corresponder con un throughput real de 20 Mbps. Como en el estándar dispone de 12 canales no solapados. Al utilizar la banda de 5Ghz permite disponer de menos interferencias, pero necesita línea de vista, además tiene mayor absorción de potencia. El estándar tiene 52 subportadoras, 48 se utilizan para datos y cuatro actúan como pilotos, con una separación de 312,5 Khz. Cada subportadora puede ser BPSK, QPSK, 16 QAM o 64 QAM. La duración del símbolo es de 4 microsegundos, con un periodo de guardia de 0,8 microsegundos.

  Esta tecnología no fue tan adoptada, ya que tenía un rango menor y estaba limitada en Europa. Hoy en día está ganando aceptación al existir equipos duales (que usan 802.11a y b).

- **802.11b**: Este estándar fue aprobado en 1999, mejorando la tasa de transmisión hasta un máximo de 11 Mbps., utilizando el mismo acceso al medio que el 802.11. En la práctica, no era posible superar los 6 Mbps. en TCP y los 7 Mbps. en UDP, debido a las cabeceras. Los primeros equipos aparecieron muy rápidamente, ya que era una extensión a una modulación DSSS del estándar original. El aumento de velocidad y el reducido coste consiguieron un rápido crecimiento de la demanda y oferta.

  Si existen problemas de calidad de señal, es posible transmitir a 5,5, 2 y 1 Mbps., que utilizan métodos más redundantes de codificación de datos. El estándar divide el espectro en 14 canales que se solapan, a una distancia de 5Mhz cada uno de ellos. Esto provoca que cada canal interfiera con los dos adyacentes a cada lado, ya que el ancho de banda es de 22Mhz, a partir de donde la señal cae en 30 dB como mínimo.

- **802.11g**: En Junio de 2003 se aprobó el tercer estándar, el 802.11g. Este estándar funciona en la banda de los 2,4 Ghz, como el 802.11b, pero con un tasa máxima de 54Mbps (y efectiva de 24,7Mbps). Es compatible con el 802.11b y utiliza las mismas frecuencias.

Desafortunadamente, los conflictos con los equipos 802.11b, las interferencias y el hecho de que las frecuencias más altas están más expuestas a sufrir perdidas han reducido la efectividad de la tecnología.

Podemos distinguir tres tipos de modulación, dos de espectro ensanchado y una de infrarrojos. Las tecnologías de espectro ensanchado consisten en difundir la señal de información a lo largo del ancho de banda disponible, es decir, en vez de concentrar la energía de las señales alrededor de una portadora concreta lo que se hace es repartirla por toda la banda disponible.

Este ancho de banda total se comparte con el resto de usuarios que trabajan en la misma banda frecuencial. Existen dos tipos de tecnologías de espectro ensanchado:

- ***La Tecnología de Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS***) es una técnica que consiste en la generación de un patrón de bits redundante llamada señal de chip para cada uno de los bits que componen la señal de información y la posterior modulación de la señal resultante mediante una portadora de RF. DSSS tiene definidos dos tipos de modulaciones a aplicar a la señal de información una vez que se sobrepone la señal de chip tal y como especifica el estándar IEEE 802.11: la modulación DBPSK, Differential Binary Phase Shift Keying y la modulación DQPSK, Differential Quadrature Phase Shift Keying proporcionando unas velocidades de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.

- ***La Tecnología de Espectro Ensanchado por Salto en Frecuencia (FHSS****),* consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada dwell time e inferior a 400ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo. Cada una de las transmisiones a una frecuencia concreta se realiza utilizando una portadora de banda estrecha que va cambiando (saltando) a lo largo del tiempo.

  Este procedimiento equivale a realizar una partición de la información en el dominio temporal. El orden en los saltos en frecuencia que el emisor debe realizar viene determinado según una secuencia pseudoaleatoria que se encuentra definida en unas tablas que tanto el emisor como el receptor deben conocer.

La ventaja de estos sistemas frente a los sistemas DSSS es que con esta tecnología podemos tener más de un punto de acceso en la misma zona geográfica sin que existan interferencias si se cumple que dos comunicaciones distintas no utilizan la misma frecuencia portadora en un mismo instante de tiempo.

- **La Tecnología de infrarrojos**, de momento no demasiado utilizada a nivel comercial para implementar WLANs. Los sistemas de infrarrojos se sitúan en altas frecuencias, justo por debajo del rango de frecuencias de la luz visible. Las propiedades de los infrarrojos son, por tanto, las mismas que tiene la luz visible. De esta forma los infrarrojos no pueden pasar a través de objetos opacos pero se pueden reflejar en determinadas superficies. Las longitudes de onda de operación se sitúan alrededor de los 850-950 nm, es decir, a unas frecuencias de emisión que se sitúan entre los 3,15·10e14 Hz y los 3,52·10e14 Hz.

1.8.WiMAX (IEEE 802.16)

WiMAX es un acrónimo de Worldwide Interoperability for Microwave Access, una marca de referencia para productos que pasan la conformidad y los test de interoperatividad de los estándares 802.16.

1.8.1WIMAX FORUM

En el 2001, el Foro WiMAX estuvo formado por Nokia Corp, Emsemble Communication Inc. y el Orthogonal Frecuency Division Multiplexing Forum y estaba dirigido para publicaciones más que para el desarrollo de normas, por ejemplo:

- El marketing y la promoción.
- El desarrollo de perfiles de sistema
- El desarrollo de procedimientos de certificación

En el año 2003, Intel se incorpora al Forum WiMAX como uno de los miembros más activos.

Bajo el estándar IEEE 802.16 -2001, se fueron incrementando la participación de los fabricantes.

Pertenecen al WIMAX FORUM:

33Link, 7 layers, Inc, ABSi Corporation, ACCA, Accense Technology, Inc., Accenture, Accton Technology Corporation, Accuris Networks, Acer, Adesta, Advance Data Technology Corporation, ADVANTEST CORPORATION, Aeroflex, Aeronix Inc, Agilent, Aicent, INC, Air Network Solutions, Aircom International Limited, Airspan Networks, Albentia Systems, Alcatel-Lucent, Alepo, Alianza, Allegro Networks, Allion Test Labs, Inc. , Alpha Networks, Alps Electric, Altair Semiconductor Ltd, Altitude Telecom, Alvarion, Amdocs, Amicus Wireless Technology, Inc, Analog Devices, Andrew Corporation, Anite Telecoms Ltd, Anritsu Limited, ApaceWave Technologies, Aperto Networks, APPLUS, Aptilo Networks, Arab Telecommunication, Arasor Corporation, Arcadyan Technology Corporation, ARICENT, Arqiva, ArrayComm, Artiza Networks, Inc, ASELSAN, Asia Pacific Broadband Telecom, Astra Microelectronic Technologies Ltd, ASUSTek Computer INC, AT&T, AT4 Wireless, NOKIA, Harris Corporation, InterDigital Communications Corp., iCODING Technology Inc., Conexant Systems Inc., Texas Instruments Inc., Hexagon System Engineering, Runcom Technologies ltd., Samsung Electronics Co. Ltd., BeamReach Networks Inc., Airspan, Runcom technologies ltd., Broadcom Corp., Wavesat Wireless Inc., Redline Communications Corp., Intel Corporation, Marvell Semiconductor, Vectrad Networks, NIST, MacPhy Modems, Georgia Institute of Technology, Global Communications Devices Inc., E.A. Robinson Consulting Inc., Ensemble Communications, Comtech AHA Corp., Medley Systems Ltd., Proxim Corporation, CyberTAN Technology Inc., Radiant Networks PLC. etc. (http://www.wimaxforum.org/about/Current_Members/).

En enero de 2005, el Foro WiMAX seleccionó España Cetecom como su laboratorio de certificación oficial. WIMAX FORUM es una organización conducida por industrias, sin fines de lucro. Además, se formó para certificar y promover la compatibilidad y la interoperabilidad de productos inalámbricos de banda ancha y su *objetivo* principal es promover y acelerar la introducción de servicios de acceso rentables inalámbricos de banda ancha en el mercado.

1.8.2Estándar 802.16

El estándar IEEE 802.16 se inició en 1988, es el grupo de trabajo del IEEE especializado en acceso punto a multipunto de banda ancha. Posteriormente, en enero del 2003, el 802.16a añadió soporte para el rango de 2 a 11 Ghz, donde algunas bandas no requieren licencia, o sólo precisan una simple autorización. Los esfuerzos se están centrando en esta variación del estándar.

El objetivo fue desarrollar un estándar para conseguir un desarrollo del acceso en banda ancha inalámbrico, masivo y a los menores precios posibles, a través de la creación de un estándar para el acceso inalámbrico en ámbito metropolitano.

El proyecto general de WiMAX actualmente incluye al IEEE 802.16-2004 y al IEEE 802.16e. El IEEE 802.16-2004 utiliza OFDM, por la capacidad de gestionar los diferentes retardos que se producen en señales que padecen multitrayecto y por que realiza la combinación de múltiples portadoras solapadas espectralmente de manera que no se producen interferencias entre ellas.

El IEEE 802.16e utiliza OFDMA1 que permite a múltiples usuarios transmitir en diferentes subportadoras por cada símbolo OFDM de esta manera se asegura de que las subportadoras se asignan a los usuarios que ven en ellas buenas ganancias de canal.

1.8.2.1. IEEE 802.16 - 2001

El Estándar IEEE 802.16 - 2001 se completó en Octubre del 2001 y fue publicado el 8 de Abril del 2002, el cual define el interfaz aéreo para redes de área metropolitanas inalámbricas. Especifica el interfaz de un sistema de acceso inalámbrico de banda ancha aplicado a conexiones punto-multipunto, con antenas direccionales y sin movilidad, esta versión del estándar se ha diseñado para bandas entre 10 y 66 GHz.

Este estándar se diseñó con el fin de desarrollar una serie de interfaces aire basados en un mismo protocolo MAC pero con especificaciones de la capa física que dependen del espectro utilizado y de las regulaciones asociadas.

IEEE 802.16 - 2001 especifica un Ancho de Banda de 28 MHz, una cobertura de hasta 50 Km., utiliza modulación QPSK, 16-QAM, 64-QAM (opcional), requiere línea de vista (LOS) y opera a velocidades de hasta 75 Mbps en banda licenciada.

1.8.2.2. IEEE 802.16a

La IEEE aprobó en Enero del 2003 el estándar, como una enmienda al estándar IEEE 802.16 – 2001, el cual ha recibido apoyo de fabricantes de equipos terminales. El estándar fue diseñado para aplicaciones de última milla en sistemas que utilizan bandas de 2 Ghz y 11 Ghz. La capa de acceso al medio es capaz de soporta múltiples especificaciones de capa física optimizadas para dichas bandas de frecuencia.

Además, asegura un enlace de Radio Frecuencia robusto maximizando el número de bits por segundo para cada subscriptor, soporta sistemas de antenas inteligentes.

Incluye características de seguridad y calidad de servicio que ayudan a soportar servicios que requieren baja latencia, como son la voz y video. Un espacio de canal de 1.5 a 20 Mhz, alcanza velocidades de hasta 75 Mbps con 20 Mhz de ancho de canal. Añade soporte de transmisión sin línea de vista (NLOS), FEC y ARQ.

1.8.2.3. IEEE 802.16 – 2004

Es una tecnología de acceso inalámbrico fijo, diseñada para competir con los proveedores de banda ancha con cable y para proveer acceso básico banda ancha y voz , en lugares rurales, donde es difícil llegar con otras tecnologías de acceso.

Además, es una solución viable para el backhaul inalámbrico para puntos de acceso Wi – Fi o potencialmente para redes celulares, en particular si se usa el espectro que requiere licencia.

En ciertas configuraciones, WIMAX puede usarse para proveer mayores velocidades de datos y por lo tanto, puede usarse como una opción de reemplazo de T1 para abonados corporativos.

Define los parámetros de la interfaz inalámbrica para acceso de banda ancha a nivel físico y de acceso al medio (MAC). Realiza cambios en la parte OFDM como mejor soporte de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO), cambios en el preámbulo, cambios en portadora piloto, cambios en el formato de modulación de FHC y en OFDMA cambios en la subcanalización.

Las características del estándar son que sus enlace pueden ser fijos o móviles punto – multipunto, permite enlaces con o sin línea de vista, alcance de hasta 50 Km., la tasa de transferencia de hasta 75 Mbps, el espectro de frecuencia de 2 – 66 Ghz.

La principal diferencia con la versión anterior, el IEEE 802.16a, se relaciona con la mejora en el consumo de potencia en los sistemas.

1.8.2.4. IEEE 802.16e

Es un estándar que se diseño para ofrecer una característica clave que es portabilidad y movilidad.

Se estima un diámetro del área de cobertura de una estación base de entre seis y siete kilómetros, esto depende del rango de frecuencias y la implementación.

El estándar utiliza la banda de frecuencia menor a 6 Ghz, no requiere línea de vista, OFDM hasta 5 Km., numero de portadoras flexible, podrá llegar hasta 10 Mhz, con velocidad de hasta 15 Mbps.

1.8.3Características principales

1.8.3.1. Tasa de transferencia

Por medio de un robusto esquema de modulación, el IEEE 802.16 entrega una alta tasa de transferencia de altos rangos con un nivel de eficiencia espectral que es también tolerante a reflexiones de señal. La modulación dinámica adaptada permite a la estación base negociar la tasa de transferencia por rangos.

1.8.3.2. Escalabilidad

Para acomodar un planeamiento de celda fácil en el espectro de ambas bandas licenciadas y no licenciadas – exenta en todo el mundo, el 802.16 soporta canales de ancho de banda flexibles. Es decir si un operador tiene asignado 20 Mhz de espectro, este operador puede dividirlo en 2 sectores de 10 Mhz cada uno o en 4 sectores de 5 Mhz cada uno.

Focalizando potencia en sectores de pequeño incrementos, el operador puede incrementar el número de usuarios manteniendo un buen rango y tasa de transferencia. Para escalar aun más la cobertura, el operador puede reutilizar espectro en dos o más sectores creando aislaciones propias entre las antenas de estaciones base.

1.8.3.3. Cobertura

Mientras la tecnología de radio mejora y los costos bajan, la habilidad de incrementar la cobertura y la tasa de transferencia usando múltiples antenas para crear diversidad en transmisión y recepción aumentara sensiblemente la cobertura en escenarios externos.

Debido a esto, el estándar IEEE 802.16 soporta tecnologías que incrementan la cobertura, incluida la tecnología de malla y las técnicas de antena inteligente. Además, del esquema de modulación robusto y dinámico que soporta.

1.8.3.4. Calidad de servicio

Es en su mayoría la calidad de servicio necesaria para la voz, por esta razón el estándar IEEE 802.16a incluye características que requieren una red de baja latencia.

Las características de garantía requeridas por el controlador de acceso al medio (MAC) del IEEE 802.16, permiten al operador brindar simultáneamente niveles de servicio Premium garantizados para negocios, tanto como niveles de servicio T1 y servicio de alto volumen “best effort” a hogares, similares a niveles de servicio de cable, todos dentro de la misma área de servicio perteneciente a una estación base.

1.8.4Propagación NLOS vs. LOS

El canal de radio de un sistema de comunicaciones inalámbrico es llamado comúnmente con *línea de vista* (LOS) o *sin línea de vista* (NLOS).

En un enlace LOS, la señal viaja a través de un camino directo y sin obstrucciones desde el transmisor hasta el receptor. Un enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel esté libre de obstrucciones. Si no se cumple este requerimiento existirá una reducción significativa de la intensidad de señal. La zona de despeje de Fresnel requerida depende de la frecuencia de operación y de la distancia entre transmisor y localidades receptoras.

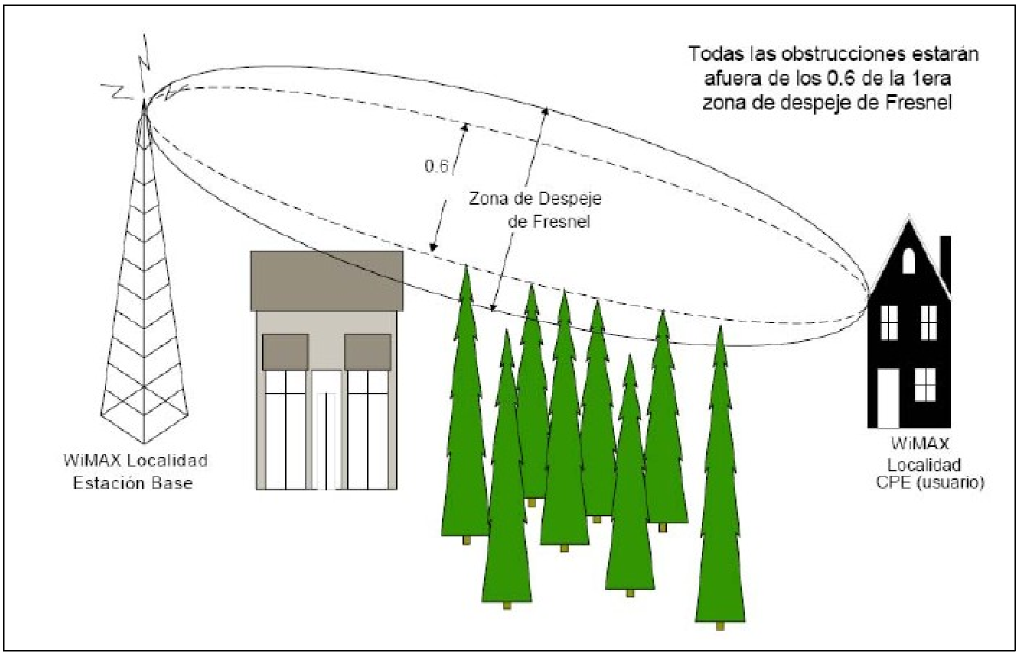


Figura 1.11: Zona de Fresnel LOS
(Ref:www.centros.itba.edu.ar/capis/epg-tesis-y-tf/kaen-trabajofinaldeespecialidad.pdf)

En un enlace NLOS, la señal alcanza al receptor por medio de reflexiones, difracciones y dispersiones. Las señales que alcanzan al receptor consisten en componentes del camino directo, caminos reflejados múltiples, energía de dispersión y caminos de propagación por difracción. Estas señales poseen distintos retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativos al camino directo.

El fenómeno de caminos múltiples puede también causar el cambio de la polarización de la señal. De esta manera usar polarización para reutilización de frecuencias, como es realizado normalmente en los sistemas LOS, puede ser problemático para los sistemas NLOS.

La manera en que los sistemas de radio usan estas señales de múltiples caminos como una ventaja, es la llave para proveer servicio en aplicaciones NLOS. Ambas condiciones de cobertura, son gobernadas por las características de propagación del medio ambiente, la pérdida del camino y el presupuesto del enlace de radio.

Existen severas ventajas que hacen las aplicaciones NLOS muy deseables. Por ejemplo, proyectos muy estrictos y restricciones de altura de antenas que a menudo no permiten a la misma estar posicionada para LOS. Para despliegues celulares contiguos de gran escala, donde la reutilización de frecuencia es crítico, bajar la antena es ventajoso para disminuir la interferencia cocanal entre celdas adyacentes. Esto fuerza a menudo la operación de las radio bases en condiciones NLOS. Los sistemas LOS no pueden reducir la altura de antena porque haciéndolo puede impactar en la línea de vista directa del equipo de abonado (CPE) a la estación base.

La tecnología NLOS también reduce los gastos de instalación del equipamiento de abonado (CPE). La tecnología también reduce la necesidad de un sitio de pre-instalación mejorando la precisión de las herramientas de planificación de NLOS.

La tecnología NLOS y las funciones ampliadas en WiMAX hacen posible el uso de equipo de abonado (CPE) en interiores. Esto posee dos desafíos principales; primariamente la superación de las pérdidas de penetración por edificio y secundariamente, la cobertura de distancias razonables con la mínima potencia de transmisión y ganancia de antena que son usualmente asociadas a los equipos de interior de abonado. WiMAX hace esto posible y la cobertura NLOS puede ser además mejorada mediante la influencia de algunas de las capacidades opcionales de WiMAX.

1.8.5Modulación Adaptiva y Codificación en WiMAX

WiMAX soporta una variedad de modulación y de esquemas de codificación y permite al esquema que cambie en una base del arranque por arranque por el eslabón, mientras dependiendo de las condiciones del cauce.

La modulación adaptiva y codificación incrementa significativamente la capacidad del sistema global, así como permite el intercambio en tiempo real entre el rendimiento y la robustez en cada enlace.

La tabla 1.3 lista varias modulaciones y esquemas de codificación soportados por WiMAX. En el downlink, QPSK, 16 QAM Y 64 QAM son obligatorios para WiMAX fijo y móvil; 64 QAM es opcional para el uplink.

La codificación FEC usando código convolucional es obligatoria. Códigos convolucionales son combinados con un código Reed Solomon en el downlink en el OFDM-PHY. Un total de 52 esquemas de modulación y codificación son definidos en WiMAX como perfiles de arranque.

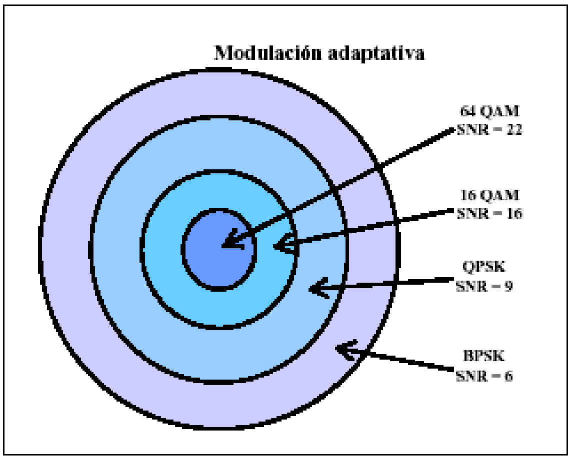


Figura 1.12: Radio relativo de celda para modulación adaptativa.
(www.centros.itba.edu.ar/capis/epg-tesis-y-tf/kaen-trabajofinaldeespecialidad.pdf)

	Downlink	Uplink
Modulation	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM; BPSK optional for OFDMA-PHY	BPSK, QPSK, 16 QAM; 64 QAM optional
Coding	Mandatory: convolutional codes at rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 Optional: convolutional turbo codes at rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; repetition codes at rate 1/2, 1/3, 1/6, LDPC, RS-Codes for OFDM-PHY	Mandatory: convolutional codes at rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 Optional: convolutional turbo codes at rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; repetition codes at rate 1/2, 1/3, 1/6, LDPC

Tabla 1.2: Modulación y codificación soportado por WiMAX

Puesto que la capa física de WiMAX es bastante flexible, la tasa de datos varía basado en los parámetros de operación. Los parámetros que tienen un impacto significativo en la tasa de datos de la capa física son ancho de banda y esquema de modulación y codificación utilizadas. Otros parámetros como número de subcanales, tiempo de guarda OFDM, velocidad de muestreo de la señal, también tienen un impacto.

La tabla 1.3 lista la tasa de datos en diversos canales de anchos de banda, así como también esquemas de modulación y codificación. Las tasas mostradas son tasas de datos de capa física agregado que es compartido entre todos los usuarios en el sector para el caso de TDD, asumiendo una tasa de ancho de banda 3:1 downlink – uplink.

Channel bandwidth	3.5MHz		1.25MHz		5MHz		10MHz		**8.75MHz[a]**	
PHY mode	256 OFDM		128 OFDMA		512 OFDMA		1,024 OFDMA		1,024 OFDMA	
Oversampling	8/7		28/25		28/25		28/25		28/25	
Modulation and Code Rate	**PHY-Layer Data Rate (kbps)**									
	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL
BPSK, 1/2	946	326	**Not applicable**							
QPSK, 1/2	1,882	653	504	154	2,520	653	5,040	1,344	4,464	1,120
QPSK, 3/4	2,822	979	756	230	3,780	979	7,560	2,016	6,696	1,680
16 QAM, 1/2	3,763	1,306	1,008	307	5,040	1,306	10,080	2,688	8,928	2,240
16 QAM, 3/4	5,645	1,958	1,512	461	7,560	1,958	15,120	4,032	13,392	3,360
64 QAM, 1/2	5,645	1,958	1,512	461	7,560	1,958	15,120	4,032	13,392	3,360
64 QAM, 2/3	7,526	2,611	2,016	614	10,080	2,611	20,160	5,376	17,856	4,480
64 QAM, 3/4	8,467	2,938	2,268	691	11,340	2,938	22,680	6,048	20,088	5,040
64 QAM, 5/6	9,408	3,264	2,520	768	12,600	3,264	25,200	6,720	22,320	**5,600**

a. The version deployed as WiBro in South Korea.

Tabla 1.3: Tasa de datos de capa Física en varios anchos de banda

1.8.6Capa Física

La capa física de WiMAX está basada en OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). OFDM es un esquema de transmisión de selección para habilitar altas velocidades de transmisión de datos, video y comunicación multimedia y es utilizado por una variedad de sistemas de banda ancha comercial.

En esta sección cubrimos las bases de OFDM y vemos las opciones de la capa física para WiMAX.

1.8.6.1. Opciones de capa física

Existen varias opciones de capa física, las cuales enunciamos con más detalle a continuación:

1.8.6.1.1 Single Carrier Channel

Se define una capa física para la banda de frecuencias de 10 - 66 GHz que es la "WirelessMAN-SC." la cual se utiliza para transmisiones con línea de vista.

Utiliza técnicas como TDD y FDD para optimizar el uso del espectro ya que utilizan transmisión de tráfico a ráfagas permitiendo regular parámetros de transmisión, modulación y codificación que son aplicados a cada estación subscriptora (SS) desde una estación base (BS). El enlace de subida está basado en una combinación de TDMA, dividido en intervalos de tiempo los mismos que son controlados por la MAC en la estación base y que varían en el tiempo para que sea optima la transmisión.

El canal de bajada es TDM que tiene la información de cada suscriptor que es multiplexada sobre una cadena individual de datos y que es recibida por todos los suscriptores que pertenecen al mismo sector. Para soportar halfduplex, FDD en las SSs, la provisión también es realizada por una porción TDMA en el downlink.

La bajada incluye un sublayer de convergencia de transmisión que inserta un byte de puntero en la carga para ayudar al receptor a identificar el comienzo de la MAC PDU. Los bytes de datos provenientes del sublayer de convergencia de transmisión son aleatorios, codificados con FEC y mapeados a QPSK, 16-QAM o constelación de señal 64-QAM.

La subida está basado en la transmisión burst TDMA. Cada burst está diseñado para transportar PDUs MAC de longitud variable. El transmisor de forma aleatoria da los datos entrantes, los codifica en FEC, y mapea los bits codificados a QPSK, 16-QAM.

El PHY WirelessMAN-SCa está basado en una tecnología de portadora simple y diseñada para operación NLOS en bandas de frecuencias por debajo de 11 GHz. Para bandas licenciadas los anchos de banda de canal permitidos deben ser limitados por el ancho de banda regulado dividido por cualquier potencia de dos no menor que 1.25 MHz. Definiciones TDD y FDD, una de las cuales debe ser soportada.

- Uplink TDMA.
- Downlink TD o TDMA.
- Modulación adaptativa por bloque y codificación FEC para uplink y downlink.
- Estructura de framing que mejora la ecualización y el rendimiento de estimación de canal a través de NLOS y ambientes de ensanchamiento de retardos extendidos.
- Granularidad en unidades PS en tamaño de burst.
- FEC concatenado usando codificación Reed-Solomon y TCM con interleaving opcional.
- Opciones adicionales BTC y CTC FEC.
- Opción No-FEC usando control de error ARQ.
- Opción de transmisión con diversidad STC (space time coding).
- Modos robustos para operación de baja CINR.
- Configuración de parámetros de mensajes MAC/PHY que facilitan la implementación opcional AAS.

1.8.6.1.2 OFDM

La tecnología OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) provee de un medio eficiente para superar los desafíos de la propagación NLOS. La forma de onda WiMAX OFDM ofrece la ventaja de posibilitar la operación con un gran retardo de dispersión característico de los ambientes NLOS.

Mediante la virtud de los símbolos de tiempo OFDM y el uso de los prefijos cíclicos, la onda OFDM elimina los problemas de la interferencia intersímbolo (ISI) y la complejidad de la ecualización adaptativa. Puesto que la señal OFDM está compuesta de múltiples portadoras ortogonales, el fading selectivo es localizado en subportadoras que son relativamente fáciles de ecualizar. Un ejemplo es mostrado en la figura 1.13 como una comparación entre una señal OFDM y una señal de portadora simple, con la información siendo enviada en paralelo por OFDM y en serie por la portadora simple.

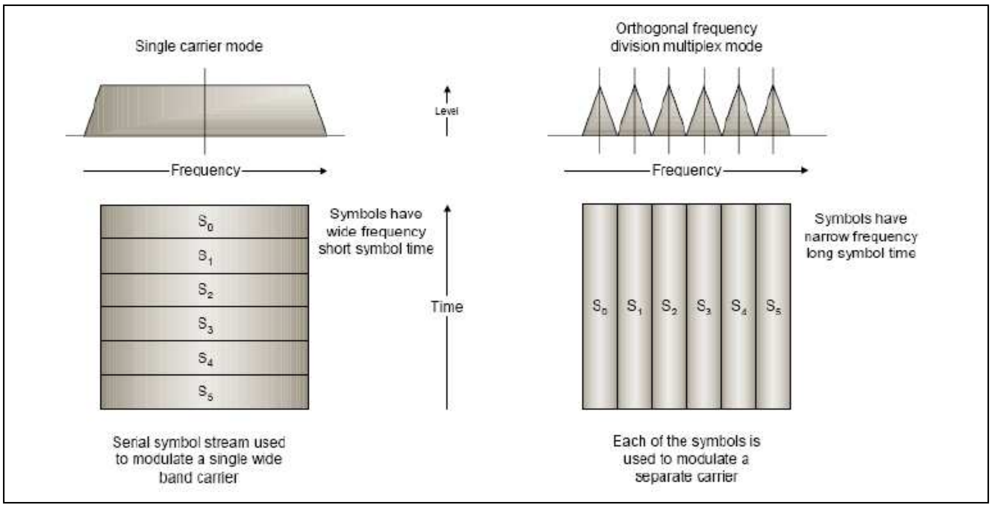


Figura 1.13: OFDM vs. Portadora Simple. Datos serie convertidos en símbolos
(Cada símbolo puede representar 1 o más bits de datos).
(www.revistadewimax.com.br/Portals/0/img_01.JPG)

La habilidad de superar la dispersión de retardo, los múltiples caminos, y la ISI de una manera eficiente, permite tener mayores tasas de transferencias. Como ejemplo, es mucho más sencillo ecualizar las portadoras individuales de OFDM que ecualizar una señal de portadora simple más extensa.

