

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERIA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES BAJO LA
MODALIDAD DE REDES COMUNITARIAS PARA PROVEER
SERVICIOS DE VOZ Y DATOS EN EL CANTÓN OLMEDO,
PROVINCIA DE MANABÍ**

VERÓNICA AZUCENA HERRERA RAMOS

SANGOLQUI – ECUADOR

2009

PRÓLOGO

Concientes que la Educación es la base del desarrollo de los pueblos y el Internet es una de las mejores herramientas en el aprendizaje, se desarrolló el Proyecto de diseño de un sistema de comunicaciones bajo la modalidad de redes comunitarias para proveer servicios de voz y datos en el cantón Olmedo, provincia de Manabí, con el objetivo claro de lograr que todos los niños y jóvenes tengan acceso a la red mundial de la información de forma gratuita.

En el Capítulo I: Se realizó una introducción sobre el proyecto, mencionándose la justificación, importancia y alcance que tendrá el mismo.

En el Capítulo II: Se contempla el Marco teórico, en el cual se analizará la tecnología que se va a utilizar, así como alternativas que se podría aplicar, sus características principales, las prestaciones que brindan, comparaciones entre estas tecnologías, los requerimientos para su funcionamiento, se incluye los elementos de las redes, así como ventajas y desventajas de las mismas.

En el Capítulo III: Se planteará los requerimientos de servicios que precisa la red, los datos obtenidos de la visita de campo y determinación de localidades que van a formar parte de la red con su respectivo análisis socio-económico. Además se presenta mapas con ubicaciones georeferenciadas de las unidades educativas como una investigación de la infraestructura de operadores que existe en la zona que se realiza el proyecto.

En el Capítulo IV: En este capítulo se desarrolla el diseño más óptimo para la implementación de la red que tendrá como fin dotar de Internet a 41 escuelas, dimensionando la red para prever un posible crecimiento ya sea de alumnos como de equipos ocasionándose así un mayor requerimiento de ancho de banda.

La solución escogida fue con la tecnología Wi-Fi, la cual mediante gráficas de perfiles se verificó su correcto funcionamiento. Además se analizó la seguridad que se debe tomar en ambientes inalámbricos para prevenir futuros intrusos en la red. Al escoger la tecnología nombrada se debió de igual forma elegir equipos que se ajusten a los estándares que se va a emplear, por esta razón se nombra posible equipamiento que se requeriría al implementarse el proyecto.

En el Capítulo V: El marco regulatorio de las telecomunicaciones se menciona en este capítulo debido a que para todo proyecto rigen reglas y parámetros a seguir, motivo por el cual se particulariza algunos reglamentos que son con los que operan la mayoría de proyectos.

En el Capítulo VI: La factibilidad económica detalla el análisis de costos de una forma desglosada , de tal manera de tener una idea muy exacta del valor final del proyecto. Además se elabora un plan de sostenibilidad y un análisis de parámetros como VAN y TIR para ver predecir el comportamiento del proyecto.

En el Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Partiendo de la idea de que la riqueza no está únicamente en el dinero, sino más bien en acceso a información útil, el presente proyecto logrará el desarrollo y equidad tanto social como cultural en áreas de escasos recursos, en base al adelanto tecnológico que se logrará al implementar el diseño de la red comunitaria para el Cantón Olmedo.

Debido a esto se ha hecho necesaria la creación de nuevos mecanismos de intervención para brindar servicios de telecomunicaciones con mayor valor agregado, donde no sólo se involucre a operadores de telecomunicaciones que fácilmente pueden proporcionar acceso, sino que se busque la participación de otros agentes que conjuntamente con los operadores puedan crear una red integral y apropiada para la implantación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en dichas poblaciones.

El proyecto beneficiará directamente a la población de este cantón, ya que podrá brindarse servicios de tele-educación , tele-salud y servicios generales comunitarios a familias de este cantón permitiéndose que se cubran falencias en el aprendizaje de los alumnos para ir mejorando el índice de analfabetismo en el Ecuador y a su vez una ayuda social a personas de escasos recursos para que

así puedan acceder a estos servicios que deberían ser obligatorios para cada individuo de nuestro país , pero que no todos pueden tener acceso a estos.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Diseño de una red comunitaria para dotar de multiservicios como Internet, datos y video conferencias a las comunidades de este Cantón que consta con 252.9 kilómetros cuadrados y una densidad de 36.5 personas por kilómetro cuadrados; se puede decir además que es uno de los cantones con más pobreza en la provincia de Manabí, es así como se basará en el análisis de la mejor tecnología, selección de equipos, estudios de demanda, análisis de aspectos legales y económicos, realizándose así un plan de sostenibilidad para este proyecto. Se desea cubrir 89.7 Km. que es el perímetro de este Cantón.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 TIPOS DE REDES DE ACCESO

2.1.1 Introducción

Para entender los diferentes tipos de redes de acceso de banda ancha es necesario considerar la tecnología y como esta ha ido avanzando de acuerdo a las necesidades que se presentan en el transporte de información, como por ejemplo en un inicio teníamos como medio mas común para el envío de información a las redes de cobre, y actualmente se puede encontrar mas opciones como son la fibra óptica, radioenlaces de microondas y el cableado coaxial, permitiendo estos últimos tener mayores prestaciones de la red y altas velocidades de transmisión.

Durante el proyecto se hablará constantemente de red de banda ancha por lo que se hace necesario revisar su significado:

“Definimos una red de telecomunicaciones como un conjunto de recursos interconectados entre sí que, gestionados de algún modo, interaccionan para satisfacer las necesidades de los usuarios que la utilizan.”¹

¹ <http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml>

Conociendo las opciones para la elección de tipo de red de acceso es importante que se indique como integrar las diferentes tecnologías para así aprovechar las prestaciones que genera cada uno de los tipos de acceso, por ello esta integración se la debe analizar desde varios puntos de vista como por ejemplo: tipo de red que se desea integrar, clase de servicios que se va a prestar al usuario, presupuesto para la integración de la red, entre otros.

2.1.2 Clasificación de las redes de acceso

Gracias a la tecnología se encuentra diferentes técnicas para la implementación de una red de banda ancha, cada una de las cuales presenta ventajas y desventajas dependiendo del punto de vista que se las analice, por ello antes de realizar una clasificación de los diferentes tipos de redes de acceso es necesario entender las técnicas así como también la variedad de equipos que se conectan a la red y como estas redes han ido evolucionando. En la siguiente figura se puede observar un ejemplo de una red de banda ancha con diferentes tipos de acceso

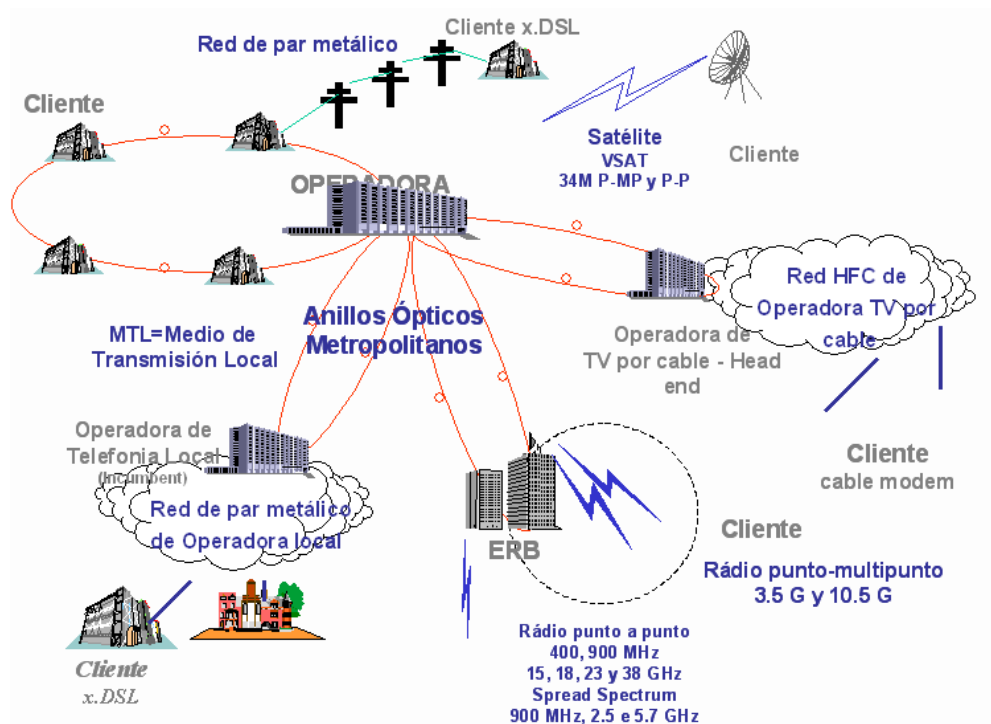


Figura 2.1 Red de Banda Ancha

Otro aspecto importante para el desarrollo de las redes de banda ancha y su clasificación es el tipo de servicios que se quiere brindar al usuario, ya que depende del sector geográfico al que se quiera abarcar, los servicios a prestar serán diferentes. Por ejemplo si se quiere dar servicio a usuarios ubicados en zonas urbanas estos servicios deberán enfocarse en entregar grandes velocidades de Internet, televisión, etc.; caso contrario al centrarse en usuarios de zonas rurales, en donde no existe ningún tipo de servicio la principal preocupación será el entregar Internet de buena calidad sin pérdida de datos.

A la hora de presentar una clasificación de los tipos de redes de acceso, ésta se basará en el tipo de tecnología física que se utiliza para su implementación, por ello se muestra tres grandes grupos:

- Redes de acceso vía cobre: Encontrando tecnología xDSL²

² DSL "Digital Subscriber Line"

- Redes de acceso vía radio: WLL³, MMDS⁴ y LMDS⁵.
- Las redes de acceso vía fibra óptica: entre las cuales se menciona a las redes PON (*Passive Optical Network*) y las redes CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*).

Para comenzar se explicará algo sobre las redes de acceso vía cobre ya que éstas fueron las primeras en ser aplicadas para el envío de información aprovechando la red telefónica existente en la mayoría de países. La velocidad de transmisión es la principal desventaja de este tipo de red de acceso ya que puede llegar a una velocidad de 14 kbit/s o si se utiliza un par de cobre trenzado puede llegar a velocidades de 28 kbit/s. En los últimos años se ha podido apreciar que gracias al tipo de modulación xDSL, aplicada por la mayoría de empresas de telefonía, las velocidades se incrementaron llegando a 10 Mbit/s, por esto las investigaciones en este campo son cada vez más comunes ya que estas empresas desean brindar nuevos servicios y mejorar sus accesos a Internet.