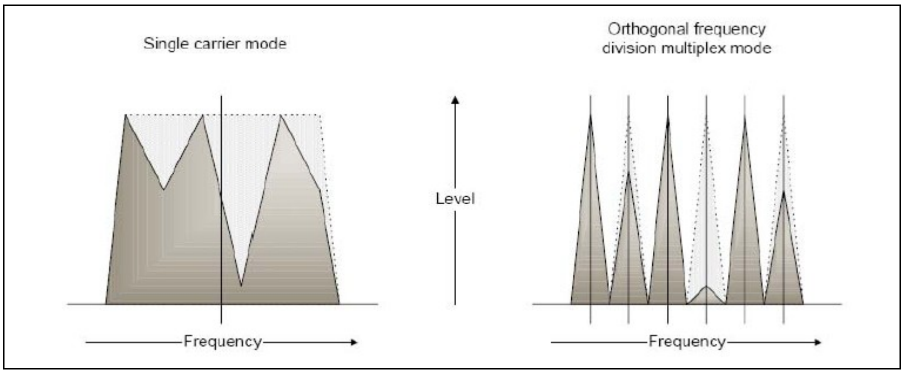


Figura 1.14: Señales recibidas OFDM y Portadora Simple.
(www.decom.fee.unicamp.br/~silva/TCC_Wimax.htm)

Por todas estas razones los estándares internacionales recientes como aquellos fijados por el IEEE 802.16, ETSI BRAN y ETRI, han establecido el OFDM como tecnología de elección preferida.

1.8.6.1.3 OFDMA

La modulación en la capa física PHY está basada en OFDMA, en combinación con una capa MAC centralizada para la asignación optimizada de recursos y soporte de calidad de servicio (QoS). Los diferentes tipos de servicios (VoIP, servicios en tiempo real y no tiempo real, best effort) pueden definirse de forma individual al perfil del usuario. La capa física OFDMA PHY está igualmente adaptada a entornos de propagación sin línea de visión directa en la banda entre 2 y 22 GHz.

Este tipo de modulación es bastante robusta a las interferencias producidas por la dispersión de retardos debidos a las reflexiones generadas en ambientes sin línea de vista. Simultáneamente se emplea una modulación adaptativa, aplicada a cada suscriptor de manera individual, de acuerdo con la capacidad de su canal específico.

OFDMA permite a múltiples usuarios transmitir en diferentes subportadoras por cada símbolo OFDM. Así, se asegura de que las subportadoras se asignan a los usuarios que ven en ellas buenas ganancias de canal.

En general existen dos tipos de permutaciones de subportadora: distribuidas (que se comportan mejor en ambientes de movilidad) y adyacentes (para entornos fijos o de bajo movimiento).

La estructura de un símbolo OFDMA consiste de tres tipos de subportadoras:

- Subportadoras para transmisión de datos.

- Subportadora piloto para propósito de sincronización.
- Subportadora DC que no se utilizan para transmisión, son utilizados para reservar ancho de banda de portadoras DC.

En la figura 2.6 se muestra la estructura de una subportadora OFDMA

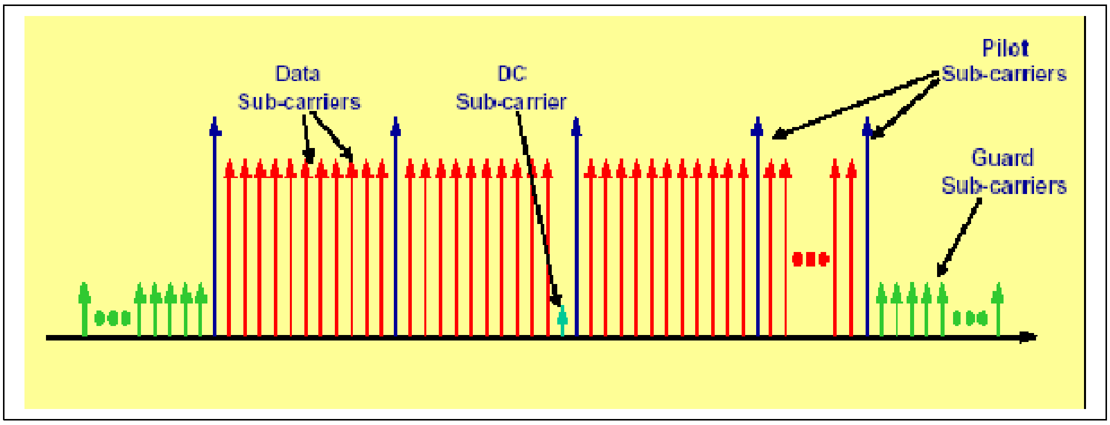


Figura 1.15: Subportadora OFDMA
(Ref:www.decom.fee.unicamp.br/~silva/TCC_Wimax.htm)

En OFDMA el espacio de portadoras está subdividido en grupos, los cuales no tienen por que tener la misma amplitud, modulación ni codificación, siendo estos parámetros función del estado de enlace y del ancho de banda requerido por el usuario.

En la figura 2.7 se muestra subportadoras OFDM y OFDMA

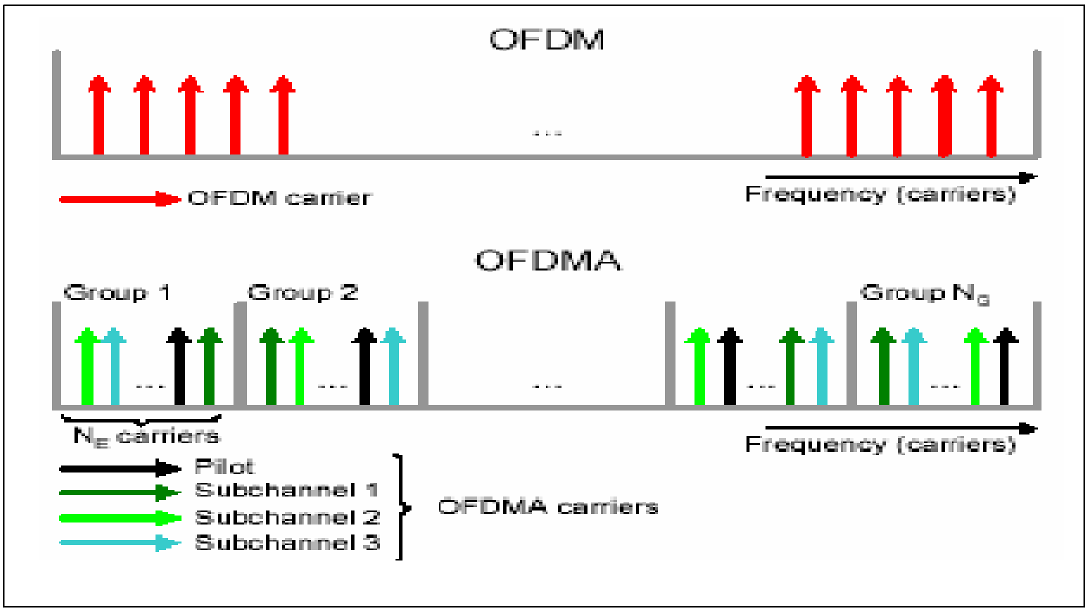


Figura 1.16: Subportadoras OFDM y OFDMA
(Ref:www.canaemte.org.ve/documentos/24102008/Atel_Asesores.pdf)

1.8.6.2. Sub-canalización.

La sub-canalización en el enlace ascendente es una opción dentro de WiMAX. Sin la sub-canalización, las restricciones regulatorias y la necesidad de costo efectivo en el equipo de abonado, típicamente causan que el presupuesto de enlace sea asimétrico, causando que el rango del sistema sea limitado en el enlace de subida. La sub-canalización permite que el presupuesto de enlace sea balanceado tal que las ganancias del sistema de enlace ascendente y descendente sean similares.

La sub-canalización concentra la potencia transmitida en algunas portadoras OFDM, incrementando la ganancia del sistema, pudiendo esto ser usado tanto para extender el alcance del mismo, superar las pérdidas de penetración de construcciones y/o reducir el consumo de potencia del equipo de abonado.

El uso de sub-canalización está más expandido en el acceso OFDM (OFDMA) para permitir un uso más flexible de los recursos que puedan soportar la operación móvil.

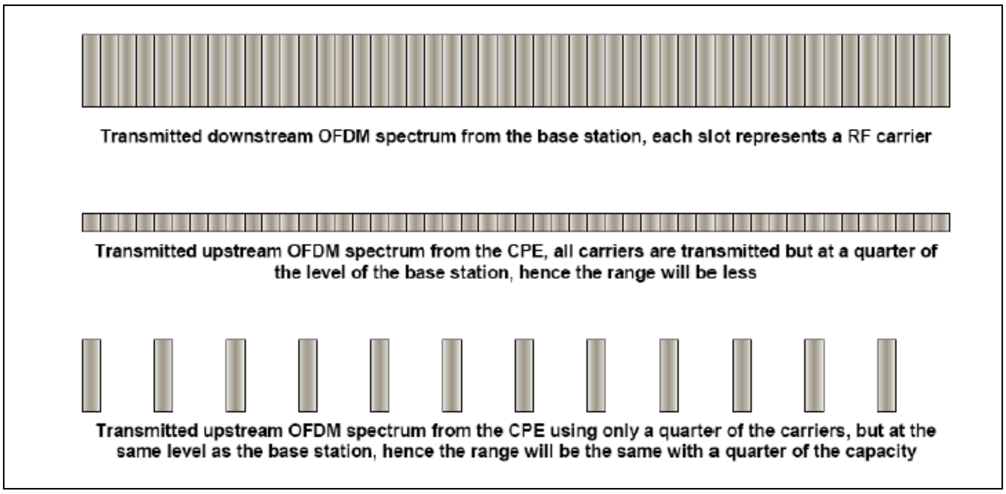


Figura 1.17: Efecto de la Subcanalización.
(http://www.centros.itba.edu.ar/capis/epg-tesis-y-tf/kaen-trabajofinaldeespecialidad.pdf)

1.8.6.3. Antenas Para Aplicaciones Inalámbricas Fijas

Las antenas direccionales incrementan el margen de fade mediante la adición de mayor ganancia. Esto incrementa la disponibilidad del enlace, demostrado en comparaciones del factor K para antenas omnidireccionales

Vs. direccionales. La dispersión de retardo es reducida en antenas direccionales en las estaciones base y equipos de abonados.

El patrón de antena suprime cualquier señal multi-trayecto que arriba en los lóbulos laterales. La efectividad de estos métodos fue probada y demostrada en despliegues exitosos, en los cuales el servicio operaba bajo un fading NLOS significante.

Los sistemas de antenas adaptativas (AAS) son una parte opcional del estándar 802.16. Estas tienen la propiedad de dirigir su foco a una particular dirección o direcciones. Esto significa que durante la transmisión, la señal puede ser limitada a la dirección requerida del receptor, como un reflector. Recíprocamente durante la recepción, el AAS puede ser hecho para enfocar solamente en la dirección desde la cual viene la señal deseada.

También poseen la propiedad de supresión de interferencia co-canal de otras localidades. Los sistemas de antena adaptativas son consideradas para un desarrollo futuro que podrá, eventualmente, mejorar la reutilización del espectro y la capacidad de la red WiMAX.

1.8.6.4. Estructura del Slot y la Trama.

La capa Física de WiMAX es también responsable de la asignación de slot y la trama. El mínimo recurso de tiempo-frecuencia que puede asignarse por un sistema WiMAX a un enlace dado es llamado un slot. Cada slot consiste en un subcanal encima de uno, dos, o tres símbolos de OFDM, dependiendo del esquema del subcanalización particular utilizado.

Una serie de slots inmediata asignado a un usuario dado se llama región de los datos de usuario; ordenando cronológicamente los algoritmos podrían asignar las regiones de los datos a los usuarios diferentes, basado en la demanda, requisitos de QoS, y condiciones del canal.

La figura 1.18 muestra un frame OFDMA y OFDM al operar en el modo de TDD. El frame es dividido en dos subtramas: una trama de downlink seguido por una trama del uplink después de un pequeño intervalo de guarda.

La velocidad de la subtrama downlink-a-uplink- puede variarse de 3:1 a 1:1 para apoyar diferentes perfiles de tráfico. WiMAX también soporta división de frecuencia (FDD), en cuyo caso la estructura de la trama es el mismo sólo que se transmitan downlink y uplink simultáneamente encima de los diferentes portadores. Algunos de los sistemas de WiMAX fijos actuales usan FDD.

La mayoría de los despliegues de WiMAX, sin embargo, es probable que utilicen el modo de TDD debido a sus ventajas. TDD permite un compartimiento más flexible del ancho de banda entre el uplink y el downlink, no requiere el espectro a la par, tiene un canal recíproco que puede explotarse para el proceso espacial, y tiene un diseño de transceiver más sencillo.

El inconveniente de TDD es la necesidad por la sincronización por las estaciones bases múltiples para asegurar la coexistencia libre de interferencia. Las regulaciones de las bandas apareadas, sin embargo, pueden forzar algunos operadores para desplegar WiMAX en el modo de FDD.

La subtrama del downlink empieza con un preámbulo del downlink que es usado para los procedimientos de la capa física, tales como sincronización de tiempo y frecuencia y canal estimado inicial.

El preámbulo del downlink es seguido por una trama de control de cabecera (FCH), que provee información de la configuración de la trama, así como la longitud de mensaje MAP, la modulación y esquema de codificación, y los subcarriers utilizables.

Se asignan los usuarios múltiples en las regiones de los datos dentro de la trama, y estas asignaciones se especifican en los mensajes uplink y downlink de MAP (DL-MAP y UL-MAP) que son seguidos del broadcast de FCH en la subtrama del downlink. Los mensajes de MAP incluyen el perfil del burst para cada usuario, el cual define el esquema de modulación y codificación usado en esa conexión.

Dado que el mensaje MAP contiene información crítica que necesitan alcanzar todos los usuarios, este es muchas veces enviado en una conexión confiable, como BPSK con una velocidad de codificación 1/2 y repetición de codificación.

A pesar que los mensajes MAP son una forma elegante de la estación base para informar a los varios usuarios de sus asignaciones y sus perfiles burst, podría formar un significante overhead, particularmente cuando hay un número grande de usuarios con los paquetes pequeños (por ejemplo, VoIP) para que las asignaciones necesite ser especificado.

Para mitigar el overhead, los sistemas de WiMAX móviles pueden opcionalmente usar múltiples mensajes Sub-MAP dónde los controles de mensajes dedicados a los usuarios diferentes son transmitidos a altas velocidades, basado en sus condiciones individuales de SINR. Los mensajes broadcast de MAP de transmisión también pueden comprimirse opcionalmente para una eficiencia adicional.

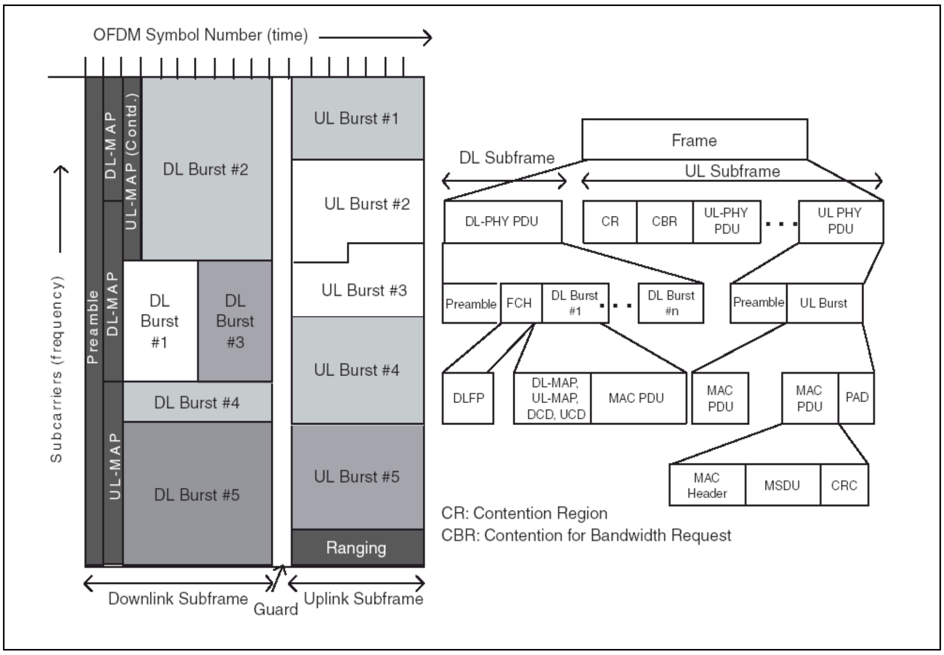


Figura 1.18: Ejemplo de estructura de trama TDD para WiMAX móvil
(http://www.tsc.uniovi.es/catedra-telefonica/archivos/WiMAX.pdf)

1.8.7 Capa MAC

La principal tarea de la capa MAC WiMAX es proveer una interfase entre las capas superiores de transporte y física. La capa MAC toma paquetes desde la capa superior (estos paquetes son llamados MAC service data units – MSDU) y organizados dentro del MAC Protocol Data Unit (MPDU) para transmitirlo aéreamente. Para transmisiones recibidas, la capa MAC realiza lo contrario.

La capa MAC de IEEE 802.16d y IEEE 802.16e-2005 incluye una subcapa de convergencia que puede interconectar con una variedad de protocolos de capas superiores, como ATM, Voz TDM, Ethernet, IP y protocolos desconocidos a futuro.

Dada la predominancia de IP y Ethernet en la industria, el FORUM WiMAX ha decidido soportar solamente estos protocolos por ahora.

La figura 1.22 muestra ejemplos de varias tramas MAC PDU (packet data unit). Cada trama MAC tiene prefijo con una cabecera MAC genérica (GMH) que contiene un identificador de conexión (CID), la longitud de la trama y los bits para calificar la presencia del CRC, subcabeceras, y tanto la carga útil es encriptada. La carga útil es el mensaje de transporte o de administración.

La capa MAC de WiMAX soporta también ARQ, que puede ser utilizada para requerir la retransmisión de MSDU fragmentados o desfragmentador. La longitud máxima de paquete es de 2.047 bytes, que representa 11 bits en el GMH.

En WiMAX, la capa MAC en la estación base es la responsable por asignar el ancho de banda a los usuario, de subida y bajada. El único momento en que el MS tiene algún control sobre la asignación del ancho de banda es cuando tiene múltiples sesiones o conexiones con la BS (estación base). En ese caso, la BS asigna el ancho de banda al MS en el agregado, y depende de la MS aportar a las diferentes múltiples conexiones.

Todas las demás programaciones en el downlink y uplink son hechos por la BS. En el downlink, la BS puede asignar ancho de banda a cada MS, basado en las necesidades de tráfico entrante, sin tener que involucrar al MS. Para el uplink, las asignaciones tienen que estar basadas en la demanda del MS. El estándar WiMAX soporta diferentes mecanismos por el cual el MS puede pedir u obtener ancho de banda.

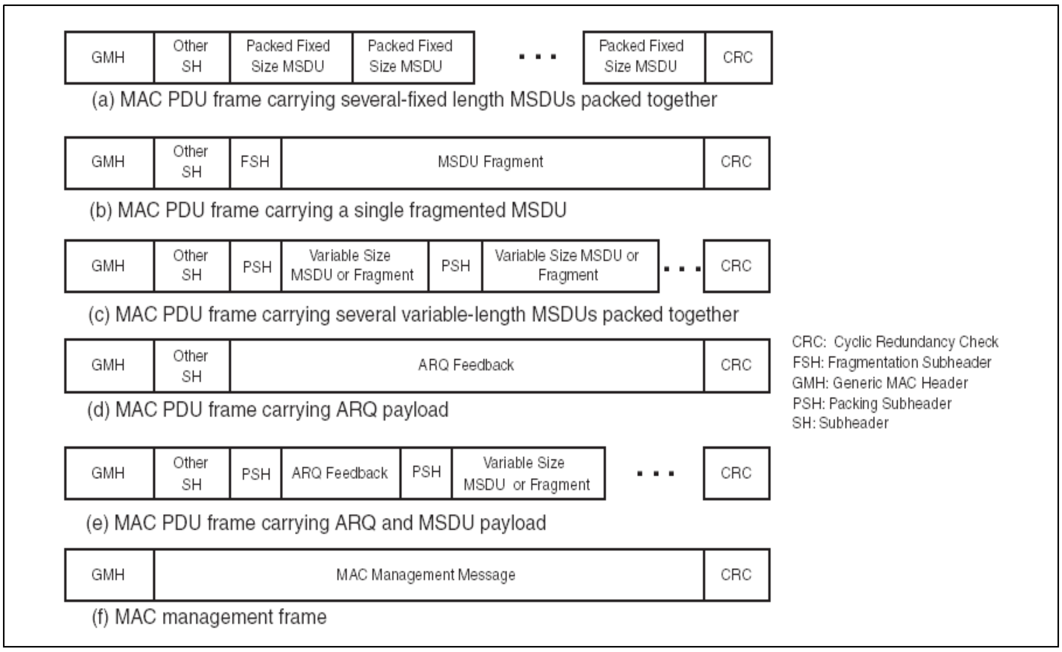


Figura 1.19: Ejemplos de varias tramas MAC PDU
(Ref:www.lcc.uma.es/~pinilla/ARL/LANbn.pdf)

Dependiendo del QoS y de parámetros de tráfico asociados con el servicio, uno o más de estos mecanismos pueden ser usados por el MS. La BS asigna recursos dedicado o compartidos periódicamente a cada MS, con lo cual puede usar un ancho de banda demandado.

Este proceso es llamado polling. El polling puede ser también individual (unicast) o en grupos (multicast). Multicast polling es realizado cuando hay insuficiente ancho de banda para encuestar a cada MS individualmente. Cuando el polling es realizado en multicast, el slot asignado para solicitar ancho de banda es un slot compartido, el cual cada MS encuestado intenta usar.

Soportar QoS es una parte fundamental para la capa MAC de WiMAX. El mando fuerte de QoS se logra usando una arquitectura MAC orientada a conexión, dónde todas las conexiones downlink y uplink son controladas por el BS servido. Antes de que cualquier transmisión de datos se realice, el BS y el MS establecen una conexión lógica unidireccional, llamada conexión, entre los dos pares de la capa MAC. Cada conexión es identificada por un identificador de conexión (CID), el cual sirve como una dirección temporal para la transmisión de datos sobre el enlace en particular.

WiMAX también define un concepto de flujo de servicio. Un flujo de servicio es un flujo unidireccional de paquetes con unos particulares parámetros de QoS y es identificado como identificador de servicio de flujo (SFID). Los parámetros de QoS pueden incluir priorización de tráfico, máxima tasa de tráfico sostenida, máxima tasa burst, tasa mínima tolerable, tipo de ARQ, máximo retardo, tipo y tamaño de unidad de datos de servicio, mecanismo de solicitud de ancho de banda, reglas de formación de transmisión PDU, etc.

Para soportar una gran variedad de aplicaciones, WiMAX define servicios que puede soportar el programador MAC de la estación base (BS), estos están descritos en la tabla 1.4.

Service Flow Designation	Defining QoS Parameters	Application Examples
Unsolicited grant services (UGS)	Maximum sustained rate Maximum latency tolerance Jitter tolerance	Voice over IP (VoIP) without silence suppression
Real-time Polling service (rtPS)	Minimum reserved rate Maximum sustained rate Maximum latency tolerance Traffic priority	Streaming audio and video, MPEG (Motion Picture Experts Group) encoded
Non-real-time Polling service (nrtPS)	Minimum reserved rate Maximum sustained rate Traffic priority	File Transfer Protocol (FTP)
Best-effort service (BE)	Maximum sustained rate Traffic priority	Web browsing, data transfer
Extended real-time Polling service (ErtPS)	Minimum reserved rate Maximum sustained rate Maximum latency tolerance Jitter tolerance Traffic priority	VoIP with silence suppression

Tabla 1.4: Flujos de servicios soportados en WiMAX.

(**www.centros.itba.edu.ar/capis/epg-tesis-y-tf/kaen-trabajofinaldeespecialidad.pdf**)

1.8.8Topología

A continuación enunciaremos, con detalle los tipos de topología.

1.8.8.1. Topología Punto-Multipunto

El downlink desde la estación base (BS) al usuario opera en la base PMP (punto-multipunto). El link inalámbrico IEEE 802.16 opera con BS central y una antena sectorizada la cual es capaz de manejar múltiples sectores independientes simultáneamente. Dentro de un canal de frecuencia dada y un sector de antena, todas las estaciones reciben la misma transmisión o parte de la misma. La BS es el único transmisor funcionando en esta dirección, de manera que transmite sin necesidad de coordinar con otras estaciones, excepto por la duplesaxión por división de tiempo que puede dividir en períodos de transmisión de uplink y downlink. El downlink es generalmente broadcast.

Las estaciones de abonado (SS) comparten el uplink hacia la BS bajo demanda. Dependiendo de la clase de servicio utilizada, la SS puede mantener los derechos de transmisión o el mismo puede ser garantizado por la BS luego de recibir el pedido por parte del usuario. Dentro de cada sector, los usuarios adhieren a un protocolo de transmisión que controla la contención entre usuarios y faculta al servicio a ser acomodado a los requerimientos de ancho de banda y retardo de cada aplicación de usuario. Esto está implementado usando garantías de ancho de banda no solicitados, interrogación y procedimientos de contención. Estos procedimientos son definidos en los protocolos para posibilitar a los proveedores optimizar el desempeño del sistema usando diferentes combinaciones de técnicas de asignación de ancho de banda mientras se mantienen definiciones de interoperabilidad consistentes. Por ejemplo, la contención puede ser usada para evitar la interrogación individual de estaciones abonado que han estado inactivas por un largo período de tiempo.

El uso de la interrogación simplifica la operación de acceso y garantiza que aplicaciones reciban servicio de manera determinística, si es requerido. En general las aplicaciones de datos son tolerantes al retardo, pero las de tiempo real como video y voz requieren servicio de manera uniforme y a veces en un esquema muy rígido.

El MAC es orientado a conexión. Para el propósito de mapeo de servicios en SS's y QoS variables de asociación, todas las comunicaciones de datos están en el contexto de conexión. El flujo de servicio puede ser aprovisionado cuando una SS es instalada en el sistema. Rápidamente luego de la registración de la SS, las conexiones son asociadas con este flujo de servicio (una conexión por flujo de servicio) para proveer una referencia contra quien requiere el ancho de banda. Adicionalmente, pueden ser establecidas conexiones nuevas cuando un servicio de cliente necesite cambios. Una conexión define el mapeo entre el proceso de convergencia que utiliza el MAC y el flujo de servicio. El flujo de servicio define los parámetros de QoS que son intercambiados en la conexión. El concepto de flujo de servicio en una conexión es central en la operación del protocolo MAC. El flujo de servicio provee un mecanismo para el manejo de QoS del uplink y downlink. Una SS requiere ancho de banda uplink en la conexión. El ancho de banda es garantizado por la BS a la SS como un agregado de garantías en respuesta a requerimientos de conexión de SS. Una vez establecidas las conexiones, puede ser requerido mantenimiento activo. Los requerimientos de mantenimiento varían dependiendo del tipo de servicio conectado. Por ejemplo, un servicio T1 no canalizado, virtualmente no requiere servicio de mantenimiento dado que posee ancho de banda constante por cada frame. Los servicios T1 canalizados requieren algún mantenimiento debido al requerimiento dinámico (pero relativamente de variación lenta) de ancho de banda, acoplado con el requerimiento de ancho de banda total disponible bajo demanda. Los servicios IP pueden requerir una cantidad sustancial de mantenimiento prolongado debido a su naturaleza 'bursty' y debido a la alta posibilidad de fragmentación.

Finalmente, las conexiones pueden ser terminadas. Esto ocurre generalmente cuando un contrato de servicio a un usuario cambia. La terminación de la conexión es estimulada por la BS o la SS.

Estas tres funciones de manejo de conexiones son soportadas a través del uso de configuraciones estáticas y adiciones dinámicas, modificaciones y borrado de conexiones.

1.8.8.2. Topología Mesh (Malla)

La diferencia principal entre los modos Mesh y PMP radica en que en el modo PMP el tráfico sólo ocurre entre la BS y SS, mientras que en el modo Malla el tráfico puede ser ruteado a través de SSs y puede ocurrir directamente entre SSs. Dependiente del algoritmo del protocolo de transmisión, esto puede ser realizado en base a uniformidad usando programación distribuida o en base a superioridad de la malla BS, la cual efectivamente resulta en programación centralizada o una combinación de ambas. Dentro de una red Malla, un sistema que posee conexión directa a los servicios de backhaul afuera de la red Malla es denominado un Malla BS. Todos los otros sistemas de la red Malla son denominados Malla SS. En general, los sistemas de la red Malla son denominados nodos.

Dentro de un contexto Malla, el uplink y downlink son definidos como tráfico en la dirección de la Malla BS y fuera de tráfico desde la Malla BS respectivamente. Los otros 3 términos importantes en un sistema Malla son vecino, vecindario y vecindario extendido. Las estaciones con las que el nodo tiene vínculo directo son llamadas vecinas. Los vecinos de un nodo deben formar un vecindario. Un vecino de nodo es considerado estar a un hop o salto del nodo. Un vecindario extendido contiene, adicionalmente todos los vecinos de un vecindario.

En un sistema Malla no sólo la Malla BS puede transmitir sin tener que coordinar con los otros nodos. Usando programación distribuida, todo el nodo incluido la BS Malla debería coordinar sus transmisiones en su vecindario a 2 saltos y podría difundir sus programaciones (recursos disponibles, requerimientos y garantías) a todos sus vecinos. Opcionalmente la programación puede ser establecida por requerimiento directo no coordinado y garantías entre 2 nodos. Los nodos deberían lograr que las transmisiones resultantes no causen colisiones con la programación de datos y control de tráfico por ningún otro nodo en el vecindario a 2 saltos. No hay diferencia en el mecanismo usado en determinar la programación para el downlink y uplink. Usando programación centralizada, los recursos son garantizados de una manera mas centralizada. La Malla BS debe colectar los requerimientos de recursos desde todos los Malla SS dentro de cierto rango de salto. Debe determinar la cantidad de recursos garantizados para cada enlace en la red en el downlink y uplink, comunican estas garantías a todas las SS MALLA dentro del rango de salto. Los mensajes de garantía no contienen la programación actual pero cada nodo debe computarlo usando el algoritmo predeterminado dentro de un rango de parámetros dados.