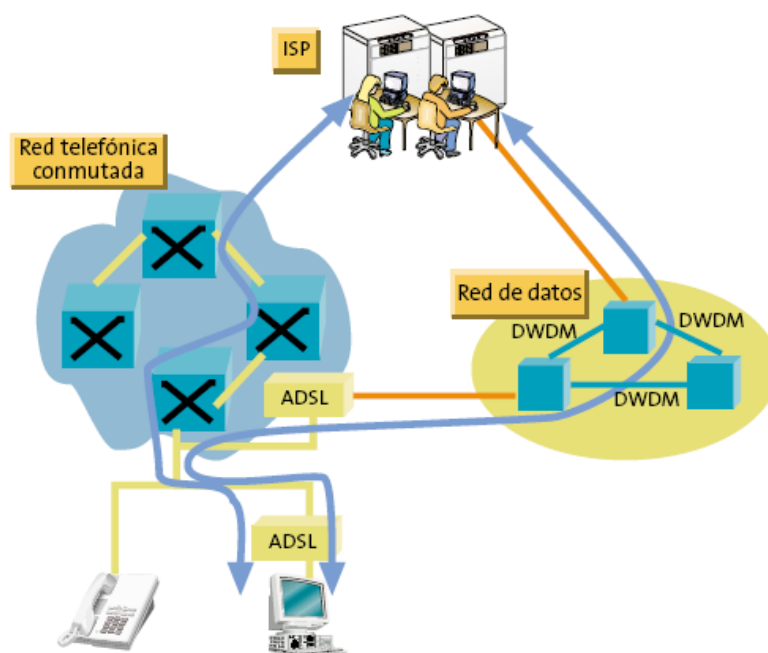


Figura 2.2 Red de acceso vía cobre: Modulación DSL

³ WLL "Wireless Local Loop"

⁴ MMDS "Multichannel multipoint distribution service"

⁵ LMDS "Local Multipoint Distribution Service"

Las redes de acceso vía radio en la actualidad son una opción clara para la implementación de redes de información, ya que como su nombre lo indica la comunicación se la realiza mediante radioenlaces sin necesidad de cables, por ello la ventaja mas clara que se puede resaltar para este tipo de red de acceso es el bajo costo de su infraestructura y su facilidad de implementación. Presentan grandes anchos de banda pero esto también depende del tipo de sistemas que se utilice, por ejemplo los sistemas MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution System*) trabajan en las bandas de 2,150 MHz - 2,162 MHz y 2,500 MHz - 2,686 MHz, y los sistemas LMDS (*Local Multipoint Distribution System*) operan alrededor de la banda de los 26-28 GHz, siendo ésta la única tecnología de enlaces vía radio que permite un gran ancho de banda.

Se puede recalcar a su vez que las redes inalámbricas pueden tener sus terminales móviles o fijos por lo cual encontraremos diferentes tipos de redes: WLAN, para terminales fijos, dentro de la cual se encuentra presente la tecnología WI-FI (explicada mas adelante), y para redes metropolitanas cuyos terminales sean fijos también podemos encontrar redes WIMAX, por otro lado para terminales móviles se tiene GPRS o UMTS.

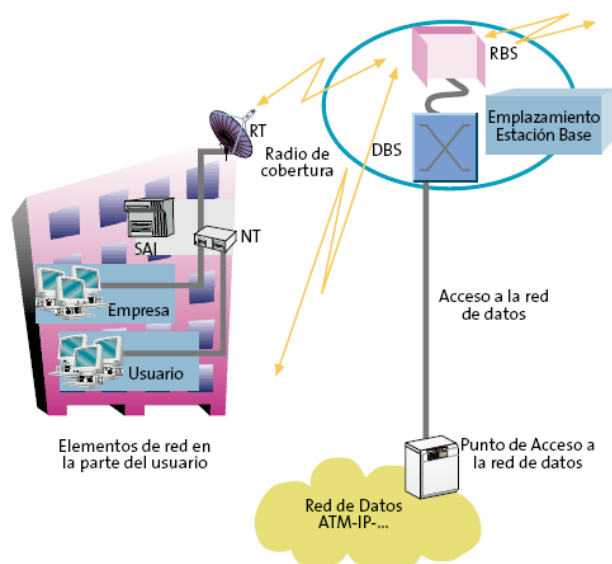


Figura 2.3 Red de acceso vía radio

Las nuevas tecnologías de acceso han permitido tener el acceso vía fibra óptica en las cuales se tiene un gran ancho de banda pero a su vez como desventaja se encuentra el costo de la infraestructura de este tipo de tecnología. Los servicios de banda ancha en este tipo de transmisión pueden alcanzar velocidades de transmisión mayores a 2Mbit/s, por otro lado de acuerdo al punto de terminación de la fibra óptica la red tiene varios nombres, como por ejemplo: Fiber to the Home FTTH (Fibra hasta el hogar), Fiber To The Curb FTTC (Fibra hasta la acera), Fiber To The Building (Fibra hasta el edificio), Fiber To The Desk (Fibra hasta el escritorio). En la siguiente figura podemos observar una red de acceso vía fibra óptica, donde TLO es el Terminal de línea óptica y el TRO es el Terminal de red óptica.