Todas las comunicaciones están en el contexto de enlace, el cual es establecido entre dos nodos. Un enlace debe ser usado por todas las transmisiones de datos entre dos nodos. El QoS es aprovisionado a través de los enlaces por los mensajes. Los parámetros de la QoS o no servicio son asociados con enlace pero cada mensaje unicast tiene parámetros de servicio en el encabezado. La clasificación de tráfico y regulación de flujo son implementados al ingreso de nodo por clasificación de capa alta/regulación de protocolo. Los parámetros de servicios asociados para cada mensaje deben ser comunicados juntos con el contexto de mensaje vía la MAC.

Los sistemas Malla son típicamente omnidireccionales o para antenas dirigidas de 360º.

1.8.8.3. Celular backhaul.

Los proveedores del backbone de Internet en Estados Unidos deben alquilar líneas de interconexión a terceros con medios que tienden a hacer estas interconexiones (Backhaul) medianamente confiables. El resultado es que solamente el 20 por ciento de las torres celulares son interconectadas de manera inalámbrica en Estados Unidos. En Europa, donde es menos común para intercambios entre carriers locales alquilar sus líneas a terceras partes competitivas, los proveedores de servicios necesitan alternativas eficientes. Subsecuentemente, la interconexión inalámbrica es usada en el 80 por ciento de las torres Europeas de telefonía celular. Con la potencial remoción del requerimiento de alquiler por el FCC de USA, los proveedores de servicio celular van a buscar interconexión inalámbrica de mejor costo como alternativa. El robusto ancho de banda de la tecnología 802.16a lo hace una excelente opción para la interconexión de empresas como hotspots y tanto como aplicaciones punto a punto.

1.8.9Aplicaciones de la tecnología WiMAX

A la tecnología WiMAX se le ha encontrado diversidad de aplicaciones, una de las más importantes, es que permite que una ciudad entera tenga acceso a Internet de alta velocidad de manera inalámbrica. Con las acciones y trabajos relacionados con el protocolo de comunicaciones inalámbricas WiMAX, se pueden visualizar la ejecución de proyectos que permitan el desarrollo de aplicaciones y productos dirigidos a la industria minera, la industria forestal, la agricultura, el comercio, el turismo, entre otras. Como también, es la de integrar en la Sociedad de la Información a las áreas de la ciudad que no disponen actualmente de los servicios tecnológicos que en la actualidad disponen los lugres céntricos de la urbe.

1.9.IEEE 802.20

A finales de 2002 el IEEE aprobó la creación del grupo de trabajo para el acceso móvil inalámbrico de banda ancha. La misión del mismo es desarrollar las especificaciones para un interfaz inalámbrico eficiente basado en paquetes que estén optimizados para el transporte de servicios IP. El objetivo es permitir el uso mundial de redes de acceso móviles inalámbricas de banda ancha que puedan interoperar entre diferentes proveedores y que permita un uso ubicuo, económico y siempre activo, para que se puedan cubrir las necesidades de los usuarios finales tanto en un entorno doméstico como profesional.

Este estándar especificará la capa de control de acceso al medio y la capa física, operando en bandas de frecuencia por debajo de 3,5 Ghz., con anchos de banda superiores a 1 Mbps. Se plantea su diseño para varios tipos de movilidad de vehículos, hasta 250 km/h. Se pretende que presente ventajas en el número de usuarios activos conectados, tasa de datos sostenida, eficiencias espectrales

Este estándar está llamado a competir con el WiMAX de movilidad 802.16e. Las características principales del 802.20 son:

Mercado potencial amplio: los terminales y estaciones serán suministrados por vendedores internacionales. El apoyo al estándar se ha realizado desde un primer momento por 45 organizaciones, lo que muestra el carácter del estándar.

Compatibilidad: El estándar será conforme a los requisitos funcionales 802, como 802.1D (mac bridges) o 802.1f (vlan bridges).

Coexistencia: Es aplicable a espectro con licencia, por lo que las características de coexistencia se ajustarán al modelo.

Identidad diferente: Se prevé que el estándar facilite una serie de servicios, alguno de los cuales tendrá límites máximos de retardo, por lo que se incluye una solución QoS. Se pretende que el estándar sea un documento único con una única opción, a diferencia de WiMAX.

Viabilidad técnica: La solución se basa en utilizar las técnicas de espectro ensanchado, OFD, antenas adaptativas y arquitectura celular, como en el caso WiMAX.

Viabilidad económica: Se encuentran detallados todos los factores de coste de un despliegue, con costes asumibles por equipo y con un precio de instalación reducido.

CAPITULO II

2SITUACION DEL MERCADO EN GUAYAQUIL

Antes de realizar el diseño de la red inalámbrica WiMAX, primero se realizó una encuesta enfocada a la parte del mercado personal y Pymes con la finalidad de encontrar las zonas en las que debemos enfocar la cobertura de la red inalámbrica WiMAX. Con esta evaluación podremos diseñar una red inalámbrica con visión de ganancias para la operadora de telecomunicaciones.

Es así que nos enfocamos en las zonas con mayor demanda del servicio de Internet.

1.10.Resultados de la encuesta

Como se mencionó anteriormente, se elaboraron 2 encuestas, la primera fue a nivel personal, y la segunda a nivel empresarial PYMES. Las cuales nos ayudarán a determinar la distribución de la red y los tipos de servicios en la misma.

En cuanto a la encuesta personal, el tamaño de la muestra se basa en un número de 400 personas tomadas de manera aleatoria, en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil. Es así que tenemos las siguientes preguntas, con sus respectivos resultados:

Pregunta 1. ¿En que sector de la ciudad vive?

1) NORTE,
2) SUR,
3) CENTRO,
4) VIA DAULE,
5) VIA COSTA,
6) SAMBORONDON

Con esta pregunta determinamos los sectores con mayores necesidades de redes de acceso a nivel de usuario personal. En la figura 2.1 se muestra el resultado.

Pregunta 2. Usted conoce la tecnología WIMAX?

El objetivo de la pregunta es determinar el porcentaje de conocimiento de esta nueva tecnología en el mercado de usuarios personales.

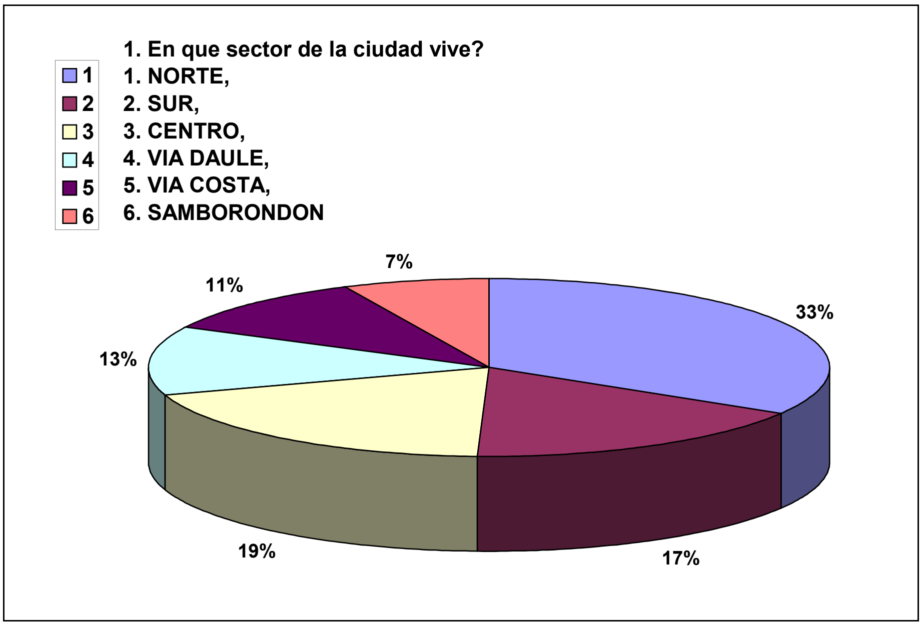


Figura 2.1 Porcentajes de población en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil.
(Ref: encuesta realizada)

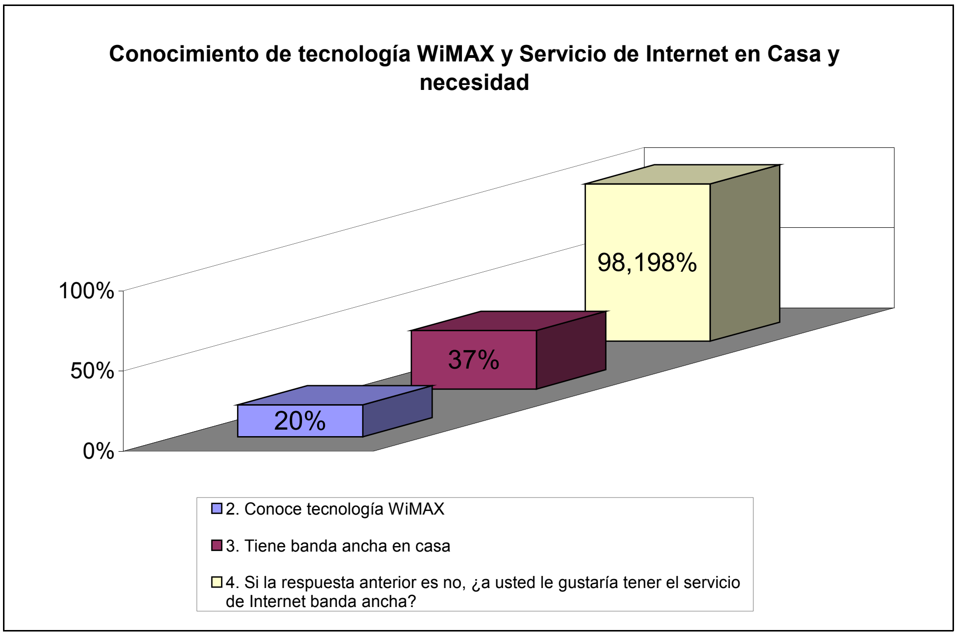


Figura 2.2 Conocimiento de tecnología WiMAX y Servicio de Internet domiciliario y su necesidad.
(Ref: encuesta realizada)

Pregunta 3. ¿Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?

Con esta pregunta vemos el porcentaje de personas que tienen internet banda ancha, y que, junto a las siguientes preguntas 4, 5, 6 y 7 determinaremos si son potenciales clientes.

Pregunta 4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda ancha?

De esta manera determinamos el interés y necesidad de las personas en cuanto a tener el servicio de Internet.

Las preguntas 2, 3 y 4 las damos a conocer en la figura 2.2

Pregunta 5. ¿En qué porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet?

1) Trabajo
2) Educación
3) Comunicación
4) Entretenimiento
5) Otros

Esto nos permite determinar los tipos de servicio que los usuarios requieren.

Pregunta 6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet?

1) De 6:00 a 13:00,
2) De 13:00 a 18:00,
3) De 18:00 a 6:00,
4) 24 horas

Junto con la pregunta 5, nos ayudará a determinar los requerimientos de anchos de banda, en las diferentes horas del día.

Pregunta 7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha?

1) \$30 - \$45
2) \$46 - \$60
3) \$61 - 75
4) \$76 - \$90
5) \$91 - \$ 150

Esta pregunta nos ayuda determinar los costos de los diferentes planes de Internet que se lanzarían al mercado.

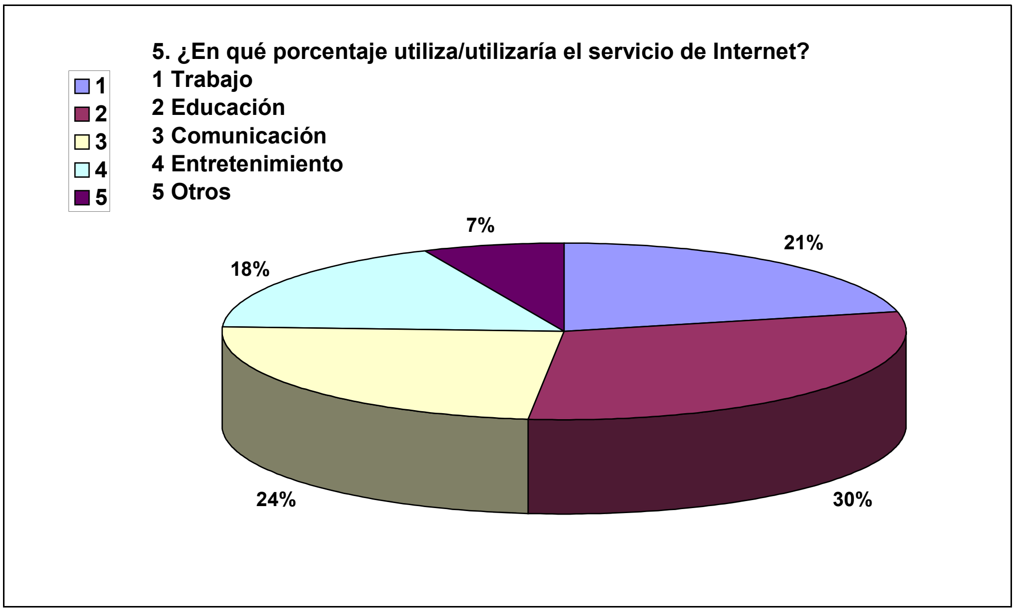


Figura 2.3 Uso del servicio de Internet en domicilios.
(Ref: encuesta realizada)

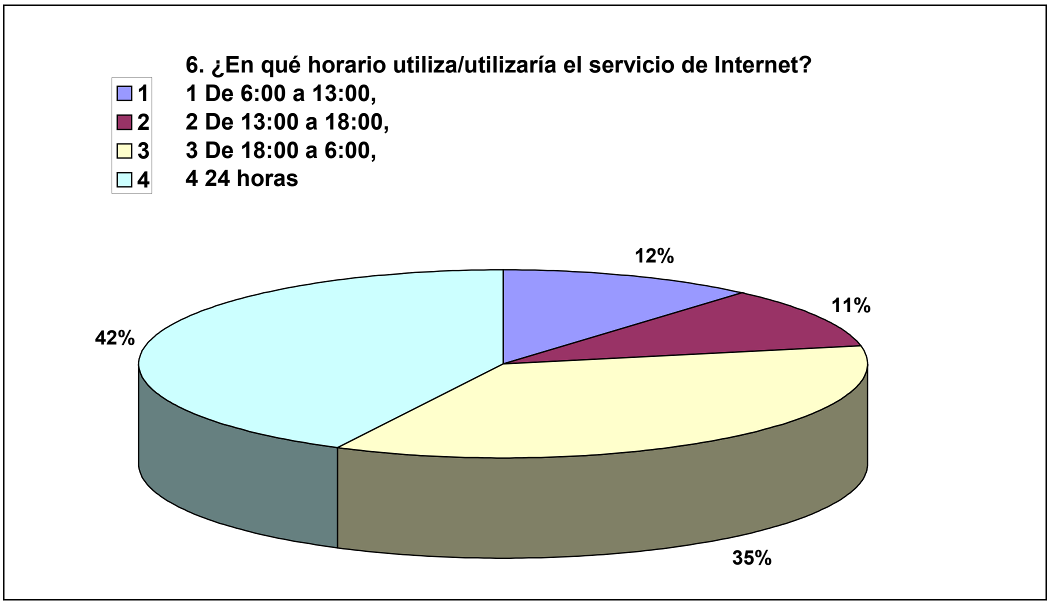


Figura 2.4 Horarios de uso del Internet personal.
(Ref: encuesta realizada)

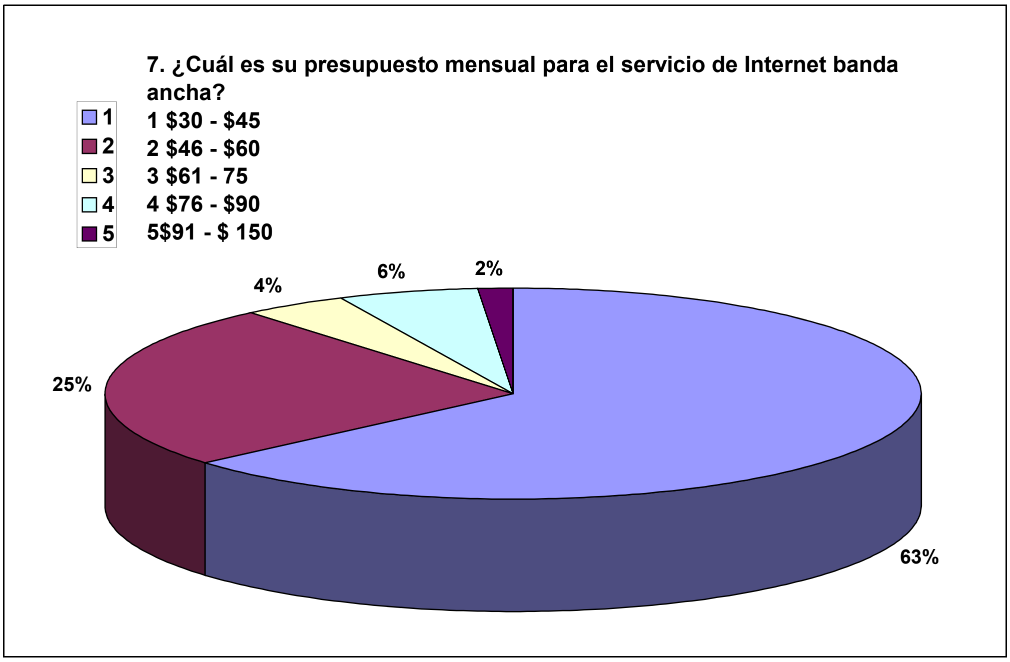


Figura 2.5 Presupuestos de los encuestados.
(Ref: encuesta realizada)

En cuanto a la encuesta PYMES, el tamaño de la muestra se basa en un número de 100 empresas tomadas de una base de datos de la Cámara de Comercio de Guayaquil, que están en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil. Las preguntas, con sus respectivos resultados son:

Pregunta 1. ¿En qué sector geográfico se encuentra su empresa (dirección)?

1) NORTE
2) SUR
3) CENTRO
4) VIA DAULE
5) VIA COSTA

6) SAMBORONDON

Al igual que en la encuesta personal, estos resultados nos permite determinar las necesidades de redes de acceso.

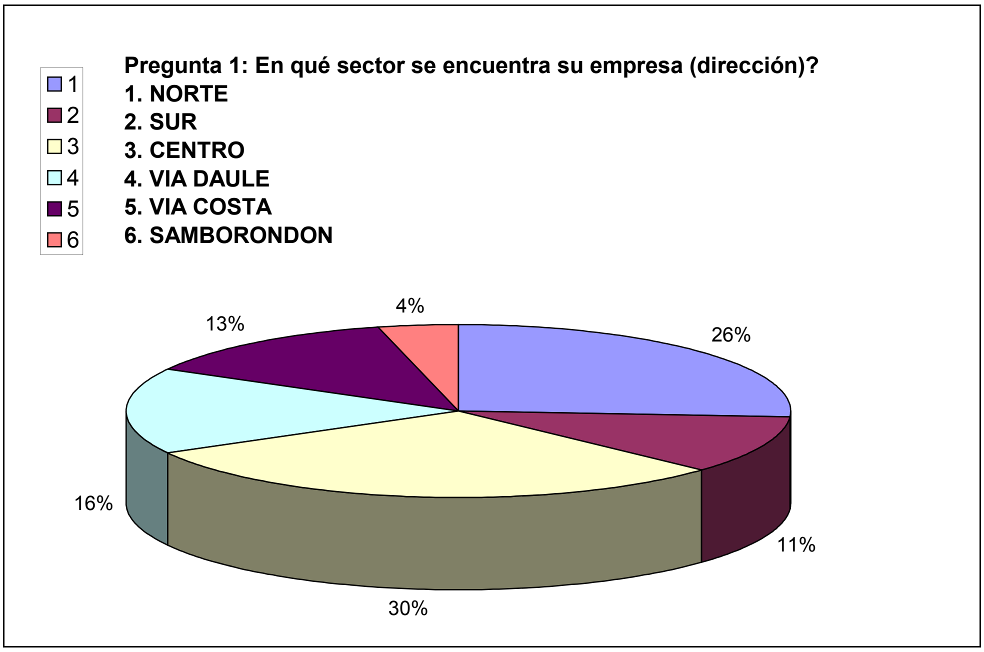


Figura 2.6 Porcentajes de empresas en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil
(Ref: encuesta realizada)

Pregunta 2. Su empresa está en el área:

1) Industrial
2) Comercial
3) Educativa
4) Estatal
5) Financiera

6) Otro

Determinamos el tipo de empresa, con lo cual también podemos entender un poco las necesidades de la misma.

Pregunta 3: ¿Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué compartición?

Determinamos las necesidades de capacidad.

Pregunta 4. ¿Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet?

1) 1 $80 - $120
2) $121 - $150
3) $151 - 200
4) $201 - $250
5) $251 - $300
6) $301 - $400
7) $401 - 550

En base a esta pregunta, y a la anterior, podemos sacar una base de tipos de servicios y precios.

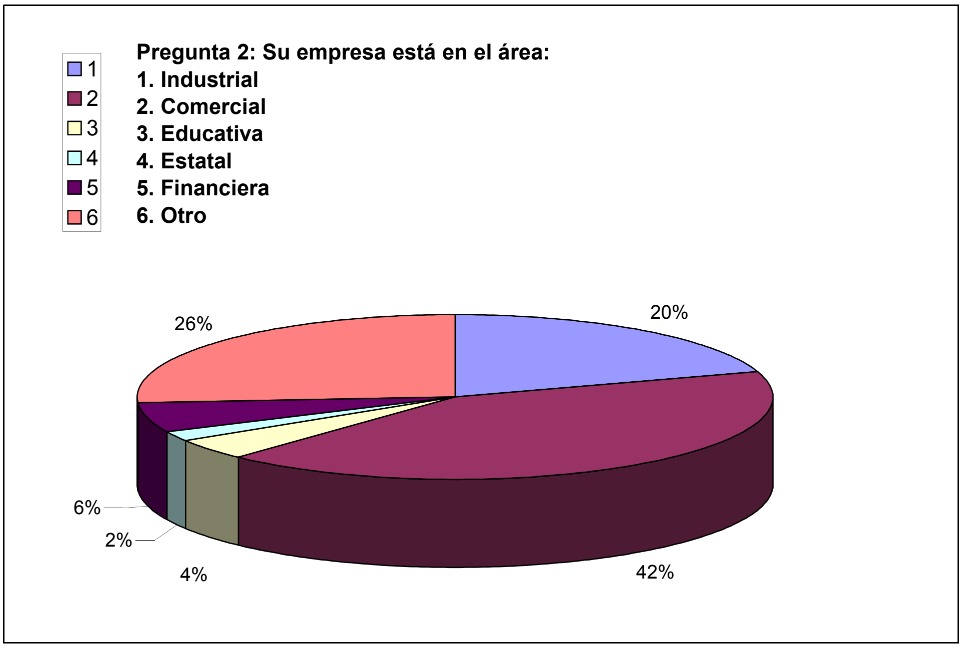


Figura 2.7 Tipos de empresas en la ciudad de Guayaquil
(Ref:: encuesta realizada)

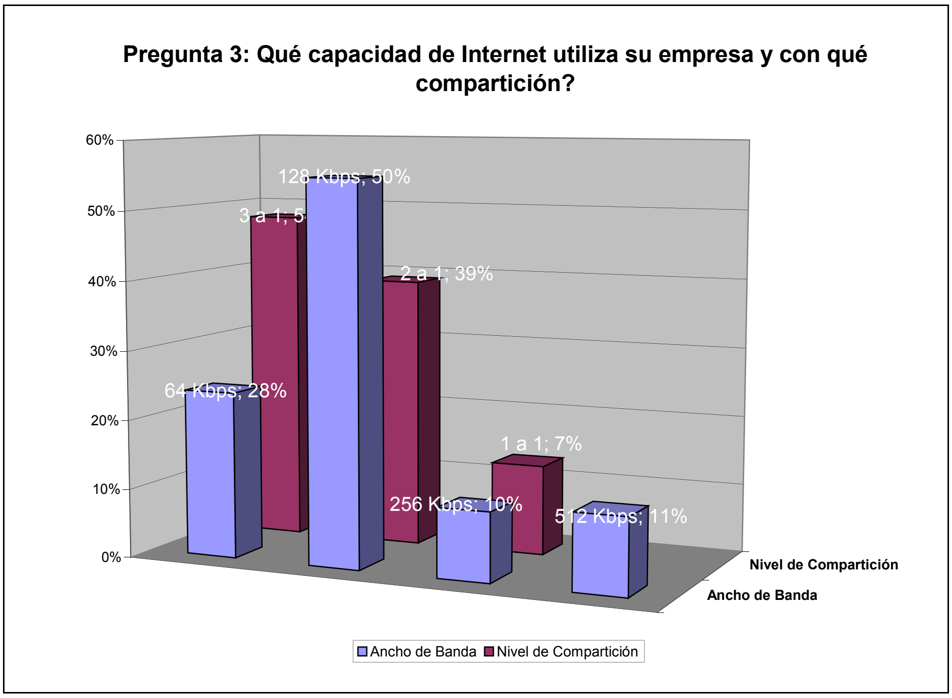


Figura 2.8 Capacidades de Internet en empresas.
(Ref: encuesta realizada)

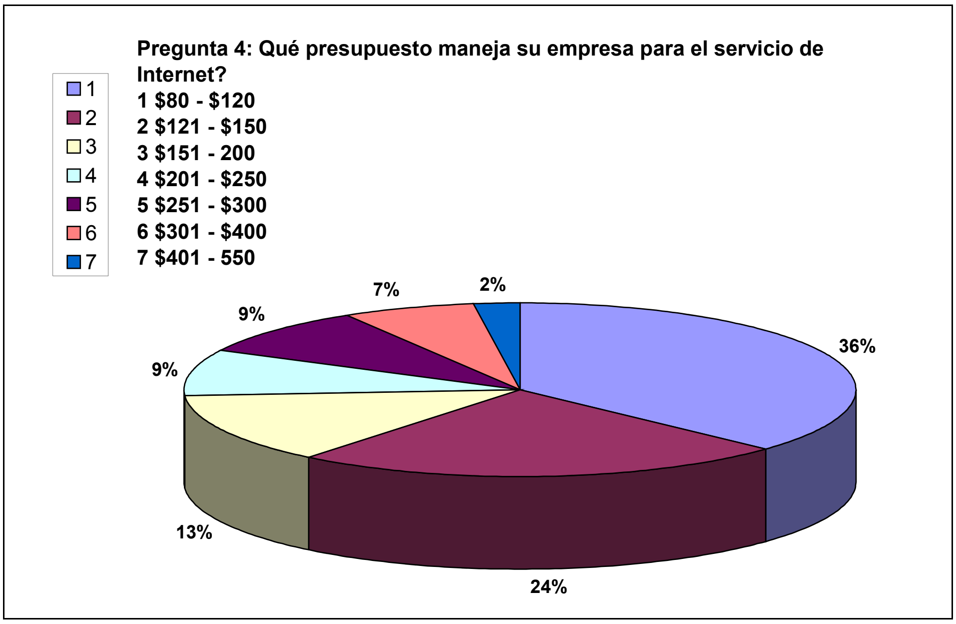


Figura 2.9 Presupuestos de las empresas para el servicio de Internet.
(Ref:: encuesta realizada)

Pregunta 5. De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet?

1) Tecnología
2) Precio
3) Servicio al cliente
4) Otros

Esta pregunta nos ayuda a determinar otras necesidades de los clientes, así como los factores decisores al momento de contratar un servicio de Internet.

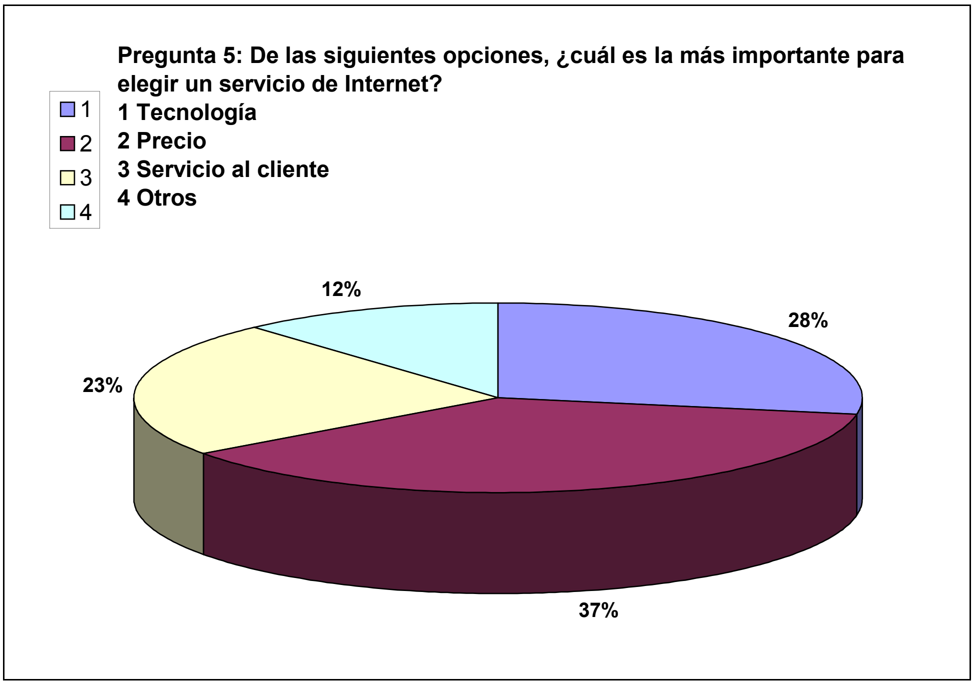


Figura 2.10 Factores decisores para contratar servicio de Internet.
(Ref: encuesta realizada)

Pregunta 6. ¿Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?

1) Fibra Óptica
2) Cobre
3) Radio

Nos ayuda a determinar las principales tecnologías que competirían con WiMAX, y determinar las ventajas y desventajas de la misma.

Pregunta 7. ¿Conoce usted la tecnología WIMAX?

Al igual que la pregunta 2 de la encuesta personal, esta pregunta nos permite determinar el porcentaje de conocimiento de esta nueva tecnología en el mercado de usuarios corporativos.

Pregunta 8. ¿Estaría interesado en trabajar con la tecnología WIMAX?

Nos permite determinar el porcentaje de empresas que estarían interesadas en esta nueva tecnología.

Los resultados para las preguntas 6, 7 y 8 son:

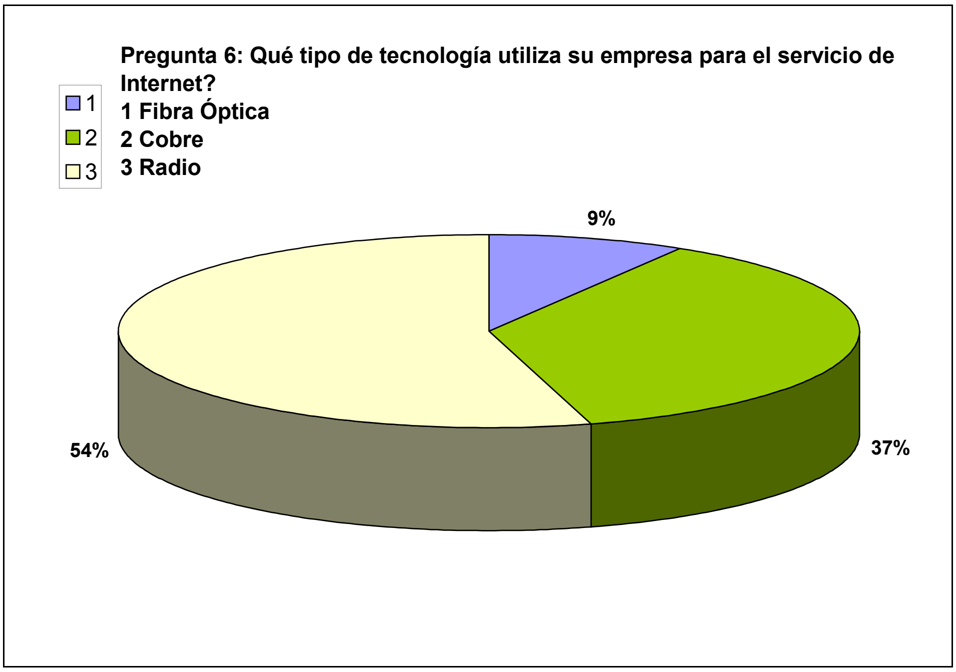


Figura 2.11 Tecnologías actuales en la ciudad de Guayaquil.
(Ref: encuesta realizada)

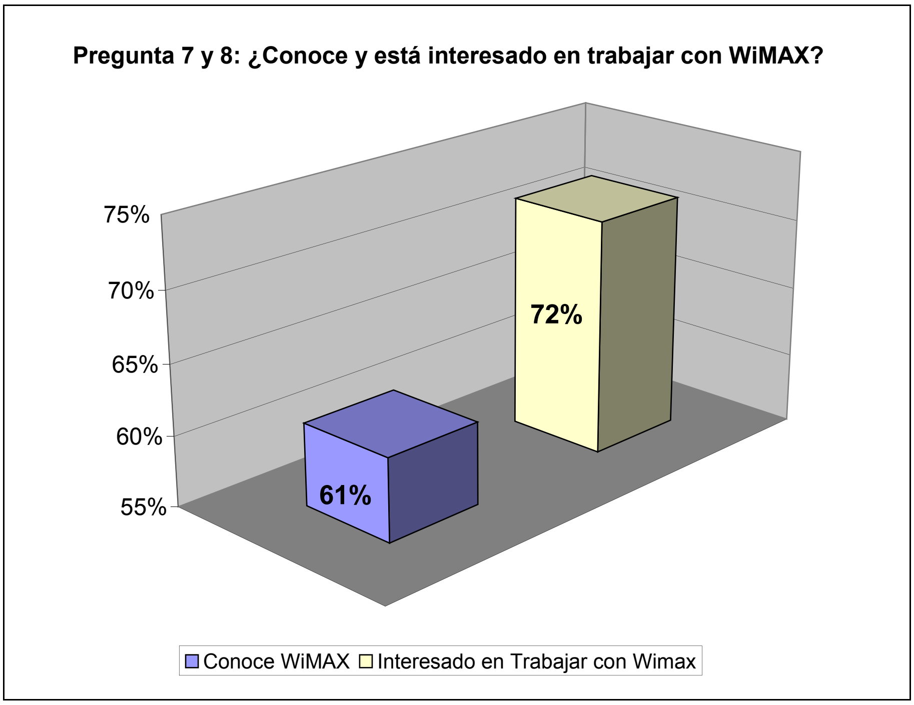


Figura 2.12 Conocimiento e interés de la tecnología WiMAX.
(Ref: encuesta realizada)

1.11.Resumen de la encuesta.

Podemos indicar brevemente que:

La mayor parte personas encuestados viven al norte de la ciudad, de las cuales tan solo el 20 % conoce de la tecnología WiMAX, el 37% tiene Internet en casa y un 98.1% de los que no lo tienen desean adquirirlo. Desean usar Internet en mayor proporción para la educación, seguido de la comunicación, el trabajo, entretenimiento y otras actividades que desean realizar. Para esto prefieren tenerlo las 24 horas del día con un precio módico que va de $30 a $45.

Con respecto a las empresas encuestadas, el mayor porcentaje se encuentran ubicadas en el centro de la ciudad, continuando decrecientemente al norte, vía Daule, vía a la Costa, Sur y por ultimo Samborondón. Estas empresas se dedican en su mayoría al área comercial. Además el 50 % de dichas empresas encuestadas requieren un ancho de banda de 128 kbps. Y un 54% lo prefiere con particiòn 3 a 1, a un precio módico que por lo regular está entre los $80 a $120. Lo que mas utilizan como última milla son los enlaces con tecnología radial. Solo el 61% de estas empresas conocen de la tecnología WiMAX y de acuerdo a sus necesidades un 72% se encuentra interesado en adquirirlo.

1.12.Conclusiones.

Las conclusiones de la encuesta en el mercado de usuario personal son:

A nivel de usuario personal la tecnología es poco conocida, debido a que es relativamente nueva y con poca penetración en nuestro país; es una tecnología que apenas se está instalando en las principales ciudades de Latinoamérica.

Dónde existe mayor demanda de servicio de Internet es en el norte, seguido del centro, sur, vía Daule, vía a la Costa y por ultimo Samborondón.

También concluimos que el principal uso que se hace del Internet en los hogares es para fines educativos, seguido de comunicación, trabajo, y por último como medio de entretenimiento.

El uso del servicio de Internet no tiene un horario predominante definitivo, pero es más utilizado en horarios nocturnos, por lo que prefieren contratar el servicio las 24 horas. El presupuesto está acorde a los precios del mercado el cual de $30 a $45.

En cuanto a los resultados del mercado empresarial, podemos decir:

Los sectores con mayor demanda es el Centro donde se encuentran edificios con muchas oficinas de diferentes áreas. Seguido por el sector Norte, la vía Daule, vía a la Costa, Sur y Vía a Samborondón.

La mayor parte de las empresas son comerciales e industriales, y las hay de otros tipos como financieros, educativos y estatales.

El ancho de banda es mínimo, de 128 Kbps., pero hay empresas que tienen también anchos de banda de hasta 1024 Kbps. Los presupuestos de las empresas están en los $400 a $550 en su mayoría, sin embargo hay empresas con menores presupuestos de hasta $80 a $120.

Las empresas buscan en la actualidad precios módicos, aunque también se basan en la tecnología y el servicio al cliente. La tecnología de mayor uso es radial; seguido de la tecnología de cobre y en menor medida la fibra óptica. A diferencia del mercado personal y el mercado corporativo, es que la mayoría de encuestado fueron personas con conocimientos en sistemas y tecnología por lo que conocen o al menos han escuchado en gran porcentaje de WiMAX.

1.13.Evaluación del mercado

1.13.1Por sector geográfico

Basados en la encuesta podemos indicar que los sectores que convienen iniciar con el proyecto son la vía Daule, el sur de la ciudad, sectores comerciales del norte (Kennedy, Urdesa) y centro de la ciudad.

1.13.2Por sector comercial - empresarial - industrial

En general, el principal sector sería el comercial, sin dejar totalmente de lado el industrial y empresarial.

1.13.3Por tipo de acceso a internet

La mayor parte de las redes de acceso actuales son con radio, sin embargo existe también un gran porcentaje de enlaces de cobre. Así mismo existen pocos sectores, con redes de fibra óptica.

1.13.4Conclusiones

Con esta encuesta nos podemos dar cuenta que debemos elaborar un diseño que procure abarcar la mayor parte de la ciudad, debido a que en diferentes proporciones, cada sector de Guayaquil tiene la necesidad de mejorar o contratar el servicio de Internet, tanto los usuarios del sector empresarial y Home.

1.14.Estrategia de mercado.

Al ser la ciudad con la mayor población del país, ser el puerto principal y el de mayor comercio*, es fácil darse cuenta que existe un mercado potencial para desarrollar este proyecto, esto sería muy beneficioso para las empresas que podrían disponer una red de datos y voz, puede ser muy bien explotado porque se puede acceder de diferentes lugares donde exista la cobertura, ya que los equipos son flexibles al momento de la instalación.

*Fuente: www.guayaquil.gov.ec

Puesto que el proyecto es costoso, la estrategia es desarrollar la red modularmente, empezando con dos nodos que cubran la mayor parte de la ciudad y a medida que se va desarrollando la empresa y la demanda de usuario, se podrá incrementar el número de nodos.

CAPITULO III:

3DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA WIMAX

1.15.Introducción

Este capítulo envuelve la planificación estratégica para la implementación de la red inalámbrica WiMAX. Esta planificación va de la mano con el estudio logístico y de mercado del área geográfica de la ciudad de Guayaquil, en el cual se determinará:

- Si existe una considerable demanda para servicios de banda ancha con precios competitivos.
- Que el clima local sea tal, que no tenga obstáculos insuperables.
- La topografía básica de la región y la distribución de los potenciales clientes sea tal que, la solución inalámbrica sea factible y deseable.
- Exista una ventaja decisiva que acreciente nuestra red, dando competencia efectiva sobre otros servicios.
- La red tenga buenos perspectivas de crecimiento.
- Adecuada relaciones con proveedor de servicio con el cual negociar, de tal manera que se pueda brindar QoS, VoIP.

- La red esté posicionada para adoptar previsibles mejoras de tecnología inalámbrica sin tener que frecuentar a upgrades .
- La organización esté posicionada para forjar relaciones con terceros proveedores de contenido, aplicaciones y servicios de valor agregado.
- Con este diseño, se pretende satisfacer necesidades actuales, así como también se prevee un crecimiento futuro acorde a las necesidades de los usuarios de la red.

1.16.Análisis previo al diseño de la red.

La tecnología WiMAX es una tecnología que nos ayudará a proveer a los usuarios de la ciudad de Guayaquil, de conexiones de Internet de forma inalámbrica, obviando las redes de cobre que normalmente presentan problemas por hurto de cable. También se busca abaratar costos, gracias a que cada base tiene la capacidad de cubrir varios kilómetros.

Adicionalmente WiMAX, introduce estándares que permiten individualizar los servicios de cada cliente asegurando la calidad del servicio ofrecido y compartiendo su capacidad para aplicaciones de Internet banda ancha. La tecnología WIMAX ofrece mayor capacidad de transporte de información, por lo que permite trabajar más rápido.

La ciudad de Guayaquil de norte a Sur tiene una distancia de aproximadamente 30 Km de terreno y de este a Oeste aproximadamente 16 Km, como se lo aprecia en la figura 3.1.

Figura 3.1: Mapa de Guayaquil
(Ref:maps.google.es)

Además uno de los sectores que se proyecta, es el de Samborondón que se encuentra cerca a la ciudad de Guayaquil.

Para acceder al servicio, los clientes cuentan con diferentes equipos terminales, los cuales serán elegidos de acuerdo a las necesidades del cliente.

1.16.1Análisis Topográfico.

Analizando la topografía de la ciudad de Guayaquil, con la ayuda del Software Radio Mobile y el Software Google Earth se tiene la figura 3.2 que es un mapa topográfico, con el que podemos anotar que la ciudad de Guayaquil en general es plano, con pocas elevaciones, lo cual nos facilita llegar a la mayor parte de la ciudad con una buena señal, aunque WiMAX trabaja en Nlos.

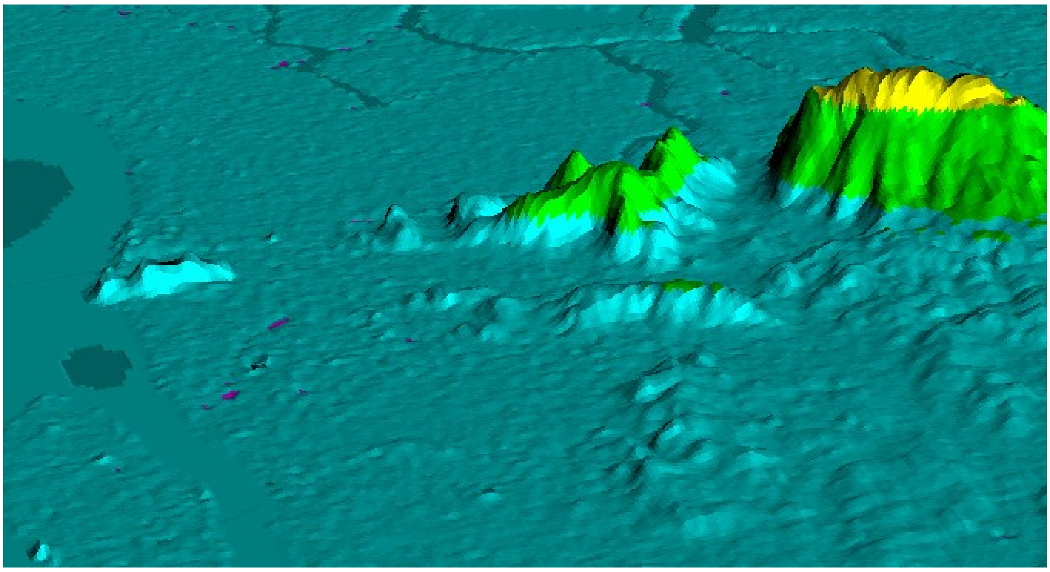


Figura 3.2: Mapa topográfico de Guayaquil
(Ref:Radio Mobile)

1.16.2Criterios para la planificación de frecuencias

Una de las partes fundamentales de las redes MAN apoyadas en WiMAX es la cobertura y estabilidad. En eso radica la búsqueda de la frecuencia de transmisión adecuada. El estándar 802.16 cubre las bandas entre 2 Ghz. y 66 Ghz., donde se divide en 2 grupos, la primera entre las frecuencias de 2 a 11 Ghz., y la segunda entre las frecuencias de 10 a 66 Ghz.

En la región por sobre los 10GHz la atenuación sube abruptamente a un nivel inicial de 0.2 decibelios (dB) por kilómetro y generalmente, mientras más corta la longitud de onda, más rápido la atenuación de la señal cuando se propaga a través del aire. A un cierto grado, la facilidad de enfocar señales milimétricas de microondas en ondas de radio estrechas tiene el efecto contrario debido a la intensa concentración de la energía RF dentro de la onda, sin embargo la mayoría de operadores de red que utilizan estas frecuencias no intentan transmitir más de una milla.

Las transmisiones también están sujetas a las condiciones atmosféricas, en particular a la lluvia. Los ingenieros RF tienen un término, rain fade, para describir la pérdida de distancia de transmisión durante los períodos de fuertes precipitaciones. El efecto de la lluvia puede ser superado con el aumento de la potencia y en algunos casos, los amplificadores de potencia

RF tienden a bajar con el incremento de frecuencia por la incapacidad de los transistores de potencia utilizados en la etapa final de los transmisores de onda pasa alta que son de alta tensión.

La atenuación en las señales alrededor de los 10 Ghz. Se atribuyen a dos causas: a la absorción del vapor de agua y a la absorción de las moléculas de oxígeno. Ninguno de los dos manifiesta un incremento lineal con la frecuencia, pero en cambio describen fluctuaciones incontrolado, con picos de absorción seguidos de valles, y luego más picos, y en su totalidad con una tendencia ascendente. Incidentalmente, los patrones para la absorción de oxígeno y vapor de agua son bastante diferente, y sus picos y valles no coinciden.

Entre los 10 Ghz. y los 30 Ghz., no se presentan problemas de absorción serios, y solamente un pico de absorción se presenta, a los 23 Ghz. Por lo tanto, el espectro entero es utilizable.

La figura 3.2 muestra la relación de frecuencia vs. la atenuación de la atmósfera

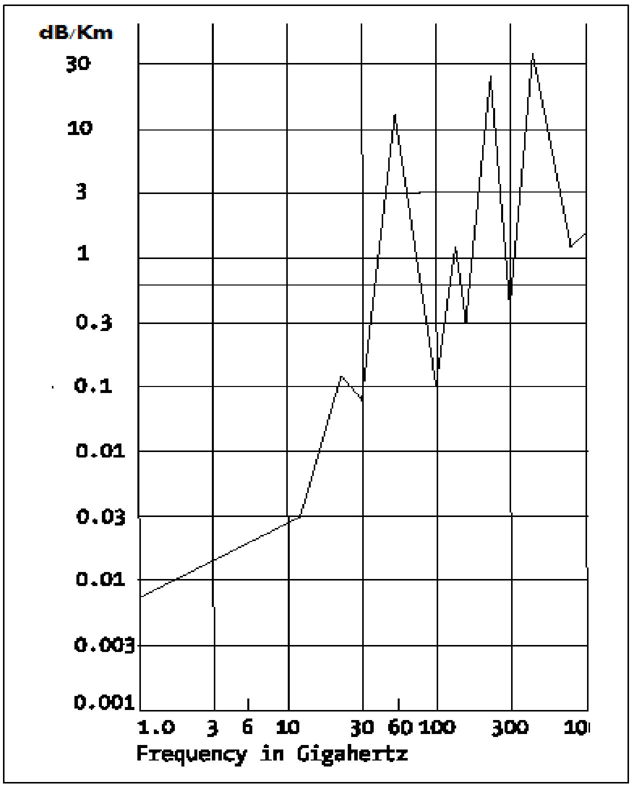


Figura 3.3: Relación de frecuencia vs. Atenuación atmosférica.
(Fuente: Wimax Operator´s Manual Building 802.16 wireles networks(second editions))

Otro problema en el espectro sobre los 10 Ghz. es el efecto de obstrucción que se crea con la vegetación. Las transmisiones en estas bandas necesitan absolutamente línea de vista, lo cual hace más difícil la colocación de las estaciones bases.

Normalmente cuando existe línea de vista, es decir sin obstáculos, entre las antenas WiMAX y el equipo del usuario final, se puede utilizar frecuencias de hasta 66 Ghz., con un considerable incremento del ancho de banda.

Pero en este caso hay que tomar en cuenta que la mayor parte de los usuarios están en zonas con obstáculos (como es la ciudad de Guayaquil), y que las altas frecuencias no son las ideales por la antes indicado, por lo tanto vamos usar bajas frecuencias, en el orden de los 2 a 11 Ghz.

1.16.3Análisis de la demanda

Para el análisis de demanda se tomará como base los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los ciudadanos y empresas guayaquileñas, las cuales están detalladas en el capitulo anterior, con lo que se contrataría la capacidad requerida a un proveedor que nos conecte al NAT de las América.

De acuerdo a la encuesta realizada a la parte corporativa la mayor parte de empresas (corporativas y Pymes) utilizan un ancho de banda de 128 kbps, seguido de 256 y 512 Kbps.; se proyecta una instalación promedio de 1 punto mensual de los clientes corporativos y 3 mensuales de los clientes Pymes. Con respecto a las encuestas personales se proyecta instalar unos 10 puntos por mes.

El ancho de banda se contratará de acuerdo a las necesidades mensuales por el incremento de clientes, empezando con un ancho de banda de 512 Kbps. Para el primer semestre de operación de la empresa se debe contratar

8 Mbps punto a punto (sin compartición), y según como se incremente los usuarios a la red se realizarán los respectivos upgrades.

Para realizar los cálculos de ancho de banda se utilizaron los bits por segundo por cuestiones comerciales, recalcando que el ancho de banda se mide en hertzios y la velocidad de transmisión en bits por segundo.

1.17.Diseño de red inalámbrica

El uso de WiMAX en el diseño de una red inalámbrica, se basan en las buenas características técnicas de cobertura de largas distancias incluso sin línea de vista, que se adapta perfectamente a la topología de la ciudad de Guayaquil y la encuesta realizada en el capitulo anterior, lo cual nos da la pauta de los lugares donde se deben colocar las radio bases y así cubrir la demanda de servicio de Internet de los Guayaquileños.

1.17.1Elección de la tecnología WiMAX

El proyecto utilizará el estándar IEEE 802.16-2004 que es para sistemas estáticos, el cual fue escogido por sus características de funcionamiento que supera a las versiones antecesores del estándar IEEE 802.16.

1.17.2Frecuencia de Operación

La frecuencia ideal para trabajar en zonas urbanas, como anteriormente se lo explico, son las que se encuentra por debajo de los 10 Ghz. Las frecuencias libres en el Ecuador son las que se encuentran en 2.4 Ghz, 5.4 Ghz y 5.8 Ghz, pero estas en algunos lugares de la ciudad de Guayaquil ya se encuentran saturadas, lo cual nos causaría inconvenientes.

La frecuencia que se utilizara en este diseño es la de 3.5 Ghz, la cual es una frecuencia privada. Aunque tener la licencia tiene un precio potencialmente alto, pero es necesario tomar esta decisión cuando la oferta del servicio requiere una alta calidad de servicio y una gran proyección de crecimiento. En el mercado Ecuatoriano existen cuatro firmas que utilizan bandas de frecuencia para la tecnología WiMAX en el Ecuador, las cuales son: Andinatel, Ecuador Telecom, TV Cable, y una cuarta que está en pugna entre Pacifictel y Etapatelecom. Nuestra empresa ingresará a competir con estas dos últimas empresas para la adquisición de esta banda de frecuencia.

1.17.3Equipos de comunicación

Se analizará varios equipos que cumplen el estándar IEEE 802.16 (WiMAX). En el mercado existen algunos fabricantes de equipos WiMAX que poseen diferentes modelos y trabajan en varias bandas de frecuencia, cada fabricante oferta sus equipos de acuerdo a ellas. Pero como en este proyecto utilizaremos la frecuencia de 3.5 Ghz nos enfocaremos en los equipos que cumplan esta característica.

1.17.3.1. Alternativas

El alcance teórico de WiMAX fijo es de 50 Km, aunque en la realidad esta depende de las condiciones de visibilidad, sensibilidad de los equipos y banda de frecuencia que utilizan los mismos.

A continuación mencionaremos las características técnicas de algunos equipos WiMAX de acuerdo a su fabricante.

PROXIM

Proxim tiene como objetivo acelerar la introducción de servicios de acceso inalámbrico de banda ancha, de manera eficiente y a bajo costo. La disponibilidad de tecnología probada, la creación de estándares y grupos de trabajo, así como la necesidad de proporcionar múltiples servicios a zonas no abastecidas, hacen que WiMAX sea no sólo un mecanismo de competencia sino una herramienta que puede implantarse en cualquier parte del mundo.

Por tal motivo Proxim introduce los modelos Tsunami MP.11 Modelo 2454 – R, 5054 – R y Tsunami MP. 16 3500 sistema Wireless punto – multipunto.

En la figura 3.4 se muestra el equipo Tsunami MP.11 Modelo 2454 – R.

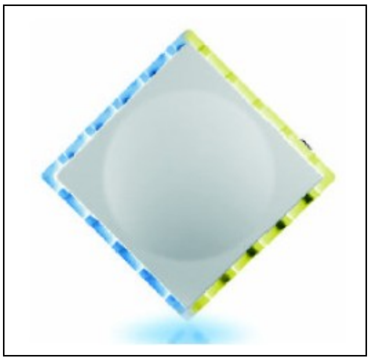


Figura 3.4: Tsunami MP.11 Modelo 2454 – R
(Ref:www.proxim.com/products/mp16/index.html)

En el Apéndice C se muestra algunas características técnicas de estos equipos.

ALVARION

Alvarion como miembro del Foro WiMAX es uno de los principales interesados en el desarrollo de la tecnología WiMAX para producir equipos que manejen este estándar.

Durante una década, Alvarion ha estado desarrollando y ha ofrecido tecnologías inalámbricas de banda ancha para proveedores de servicios, municipalidades y empresas.

Desde el principio de la industria, Alvarion ha sido un líder en el mercado de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA), siendo el vendedor más grande del mundo en equipos para diseñar redes inalámbricas.

Por tal motivo Alvarion introduce la familia BreezeMAX, la cual posee una avanzada tecnología OFDM para soportar operaciones sin línea de vista (NLOS), modulación adaptable y eficiencia espectral, permitiendo a operadores empezar a construir su red WiMAX.

El sistema BreezeMAX consta de los siguientes componentes:

- Equipos de Estaciones Bases de alta densidad.
- Micro estación base.

Equipo de usuarios CPEs BreezeMAX

- BreezeMAX CPE IDU

- BreezeMAX CPE ODU

En el Apéndice E se indica los modelos y componentes de las Estaciones Bases BreezeMAX. En el Apéndice F se indica los modelos y componentes de las Estaciones Suscriptores FreezeMAX.

En la figura 3.5 indica a la Familia BreezeMAX.

Figura 3.5: Equipos BreezaMax
(www.alvarion.it/public_docs/alv_breezemax_pbp.pdf)

En la tabla 3.1 se indica las características de los equipos de la Familia BreezeMAX.

CARACTERISTICAS	BreezeMAX Estación Base	BreezeMAX CPE
Estándar	802,16 - 2004, futuro 802.16 e	802,16 - 2004, futuro 802.16 e
Banda de Frecuencias	1.5GHz; 2.3GHz WCS; 2.5GHz BRS ; 3.3 - 3.8GHz ; 5 GHz	1.5GHz; 2.3GHz WCS; 2.5GHz BRS ; 3.3 - 3.8GHz ; 5 GHz
PHY	OFDM 256 FFT with uplink OFDMA and future support of SOFDMA for mobile WiMAX	OFDM 256 FFT with uplink OFDMA
Duplexing Mode	FDD, TDD	FDD, TDD
Modulación	64QAM to BPSK (8 adaptive levels)	64QAM to BPSK (8 adaptive levels)
Ancho de Canal	1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz	1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz
Potencia de Transmisión	34dBm	20 y 24 dBm
Ganancia Antena	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	Antena Interna 18 dBi
Interfaz	10/100/1000 Base-T, E1/T1	10/100 Base-T, 802.11g Wi-Fi, RJ-11 POTS, E1/T1

Tabla 3.1: Características Técnicas Equipos Alvarion.

(Ref:www.alvarion.it/public_docs/alv_breezemax_pbp.pdf)

AIRSPAN

Airspan está enfocado en proporcionar acceso inalámbrico que iguale y supere el desempeño y la funcionalidad de las alternativas de acceso de banda ancha alámbrico con una solución adecuada para los mercados residencial, de la pequeña y mediana empresa (PYMES) y con aplicaciones para redes de acceso troncal de banda ancha. Esto significa sistemas de acceso basados en estándares (IEEE, WiMAX, ETSI, FCC) como soporte para instalaciones celulares densas, alta escalabilidad de redes, operaciones con línea de vista o sin línea de vista y gestión de calidad de servicio (QoS) de extremo a extremo en topologías punto multipunto.

Con esta visión en mente, Airspan desempeña roles importantes en los Grupos de Tareas IEEE 802.16 y en ETSI BRAN para contribuir al desarrollo de estándares de interfaces de aire interoperables. La compañía también es miembro de la junta directiva del foro WiMAX para asegurar que la certificación de la industria respecto de las normas y la interoperabilidad entre proveedores proceda en forma rápida y eficaz.

Airspan se encuentra orgulloso de introducir AS.MAX a la industria de las telecomunicaciones con un mayor rango de productos WiMAX, que consisten de tres diferentes soluciones de estación base y un rango de CPE ya sea para interiores o exteriores. Airspan ha escogido la tecnología AS.MAX cuidadosamente para proporcionar a operadores el poder operar a futuro con el estándar 802.16 y el servicio WiBRO.

Entre los componentes del AS.MAX se tienen:

Estaciones Bases

- HiperMAX
- MacroMAX
- MicroMAX

Equipos de Usuario CPE

- EasyST
- ProST
- PrimeMAX

En las figuras 3.6a, 3.6b y 3.6c se muestran los diferentes modelos de estaciones base de los equipos AS.MAX.

a) Micromax

b) Hipermax

c) Macromax

Figura 3.6: Modelo de Estaciones Base AS.MAX
(Ref:www.airspan.com/products_wimax.aspx)

En las figuras 3.7a, 3.7b y 3.7c se muestran los equipos de Usuario AS.MAX

Figura 3.7: CPE AS.MAX
(Ref:www.airspan.com/products_wimax.aspx)

A continuación en la tabla 3.2 se indican características técnicas de las Estaciones Base AS.MAX

CARACTERISTICAS	HiperMAX	MacroMAX	MicroMAX
Estándar	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)
Banda de Frecuencias	3.4-3.6GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz initially + subsequent additional WiMAX bands
PHY	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT
Duplexing Mode	FDD + TDD	FDD + TDD	FDD + TDD
Modulación	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK
Perfiles Wimax que soporta	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T
Potencia de Transmisión	De subida hasta 32 dBm por antena	De subida hasta 37 dBm por antena	27 dBm
Ganancia Antena	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	5.8 T1 de 60° 12 dBi 3.5 T1 y F1 de 15° 18 dBi 3.5 T1 y F1 de 60° 12 dBi
Sensibilidad	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)

Tabla 3.2: Características de radio base marca Airspam.

(Ref:www.airspan.com/products_wimax.aspx)

A continuación en la tabla 3.3 se indican características técnicas de los CPEs AS.MAX

CARACTERISTICAS	PriMAX	EasyST	Prosa
Estándar	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)
Banda de Frecuencias	3.4-3.6GHz, 5.8 GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz, 5.8 GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz, 5.8 GHz initially + subsequent additional WiMAX bands
PHY	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT
Duplexing Mode	HFDD + TDD	HFDD + TDD	HFDD + TDD
Modulación	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK
Perfiles Wimax que soporta	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T
Potencia de Transmisión	+24 dBm	De subida hasta 23 dBm	De subida hasta 23 dBm
Ganancia Antena	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	6 dBi 4x90 Omnidireccional	15 dBi, 18 dBi
Sensibilidad	-98 dBm	-98 dBm	-98 dBm

Tabla 3.3: Características CPEs marca Airspam

(www.airspan.com/products_wimax.aspx)

Se encuentran detalladas en el Apéndice G, más características de los equipos Airspam.