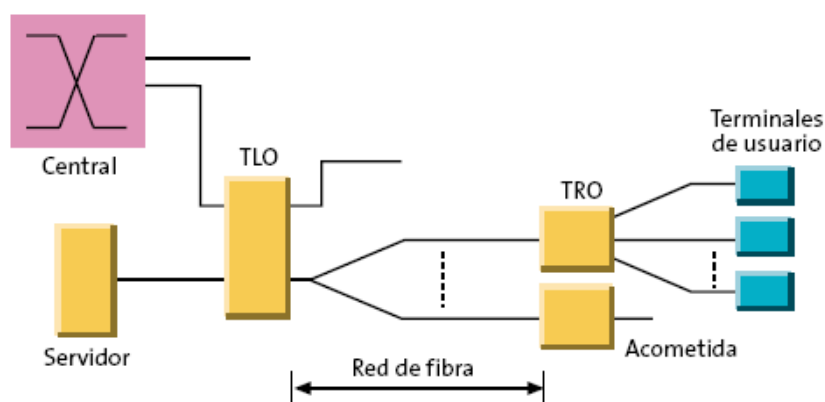


Figura 2.4 Red de acceso vía fibra óptica

2.2 WI-FI (*Wireless Fidelity*)

2.2.1 Introducción

El desarrollo de las redes WLAN⁶ ha ido en aumento los últimos años, por ello es necesaria la mejora de los sistemas de envío de datos dentro de este tipo de redes, debido a esto en 1999 se creó la asociación WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) cuyo objetivo principal fue fomentar

⁶ WLAN "Wireless Local Area Network"

la compatibilidad de la tecnología inalámbrica y de sus equipos, para el año 2003 la asociación cambió su nombre a WI-FI Aliance.

Al hablar de WIFI se tiene una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día. Mucho se ha especulado sobre la abreviatura WI-FI, se puede llegar a la conclusión que su significado textual es **Wireless Fidelity** que es un equivalente a Hi-Fi (High Fidelity) de los equipos de sonido, pero cabe recalcar que este nombre es solo comercial ya que la WI-FI Aliance quiso únicamente colocar un nombre fácil de recordar y que abarque el estándar 8002.11 de la IEEE⁷.

La norma IEEE 802.11, explicada más adelante, es el estándar dirigido a las redes inalámbricas o WLAN y a su vez es el equivalente a las capas físicas y MAC de las redes LAN por cable. Las redes Wi-Fi funcionan en las bandas de radio 2.4 GHz y 5.x GHz (dos bandas) sin requerir licencias para el uso del espectro.



Figura 2.5 WI-FI

En concreto, esta tecnología permite a los usuarios establecer conexiones a Internet sin ningún tipo de cables y puede encontrarse en cualquier lugar que se haya establecido un "punto caliente" o hotspot WiFi.

⁷ IEEE "Institute of Electrical and Electronics Engineers"

2.2.2 Funcionamiento de las redes WLAN

El tipo de red de acceso para las redes WLAN es vía radio por lo cual se utilizan ondas de radio para llevar la información de un punto a otro sin necesidad de tener medios físicos guiados. Al hablar de ondas de radio se refiere normalmente a portadoras de radio, sobre las que va la información, ya que realizan la función de llevar la energía a un receptor remoto. Los datos a transmitir se superponen a la portadora de radio y de este modo pueden ser extraídos exactamente en el receptor final, por ello a este proceso se lo conoce como modulación de la portadora.

Varias portadoras pueden existir en igual tiempo y espacio sin interferir entre ellas, si las ondas son transmitidas a distintas frecuencias de radio. Para extraer los datos el receptor se sitúa en una determinada frecuencia, frecuencia portadora, ignorando el resto. El punto de acceso recibe la información, la almacena y la transmite entre la WLAN y la LAN cableada. Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos treinta metros y hasta varios cientos. El punto de acceso (o la antena conectada al punto de acceso) es normalmente colocado en alto pero podría colocarse en cualquier lugar en que se obtenga la cobertura de radio deseada. El usuario final accede a la red WLAN a través de adaptadores. Estos proporcionan una interfaz entre el sistema de operación de red del cliente (NOS: Network Operating System) y las ondas, mediante una antena. La naturaleza de la conexión sin cable es transparente a la capa del cliente.

Básicamente, una red WLAN permite reemplazar por conexiones inalámbricas los cables que conectan a la red los PCs, portátiles u otro tipo de dispositivos, dotando a los usuarios movilidad en las zonas de cobertura alrededor de cada uno de los puntos de acceso, los cuales se encuentran interconectados entre sí y con otros dispositivos o servidores de la red

cableada. Sugerencias importantes en los sistemas de comunicación inalámbrica que trabajan con WiFi son:

- Altas tasas de datos implican cortos rangos de transmisión
- Mayor potencia de salida incrementa el rango de cobertura (rango de transmisión) pero también incrementa la potencia consumida, lo que implica menor tiempo de vida de la batería y también mayores costos.
- Mientras más alta es la frecuencia de operación, mayor es la tasa de datos pero menor el rango de cobertura (pérdidas de propagación varían entre un exponente de 2 o 4 la distancia de transmisión –dependiendo del modelo utilizado y al cuadrado de la frecuencia de operación)

2.2.3 Estándar IEEE 802.11

Las redes inalámbricas WLAN cumplen con una normativa genérica a la de las redes LAN cableadas, pero éstas necesitan una normativa para cumplir con los recursos radioeléctricos. El estándar define detalladamente los protocolos de la capa física (PHY) y de la capa de Control de Acceso al Medio (MAC) que regulan la conexión de radio.

El instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE generó en 1997 el estándar para normar las conexiones inalámbricas denominado IEEE 802.11 y tenía velocidades de 1 hasta 2 Mbps y trabajaba en las bandas de frecuencia de 2.4 GHz.