1.17.3.2. Requerimientos de Gestión

El software de gestión deberá ser compatible con los sistemas operativos LINUX, Windows NT, Windows 2000, Windows XP o posteriores.

La herramienta de gestión debe permitir realizar funciones tales como operar, mantener, configurar y administrar los recursos de red y los servicios soportados por ellos.

La interfaz gráfica de usuario del sistema de gestión debe permitir al administrador visualizar el estado de operación o funcionamiento, eventos y alarmas de los elementos de red que se encuentran instalados tales como estaciones base, antenas y estaciones suscriptoras.

El sistema de gestión deberá permitir la configuración de las frecuencias y de la potencia de transmisión, tanto de la estación base como de las estaciones suscriptora (CPEs).

1.17.3.3. Elección de equipos

Tomando en cuenta las características técnicas y precios de los equipos de cada proveedor, se utilizara para este diseño los equipos de la marca Airspam. A su vez de esta marca se selecciona la Base MicroMAX y se utilizara los diferentes CPS's, de acuerdo a las necesidades del usuario.

1.17.4Componentes de la red WiMAX

La red inalámbrica con tecnología WiMAX para la ciudad de Guayaquil estará conformada por los siguientes elementos (Figura 3.7):

- Estación Base.
- Estaciones Suscriptoras.
- Antenas.

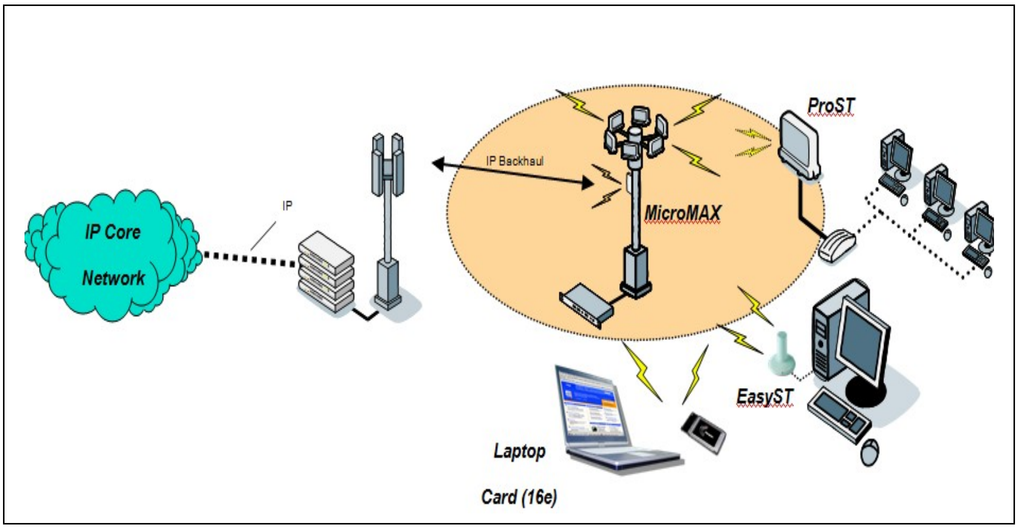


Figura 3.8: Componentes de una red inalámbrica
(www.airspan.com)

1.17.4.1. Estación Base

Es un dispositivo encargado de transmitir y recibir información hacia los suscriptores que se encuentran dentro de su zona de cobertura, la estación base es la encargada de asignar y controlar el ancho de banda a los diferentes suscriptores.

Normalmente, está compuesta por un mástil al cual están unidas tres grupos de una o varias antenas equidistantes. El uso de varias antenas produce una diversidad de caminos radioeléctricos que permite mejorar la recepción de la información.

1.17.4.2. Estaciones Suscriptoras

El CPE es un equipo de telecomunicaciones usado en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación.

Son unidades terminales asociadas a equipamientos de telecomunicaciones, localizadas en el lado del suscriptor y que se encuentran conectadas con el canal de comunicaciones del proveedor o portador de información, sean estos datos, voz o video.

Una **tarjeta PCMCIA** es un dispositivo normalmente utilizado en computadoras portátiles para expandir las capacidades de esta.

Estas tarjetas reciben su nombre del estándar PCMCIA, Personal Computer Memory Card International Association; se usan para ampliar capacidades en cuanto a: memoria, disco duro, tarjeta de red, capturadora de radio y TV, puerto paralelo, puerto serial, puerto USB, etc.

Las tarjetas PCMCIA de 16 bits pueden recibir el nombre de PC Card y las de 32 bits el de CARD BUS. Hoy día existe una evolución de dichas tarjetas, son las llamadas Express Card, son más finas pero mantienen las mismas funciones.

Una **antena** es un dispositivo capaz de emitir o recibir ondas de radio. Está constituida por un conjunto de conductores diseñados para radiar (transmitir) un campo electromagnético cuando se le aplica una fuerza electromotriz alterna.

De manera inversa, en recepción, si una antena se coloca en un campo electromagnético, genera como respuesta a éste una fuerza electromotriz alterna.

El tamaño de las antenas está relacionado con la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida, debiendo ser en general un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda.

Por eso a medida que se van utilizando frecuencias mayores, las antenas disminuyen su tamaño. Las antenas son utilizadas generalmente en la estación base.

1.17.5Ubicación de los puntos.

Con las ventajas que provee la tecnología WiMAX el cual tiene un extenso rango de cobertura, solo se utilizaran dos radios bases en la ciudad de Guayaquil. La figura 3.8 muestra el mapa de la ciudad de Guayaquil en 3 dimensiones.

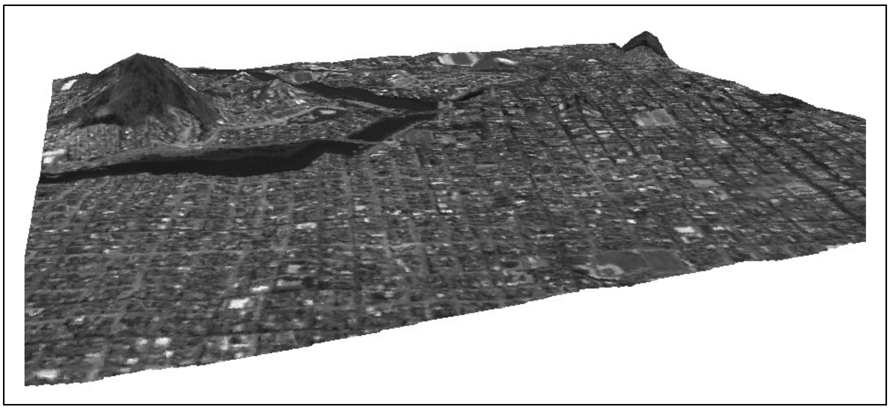


Figura 3.9: Mapa en 3D de la Ciudad de Guayaquil
(Ref: Generado de ***Radio Mobile***)

El cerro de mayor elevación es el Cerro Azul (Figura 3.9), con más de 300 m. de altura, este por ser el más alto y tener línea de vista con la mayor parte de la ciudad. Por esto se ha elegido como punto para instalar una radio base la cual cubrirá la vía Daule, la vía a la Costa y el norte de la ciudad.

Figura 3.10: Cerró Azul
(Ref:Radio Mobile)

Teniendo cubierto el norte de la ciudad, queda por cubrir el centro y sur; para esto se elige el cerro del Carmen donde se colocará la segunda radio base.

Con estas dos Radios Bases cubrimos en su totalidad la ciudad de Guayaquil y podremos satisfacer al usuario con un servicio de calidad.

En la figura 3.10 se muestra la ubicación de las bases y además puntos referenciales que muestran hasta donde llegara la cobertura de WiMAX.

Figura 3.11: Ubicación de puntos de radio base y referenciales.
(Ref:Radio Mobile)

Las coordenadas de cada radio base se muestra en la tabla 3.4:

Localidad	**Latitud**	**Longitud**
Cerro del Carmen	2º 10`46.79” S	79º 52` 55.59” O
Cerro Azul	2º 10`18.51” S	79º 57` 3.22” O

Tabla 3.4: Ubicación de las radios Base.

1.17.5.1. Enlace de las radio - bases

En Cerro del Carmen se instalará la Radio Base principal, la cual se conectará al proveedor de Internet Internacional. Esta radio base también la utilizaremos como backhaul para conectar la radio base que se encuentra en Cerro Azul, debido a la dificultad de conectar con fibra óptica a la Radio Base de Cerro Azul.

Además se colocará un enlace de radio de 5.8 Ghz, en caso de que la Base Cerro del Carmen presente inconvenientes los clientes que están conectados a la Base Cerro Azul no se queden sin servicio de Internet.

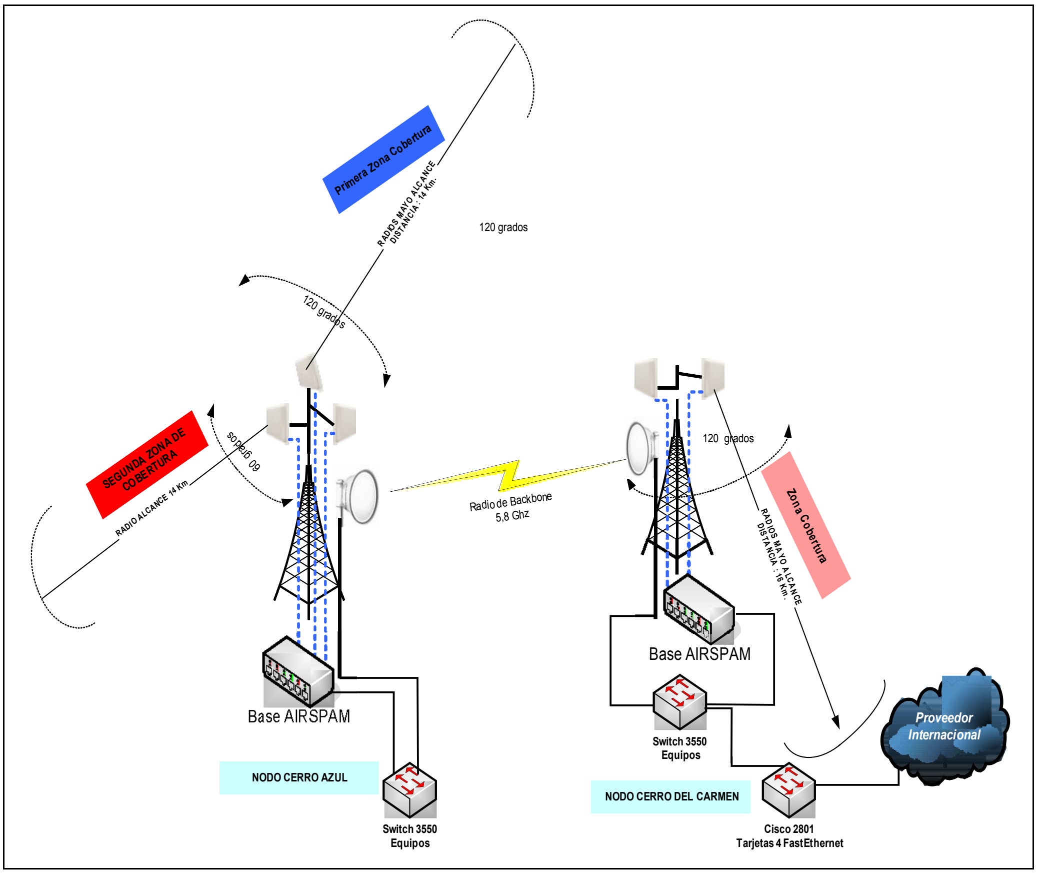


Figura 3.12: Enlaces.
(Ref: Realizada en Visio)

1.17.6Análisis del radio enlace.

El cálculo del balance de potencias es el procedimiento que se utiliza normalmente para estimar de una manera rápida si un radio enlace funcionará correctamente. No obstante, se debe tomar en cuenta que se trata de un cálculo teórico, y que por lo tanto está sujeto a variaciones debidas a múltiples factores, como por ejemplo: el apuntamiento de las antenas, reflexiones, interferencias no deseadas, etc. Así pues, se puede utilizar durante la fase inicial de diseño del radio enlace, pero en cualquier caso habrá que realizar las oportunas comprobaciones, medidas y ajustes durante la posterior fase de instalación para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

La **Potencia Transmitida** se expresa habitualmente en unidades lineales (mW, W) o logarítmicas (dBm, dBW). Para la conversión entre magnitudes lineales y logarítmicas se utiliza la siguiente fórmula:

$$P(dBm) = 10 \log_{10} P(W)/0{,}001$$

La **Ganancia de la Antena** se proporciona habitualmente en dB isotrópicos (dBi), es decir, la ganancia de potencia con respecto a un modelo teórico de antena isotrópica que irradia la misma energía en todas las direcciones del espacio. En algunos casos, la ganancia se expresa en dBd con respecto a una antena de tipo dipolo. En este caso, se tiene la siguiente fórmula de conversión:

$$G(dBi) = G(dBd) + 2{,}14$$

Las Pérdidas Básicas de Propagación en Espacio Libre se trata de las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre: sin ningún obstáculo en el camino, es decir, visión directa entre las antenas. En esta magnitud no suelen incluirse otras pérdidas adicionales debidas a lluvia, absorción atmosférica, etc. Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radio enlace y la frecuencia de funcionamiento mediante la siguiente expresión:

$$L_{bas}(dB) = 92,44 + 20 \log_{10} f(GHz) + 20 \log_{10} d(Km.) \qquad (\textit{Fórmula de Friis})$$

En las **Pérdidas Adicionales De Propagación** se incluyen todas aquellas pérdidas adicionales que sufren las señales radioeléctricas durante su propagación y que no pueden atribuirse al término de pérdidas básicas en espacio libre. De este modo, se tienen pérdidas por absorción atmosférica e hidrometeoros (lluvia, nieve, niebla), fenómenos de difracción (obstrucción parcial o total del haz radioeléctrico), reflexiones, etc.

La **Sensibilidad Del Receptor**, el equipo receptor necesita un mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como sensibilidad. Ésta suele expresarse en términos de potencia o tensión de acuerdo con la siguiente fórmula de conversión:

$$S\ (dBm) = S\ (sBmV) - 10 \log_{10} R\ (\Omega) - 30$$

La **Atenuación Específica Debido a la Lluvia**, aunque puede despreciarse para frecuencias por debajo de 5 GHz, ésta debe incluirse en los cálculos de diseño a frecuencias superiores donde su importancia aumenta rápidamente. La atenuación específica debida a la lluvia puede calcularse a partir de la Recomendación UIT-R 838. La atenuación específica a (dB/Km.) se obtiene a partir de la intensidad de lluvia R(mm/h) mediante la ley exponencial:

$$a = \kappa P^{\propto}$$

donde k y $\propto$ son unas constantes que dependen de la frecuencia y de la polarización de la onda electromagnética.

El **P.I.R.E (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente)** es la potencia equivalente que tendría que radiar una antena isotrópica para alcanzar la misma densidad de potencia en la dirección elegida y en un determinado punto, que otra antena.

Las ondas electromagnéticas al propagarse entre dos puntos determinados, configuran un elipsoide cuya sección transversal aumenta a medida que el frente de ondas se aleja de los extremos.

Este fenómeno es variable con la frecuencia y da lugar a la formación de las denominadas **Zonas de Fresnel**. Así en un punto especifico del trayecto, el radio del elipsoide de la enésima región viene dado por la expresión:

$$R_n = \sqrt{\frac{n * L_A * L_B * \lambda}{L}}$$

Donde:

- Rn: Radio de la enésima región del elipsoide Fresnel.
- n: Número del elipsoide.
- LA: Distancia desde el punto en estudio al terminal A [m]
- LB: Distancia desde el punto en estudio al terminal B [m]
- L: Longitud total del trayecto [m]
- λ: Longitud de onda = c/f.
- c: Velocidad de la luz (3x 108 [m/s])
- f: Frecuencia de trabajo [Hz].

Para el diseño del radio enlace se debe procurar que los posibles obstáculos del trayecto entre los dos puntos no obstaculicen a la zona de Fresnel, pues si esto pasa se producirán atenuaciones por difracción o sombra, las cuales si son elevadas pueden llevar a la inviabilidad del enlace.

1.17.7Cálculo del enlace

Considerando parámetros promedios de potencia, ganancia y sensibilidad de los equipos de la marca Airspam, se va a realizar el cálculo del enlace entre las dos radio bases, además se realizará cálculos de supuestos usuarios en diferentes partes de la ciudad de Guayaquil, esto con la finalidad de mostrar la cobertura de cada Radio Base.

El cálculo del enlace se lo realizó con la ayuda del programa Radio Mobile que es un programa que permite el análisis y simulación del área de cobertura de un sistema de radio frecuencia (RF), ya que este programa traza el perfil de las posibles trayectorias, automáticamente construye el perfil de un enlace de radio entre dos puntos conocidos de forma digital, emplea una extensa base de datos de elevaciones para determinar la existencia de LOS o línea de vista entre dos puntos, ejecuta los cálculos que permiten automatizar cualquier enlace en cualquier banda de frecuencia, desde HF hasta SHF, permite observar el efecto de cambiar la ganancia de las antenas, altura de las mismas, atenuación de los cables, etc., calcula la pérdida en el espacio libre y la debida a obstrucciones, calcula el área cobertura de una radio base útil para sistemas PMP (punto – multipunto).

En la figura 3.12 se muestra el primer cálculo del radio enlace (Radios Bases principales) donde se puede observar que se tienen los valores como distancia, azimut, ángulo de elevación, espacio libre, nivel de recepción y la zona de Fresnel que tiene como valor de 4.8 F1 que indica que el enlace no tiene ningún problema para operar ya que el valor mínimo para la zona de Fresnel es de 0.6 F1. En este cálculo se consideró una altura de las antenas de 30 metros en el Cerro del Carmen y de 20 Metros en Cerro Azul; una potencia de 27 dBm en las estaciones base, ganancia de antena ominidireccional de 12 dBi y una sensibilidad de -98 dBm. En la figura 3.13 se indica el cálculo del enlace entre el cerro del Carmen y un usuario ubicado en el Puerto Marítimo.

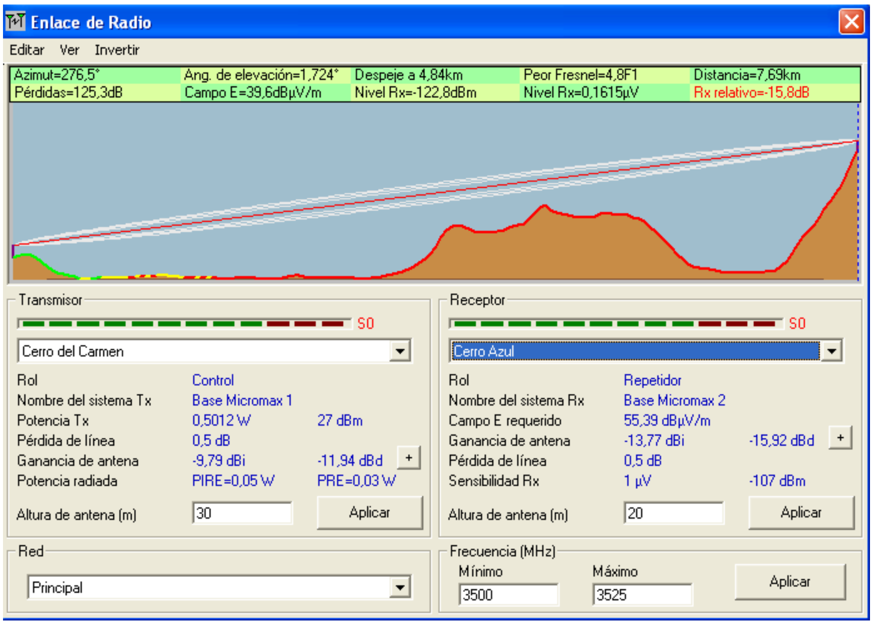


Figura 3.13: Cálculo entre radios base.
(Fuente Radio Mobile)

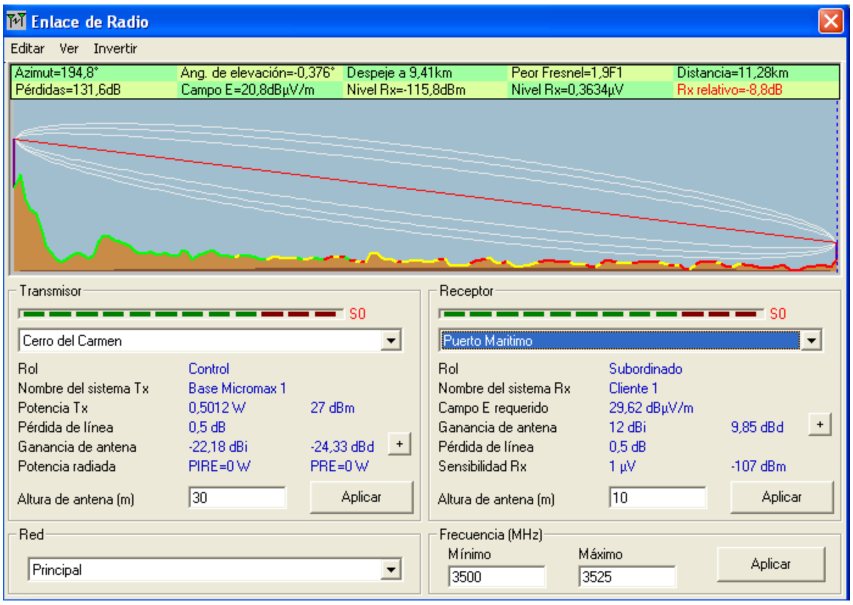


Figura 3.14: Cálculo entre radios base y cliente 1.
(Ref:Radio Mobile)

Se esta tomando el punto mas lejano de la radio Base con la finalidad de conocer si es factible tener clientes por este sector.

Los resultados son muy favorables para colocar una antena externa, ya que se tiene un 1.9 F1.

En la figura 3.14 se indica el cálculo del enlace entre el Cerro del Carmen y un usuario ubicado por el Centro de la Ciudad.

En la figura 3.15 se indica el cálculo del enlace entre el Cerro Azul y un usuario ubicado por el Km. 18 Vía a la Costa.

En la figura 3.16 se indica el cálculo del enlace entre el Cerro Azul y un usuario ubicado por el Km. 17 Vía a Daule.

En la figura 3.17 se indica el cálculo del enlace entre el Cerro Azul y un usuario ubicado por el Km. 3.5 Vía a Samborondón.

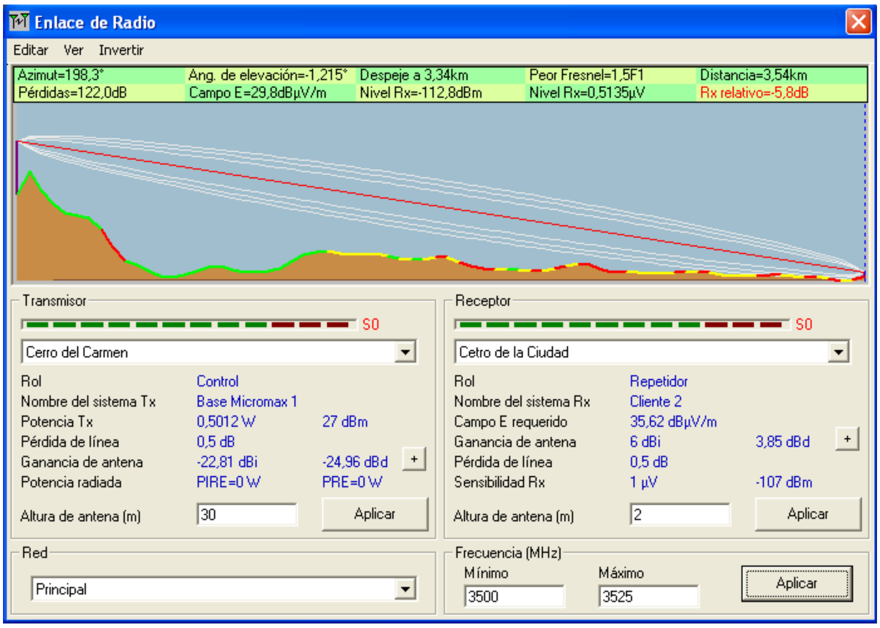


Figura 3.15: Cálculo entre radios base y cliente 2.
(Ref:Radio Mobile)

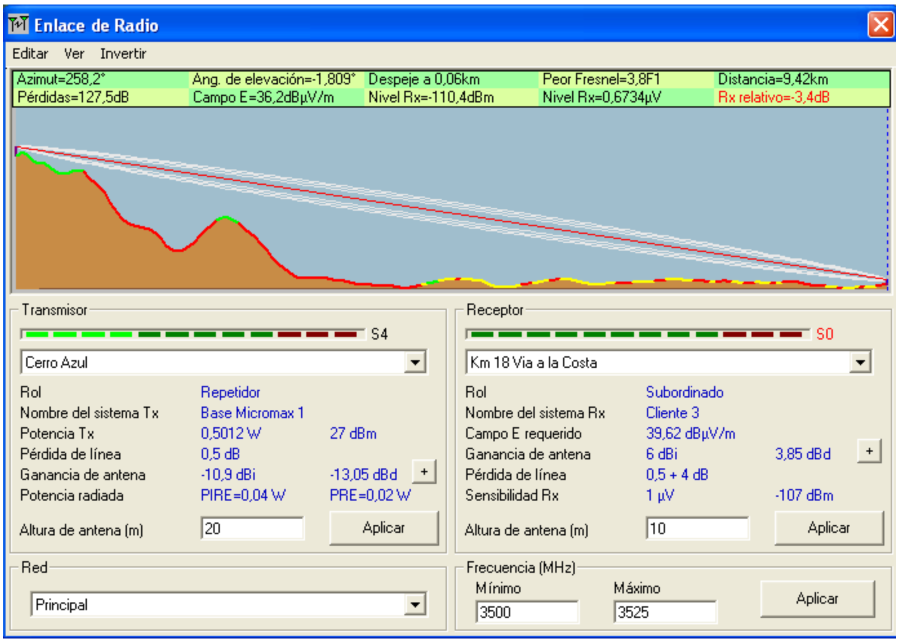


Figura 3.16: Cálculo entre radios base y cliente 3.
(Ref:Radio Mobile)

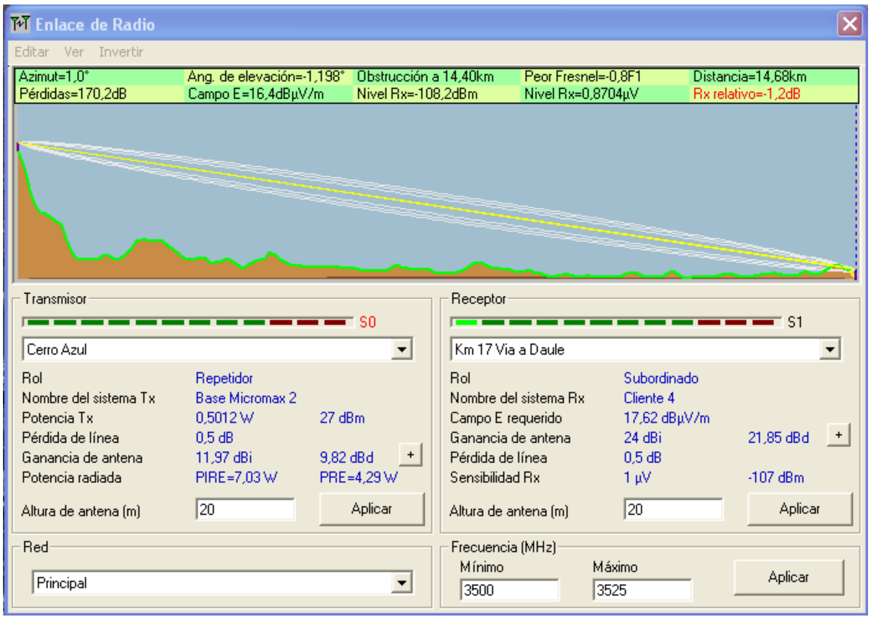


Figura 3.17: Cálculo entre radios base y cliente 4.
(Ref:Radio Mobile)

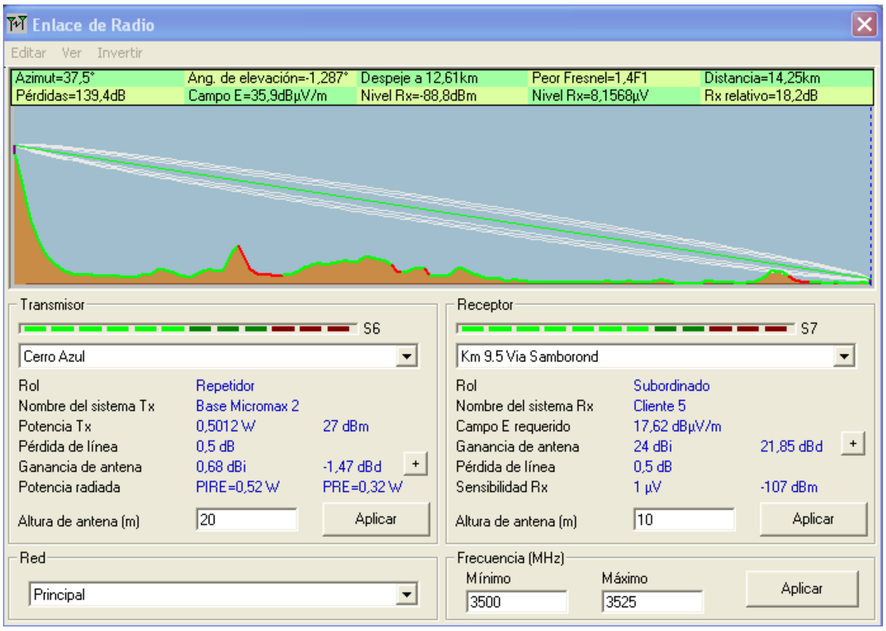


Figura 3.18: Cálculo entre radios base y cliente 5.
(Ref:Radio Mobile)

Se tomaron estos puntos para realizar los cálculos, debido a que la mayor parte se encuentra ubicados en los bordes de cobertura de las radio bases

Los resultados de los cálculos realizados son muy favorables, porque todos tienen un valor mayor al mínimo de la zona de Fresnel. Además hay que tomar en cuenta que es una zona urbana y se encontrarán obstáculos, como son los edificios.

Pero gracias a la característica de WiMAX no es necesario tener un 100% de línea de vista.

1.17.8Área de Cobertura

El área de cobertura que va a tener la red inalámbrica dependerá directamente de la potencia de los equipos y las ganancias de las antenas a utilizarse.

Para realizar el cálculo de la cobertura se utilizó el programa radio mobile en el cual se tiene la opción de ir variando la potencia y ganancia de los equipos, gracias a este programa se podrá obtener una distancia máxima a la cual los usuarios pondrán acceder a los servicios que brindará la red inalámbrica, todo usuario que se encuentre dentro de esta área podrá acceder sin ningún problema a los servicios que brinda la red inalámbrica con tecnología WiMAX.

En la figura 3.18 se muestra el lóbulo de radiación de la antena 60 º utilizada en la estación base y en la figura 3.19 se muestra el otro lóbulo de radiación de la antena de 60º de la misma base, con la que se formaría una antena de 120º. La cual se colocara para cubrir el norte y vía a Daule.

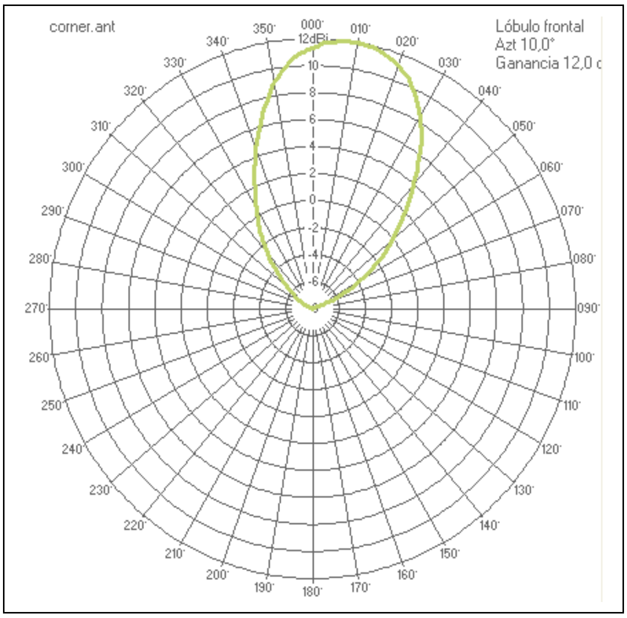


Figura 3.19: Radiación de la antena 1 (Cerro Azul)
(Ref:Radio Mobile)

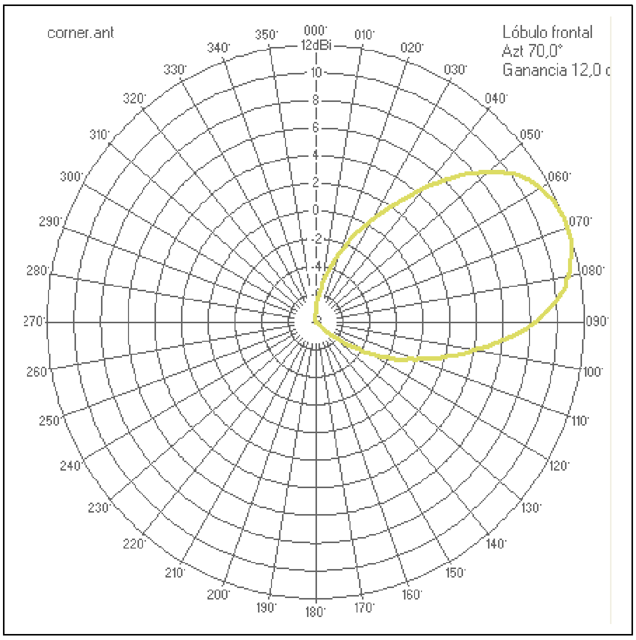


Figura 3.20: Radiación de la antena 2 (Cerro Azul)
(Ref:Radio Mobile)

En la figura 3.20 se muestra el lóbulo de radiación de la antena 60 º, la cual cubrirá la vía a Daule.

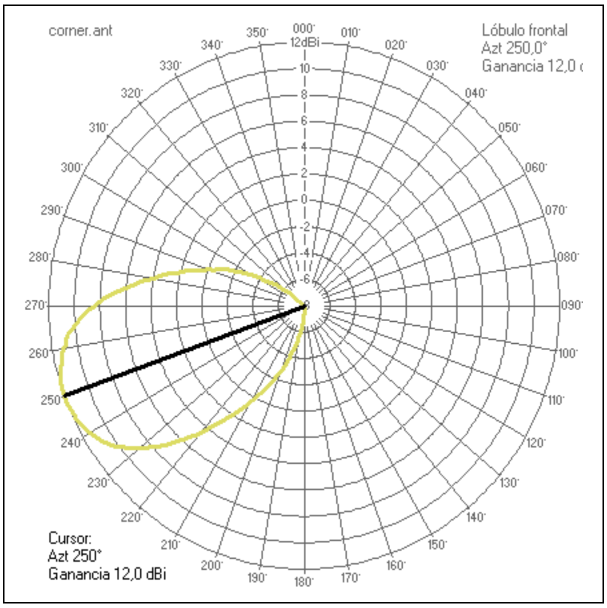


Figura 3.21: Radiación de la antena 3 (Cerro Azul)
(Ref:Radio Mobile)

En la figura 3.21 se muestra el lóbulo de radiación de la antena 60 º utilizada en la estación base Cerro Azul y en la figura 3.22 se muestra el otro lóbulo de radiación de la antena de 60º de la misma base, con la que se formaría una antena de 120º. Con esto cubriremos el centro y sur de la ciudad de Guayaquil.

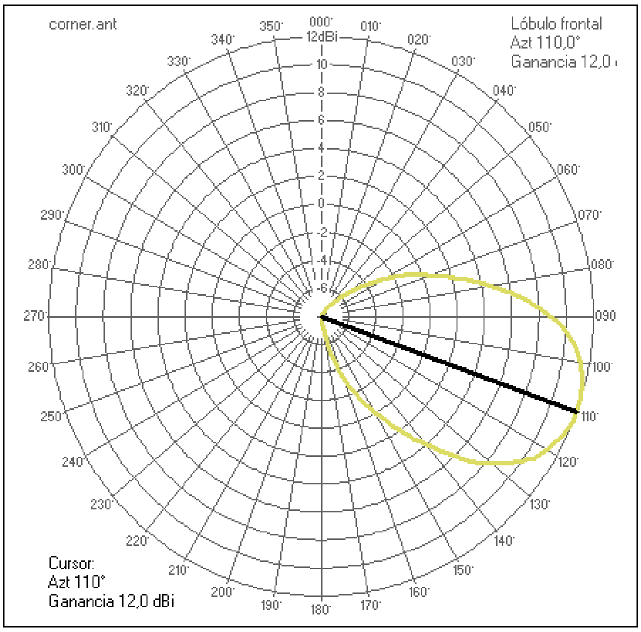


Figura 3.22: Radiación de la antena 1 (Cerro del Carmen)
(Ref:Radio Mobile)

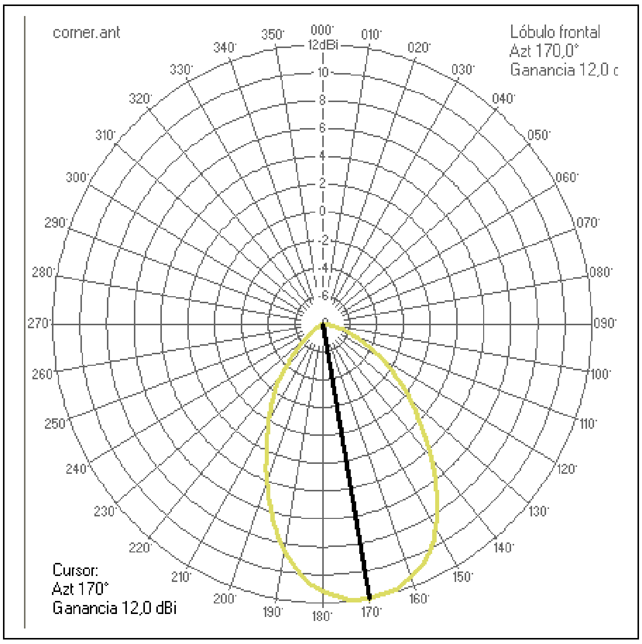


Figura 3.23: Radiación de la antena 2 (Cerro del Carmen)
(Ref:Radio Mobile)

Para que un usuario pueda tener el servicio dentro de la cobertura que brinda la red depende del tipo de modulación empleada que se utilizan diversas relaciones señal a ruido.

Los usuarios más lejanos se atienden con modulación BPSK y los más próximos a la estación base con 64 QAM. A continuación en la figura 3.23 se puede ver las diversas relaciones de protección de WiMAX con modulación adaptiva.

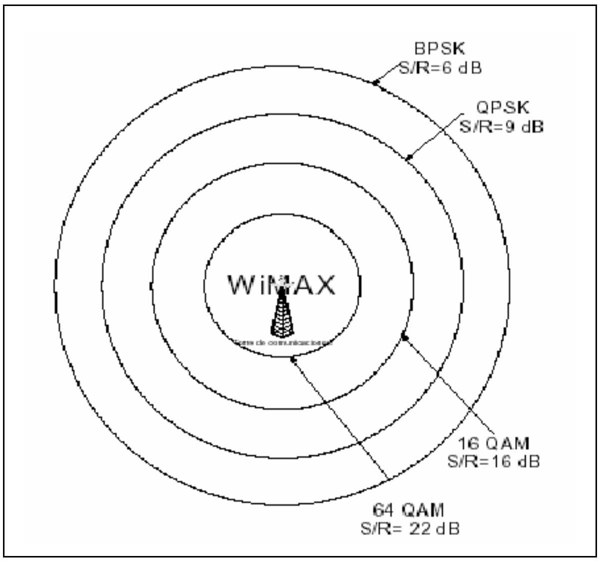


Figura 3.24: Relaciones de protección para las diversas modulaciones.

En la tabla 3.5 se indican los caudales de datos para las distintas modulaciones y ancho del canal en Mhz.

Ancho de Banda del Canal	QPSK Caudal máximo de datos (Mbps)	16QAM Caudal máximo de datos (Mbps)	64QAM Caudal máximo de datos (Mbps)
20	32	64	96
25	40	80	120
28	44.8	89.6	134.4

Tabla 3.5: Caudal máximo de datos de WiMAX

1.17.9Software de red

Los equipos de comunicación WiMAX de Airspam tienen un software que permite monitorear cada enlace. La figura 3.24 muestra la página de administración de la radio base.

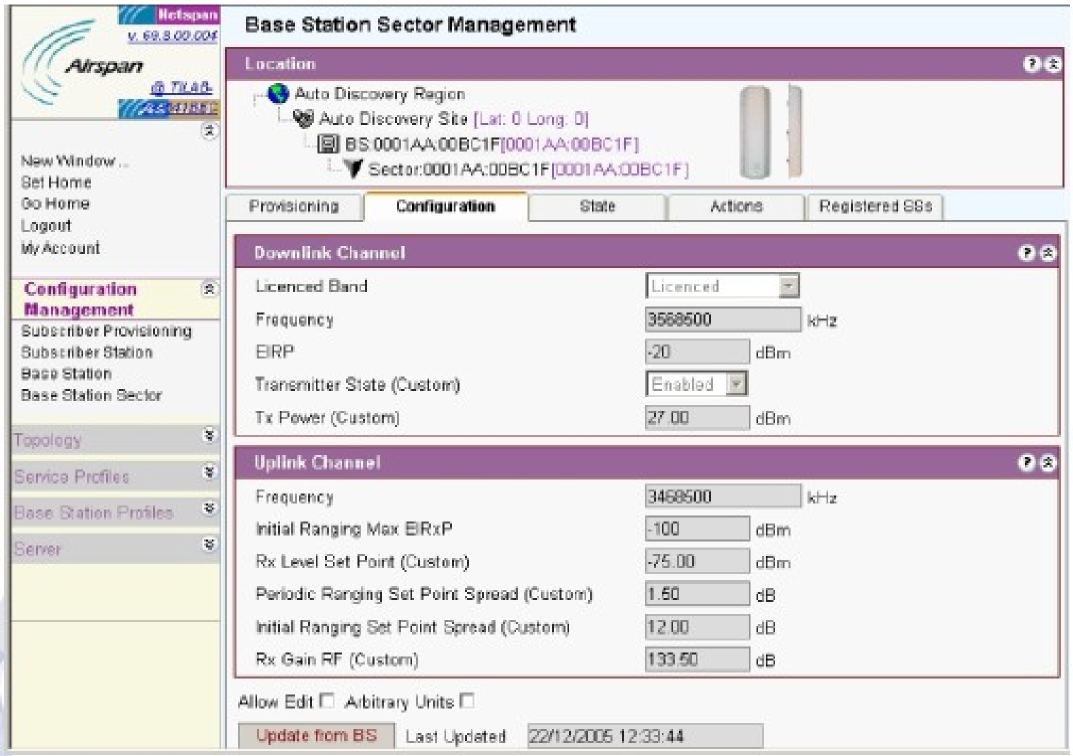


Figura 3.25: Página de administración de radio Base.
(Ref:www. alvarion.com)

1.17.10Hardware de red

Se utilizará un router de las serie 2801 que proveen características de alto desempeño, modularidad y disponibilidad con bajo precio por puerto y serviciabilidad y manejabilidad, además de un par de switchs, un banco de baterías, rad, etc. Es decir todo lo necesario que debe utilizar un nodo.

1.17.11Seguridad

En vista de que WiMAX fue diseñado para brindar coberturas extensas incluye medidas para la autenticación de usuarios y encriptación de datos. Un proceso de encriptación de datos conlleva a tiempos mayores de respuesta debido al procesamiento adicional que se le da a la información por esta razón se implementará un sistema de seguridad basado en filtrado MAC pues cada tarjeta PCMCIA tiene una dirección MAC única que será validado por la estación base.

De lo expuesto anteriormente un usuario únicamente podrá utilizar los servicios de la red si tiene una tarjeta PCMCIA que ya está en una lista ingresada a través del software de gestión en la estación base por el administrador de la red.

Un segundo nivel de seguridad es utilizando VLAN ya que los equipos WiMAX tienen la opción de habilitarlas, estas se activan para que la estación Base se pueda comunicar con la estaciones suscriptoras, si una estación suscriptora no tiene la VLAN de gestión no podrá comunicarse y no brindará ningún servicio, este nivel de seguridad permitirá a los usuarios seleccionados a obtener servicios como información de notas acceso a bibliotecas virtuales, descarga de archivos, etc.

También se utilizará un identificador de BSR AIR MAC Address que es un identificador que será asignada por el administrador de la red por medio del software de gestión, este identificador deben tener tanto la estación base como las estaciones suscriptoras para que la comunicación entre estas se pueda realizar.

CAPITULO IV:

4MARCO REGULATORIO

1.18.Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones

El Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones tiene como finalidad establecer las normas y procedimientos generales que se aplican a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones, es decir, es quién dicta en forma general las regulaciones en cuanto a telecomunicaciones.

En la misma se define, de acuerdo a la regulación de nuestro país, los servicios finales y portadores, en el Título II, DEL RÉGIMEN DE LOS SERVICIOS, artículos 6 y 7 respectivamente, y que dicen textualmente:

“Art. 6.- Son servicios finales de telecomunicaciones aquellos que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones de equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.”

“Art. 7.- Son servicios portadores aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación de una red definidos, usando uno o más segmentos de una red. Estos servicios pueden ser suministrados a través de redes públicas conmutadas o no conmutadas integradas por medios físicos, ópticos y electromagnéticos.”

En el mismo título, se define la red pública como: *“Toda red de la que dependa la prestación de un servicio final o portador”*, por lo que la red que de este proyecto será una red pública, según nuestra legislación. Uno de los requisitos de las redes públicas en nuestra legislación y que es importante en la implementación técnica, es que *“tenderán a un diseño de red abierta, esto es que no tengan protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que se permita la interconexión y conexión, y cumplan con los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL”* (artículo 13).

En el Título VII, DEL RÉGIMEN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO, artículo 47, se habla de que el espectro radioeléctrico es un “recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible”. En este título observamos que no se regula las tecnologías en sí, sino el uso de las frecuencias; es por esta razón que es muy limitado o nulo la regulación en cuanto a sistemas inalámbricos fijos, y no se aplica en nada en cuanto a sistemas WiMAX.

El Título VIII, DE LAS NORMAS COMUNES PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES, artículo 59 indica que la prestación de servicios de telecomunicaciones y explotación de frecuencias radioeléctricas requieren de título habilitante. Un titulo habilitante es un instrumento otorgado por el estado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, uso del espectro radioeléctrico e instalación de redes privadas. En el caso de prestación de servicios finales, portadores y asignación de frecuencias, el CONATEL otorgará Concesiones, según lo explica el artículo 60.

1.19.Reglamento para otorgar Concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones.

Se debe cumplir con varios requisitos del Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones (Resolución No. 469-19-CONATEL1-2001). Este reglamento tiene como objetivo establecer los procedimientos, términos y plazos a través de los cuales el Estado podrá delegar, mediante concesión, a otros sectores de la economía la prestación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones en régimen de libre competencia y la concesión del espectro radioeléctrico correspondiente.

La concesión según consta en el presente reglamento, Capítulo II, Artículo 3, "es la delegación del Estado para la instalación, prestación y explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones y la asignación de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico correspondiente, mediante la suscripción de un contrato autorizado por el CONATEL y celebrado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, con una persona natural o jurídica domiciliada en el Ecuador y que tenga capacidad legal, técnica y financiera".

Las concesiones para la prestación de servicios de telecomunicaciones se otorgarán a solicitud de parte, mediante:

1. Adjudicación directa.

2. Proceso público competitivo de ofertas,

3. Proceso de subasta pública de frecuencias.

Los contratos de concesión tendrán una duración máxima de quince (15) años.

El pedido de una concesión debe llevar información de carácter legal, financiero y técnico, según consta en el Capítulo III, Artículo 14:

1. Información Legal:

    a. Cuando se trate de una persona natural: nombres, apellidos del solicitante. En caso de personas jurídicas: razón social o denominación objetiva y apellidos del representante legal;

    b. Copia de la cédula de identidad o ciudadanía de la persona natural;

    c. Copia del Registro Único de Contribuyentes (RUC);

    d. Copia certificada o protocolizada, del nombramiento del representante legal, que se halle vigente, debidamente inscrito en el Registro Mercantil;

    e. Para las personas jurídicas, se deberá presentar el certificado de existencia legal de la compañía, capital social, objeto social, plazo de duración y cumplimiento de obligaciones extendido por la Superintendencia de Compañías;

f. Copia del estatuto social de la compañía;

g. Certificado, emitido por la Contraloría General del Estado, de no hallarse impedido de contratar con el Estado; e,

h. Informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas, incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas.

2. Información financiera:

a. Cuando el solicitante sea persona natural: copia de las declaraciones de impuesto a la renta correspondientes a los dos últimos ejercicios económicos. Cuando el solicitante sea una persona jurídica: copia de los estados financieros presentados a la Superintendencia de Compañías, correspondientes a los dos últimos ejercicios económicos y copia de los informes de auditores externos por los mismos períodos, de ser el caso; y,

b. Proyección de la inversión prevista, para los primeros cinco (5) años de la concesión y monto de la inversión inicial a ser ejecutada durante el primer año.

3. Información Técnica

a. Descripción técnica detallada de cada servicio propuesto, incluyendo cobertura geográfica mínimo de éste;

b. Análisis general de la demanda de los servicios objeto de la solicitud;

c. Proyecto técnico que describa los equipos, redes, la localización geográfica de los mismos, los requerimientos de conexión e interconexión, la identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios, si fuere el caso, con precisión de bandas y anchos requeridos y los elementos necesarios para demostrar la viabilidad técnica, firmado por un ingeniero electrónico colegiado; y,

d. Plan tarifarío propuesto.

1.20.Reglamento para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.

Como lo dice el mismo Reglamento de Homologación, el objetivo es “asegurar el adecuado funcionamiento de equipos terminales para prevenir daños a las redes que se conecten, evitar interferencias a otros servicios de telecomunicaciones y garantizar la seguridad del usuario”

CAPITULO V

5COSTOS

1.21.Inversión Inicial.

Como se verá a continuación, con este diseño que utiliza tecnología WiMAX es un proyecto que nos dará muchos beneficios a la empresa a corto y largo plazo. Nos facilitará llegar a lugares de difícil acceso, que es muy costoso llegar utilizando otras tecnologías, por tanto ahorraremos tiempo, dinero y se mejora un gran porcentaje el servicio al cliente.

1.22.Costos de Inversión Inicial

En la siguiente tabla 5.1 se muestran los costos de la inversión inicial por infraestructura de la red WiMAX, de los equipos suscriptores, la puesta en marcha y los costos de materiales de instalación de nuevos clientes.

Costos Base Wimax	Costo	Cantidad	Total
4.9 - 5.9 Ghz 90 deg Reg Compl Vertical Sector Antena	$ 632,36	4	$ 2.529
RF Jumper Cable 1.5 m	$ 55,83	4	$ 223
MicroMAX BSDU	$ 2.785,48	1	$ 2.785
Micro MAX BST Connectorised, 5.725 - 5874 Ghz TDD	$ 3.911,60	4	$ 15.646
			$ 21.185
Costos Suscriptor	**Costo**	**Cantidad**	**Total**
ProST 5.8 GHz TDD - 17 dBi Vert	$ 294,56	5	$ 1.473
SDA-1Type II - US (for ProST)	$ 26,40	5	$ 132
			$ 1.605
Costos de puesta en marcha	**Costo**	**Cantidad**	**Total**
Capacitación	$ 1.000,00	1	$ 1.000
Instalación Inicial (Demo+transporte+bases iniciales)	$ 2.390,00	1	$ 2.390
Instalación de Remotos Actuales	$ 100,00	1	$ 100
			$ 3.490
Costos de Materiales instalación cliente	**Costo**	**Cantidad**	**Total**
Mastil de 2m	$ 30,00	1	$ 30
Cable Utp	$ 40,00	1	$ 40
Conectores Rj45	$ 1,00	1	$ 1
Ingenieros	$ 33,75	1	$ 34
Movilización	$ 15,00	1	$ 15
	$ 119,75		$ 120
Costos de Nueva Instalación	**Costo**		
Instalación de nueva Base	$ 350,00		
Instalación de Equipo de Backbone	$ 400,00		
Instalación Remoto	$ 119,75		
Legalizacion	$ 123,00		

Tabla 5.1 Costos de inversión inicial detallado.

La tabla 5.2 muestra en forma general el costo de la inversión total.

	Inversiones	Costo	Cantidad	Total
Enlaces de Radio	Base Airspan con antena sectorial externa de 120 grados	$ 21.185	2	$ 42.369
	Costo Suscriptor CPE	$ 321	5	$ 1.605
	Radio Enlace (Backhaul) Cerro Azul - Cerro del Carmen	$ 1.450	1	$ 1.450
	Switch	$ 500	1	$ 500
Equipos de administración de red	Router Cisco 2801 + Tarjeta 4 Fastethe	$ 1.900	1	$ 1.900
	Servidor Firewall - Correo - FTP - otros	$ 1.000	3	$ 3.000
	Equipo de administrador de Bandwith	$ 3.000	1	$ 3.000
INFRAESTRUCTURA FISICA Y ELECTRICA EN NODOS	UPS con baterías para 8 horas de autonomía	$ 1.000	2	$ 2.000
	Adecuaiones	$ 750	2	$ 1.500
				$ 57.324

Tabla 5.2 Inversión Inicial Total.

Costos mensuales.

A continuación, en la tabla 5.3 se detallan los costos mensuales administrativos, de sueldos y costos técnicos.

Costos Administrativos	Costo	Cantidad	Total
Alquiler de oficina	$ 1.000,00	1	$ 1.000
Servicios básicos	$ 1.500,00	1	$ 1.500
Insumos y suministros	$ 750,00	1	$ 750
Consumos varios (transporte, alimentación, etc)	$ 650,00	1	$ 650
			$ 3.900

Sueldos	Costo	Cantidad	Total
Gerente General	$ 1.500,00	1	$ 1.500
Ejecutivos de Venta	$ 300,00	2	$ 600
Técnicos e instaladores	$ 750,00	4	$ 3.000
Personal Administrativo	$ 500,00	2	$ 1.000
			$ 6.100

Costos Técnicos	Costo	Cantidad	Total
Renta nodo	$ 350,00	1	$ 350
Costo Internet 1024 Kbps.	$ 1.400,00	1	$ 1.400
			$ 1.750

Tabla 5.3 Detalles de Costos mensuales.

1.23.Comercialización y facturación de servicios.

Para la facturación de los servicios, se ha tomado el costo de la última milla (red WiMAX) y el costo del internet. Así mismo se ha segmentado el tipo de clientes en Corporativo que va a tener un servicio de 1024 Kbps. compartido 2 a 1, el Pymes que va a tener un ancho de banda de 512 Kbps compartido 3 a 1, y finalmente el servicio Residencial que toma ancho de banda de 256 Kbps. compartido 4 a 1.

En el Apéndice **I** se muestra los precios de última milla, de internet, y la suma de ambos valores. También se muestra el precio de la instalación de clientes nuevos.

1.24.Estrategia de proyecciones de venta e ingresos

La planificación se la ha proyectado a 5 años, por lo que se trabaja este flujo al tiempo antes mencionado, es decir 60 meses. Primero se toma un estimado de los nuevos clientes por mes, en los segmentos Corporativo, Pymes y Residencial; a continuación se totalizan esos clientes mes a mes. Así mismo, teniendo los datos de la cantidad de nuevos clientes mensualmente, se calcula la cantidad de nuevos equipos suscriptores (CPE) y se los totaliza en la tabla. También hay que calcular la capacidad de Internet mensual que se requiere para atender a los nuevos clientes.

Teniendo los datos de clientes por segmento, los equipos y el ancho de banda requerido mensualmente, se puede sacar los cálculos de inversión, de egresos e ingresos. Haciendo la sumatoria de los totales de estas 3 tablas, se saca el flujo de caja por mes. Hay que tomar en cuenta la amortización de los equipos, que se deprecian; para este cálculo se toma un porcentaje de 8% de depreciación anual, es decir 8%/12 meses, igual a 0.7% mensual. Haciendo la sumatoria del flujo de caja con la amortización de los equipos, tenemos el resultado de Margen de Contribución, que no es otra cosa que el valor (positivo o negativo) que nos queda al final de cada mes. Existen 10 tablas, que son la primera y segunda parte del 1ero, 2do., 3ero., 4to. Y 5to. año proyectados. En el Apéndice J están la proyección de ventas, equipos y ancho de banda requeridos, así como los costos de inversión. En el Apéndice k están las proyecciones de egresos e ingresos de los 5 años.

1.25.Análisis de rentabilidad del proyecto.

Finalmente teniendo los cálculos de los 5 años, podemos sacar lo siguiente:

- El valor de retorno de la inversión, que es el punto de equilibrio se da en el mes 22, como se ve en la figura del Apéndice G.
- Un consolidado anual de las inversiones, egresos e ingresos, el flujo más el valor residual. Al final queda un valor residual de toda la inversión de los 5 años.
- Calculando el VAN (Valor Actual Neto), que se toma la sumatoria del flujo de caja de los 5 años traídos al presente, más la inversión inicial, tenemos un valor positivo de $72.146,20. Se toma una tasa del 25% anual de rendimiento del dinero. Este valor positivo nos indica que la inversión es rentable.
- Se calcula el margen de amortización anual.
- Se saca un consolidado de las nuevas ventas anuales, que será uno de los parámetros de medición para el área comercial si cumple con el objetivo anual.

Años	0	1	2	3	4	5
Inversión	$ -70.814	$ -30.812	$ -32.738	$ -49.749	$ -68.364	$ -81.203
Egresos	$ -2.214	$ -227.647	$ -418.809	$ -520.582	$ -647.146	$ -846.695
Ingresos	$ -	$ 152.025	$ 424.504	$ 624.343	$ 858.485	$ 1.203.734
Flujo + Valor Residual	$ -73.028	$ -106.434	$ -27.044	$ 54.012	$ 142.974	$ 275.836
Valor Residual				$ 56.855	$ 56.855	$ 56.855
Flujo + Valor Residual	$ -73.028	$ -106.434	$ -27.044	$ 110.867	$ 199.828	$ 332.691

tasa	25%
VAN a 5 años	72.146,20
g	-300%
Valor Residual (Asumimos g)=	13.512,43
Valor Residual (Asumimos 5%)=	56.854,67

	0	1	2	3	4	5
Amortizaciones y Depreciaciones		$ -12.277	$ -19.006	$ -28.940	$ -42.806	$ -57.939
Margen de Contribución		$ -118.711	$ -46.050	$ 25.072	$ 100.168	$ 217.897
Margen de Contribución (%)		112%	170%	46%	70%	79%

Nuevas Ventas

Años	0	1	2	3	4	5
CORPORATIVOS		13	11	4	8	16
PYMES		36	36	36	49	64
PERSONALES		108	120	120	156	173
		157	167	160	213	253

Tabla 5.4 Resumen anualizado

La grafica del punto de equilibrio se encuentra en el Apéndice G.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Viendo la necesidad de disponer de redes que permitan ampliar la capacidad de comunicación de manera eficiente, se opta por utilizar tecnología inalámbrica de banda ancha. El proyecto desarrollado es un diseño basado en la tecnología WIMAX.

Se realizó un análisis previo, mediante encuestas tanto a posibles usuarios personales y empresariales, donde el resultado en cuanto a los usuarios personales que tienen mayor necesidad de adquirir el servicio fue en la vía a la Costa, seguido de Samborondón, en el sector sur y suroeste, y en menor medida en la vía a Daule, esto debido a que los proveedores se han enfocado a sectores más comerciales de la ciudad, como el sector norte y el centro de la ciudad de Guayaquil. Con respecto a los corporativos la mayor necesidad se encuentra en el centro de la ciudad que es donde está enfocada el área comercial y bancaria de la ciudad de Guayaquil.