Posteriormente en el año de 1999 la IEEE presentó la primera modificación a su estándar original la cual fue denominada IEEE 802.11b, esta reforma tenía velocidades de 5 hasta 11 Mbps y al igual que su antecesora trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4 GHz. A la par de lanzar la nueva reforma del estándar original se generó una evolución

adicional sobre la frecuencia de 5 GHz que alcanzaba 54 Mbps de velocidad y se la denominó 802.11a el problema fue que ésta modificación resultaba incompatible con los productos del estándar 802.11b y por estos motivos casi no se desarrollaron productos. Debido a los problemas de compatibilidad poco después se lanzó un nuevo estándar a la velocidad de 54 Mbps y compatible con el **b** al cual se lo denominó 802.11g.

Aunque actualmente se han presentado varios protocolos para el estándar *802.11 legacy*, que es como se conoce hoy en día al estándar 802.11, la mayoría de productos se manufacturan con los protocolos **b** y **g** que poseen las características más adecuadas para las transmisiones inalámbricas, sin embargo en los últimos estudios del estándar se presentó la propuesta del estándar 802.11n es cual abarcara velocidades hasta de 600 Mbps y hoy en día ya se fabrican productos con este estándar.

Existen características importantes en los estándares 802.11b y 802.11g que los hacen ser más comerciales, como por ejemplo estos dos estándares trabajan en la banda de 2.4 GHz la cual no necesita permisos para su uso. Pero se presentan desventajas al trabajar en esta banda, ya que algunas tecnologías trabajan por esta misma banda de frecuencias como son bluetooth, redes PAN, hornos microondas, Home-Networking, lo que hace más propensa a la saturación e interferencias en dicha zona. Una solución a este problema fue el trabajar en la banda de frecuencias de 5 GHz bajo el protocolo 802.11a y así descongestionar la banda de 2.4 GHz.

A continuación se explicará los protocolos más comerciales existentes para el estándar 802.11 *legacy*:

802.11a.- Al inicio no fue muy bien aceptado este protocolo, el cual fue lanzado en el año de 1999, tanto así que para el año 2001 recién se comenzaron a producir productos que trabajan bajo este estándar. Dentro de sus características técnicas tenemos que trabaja en la banda de 5 GHz y

utiliza 52 subportadoras OFDM⁸ con una velocidad máxima de 54 Mbps, la velocidades de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbps de ser necesario. 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. Como ventaja cabe recalcar debido a que trabaja en la banda de 5 GHz tiene menos interferencias y es menos propensa a la saturación, pero a su vez se presentan desventajas dado que restringe el uso de los equipos *802.11a* a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso, y también es preciso conocer que los protocolos 802.11a y 802.11b no pueden trabajar juntos es decir los aparatos que operan bajo estos estándares no son compatibles entre si.

802.11b.- Este protocolo fue lanzado como mejora al estándar 802.11 original en 1999 y actualmente es uno de los más comerciales. Dentro de sus características técnicas podemos destacar que trabaja en la banda de frecuencias de 2.4 GHz con una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el método de acceso CSMA/CA⁹. Debido al espacio que ocupa este tipo de modulación la velocidad real de este protocolo es 5.9 Mbps sobre TCP¹⁰ y 7.1 Mbps sobre UDP¹¹. Aunque también utiliza una técnica de ensanchado de espectro basada en DSSS, en realidad la extensión 802.11b introduce CCK (Complementary Code Keying) para llegar a velocidades de 5,5 y 11 Mbps (tasa física de bit). El estándar también admite el uso de PBCC (Packet Binary Convolutional Coding) como opcional. Los dispositivos 802.11b deben mantener la compatibilidad con el anterior equipamiento DSSS especificado a la norma original IEEE 802.11 con velocidades de bit de 1 y 2 Mbps.

802.11g.- Este estándar fue lanzado y ratificado en el 2003 siendo el tercer estándar de modulación para el original 802.11, considerándolo en si una evolución de los dos protocolos anteriores. Se lo conoce como una evolución

⁸ OFDM "Orthogonal frequency-division multiplexing"

⁹ CSMA/CA "Acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones"

¹⁰ TCP "Protocolo de Control de Transmisión"

¹¹ UDP "User Datagram Protocol"

debido a sus características técnicas, este protocolo trabaja en la banda de 2.4 GHz, al igual que el protocolo 802.11b, pero opera a una velocidad máxima de 54 Mbps, como lo hace el protocolo 802.11a, aunque en promedio la velocidad real de transferencia llega a alcanzar velocidades de 22 Mbps. El desarrollo de este estándar fue guiado en hacerlo compatible con el **b**, aunque el estándar **g** reduce significativamente la velocidad de transmisión. La comercialización de este protocolo fue inmediata debido a sus características y su compatibilidad, actualmente se fabrican equipos bajo este protocolo con potencias hasta de medio vatio haciendo posible comunicaciones hasta de 50 Km con antenas parabólicas apropiadas.

Existen otros protocolos para el estándar 802.11 *legacy* y brevemente podemos recalcar sus características:

- 802.11g - 2.4GHz @54 Mbps
- 802.11c - Traslado a 802.1d
- 802.11d - Extensiones en otros dominios regulatorios.
- 802.11e - MAC Seguridad Mejorada/QoS
- 802.11f - Protocolo entre Puntos de Acceso
- 802.11h - Espectro Manejado @ 5GHz
- 802.11i - Seguridad Mejorada (TKIP y 802.1x)

En la siguiente tabla podremos observar las principales características de los protocolos más comerciales:

Tabla 2.1 Características protocolo 802.11

Descripción	802.11b	802.11a	802.11g
Banda de Frecuencia	2.4GHz	5GHz	2.4Ghz
Máxima Tasa de Información	11Mbps	54Mbps	54Mbps
Disponibilidad	En Todo el Mundo	Principalmente Estados Unidos	En todo el mundo

Descripción	802.11b	802.11a	802.11g
Fuentes de Interferencia	Teléfonos Inalámbricos, Bluetooth, etc.	Dispositivos HiperLan.	Teléfonos Inalámbrico, Bluetooth, etc.