Para el diseño del proyecto además de la encuesta se tomó en cuenta varios factores, como el clima y la situación topográfica, los cuales son favorables, para el diseño ya que la ciudad en su mayoría es plana y con los pocos cerros que hay, como son el Cerro Azul y Cerro del Carmen, estos son utilizados para colocar las bases radiales.

La frecuencia de operación a utilizar es la 3.5 GHz que es una frecuencia licenciada, que tiene como finalidad de evitar interferencia a futuro. Los equipos de comunicación radial a utilizar serán de marca Alvarion, los cuales son elegidos por sus características sobresalientes tanto de radio bases como de CPE´s.

Las radio bases tienen un alcance de cobertura teórico de 15 km, por lo que se realzaron análisis con el programa Radio Mobile a una distancia no mayor a 12 km, considerando que las pérdidas normales, de acuerdo al clima, vegetación que exista.

Al momento no existen leyes en el Ecuador que regulen la tecnología WiMAX; las Ley de Telecomunicaciones está enfocada a la regulación de las frecuencias y no de las tecnologías, por lo que existe regulación de la frecuencia utilizada, que es la 3.5 Ghz.

La inversión inicial del proyecto será de $57.324,oo, lo cual se podrá recuperar en el mes 22, de acuerdo al flujo de caja desarrollado; así mismo tenemos un Valor Actual Neto positivo al cabo de 5 años de iniciada la empresa.

A pesar de que dentro de la inversión hay capacitación del personal técnico para la administración de la red WiMAX, se recomienda contar con personal calificado para la configuración e instalación de los equipos de Wimax.

Para conservar el funcionamiento óptimo del sistema WiMAX, es recomendable y está dentro del presupuesto anual de la empresa, realizar el mantenimiento regular de por lo menos una vez al año de la misma, lo que incluye la limpieza de los equipos y verificación de conexión de los cables utilizados.

ANEXOS

APENDICE A

ESPOL
Proyecto para el diseño de una red inalámbrica WIMAX para la ciudad de Guayaquil.

Encuesta (Personal)

1. ¿En que sector de la ciudad vive? ____________
2. ¿Usted conoce la tecnología WIMAX? ____________
3. ¿Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa? ______
4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda ancha? __________
5. ¿En qué porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet?

   Trabajo ______

   Educación ______

   Comunicación ______

   Entretenimiento ______

   Otros: ______

6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet?

   6:00 a 13:00 13:00 a 18:00

   18:00 a 6:00 24 horas

7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha?

   $45 – $65 $70 - $90 $100 - $ 150

APENDICE B

ESPOL

Proyecto para el diseño de una red inalámbrica WIMAX para la ciudad de Guayaquil.

Encuesta (Corporativa)

1. ¿En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? ___________

2. Su empresa está en el área:

   Industrial   Comercial

   Educativa   Estatal

   Financiera   Otro: __________

3. ¿Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparición?

   ______________   ____________

4. ¿Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet?

   \$80 - \$120   \$121 - \$150   \$151 - 200   \$201 - \$250

   \$251 - \$300   \$301 - \$400   \$401 - 550

5. De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet?

   Tecnología: ________ ¿cuál?   Precio

   Servicio al cliente   Otros:_______

6. ¿Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?

   Fibra Óptica   Cobre   Radio

8. ¿Conoce usted la tecnología WIMAX? _______

9. ¿Estaría interesado en trabajar con la tecnología WIMAX? _______

APENDICE B

Nº	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnologí a VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
1	1						si	si		0	15	60	20	5			1		1				
2					1		no	no	si	20	0	40	40	0	1					1			
3					1		no	si		0	25	50	25	0			1			1			
4	1						no	no	si	5	50	20	15	10			1		1				
5				1			si	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
6		1					no	si		10	35	20	5	30			1			1			
7		1					no	no	si	30	30	20	10	10			1		1				
8					1		no	si		10	15	60	15	0				1				1	
9	1						no	si		10	40	10	10	0		1			1				
10	1						no	no	si	30	40	30	0	0			1			1			
11			1				no	no	si	20	15	10	55	0		1			1				
12			1				no	no	si	35	40	10	15	0		1			1				
13						1	no	si		20	10	20	50	0			1		1				
14		1					no	no	si	10	50	0	0	40				1	1				
15		1					si	no	si	50	0	50	0	0				1	1				
16	1						no	no	si	0	90	10	0	0				1	1				
17	1						no	no	si	10	40	0	50	0			1		1				
18					1		no	si		10	60	30	0	0	1					1			
19					1		no	si		0	40	20	20	20				1		1			
20	1						no	Si		10	50	10	20	10				1				1	
21		1					no	no	si	80	0	10	10	0	1				1				
22				1			si	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
23		1					no	si		15	40	30	10	5			1			1			
24	1						no	si		30	30	10	30	0			1			1			
25	1						no	no	si	40	25	25	5	5				1			1		
26	1						si	si		0	50	20	25	5				1			1		
27			1				si	si		10	35	20	15	20			1				1		
28		1					no	no	si	30	30	20	15	5				1			1		
29		1					no	no	si	30	0	40	10	20				1	1				
30	1						no	no	si	60	30	5	5	0				1	1				

Nº	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnología VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
30	1						no	no	si	60	30	5	5	0				1	1				
31		1					si	no	si	20	20	30	30	0				1		1			
32		1					no	no	si	25	25	25	25	0			1		1				
33				1			no	si		0	40	30	20	10		1			1				
34				1			no	no	si	35	15	40	10	0			1		1				
35	1						si	si		20	0	30	50	0				1		1			
36	1						no	si		20	30	25	15	10			1			1			
37	1						si	no	si	40	30	20	10	0		1			1				
38				1			si	si		35	30	25	10	0				1	1				
39				1			si	si		0	20	40	25	15			1				1		
40	1						no	no	si	15	30	25	20	10				1	1				
41	1						si	no	si	30	25	14	30	1	1				1				
42			1				no	no	si	50	5	20	15	10	1					1			
43			1				no	no	si	0	15	60	20	5			1		1				
44		1					no	no	si	20	0	40	40	0	1					1			
45					1		no	si		0	25	50	25	0			1			1			
46	1						si	no	si	5	50	20	15	10		1			1				
47				1			si	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
48		1					no	no	si	15	40	30	10	5			1		1				
49				1			no	no	si	30	30	20	10	10			1			1			
50					1		no	no	si	10	15	60	15	0				1				1	
51	1						no	si		0	80	10	10	0			1		1				
52						1	no	no	si	70	0	30	0	0			1		1				
53						1	si	no	si	70	15	10	5	0		1			1				
54						1	no	no	si	35	10	40	15	0		1			1				
55						1	no	si		20	10	20	50	0			1			1			
56		1					no	no	si	10	40	0	0	50				1	1				
57				1			no	no	si	0	100	0	0	0				1	1				
58	1						no	no	si	20	0	50	10	20			1		1				
59	1						no	no	si	0	50	0	50	0			1		1				
60					1		si	si		0	80	0	20	0	1				1				

N°	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnologí a VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
61					1		si	si		10	60	0	20	10				1	1				
62	1						no	si		10	50	10	20	10				1				1	
63			1				no	no	si	10	50	10	10	20	1				1				
64				1			no	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
65			1				no	si		15	40	30	10	5			1			1			
66	1						no	si		30	30	10	30	0			1			1			
67	1						no	no	si	40	25	25	5	5				1	1				
68	1						si	no	si	50	20	20	5	5				1	1				
69			1				si	no	si	10	35	20	15	20			1		1				
70			1				no	no	si	0	15	70	10	5				1	1				
71			1				no	no	si	30	0	40	10	20				1	1				
72	1						no	no	si	0	40	15	5	40				1	1				
73		1					no	no	si	20	20	30	30	0				1	1				
74			1				no	no	si	25	25	25	25	0		1			1				
75	1						no	si		10	40	20	20	10			1		1				
76	1						no	no	si	35	15	40	10	0			1		1				
77	1						no	si		20	50	30	0	0				1		1			
78						1	no	no	si	18	30	37	15	10			1			1			
79						1	si	no	si	40	30	20	10	0	1				1				
80						1	si	si		35	30	25	10	0				1	1				
81	1						si	si		5	20	40	25	10			1		1				
82				1			no	no	si	15	30	25	20	10				1	1				
83				1			si	si		0	80	20	0	0		1			1				
84				1			no	si		20	20	20	15	25		1				1			
85	1						si	no	si	0	15	15	40	30			1		1				
86		1					no	no	si	20	0	40	40	0	1					1			
87					1		si	si		0	25	50	25	0			1			1			
88				1			si	no	si	5	50	20	15	10			1		1				
89				1			si	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
90		1					no	si		15	22	30	18	15			1			1			

N°	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnologí a VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
91				1			no	no	si	30	30	20	10	10			1		1				
92					1		no	si		10	15	60	15	0				1				1	
93	1						no	si		80	0	10	10	0		1			1				
94	1						no	no	si	70	0	30	0	0			1		1				
95	1						si	no	si	30	15	40	15	0		1			1				
96	1						no	no	si	35	40	10	15	0		1			1				
97						1	no	no	si	20	10	20	50	0			1			1			
98			1				no	no	si	0	40	0	60	0				1	1				
99				1			SI	no	si	20	40	10	0	30				1	1				
100				1			no	no	si	22	40	0	30	8				1	1				
101				1			no	no	si	0	50	0	50	0			1		1				
102					1		no	si		80	10	0	20	0	1					1			
103					1		si	si		33	20	34	12	1				1		1			
104	1						no	Si		10	50	10	20	10				1				1	
105			1				no	no	si	80	0	10	10	0	1				1				
106				1			si	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
107			1				no	si		15	40	30	10	5			1			1			
108	1						si	si		30	30	10	30	0	1					1			
109	1						si	no	si	40	25	25	5	5				1	1				
110	1						si	si		50	20	20	5	5				1	1				
111			1				si	si		10	35	20	15	20			1		1				
112		1					no	no	si	30	30	20	15	5				1	1				
113		1					no	no	si	30	0	40	10	20				1	1				
114	1						no	no	si	10	30	50	5	0				1	1				
115		1					no	si		20	20	30	30	0				1	1				
116		1					no	no	si	25	25	25	25	0			1		1				
117	1						no	si		0	30	20	20	30			1		1				
118	1						no	no	si	35	15	40	10	0	1				1				
119			1				si	si		20	50	30	0	0				1		1			
120			1				no	si		25	30	25	15	10			1			1			

N°	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnología VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
121			1				si	no	si	40	30	20	10	0	1				1				
122			1				si	si		35	30	25	10	0				1	1				
123	1						si	si		5	20	40	25	10			1						1
124	1						no	no	si	15	30	25	20	10				1	1				
125					1		no	si		20	19	10	50	1				1	1				
126					1		no	si		5	50	20	15	10		1				1			
127	1						no	si		0	15	60	20	5			1		1				
128		1					no	si		20	0	40	40	0	1					1			
129					1		no	si		0	25	50	25	0			1			1			
130	1						si	no	si	5	50	20	15	10			1						1
131				1			si	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
132		1					no	si		15	40	30	10	5			1			1			
133				1			no	no	si	30	30	20	10	10			1		1				
134					1		no	si		10	15	60	15	0				1				1	
135						1	no	si		80	0	10	10	0		1			1				
136						1	no	no	si	0	40	10	20	30		1			1				
137	1						no	no	si	70	15	10	5	0		1			1				
138	1						no	no	si	35	10	40	15	0		1			1				
139						1	no	si		20	10	20	50	0			1			1			
140		1					no	no	si	40	60	0	0	0			1		1				
141				1			no	no	si	0	100	0	0	0		1			1				
142	1						no	no	si	0	80	0	0	20				1	1				
143	1						no	no	no	0	50	0	50	0			1		1				
144					1		no	si		0	80	0	20	0	1					1			
145					1		no	si		20	20	40	0	20				1		1			
146	1						no	Si		10	50	10	20	10				1	1				
147		1					no	no	si	10	5	30	15	40	1				1				
148				1			no	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
149		1					no	si		15	40	30	10	5			1			1			
150	1						si	si		30	30	10	30	0			1		1				

N°	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnología VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
151	1						si	no	si	25	40	25	5	5				1			1		
152	1						si	si		20	50	20	5	5				1				1	
153			1				si	si		10	35	20	15	20			1				1		
154		1					no	no	si	30	30	20	15	5		1						1	
155		1					no	no	si	30	0	40	10	20				1	1				
156	1						no	no	si	19	30	25	7	19				1	1				
157			1				no	no	si	20	20	30	30	0				1	1				
158			1				no	no	si	25	25	25	25	0			1		1				
159			1				no	si		10	40	20	20	10			1		1				
160					1		no	no	si	35	15	40	10	0			1		1				
161					1		si	si		20	50	30	0	0				1					1
162	1						no	si		25	30	20	15	10			1			1			
163	1						si	no	si	40	20	20	20	0	1				1				
164			1				si	si		35	30	25	10	0	1							1	
165			1				si	si		5	40	20	25	10			1					1	
166			1				no	no	si	15	30	25	20	10				1	1				
167	1						si	si		50	15	0	34	1				1		1			
168	1						no	si		13	15	20	20	32				1		1			
169	1						no	Si		10	50	10	20	10				1		1			
170		1					no	no	si	0	80	10	10	0	1				1				
171				1			no	no	si	25	25	25	20	5				1	1				
172		1					no	si		15	40	30	10	5			1			1			
173	1						no	si		30	30	10	30	0			1			1			
174	1						si	no	si	40	25	25	5	5				1	1				
175						1	si	si		20	50	15	10	5				1		1			
176			1				si	si		10	35	20	15	20				1		1			
177		1					no	no	si	10	30	20	25	15				1	1				
178		1					no	no	si	30	0	40	10	20				1	1				
179	1						no	no	si	30	60	5	5	0				1	1				
180		1					no	no	si	20	20	30	30	0				1		1			

Nº	1. En que sector de la ciudad vive? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBORONDON						2. ¿Usted conoce la tecnología VIMAX?	3. Usted tiene servicio de Internet banda ancha en su casa?	4. Si la respuesta anterior es no, ¿a usted le gustaría tener el servicio de Internet banda	5. ¿En que porcentaje utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 Trabajo 2 Educación 3 Comunicación 4 Entretenimiento 5 Otros:					6. ¿En qué horario utiliza/utilizaría el servicio de Internet? 1 De 6:00 a 13:00, 2 De 13:00 a 18:00, 3 De 18:00 a 6:00, 4 24 horas				7. ¿Cuál es su presupuesto mensual para el servicio de Internet banda ancha? 1 $30 - $45 2 $46 - $60 3 $61 - 75 4 $76 - $90 5$91 - $ 150				
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
181		1					no	no	no	25	25	25	25	0				1	1				
182	1						no	si		0	40	20	20	20			1		1				
183						1	no	no	si	35	15	40	10	0			1		1				
184	1						no	si		0	50	30	20	0				1	1				
185	1						no	si		25	25	25	15	10			1			1			
186			1				si	no	si	30	40	20	10	0	1				1				
187			1				no	si		35	30	25	10	0				1	1				
188			1				no	si		5	20	40	25	10			1		1				
189			1				no	no	si	15	30	25	20	10				1	1				
190			1				no	si		7	25	14	43	11				1	1				
191			1				no	si		10	40	20	20	10				1		1			
192		1					no	no	si	25	25	25	25	0			1		1				
193			1				no	si		0	40	20	30	10				1	1				
194			1				no	no	si	35	15	40	10	0			1		1				
195			1				si	si		20	50	30	0	0				1			1		
196			1				no	si		20	30	25	15	10			1			1			
197			1				no	no	si	10	40	20	30	0	1				1				
198			1				no	si		35	30	25	10	0				1	1				
199	1						no	si		5	20	40	25	10			1		1				
200	1						no	no	si	5	40	25	20	10				1	1				
	34%	17%	20%	13%	11%	7%	20%	37%	98,198%	4257	6056	4819	3529	1329	12%	11%	36%	43%	64%	26%	4%	6%	2%

N°	Pregunta 1: En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6.						Pregunta 2: Su empresa está en el área: 1 Industrial 2 Comercial 3 Educativa 4 Estatal 5 Financiera 6 Otro:						Pregunta 3: Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparitión?							Pregunta 4: Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet? 1 $80 - $120 2 $121 - $150 3 $151 - 200 4 $201 - $250 5 $251 - $300 6 $301 - $400 7 $401 - 550							Pregunta 5: De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet? 1 Tecnología: __¿cuál?; 2 Precio: 3 Servicio al cliente: 4 Otros:__				Pregunta 6: Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?			Pregunta 7: Conoce usted la tecnología VIMAX?	Pregunta 8: Estaría interesado en trabajar con la tecnología VIMAX?
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	64 Kbps	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	3 - 1	2 - 1	1 - 1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	Fibra	Cobre	Radio		
1	1							1					1				1						1					1				1		si	si
2					1			1							1			1						1			1						1	no	no
3		1							1				1				1			1								1				1		no	si
4		1								1					1		1						1							1	1			no	si
5			1								1			1			1				1								1			1		no	si
6			1				1							1				1						1				1			1			si	si
7			1									1		1				1							1			1				1		si	no
8			1					1							1			1						1			1							si	si
9					1			1					1				1			1									1				1	no	si
10		1						1					1				1			1			1					1				1		no	si
11	1											1	1				1			1										1		1		no	si
12			1									1			1		1						1					1				1		no	si
13					1		1						1				1				1						1						1	si	si
14	1							1					1						1				1				1					1		si	no
15			1				1							1					1			1								1		1		no	si
16			1				1							1					1				1					1				1		no	si
17	1							1						1			1			1								1				1		si	si
18				1				1					1					1		1							1						1	no	si
19	1										1			1			1				1									1		1		si	no
20	1											1		1			1				1									1		1		no	no

N°	Pregunta 1: En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6.						Pregunta 2: Su empresa está en el área: 1 Industrial 2 Comercial 3 Educativa 4 Estatal 5 Financiera 6 Otro:						Pregunta 3: Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparitión?							Pregunta 4: Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet? 1 $80 - $120 2 $121 - $150 3 $151 - 200 4 $201 - $250 5 $251 - $300 6 $301 - $400 7 $401 - 550							Pregunta 5: De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet? 1 Tecnología: __¿cuál?; 2 Precio: 3 Servicio al cliente: 4 Otros:__				Pregunta 6: Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?			Pregunta 7: Conoce usted la tecnología VIMAX?	Pregunta 8: Estaría interesado en trabajar con la tecnología VIMAX?
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	64 Kbps	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	3 - 1	2 - 1	1 - 1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	Fibra	Cobre	Radio		
21			1						1					1				1				1						1				1		si	no
22						1		1						1					1				1					1					1	no	no
23	1						1								1		1						1					1				1		si	no
24	1							1						1			1					1					1					1		no	no
25			1									1		1				1				1							1			1		si	no
26			1									1				1			1							1			1		1			no	no
27			1				1							1				1					1				1					1		si	no
28			1					1						1			1			1										1		1		no	no
29			1								1					1		1							1		1					1		si	no
30			1									1		1					1		1						1					1		no	si
31	1											1		1			1							1			1					1		no	si
32	1						1						1				1			1										1		1		no	si
33	1							1						1				1				1							1			1		no	si
34	1							1						1			1					1						1				1		no	si
35	1											1		1				1			1							1				1		no	si
36		1					1							1			1					1						1				1		si	no
37			1					1						1			1								1				1		1			si	si
38	1											1		1			1				1									1		1		si	si
39			1									1		1					1				1							1		1		si	si
40	1							1					1					1		1								1				1		si	si

N°	Pregunta 1: En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBOROND						Pregunta 2: Su empresa está en el área: 1 Industrial 2 Comercial 3 Educativa 4 Estatal 5 Financiera 6 Otro: ________						Pregunta 3: Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparitión?							Pregunta 4: Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet? 1 $80 - $120 2 $121 - $150 3 $151 - 200 4 $201 - $250 5 $251 - $300 6 $301 - $400 7 $401 - 550							Pregunta 5: De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet? 1 Tecnología: __¿cuál?; 2 Precio: 3 Servicio al cliente: 4 Otros:__				Pregunta 6: Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?			Pregunta 7: Conoce usted la tecnología VIMAX?	Pregunta 8: Estaría interesado en trabajar con la tecnología VIMAX?
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	64 Kbps	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	3 - 1	2 - 1	1 - 1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	Fibra	Cobre	Radio		
41	1							1								1		1							1		1					1		si	si
42		1						1								1		1						1				1				1		si	si
43	1							1						1				1				1					1					1		si	si
44			1				1							1				1			1											1		si	si
45	1							1						1			1						1						1			1		si	si
46	1											1		1			1			1								1				1		si	si
47				1				1					1				1			1									1				1	si	si
48				1				1							1			1					1				1						1	no	no
49		1							1				1				1			1									1			1		no	si
50		1								1					1		1						1							1		1		no	si
51					1						1		1				1			1										1			1	no	si
52			1				1						1					1		1								1				1		si	si
53			1					1					1					1		1								1				1		si	no
54					1							1			1			1		1							1						1	si	si
55					1							1	1						1		1								1				1	no	si
56		1						1					1				1			1								1				1		no	si
57				1				1					1					1		1								1					1	no	si
58			1									1			1		1						1						1		1			no	si
59					1		1						1				1			1							1						1	si	si
60	1							1					1						1	1							1					1		si	no

N°	Pregunta 1: En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6.						Pregunta 2: Su empresa está en el área: 1 Industrial 2 Comercial 3 Educativa 4 Estatal 5 Financiera 6 Otro:						Pregunta 3: Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparitión?							Pregunta 4: Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet? 1 $80 - $120 2 $121 - $150 3 $151 - 200 4 $201 - $250 5 $251 - $300 6 $301 - $400 7 $401 - 550							Pregunta 5: De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet? 1 Tecnología: __¿cuál?; 2 Precio: 3 Servicio al cliente: 4 Otros:__				Pregunta 6: Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?			Pregunta 7: Conoce usted la tecnología VIMAX?	Pregunta 8: Estaría interesado en trabajar con la tecnología VIMAX?
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	64 Kbps	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	3 - 1	2 - 1	1 - 1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	Fibra	Cobre	Radio		
61			1				1							1			1			1										1		1		no	si
62			1				1							1				1				1						1				1		no	si
63				1				1						1			1			1								1					1	si	si
64					1			1					1					1		1							1						1	no	si
65			1								1		1				1			1									1			1		si	no
66			1									1		1			1					1						1			1			no	no
67			1						1					1				1			1							1				1		si	no
68						1		1						1					1		1							1					1	no	no
69					1		1								1		1			1										1			1	si	no
70					1			1						1			1					1					1						1	no	no
71			1									1		1				1				1							1			1		si	no
72				1				1								1		1						1					1			1		no	no
73						1	1							1				1				1					1						1	si	no
74				1				1						1			1				1								1				1	no	no
75			1								1					1		1							1		1				1			si	no
76			1					1						1			1				1						1						1	no	si
77					1			1						1			1				1						1						1	no	si
78					1		1							1			1							1					1				1	no	si
79	1											1				1		1						1					1			1		no	si
80	1											1	1						1			1						1				1		no	si

N°	Pregunta 1: En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6.						Pregunta 2: Su empresa está en el área: 1 Industrial 2 Comercial 3 Educativa 4 Estatal 5 Financiera 6 Otro:						Pregunta 3: Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparitión?							Pregunta 4: Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet? 1 $80 - $120 2 $121 - $150 3 $151 - 200 4 $201 - $250 5 $251 - $300 6 $301 - $400 7 $401 - 550							Pregunta 5: De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet? 1 Tecnología: __¿cuál?; 2 Precio: 3 Servicio al cliente: 4 Otros:__				Pregunta 6: Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?			Pregunta 7: Conoce usted la tecnología VIMAX?	Pregunta 8: Estaría interesado en trabajar con la tecnología VIMAX?
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	64 Kbps	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	3 - 1	2 - 1	1 - 1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	Fibra	Cobre	Radio		
81	1											1		1				1							1			1				1		no	si
82		1					1							1			1			1								1				1		si	no
83					1			1						1			1			1										1			1	si	si
84						1						1		1			1			1										1		1		si	si
85			1									1	1						1	1										1			1	si	si
86				1								1		1				1			1							1					1	si	si
87				1				1								1		1							1		1						1	si	si
88		1						1								1			1					1				1				1		si	si
89				1				1						1				1			1						1						1	si	si
90				1			1							1				1			1												1	si	si
91				1				1						1			1						1						1				1	si	si
92	1											1		1			1			1								1			1			si	si
93		1										1				1	1				1							1				1		si	si
94	1							1						1				1			1						1					1		si	si
95			1				1							1				1					1									1		si	si
96				1				1						1			1						1						1				1	si	si
97				1								1		1			1			1								1					1	si	si
98				1				1								1		1								1		1					1	si	si
99	1							1						1				1		1							1						1	si	si
100				1			1							1				1		1													1	si	si

APENDICE B

N°	Pregunta 1: En qué sector se encuentra su empresa (dirección)? 1. NORTE, 2. SUR, 3. CENTRO, 4. VIA DAULE, 5. VIA COSTA, 6. SAMBOROND						Pregunta 2: Su empresa está en el área: 1 Industrial 2 Comercial 3 Educativa 4 Estatal 5 Financiera 6 Otro: ______						Pregunta 3: Qué capacidad de Internet utiliza su empresa y con qué comparitión?							Pregunta 4: Qué presupuesto maneja su empresa para el servicio de Internet? 1 $80 - $120 2 $121 - $150 3 $151 - 200 4 $201 - $250 5 $251 - $300 6 $301 - $400 7 $401 - 550							Pregunta 5: De las siguientes opciones, ¿cuál es la más importante para elegir un servicio de Internet? 1 Tecnología: __¿cuál?; 2 Precio: 3 Servicio al cliente: 4 Otros:__				Pregunta 6: Qué tipo de tecnología utiliza su empresa para el servicio de Internet?			Pregunta 7: Conoce usted la tecnología VIMAX?	Pregunta 8: Estaría interesado en trabajar con la tecnología VIMAX?
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	64 Kbps	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	3 - 1	2 - 1	1 - 1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	Fibra	Cobre	Radio		
	26	11	30	16	13	4	20	42	4	2	6	26	24	55	10	11	48	39	13	17	11	6	4	4	3	1	12	16	10	5	4	17	25	61%	72%
													24%	55%	10%	11%	48%	39%	13%																

APENDICE C

Características de equipos Proxim

Proxim Tsunami MP.16 3500

CARACTERISTICAS	Tusami MP.16 3500
Banda de Frecuencia	3,400 - 3,600 GHz
Estándar	802,16 - 2004
Duplexing Mode	TDD
Ancho de Canal	3,5 MHz
PHY	OFDM 256 FFT
Tipo de Modulación	OFDM, BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM
Potencia de Transmisión	21 dBm
Ganancia de la Antena	SS Anetan Interna 18 dBi, Antena externa omnidireccional 8 dBi
Interfaz	10/100 Base T Full Duplex

APENDICE D

Facturación de servicios e instalación.

Semestre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precios										
Mensual Ultima Milla (Wimax)										
Corp	$ 85	$ 68	$ 58	$ 52	$ 47	$ 42	$ -4	$ 5	$ -10	$ 30
Pymes	$ 50	$ 40	$ 34	$ 31	$ 28	$ 25	$ -2	$ 3	$ -6	$ 18
Residencial	$ 25	$ 20	$ 17	$ 15	$ 14	$ 12	$ -1	$ 1	$ -3	$ 9
Mensual Internet										
Corp (1024 Kbps - 2:1)	$ 725	$ 580	$ 493	$ 444	$ 399	$ 359	$ -36	$ 40	$ -83	$ 257
Pymes (512 Kbps - 3:1)	$ 190	$ 152	$ 129	$ 116	$ 105	$ 94	$ -9	$ 10	$ -22	$ 67
Residencial (256 Kbps - 4:1)	$ 35	$ 28	$ 24	$ 21	$ 19	$ 17	$ -2	$ 2	$ -4	$ 12
Mensual U.M. + Internet										
Corp	$ 810	$ 648	$ 551	$ 496	$ 446	$ 402	$ -40	$ 44	$ -93	$ 288
Pymes	$ 240	$ 192	$ 163	$ 147	$ 132	$ 119	$ -12	$ 13	$ -27	$ 85
Residencial	$ 60	$ 48	$ 41	$ 37	$ 33	$ 30	$ -3	$ 3	$ -7	$ 21
Instalacion										
Corp	$ 150	$ 150	$ 150	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100
Pymes	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100	$ 100
Residencial	$ 50	$ 50	$ 50	$ 30	$ 30	$ 30	$ 30	$ 30	$ 30	$ 30
Erosion de Precios	0%	20%	15,0%	10,0%	10,0%	10,0%	110,0%	210,0%	310,0%	410,0%
Erosion en Cartera nueva	10%		15%		15%		17%		18%	

APENDICE E: Flujo de proyecto – 1er. Año – 1era- parte.

VENTAS NUEVAS													
CORPORATIVOS		0	1	2		2		2		3		3	
PYMES		2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PERSONALES		3	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		5	10	15	13	15	13	15	13	16	13	16	13
TOTALES													
CORPORATIVOS		0	1	3	3	5	5	7	7	10	10	13	13
PYMES		2	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
PERSONALES		3	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108

APENDICE F: Flujo de proyecto – 1er. Año – 2da- parte.