WiFi 'b' y 'g' usan la banda de 2.45 GHz (la misma que Bluetooth, los microondas y muchos inalámbricos), y alcanza 40 metros en interiores y cerca de 100 en exteriores, aunque con antenas especiales se han conseguido enlaces punto a punto de más de 100 kilómetros. Por eso se puede decir que a menor frecuencia se alcanzara mayores distancias.

2.2.4 Elementos de una red Wi-Fi

Existen varios equipos importantes para la implementación de una red Wi-Fi, entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

Estación Base Inalámbrica: El PA inalámbrico cumple una función similar a la estación base de un teléfono sin hilos (o inalámbrico de uso domestico). Los dispositivos inalámbricos o clientes de la estación base se pueden comunicar con otros dispositivos conectados a la red, ya sean cableados o inalámbricos a través del PA.



Figura 2.6 Estación Base inalámbrica

Punto de Acceso inalámbrico o Access point: Sirve como lazo de unión entre los usuarios inalámbricos y la red cableada. Los clientes inalámbricos

se comunican con la red cableada y con otros clientes inalámbricos a través de un AP inalámbrico.



Figura 2.7 Access Point

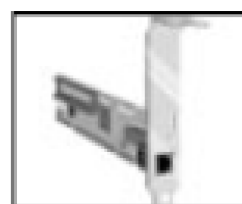
Adaptador De Red Inalámbrico: Las PCs conectadas a una red de modo inalámbrico requieren un adaptador de red, para establecer la comunicación con el PA y a través de él con todos los otros computadores en la red. Existen tres tipos de adaptadores: Adaptador tipo USB (a), Adaptador para computadoras portátiles (b) y Adaptador interno para PCs de escritorio (c)



(a)



(b)



(c)

Figura 2.8 a,b,c Adaptadores de red inalámbricos

Existen otros elementos opcionales para mejorar la calidad de la red Wi-Fi y podemos mencionar los siguientes:

Antenas Externas: Principalmente se la utiliza para aumentar el área de cobertura o mejorar la calidad de la señal. También existen antenas de mayor direccionalidad aumentado el radio de propagación en una dirección específica.

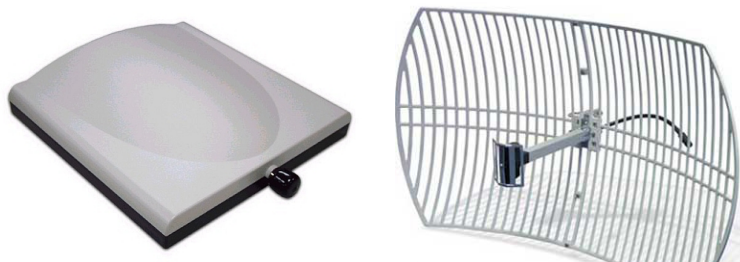


Figura 2.9 Antenas Externas

Amplificadores Externos: permiten aumentar la potencia transmitida y por consiguiente el área de cobertura.



Figura 2.10 Amplificadores Externos

Software y/o hardware de Gestión de Red: proporciona autorización de acceso seguro a la red, administración del ancho de banda y otras funciones de administración, mantenimiento y diagnóstico.

2.2.5 Ventajas y Desventajas de la red Wi-Fi

Las redes Wi-Fi poseen una serie de ventajas, entre las cuales podemos destacar:

- La comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un rango suficientemente amplio de espacio.

- Las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura
- La Wi-Fi Alliance asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wi-Fi es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología Wi-Fi con una compatibilidad total. Esto no ocurre, por ejemplo, en móviles.
- Pero como red inalámbrica, la tecnología Wi-Fi presenta los problemas, algunos de ellos son:
- La desventaja fundamental de estas redes existe en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su tarjeta Wi-Fi en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella. Las claves de tipo WEP son relativamente fáciles de conseguir con este sistema. La alianza Wi-Fi arregló estos problemas sacando el estándar WPA y posteriormente WPA2, basados en el grupo de trabajo 802.11i. Las redes protegidas con WPA2 se consideran robustas dado que proporcionan muy buena seguridad. De todos modos muchas compañías no permiten a sus empleados tener una red inalámbrica ya que sigue siendo difícil para lo que representa la seguridad de una empresa estar "seguro". Uno de los puntos débiles (sino el gran punto débil) es el hecho de no poder controlar el área que la señal de la red cubre, por esto es posible que la señal exceda el perímetro del edificio y alguien desde afuera pueda visualizar la red y esto es sin lugar a dudas una mano para el posible atacante.
- Una de las desventajas que tiene el sistema Wi-Fi es la pérdida de velocidad en comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- Hay que señalar que esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, UMTS, etc.

2.3 WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

2.3.1 Introducción

Interpolación Mundial para acceso por Microondas, es la nueva generación de redes inalámbricas metropolitanas, también denotada como una norma para la transmisión mediante ondas de radio y centrada en la última milla para delimitar el alcance de las comunicaciones inalámbricas, permite la recepción de datos por microonda y retransmisión por ondas de radio basándose en el protocolo 802.16 MAN - Metropolitan Area Network, Red de Área Metropolitana.