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos													
Mantenimiento Base		$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282
Mantenimiento Remotas		$ -17	$ -30	$ -49	$ -66	$ -86	$ -103	$ -122	$ -139	$ -160	$ -178	$ -199	$ -216
tenimiento de Equipos de Backbone		$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13
Renta de Nodo		$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350
Costo Internet		$ -313	$ -1.200	$ -2.063	$ -2.625	$ -3.688	$ -4.250	$ -4.250	$ -4.700	$ -5.750	$ -6.200	$ -7.250	$ -7.700
Legalización	$ -615	$ -369	$ -738	$ -1.107	$ -984	$ -1.107	$ -984	$ -1.107	$ -984	$ -1.230	$ -984	$ -1.230	$ -984
Instalación de Remotas	$ -599	$ -359	$ -719	$ -1.078	$ -958	$ -1.078	$ -958	$ -1.078	$ -958	$ -1.198	$ -958	$ -1.198	$ -958
Instalación de Bases		$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Instalación de Equipos de Backbone		$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Comisiones		$ -158	$ -655	$ -1.361	$ -1.678	$ -2.383	$ -2.700	$ -3.406	$ -3.722	$ -4.622	$ -4.939	$ -5.839	$ -6.156
Gastos de Venta		$ -66	$ -273	$ -567	$ -699	$ -993	$ -1.125	$ -1.419	$ -1.551	$ -1.926	$ -2.058	$ -2.433	$ -2.565
Costos administrativos	-1000	$ -2.000	$ -2.000	$ -2.000	$ -2.850	$ -2.850	$ -3.050	$ -3.550	$ -3.850	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900
Sueldos		$ -2.750	$ -3.050	$ -3.050	$ -3.800	$ -4.100	$ -5.350	$ -5.350	$ -5.350	$ -5.350	$ -5.350	$ -5.350	$ -5.350
	$ -2.214	$ -6.678	$ -9.310	$ -11.920	$ -14.305	$ -16.930	$ -19.165	$ -20.927	$ -21.900	$ -24.782	$ -25.212	$ -28.044	$ -28.475
Ingresos													
Nuevos Corporativos		$ -	$ 810	$ 2.430	$ 2.430	$ 4.050	$ 4.050	$ 5.670	$ 5.670	$ 8.100	$ 8.100	$ 10.530	$ 10.530
Nuevos Pymes		$ 480	$ 1.440	$ 2.160	$ 2.880	$ 3.600	$ 4.320	$ 5.040	$ 5.760	$ 6.480	$ 7.200	$ 7.920	$ 8.640
Nuevos Personales		$ 180	$ 480	$ 1.080	$ 1.680	$ 2.280	$ 2.880	$ 3.480	$ 4.080	$ 4.680	$ 5.280	$ 5.880	$ 6.480
Erosion de nuevos clientes		$ -66	$ -273	$ -567	$ -699	$ -993	$ -1.125	$ -1.419	$ -1.551	$ -1.926	$ -2.058	$ -2.433	$ -2.565
Instalaciones Corporativos		$ -	$ 150	$ 300	$ -	$ 300	$ -	$ 300	$ -	$ 450	$ -	$ 450	$ -
Instalaciones Pymes		$ 200	$ 400	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300
Instalaciones Personales		$ 150	$ 250	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500
	$ -	$ 944	$ 3.257	$ 6.203	$ 7.091	$ 10.037	$ 10.925	$ 13.871	$ 14.759	$ 18.584	$ 19.322	$ 23.147	$ 23.885
Flujo de Caja	$ -73.028	$ -6.697	$ -7.979	$ -8.605	$ -9.782	$ -9.781	$ -10.808	$ -9.944	$ -9.709	$ -9.407	$ -8.458	$ -8.107	$ -7.157
Amortizacion/Depreciacion													
Bases		-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706
Remoto (9km)		-43	-75	-123	-166	-214	-257	-305	-348	-401	-444	-497	-540
Equipos de Backbone		-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
Margen Contribución		-7478	-8792	-9467	-10687	-10734	-11803	-10988	-10795	-10547	-9641	-9343	-8436

APENDICE E: Flujo de proyecto – 2do. Año – 1ra.- parte.

VENTAS NUEVAS												
CORPORATIVOS	3		3		3				1			1
PYMES	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PERSONALES	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	16	13	16	13	16	13	13	13	14	13	13	14
TOTALES												
CORPORATIVOS	16	16	19	19	22	22	22	22	23	23	23	24
PYMES	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
PERSONALES	118	128	138	148	158	168	178	188	198	208	218	228
Meses	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
Nuevas												
Base												
Remoto (9km)	10	8	10	8	10	8	8	8	8	8	8	8
Enlace de Backbone												
Totales												
Base	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Remoto	111	119	129	137	147	155	163	171	179	187	195	203
Enlace de Backbone + Switch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ERNET (Ancho de Banda necesario)	22400,00	23552,00	26240,00	27392,00	30080,00	31232,00	32384,00	33536,00	35200,00	36352,00	37504,00	39168,00
Inversión												
Equipos:												
Base	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Remoto (CPE)	$ -3.210	$ -2.568	$ -3.210	$ -2.568	$ -3.210	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568
Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Equipos de red	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Infraestructura Física y Eléctrica												
Instalación Inicial:												
Mercadeo												
	$ -3.210	$ -2.568	$ -3.210	$ -2.568	$ -3.210	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568	$ -2.568

APENDICE F: Flujo de proyecto – 2do. Año – 2da.- parte.

Meses	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Egresos												
Mantenimiento Base	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282
Mantenimiento Remotas	$ -238	$ -255	$ -276	$ -293	$ -315	$ -332	$ -349	$ -366	$ -383	$ -400	$ -417	$ -434
ıtenimiento de Equipos de Backbone	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13
Renta de Nodo	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350
Costo Internet	$ -6.563	$ -6.900	$ -7.688	$ -8.025	$ -7.344	$ -7.625	$ -7.906	$ -8.188	$ -8.594	$ -8.875	$ -9.156	$ -9.563
Legalización	$ -1.230	$ -984	$ -1.230	$ -984	$ -1.230	$ -984	$ -984	$ -984	$ -984	$ -984	$ -984	$ -984
Instalación de Remotas	$ -1.198	$ -958	$ -1.198	$ -958	$ -1.198	$ -958	$ -958	$ -958	$ -958	$ -958	$ -958	$ -958
Instalación de Bases	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Instalación de Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Comisiones	$ -7.056	$ -7.373	$ -8.273	$ -8.590	$ -9.490	$ -9.806	$ -10.123	$ -10.440	$ -10.951	$ -11.268	$ -11.585	$ -12.096
Gastos de Venta	$ -2.940	$ -3.072	$ -3.447	$ -3.579	$ -3.954	$ -4.086	$ -4.218	$ -4.350	$ -4.563	$ -4.695	$ -4.827	$ -5.040
Costos administrativos	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900
Sueldos	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100
	$ -29.869	$ -30.187	$ -32.756	$ -33.074	$ -34.175	$ -34.437	$ -35.184	$ -35.931	$ -37.078	$ -37.826	$ -38.573	$ -39.720
Ingresos												
Nuevos Corporativos	$ 12.960	$ 12.960	$ 15.390	$ 15.390	$ 17.820	$ 17.820	$ 17.820	$ 17.820	$ 18.630	$ 18.630	$ 18.630	$ 19.440
Nuevos Pymes	$ 9.360	$ 10.080	$ 10.800	$ 11.520	$ 12.240	$ 12.960	$ 13.680	$ 14.400	$ 15.120	$ 15.840	$ 16.560	$ 17.280
Nuevos Personales	$ 7.080	$ 7.680	$ 8.280	$ 8.880	$ 9.480	$ 10.080	$ 10.680	$ 11.280	$ 11.880	$ 12.480	$ 13.080	$ 13.680
Erosion de nuevos clientes	$ -4.410	$ -4.608	$ -5.171	$ -5.369	$ -5.931	$ -6.129	$ -6.327	$ -6.525	$ -6.845	$ -7.043	$ -7.241	$ -7.560
Instalaciones Corporativos	$ 450	$ -	$ 450	$ -	$ 450	$ -	$ -	$ -	$ 100	$ -	$ -	$ 100
Instalaciones Pymes	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300
Instalaciones Personales	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 500	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300
	$ 26.240	$ 26.912	$ 30.550	$ 31.222	$ 34.859	$ 35.531	$ 36.453	$ 37.575	$ 39.486	$ 40.508	$ 41.630	$ 43.540
Flujo de Caja	$ -6.839	$ -5.843	$ -5.416	$ -4.420	$ -2.525	$ -1.473	$ -1.298	$ -924	$ -161	$ 114	$ 489	$ 1.252
Amortizacion/Depreciacion												
Bases	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706
Remoto (9km)	-594	-637	-690	-733	-786	-829	-872	-915	-958	-1000	-1043	-1086
Equipos de Backbone	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
Margen Contribución	-8171	-7218	-6845	-5892	-4050	-3041	-2909	-2577	-1857	-1625	-1293	-573

APENDICE E: Flujo de proyecto – 3er. Año – 1ra.- parte.

VENTAS NUEVAS												
CORPORATIVOS			1			1			1			1
PYMES	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PERSONALES	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	13	13	14	13	13	14	13	13	14	13	13	14
TOTALES												
CORPORATIVOS	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	28
PYMES	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108
PERSONALES	238	248	258	268	278	288	298	308	318	328	338	348
Meses	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**
Nuevas												
Base												
Remoto (9km)	8	13	14	13	13	14	13	13	14	13	13	14
Enlace de Backbone												
Totales												
Base	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Remoto	211	224	238	251	264	278	291	304	318	331	344	358
Enlace de Backbone + Switch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ERNET (Ancho de Banda necesario)	40320,00	41472,00	43136,00	44288,00	45440,00	47104,00	48256,00	49408,00	51072,00	52224,00	53376,00	55040,00
Inversión												
Equipos:												
Base	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Remoto (CPE)	$ -2.568	$ -4.172	$ -4.493	$ -4.172	$ -4.172	$ -4.493	$ -4.172	$ -4.172	$ -4.493	$ -4.172	$ -4.172	$ -4.493
Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Equipos de red	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Infraestructura Física y Eléctrica												
Instalación Inicial:												
Mercadeo												
	$ -2.568	$ -4.172	$ -4.493	$ -4.172	$ -4.172	$ -4.493	$ -4.172	$ -4.172	$ -4.493	$ -4.172	$ -4.172	$ -4.493

APENDICE F: Flujo de proyecto – 3er. Año – 2da.- parte.

Meses	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Egresos												
Mantenimiento Base	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282
Mantenimiento Remotas	$ -451	$ -479	$ -509	$ -537	$ -565	$ -595	$ -623	$ -650	$ -680	$ -708	$ -736	$ -766
ıtenimiento de Equipos de Backbone	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13
Renta de Nodo	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350	$ -350
Costo Internet	$ -7.875	$ -8.100	$ -8.425	$ -8.650	$ -8.875	$ -9.200	$ -9.425	$ -9.650	$ -7.481	$ -7.650	$ -7.819	$ -8.063
Legalización	$ -984	$ -1.599	$ -1.722	$ -1.599	$ -1.599	$ -1.722	$ -1.599	$ -1.599	$ -1.722	$ -1.599	$ -1.599	$ -1.722
Instalación de Remotas	$ -958	$ -1.557	$ -1.677	$ -1.557	$ -1.557	$ -1.677	$ -1.557	$ -1.557	$ -1.677	$ -1.557	$ -1.557	$ -1.677
Instalación de Bases	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Instalación de Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Comisiones	$ -12.413	$ -12.730	$ -13.241	$ -13.558	$ -13.874	$ -14.386	$ -14.702	$ -15.019	$ -15.530	$ -15.847	$ -16.164	$ -16.675
Gastos de Venta	$ -5.172	$ -5.304	$ -5.517	$ -5.649	$ -5.781	$ -5.994	$ -6.126	$ -6.258	$ -6.471	$ -6.603	$ -6.735	$ -6.948
Costos administrativos	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900
Sueldos	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100
	$ -38.499	$ -40.414	$ -41.736	$ -42.195	$ -42.897	$ -44.218	$ -44.677	$ -45.379	$ -44.207	$ -44.610	$ -45.255	$ -46.496
Ingresos												
Nuevos Corporativos	$ 19.440	$ 19.440	$ 20.250	$ 20.250	$ 20.250	$ 21.060	$ 21.060	$ 21.060	$ 21.870	$ 21.870	$ 21.870	$ 22.680
Nuevos Pymes	$ 18.000	$ 18.720	$ 19.440	$ 20.160	$ 20.880	$ 21.600	$ 22.320	$ 23.040	$ 23.760	$ 24.480	$ 25.200	$ 25.920
Nuevos Personales	$ 14.280	$ 14.880	$ 15.480	$ 16.080	$ 16.680	$ 17.280	$ 17.880	$ 18.480	$ 19.080	$ 19.680	$ 20.280	$ 20.880
Erosion de nuevos clientes	$ -7.758	$ -7.956	$ -8.276	$ -8.474	$ -8.672	$ -8.991	$ -9.189	$ -9.387	$ -9.707	$ -9.905	$ -10.103	$ -10.422
Instalaciones Corporativos	$ -	$ -	$ 100	$ -	$ -	$ 100	$ -	$ -	$ 100	$ -	$ -	$ 100
Instalaciones Pymes	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300
Instalaciones Personales	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300	$ 300
	$ 44.562	$ 45.684	$ 47.595	$ 48.617	$ 49.739	$ 51.649	$ 52.671	$ 53.793	$ 55.704	$ 56.726	$ 57.848	$ 59.758
Flujo de Caja	$ 3.496	$ 1.097	$ 1.365	$ 2.249	$ 2.670	$ 2.937	$ 3.821	$ 4.242	$ 7.003	$ 7.943	$ 8.420	$ 8.769
Amortizacion/Depreciacion												
Bases	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706
Remoto (9km)	-1129	-1198	-1273	-1343	-1412	-1487	-1557	-1626	-1701	-1771	-1840	-1915
Equipos de Backbone	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
Margen Contribución	1628	-839	-647	168	519	711	1526	1877	4563	5434	5841	6115

APENDICE E: Flujo de proyecto – 4to. Año – 1ra.- parte.

VENTAS NUEVAS												
CORPORATIVOS	0	1	0	0	1	0	2	0	2	0	0	2
PYMES	3	3	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4
PERSONALES	11	12	11	13	13	14	15	12	13	14	15	13
	14	16	15	17	18	18	22	16	19	19	20	19
TOTALES												
CORPORATIVOS	28	29	29	29	30	30	32	32	34	34	34	36
PYMES	111	114	118	122	126	130	135	139	143	148	153	157
PERSONALES	359	371	382	395	408	422	437	449	462	476	491	504
Meses	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**
Nuevas												
Base												
Remoto (9km)	14	16	15	17	18	18	22	16	19	19	20	19
Enlace de Backbone												
Totales												
Base	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Remoto	372	388	403	420	438	456	478	494	513	532	552	571
Enlace de Backbone + Switch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ERNET (Ancho de Banda necesario)	56256,00	58048,00	59434,67	60949,33	62976,00	64554,67	67392,00	68842,67	71381,33	73130,67	74944,00	77482,67
Inversión												
Equipos:												
Base	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Remoto (CPE)	$ -4.493	$ -5.135	$ -4.814	$ -5.456	$ -5.777	$ -5.777	$ -7.061	$ -5.135	$ -6.098	$ -6.098	$ -6.419	$ -6.098
Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Equipos de red	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Infraestructura Física y Eléctrica												
Instalación Inicial:												
Mercadeo												
	$ -4.493	$ -5.135	$ -4.814	$ -5.456	$ -5.777	$ -5.777	$ -7.061	$ -5.135	$ -6.098	$ -6.098	$ -6.419	$ -6.098

APENDICE F: Flujo de proyecto – 4to. Año – 2da.- parte

Meses	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Egresos												
Mantenimiento Base	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282
Mantenimiento Remotas	$ -796	$ -830	$ -862	$ -899	$ -937	$ -976	$ -1.023	$ -1.057	$ -1.098	$ -1.138	$ -1.181	$ -1.222
ıtenimiento de Equipos de Backbone	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13
Renta de Nodo	$ -349	$ -348	$ -347	$ -346	$ -345	$ -344	$ -343	$ -342	$ -341	$ -340	$ -339	$ -338
Costo Internet	$ -8.241	$ -8.503	$ -8.706	$ -8.928	$ -9.225	$ -9.456	$ -9.872	$ -10.084	$ -10.456	$ -10.713	$ -10.978	$ -11.350
Legalización	$ -1.722	$ -1.968	$ -1.845	$ -2.091	$ -2.214	$ -2.214	$ -2.706	$ -1.968	$ -2.337	$ -2.337	$ -2.460	$ -2.337
Instalación de Remotas	$ -1.677	$ -1.916	$ -1.796	$ -2.036	$ -2.156	$ -2.156	$ -2.635	$ -1.916	$ -2.275	$ -2.275	$ -2.395	$ -2.275
Instalación de Bases	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Instalación de Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Comisiones	$ -17.006	$ -17.546	$ -17.935	$ -18.353	$ -18.965	$ -19.397	$ -20.290	$ -20.693	$ -21.499	$ -21.989	$ -22.493	$ -23.299
Gastos de Venta	$ -7.086	$ -7.311	$ -7.473	$ -7.647	$ -7.902	$ -8.082	$ -8.454	$ -8.622	$ -8.958	$ -9.162	$ -9.372	$ -9.708
Costos administrativos	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900
Sueldos	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100
	$ -47.172	$ -48.718	$ -49.260	$ -50.595	$ -52.039	$ -52.920	$ -55.617	$ -54.978	$ -57.260	$ -58.249	$ -59.514	$ -60.825
Ingresos												
Nuevos Corporativos	$ 22.680	$ 23.490	$ 23.490	$ 23.490	$ 24.300	$ 24.300	$ 25.920	$ 25.920	$ 27.540	$ 27.540	$ 27.540	$ 29.160
Nuevos Pymes	$ 26.640	$ 27.360	$ 28.320	$ 29.280	$ 30.240	$ 31.200	$ 32.400	$ 33.360	$ 34.320	$ 35.520	$ 36.720	$ 37.680
Nuevos Personales	$ 21.540	$ 22.260	$ 22.920	$ 23.700	$ 24.480	$ 25.320	$ 26.220	$ 26.940	$ 27.720	$ 28.560	$ 29.460	$ 30.240
Erosion de nuevos clientes	$ -10.629	$ -10.967	$ -11.210	$ -11.471	$ -11.853	$ -12.123	$ -12.681	$ -12.933	$ -13.437	$ -13.743	$ -14.058	$ -14.562
Instalaciones Corporativos	$ -	$ 100	$ -	$ -	$ 100	$ -	$ 200	$ -	$ 200	$ -	$ -	$ 200
Instalaciones Pymes	$ 300	$ 300	$ 400	$ 400	$ 400	$ 400	$ 500	$ 400	$ 400	$ 500	$ 500	$ 400
Instalaciones Personales	$ 330	$ 360	$ 330	$ 390	$ 390	$ 420	$ 450	$ 360	$ 390	$ 420	$ 450	$ 390
	$ 60.861	$ 62.904	$ 64.251	$ 65.790	$ 68.057	$ 69.517	$ 73.009	$ 74.047	$ 77.133	$ 78.797	$ 80.612	$ 83.508
Flujo de Caja	$ 9.196	$ 9.050	$ 10.176	$ 9.738	$ 10.241	$ 10.820	$ 10.331	$ 13.934	$ 13.775	$ 14.449	$ 14.679	$ 16.585
Amortizacion/Depreciacion												
Bases	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706
Remoto (9km)	-1990	-2076	-2156	-2247	-2343	-2439	-2557	-2643	-2744	-2846	-2953	-3054
Equipos de Backbone	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
Margen Contribución	6467	6236	7281	6753	7159	7642	7035	10553	10292	10865	10988	12792

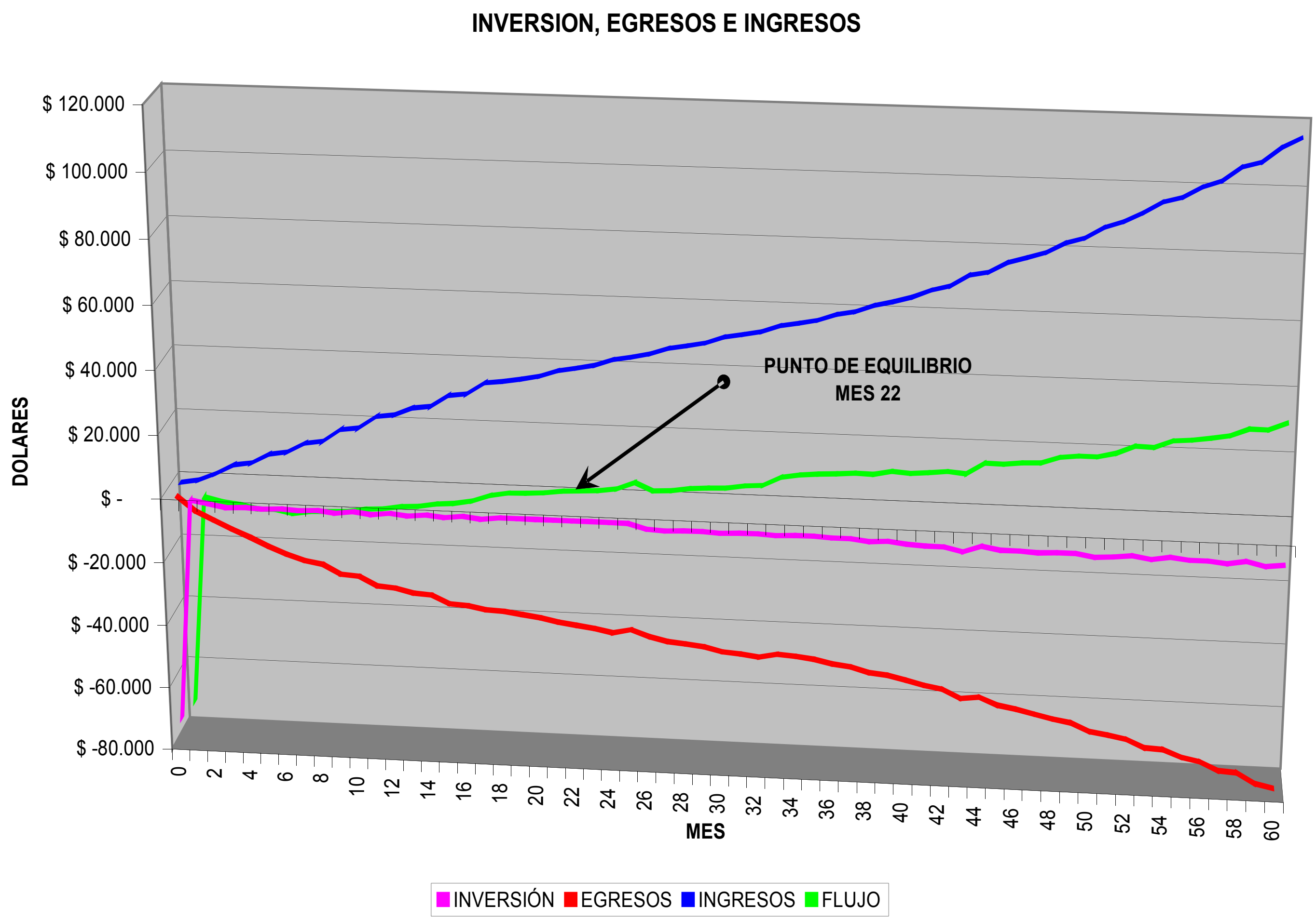
APENDICE E: Flujo de proyecto – 5to. Año – 1ra.- parte.

VENTAS NUEVAS												
CORPORATIVOS	0	2	0	2	2	0	2	0	3	0	3	2
PYMES	5	5	6	4	5	5	5	6	6	6	6	5
PERSONALES	14	15	15	13	15	14	14	15	14	14	15	15
	19	22	21	19	22	19	21	21	23	20	24	22
TOTALES												
CORPORATIVOS	36	38	38	40	42	42	44	44	47	47	50	52
PYMES	162	167	173	177	182	187	192	198	204	210	216	221
PERSONALES	518	533	548	561	576	590	604	619	633	647	662	677
Meses	**49**	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**
Nuevas												
Base												
Remoto (9km)	19	22	21	19	22	19	21	21	23	20	24	22
Enlace de Backbone												
Totales												
Base	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Remoto	590	612	633	652	674	693	714	735	758	778	802	824
Enlace de Backbone + Switch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ERNET (Ancho de Banda necesario)	79232,00	82069,33	84053,33	86592,00	89429,33	91178,67	93952,00	95936,00	99392,00	101312,00	104832,00	107669,33
Inversión												
Equipos:												
Base	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Remoto (CPE)	$ -6.098	$ -7.061	$ -6.740	$ -6.098	$ -7.061	$ -6.098	$ -6.740	$ -6.740	$ -7.382	$ -6.419	$ -7.703	$ -7.061
Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Equipos de red	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Infraestructura Física y Eléctrica												
Instalación Inicial:												
Mercadeo												
	$ -6.098	$ -7.061	$ -6.740	$ -6.098	$ -7.061	$ -6.098	$ -6.740	$ -6.740	$ -7.382	$ -6.419	$ -7.703	$ -7.061

APENDICE F: Flujo de proyecto – 5to. Año – 2da.- parte

Meses	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Egresos												
Mantenimiento Base	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282	$ -282
Mantenimiento Remotas	$ -1.262	$ -1.310	$ -1.354	$ -1.395	$ -1.442	$ -1.483	$ -1.528	$ -1.573	$ -1.622	$ -1.665	$ -1.716	$ -1.763
tenimiento de Equipos de Backbone	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13	$ -13
Renta de Nodo	$ -337	$ -336	$ -335	$ -334	$ -333	$ -332	$ -331	$ -330	$ -329	$ -328	$ -327	$ -326
Costo Internet	$ -11.606	$ -12.022	$ -12.313	$ -12.684	$ -13.100	$ -13.356	$ -13.763	$ -14.053	$ -14.559	$ -14.841	$ -15.356	$ -15.772
Legalización	$ -2.337	$ -2.706	$ -2.583	$ -2.337	$ -2.706	$ -2.337	$ -2.583	$ -2.583	$ -2.829	$ -2.460	$ -2.952	$ -2.706
Instalación de Remotas	$ -2.275	$ -2.635	$ -2.515	$ -2.275	$ -2.635	$ -2.275	$ -2.515	$ -2.515	$ -2.754	$ -2.395	$ -2.874	$ -2.635
Instalación de Bases	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Instalación de Equipos de Backbone	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Comisiones	$ -23.789	$ -24.682	$ -25.243	$ -26.050	$ -26.942	$ -27.432	$ -28.310	$ -28.872	$ -30.002	$ -30.550	$ -31.694	$ -32.587
Gastos de Venta	$ -9.912	$ -10.284	$ -10.518	$ -10.854	$ -11.226	$ -11.430	$ -11.796	$ -12.030	$ -12.501	$ -12.729	$ -13.206	$ -13.578
Costos administrativos	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900	$ -3.900
Sueldos	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100	$ -6.100
	$ -61.814	$ -64.269	$ -65.156	$ -66.225	$ -68.680	$ -68.941	$ -71.121	$ -72.251	$ -74.892	$ -75.262	$ -78.421	$ -79.662
Ingresos												
Nuevos Corporativos	$ 29.160	$ 30.780	$ 30.780	$ 32.400	$ 34.020	$ 34.020	$ 35.640	$ 35.640	$ 38.070	$ 38.070	$ 40.500	$ 42.120
Nuevos Pymes	$ 38.880	$ 40.080	$ 41.520	$ 42.480	$ 43.680	$ 44.880	$ 46.080	$ 47.520	$ 48.960	$ 50.400	$ 51.840	$ 53.040
Nuevos Personales	$ 31.080	$ 31.980	$ 32.880	$ 33.660	$ 34.560	$ 35.400	$ 36.240	$ 37.140	$ 37.980	$ 38.820	$ 39.720	$ 40.620
Erosion de nuevos clientes	$ -14.868	$ -15.426	$ -15.777	$ -16.281	$ -16.839	$ -17.145	$ -17.694	$ -18.045	$ -18.752	$ -19.094	$ -19.809	$ -20.367
Instalaciones Corporativos	$ -	$ 200	$ -	$ 200	$ 200	$ -	$ 200	$ -	$ 300	$ -	$ 300	$ 200
Instalaciones Pymes	$ 500	$ 500	$ 600	$ 400	$ 500	$ 500	$ 500	$ 600	$ 600	$ 600	$ 600	$ 500
Instalaciones Personales	$ 420	$ 450	$ 450	$ 390	$ 450	$ 420	$ 420	$ 450	$ 420	$ 420	$ 450	$ 450
	$ 85.172	$ 88.564	$ 90.453	$ 93.249	$ 96.571	$ 98.075	$ 101.386	$ 103.305	$ 107.579	$ 109.217	$ 113.601	$ 116.563
Flujo de Caja	$ 17.260	$ 17.234	$ 18.556	$ 20.926	$ 20.830	$ 23.036	$ 23.525	$ 24.314	$ 25.304	$ 27.535	$ 27.477	$ 29.840
Amortizacion/Depreciacion												
Bases	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706	-706
Remoto (9km)	-3156	-3274	-3386	-3488	-3605	-3707	-3819	-3932	-4055	-4162	-4290	-4408
Equipos de Backbone	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
Margen Contribución	13365	13221	14432	16700	16486	18590	18967	19643	20511	22634	22448	24693

APENDICE G: Punto de equilibrio del proyecto



BIBLIOGRAFIA

- http://www.it46.se/downloads/courses/wireless/es/02_Estandares/02_es_estandares-inalambricos_presentacion_v01.pdf
- http://www.it46.se/course/wireless_es.php?lang=es
- www.consulintel.es/html/Tutoriales/Articulos/atm.html
- http://www.airspan.com/solutions_publicsafety.aspx
- http://blogwimax.com/blog/2007/05/31/alvarion-aperto-redline-y-airspan-son-los-principales-proveedores-de-hardware-wimax/
- http://avg.urlseek.vmn.net/search.php?lg=en&mkt=en&type=dns&tb=ie&tbn=avg&q=www%2Ewimaxforum%2Eorg
- Descripción de GPRS.pdf
- http://www.radioptica.com/Radio/lmds.asp
- http://es.wikipedia.org/wiki/HFC#searchInput
- http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica
- http://es.wikipedia.org/wiki/SONET#searchInput
- http://www.radioptica.com/Radio/lmds.asp

- http://www.wimax-rural.us/
- http://www.wimaxforum.org/home/
- http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2005/abril/wimax.htm
- http://www.xatakamovil.com/categoria/wimax
- http://www.saulo.net/pub/redes/a.htm
- http://www.mailxmail.com/curso/informatica/gsm/capitulo3.htm
- www.revista.unam.mx/vol.2/num2/art3/index.html
- http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/ociosonet.swf
- http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/29.html
- www.fiberco.e
- http://mx.geocities.com/AdmonRedes/EquipoCinco.htm
- http://mami.uclm.es/rhervas/articulos/trabajoATM.pdf
- http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2005/abril/wimax.htm
- http://www.xatakamovil.com/categoria/wimax
- http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/ociosonet.swf

- http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/29.html
- http://www.swisswireless.org/wlan_calc_en.html
- http://www.lw1drj.com.ar/users/docs/RADIO%20MOBILE.pdf
- http://www.ieee.org/enterprise
- http://www. tecnoWiMAX.com