Proporciona acceso compartido con varias repetidoras de señal superpuestas, garantizando cobertura total en un área de hasta 50 Km de radio con velocidades máximas de 70 Mbps utilizando tecnologías que no requieren de línea de vista con las estaciones bases, en otras palabra se puede decir que WiMAX es una evolución de Wi-Fi

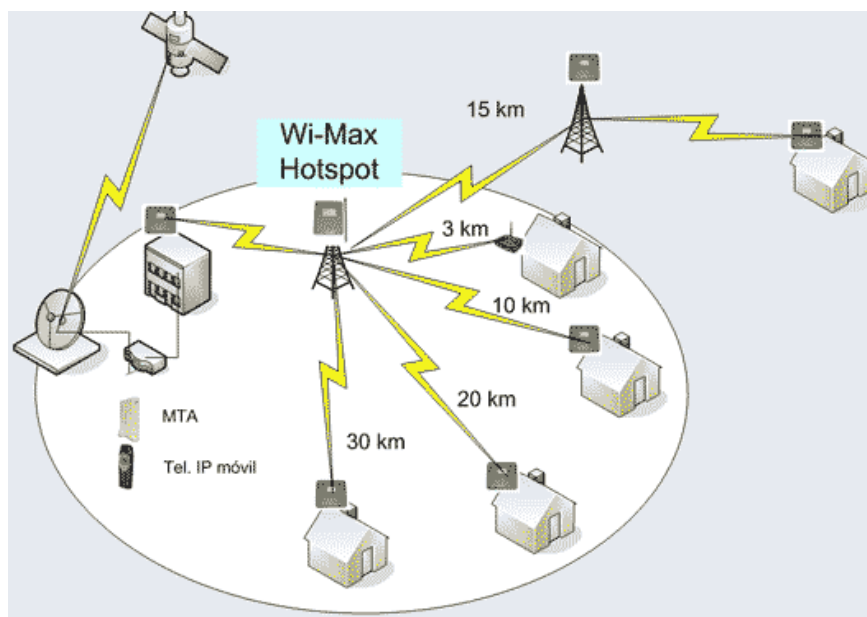


Figura 2.11 Red WiMAX

2.3.2 Evolución de WiMAX

La evolución de WiMAX se basa en el proceso de creación del estándar IEEE802.16; a pesar de que se presentaron proyectos para la creación de este estándar hace varios años no fue hasta abril de 2002 en donde se aprobó y se lanzó la primera versión del mismo, esta primera aplicación abarcaba a los enlaces de radio fijos con visión directa (LoS) entre transmisor y receptor, utilizando eficientemente varias frecuencias dentro de la banda de 10 a 66 GHz.

WiMAX comienza a tomar relevancia dentro de las redes de banda ancha inalámbricas con el lanzamiento de su nueva versión en marzo de 2003 con el nombre de IEEE 802.16a, también toma en cuenta los enlaces fijos pero extiende su rango de alcance desde 40 a 70 Km, operando en las bandas de 2 a 11 GHz las cuales parte de estas no requieren licencia para su operación.

A partir de la norma IEEE 802.16a se han realizado estudios y nuevas aprobaciones por parte del WiMAX Forum dando como resultado las siguientes versiones de este estándar de las cuales podremos resaltar las últimas adaptaciones realizadas que son IEEE 802.16g y IEEE 802.16e. Las principales características de estas versiones incluyen la conexión de banda ancha nómada para elementos portables del estilo a notebooks permitiendo así desplazarse mientras se navega en la red en tiempo real.

2.3.3 Estándar IEEE 802.16

La evolución de la tecnología WiMAX es en sí la generación del estándar 802.16 de la IEEE, se han realizado varias correcciones desde su lanzamiento pero las versiones más importantes son las que se enfocan a las características de acceso, tanto fijo como móvil, a esta tecnología. Estas adaptaciones son: para fijo la 802.16-2004 y para acceso móvil la 802.16e

Estándar 802.16-2004.-

IEEE 802.16-2004 es una tecnología reciente de acceso inalámbrico fijo, lo que significa que está diseñada para servir como una tecnología de reemplazo del DSL inalámbrico, para competir con los proveedores de cable de banda ancha o DSL, o para proveer un acceso básico de voz y banda ancha en áreas donde no existe ninguna otra tecnología de acceso. El 802.16-2004 también 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 general, el CPE (Equipo de Usuario) consiste de una unidad exterior (antena, etc.) y un módem interior, lo que significa que se requiere que un técnico logre que un abonado residencial o comercial esté conectado a la red. En ciertos casos, puede usarse una unidad interior autoinstalable, en particular cuando el abonado está relativamente cerca de la estación base transmisora.

Además, los CPE autoinstalables deberían hacer que el 802.16-2004 fuera económicamente más viable ya que una gran parte del costo de adquisición del cliente (instalación; CPE) se reduce en forma drástica. Aunque es técnicamente posible designar una tarjeta de datos del 802.16-2004, los dispositivos portátiles con una solución 802.16-2004 incorporada no parecen ser una prioridad principal dentro de la industria en este momento.

La versión fija del estándar WiMAX fue aprobada en junio de 2004, aunque la prueba de interoperabilidad no comenzará hasta más adelante en 2005.

Estándar IEEE802.16e.-

IEEE 802.16e Está diseñado para ofrecer una característica clave de la que carece el 802.16-2004: portabilidad y, con el tiempo, movilidad a toda escala. Este estándar requiere una nueva solución de hardware/software ya que no es compatible con el anterior 802.16-2004, lo cual no es necesariamente algo bueno para los operadores que están planeando desplegar el .16-2004 y luego ascender al .16e. Otra importante diferencia entre los estándares .16-2004 y .16e es que el estándar .16-2004 está basado, en parte, en una serie de soluciones inalámbricas fijas comprobadas, aunque patentadas; por lo tanto, existen grandes probabilidades de que la tecnología alcance sus metas de rendimiento establecidas. El estándar .16e, por otro lado, trata de incorporar una amplia variedad de tecnologías propuestas, algunas más comprobadas que las otras. En virtud de que sólo ha habido una sola justificación modesta de características propuestas, sobre la base de datos de rendimiento, y la composición final de estas tecnologías no ha sido determinada por completo, es difícil saber si una característica en particular mejorará el rendimiento.

Desde una perspectiva de los tiempos, el estándar 802.16e fue programado para ser aprobado a mediados del 2005. Sin embargo, esa fecha ahora ya ha pasado y, al parecer, será aprobado más adelante este año. Varios vendedores están prometiéndolo pruebas de campo y de mercado a principios de 2006, es demasiado temprano para decir cuándo estará lista la tecnología para despliegues comerciales.

2.3.4 Características Estándar IEEE 802.16

Tabla 2.2 Características Estándar 802.16

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bit	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	Igual que 802.16a
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Radio de celda típico	2 - 5 km aprox.	5 - 10 km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 - 5 km aprox.

Características Principales:

- Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz
- Utiliza modulaciones OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) con 256 y 2048 portadoras respectivamente, que permiten altas velocidades de transferencia incluso en condiciones poco favorables. Esta técnica de modulación es la que también se emplea para la TVdigital, sobre cable o satélite, así como para Wi-Fi (802.11a) por lo que está suficientemente probada.
- Incorpora soporte para tecnologías “smart antenas” que mejoran la eficiencia y la cobertura. Estas antenas son propias de las redes celulares de 3G, mejorando la red espectral, llegando así a conseguir el doble que 802.1

- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.
- Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas, siendo independiente de protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios simultáneamente ofreciendo Calidad de Servicio (QoS) en 802.16e, por lo cual resulta adecuado para voz sobre IP (VoIP), datos y vídeo.
- También, se contempla la posibilidad de formar redes malladas (*mesh networks*) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entres sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.
- En la seguridad tiene medidas de autenticación de usuarios y la encriptación de datos.

2.3.5 Comparativa entre WI-Fi y WiMAX

Antes de comenzar a realizar una comparación entre estas dos tecnologías es necesario entender que WiMAX no fue creada para competir con Wi-Fi sino más bien para ser un complemento a esta última en aquellas falencias que Wi-Fi presenta. La primera norma inalámbrica (802.11) fue desarrollada para ofrecer una conexión Ethernet inalámbrica como alternativa al cableado estructurado de las redes LAN, por ella la certificación Wi-Fi fue elaborada para procurar la interacción entre equipos de diferentes fabricantes.

Wi-Fi fue diseñado para ambientes inalámbricos internos y las capacidades sin línea de vista (NLOS) son posibles únicamente para unos pocos metros. A pesar de este diseño y de todas las limitaciones, había muchos proveedores de Internet (ISP) que implementaban radios Wi-Fi para servicio de Última Milla. Debido al diseño de Wi-Fi, los servicios en estas

redes eran bastante limitados. En los últimos años hemos visto mucho desarrollo en Wi-Fi y Ethernet para adaptarse a los cambios en las redes de datos. Esto incluye mejor seguridad (encriptación), redes virtuales (VLAN), y soporte básico para servicios de voz (QoS).

En conclusión, Wi-Fi fue diseñado para redes locales (LAN) para distancias cortas dentro de una oficina.

WiMAX está basado en la norma 802.16, la cual fue diseñada específicamente como una solución de Última Milla, y enfocada en los requerimientos para prestar servicio a nivel comercial. Para empezar, su diseño contempla la necesidad de varios protocolos de servicio.

Una conexión WiMAX soporta servicios paquetizados como IP (Internet Protocol) y voz sobre IP (VoIP), como también servicios conmutados (TDM¹²), E1/T1 y voz tradicional (clase-5); también soporta interconexiones de ATM¹³ y Frame Relay.¹⁴

Un radio WiMAX tiene la capacidad de entregar varios canales de servicio desde la misma conexión física. Esto permite que múltiples suscriptores estén conectados al mismo radio (CPE); cada uno con una conexión privada con el protocolo y nivel de servicio que éste requiera. Esta solución garantiza tener múltiples suscriptores que se encuentran en un mismo edificio (MDU). Adicionalmente a los servicios que WiMAX puede ofrecer, la tecnología de transmisión OFDM es una solución robusta para operar en condiciones donde no hay línea de vista (N-LOS) a distancias de varios kilómetros. Esto es un requerimiento obligatorio para un caso de negocios de servicio inalámbrico en la Última Milla. WiMAX y Wi-Fi son soluciones complementarias para dos aplicaciones bastante diferentes. WiMAX fue diseñado para redes metropolitanas (MAN), también conocido

¹² TDM Multiplicación por división de tiempo

¹³ ATM Modo de transferencia asíncrono

¹⁴ Frame Relay Comunicación mediante retransmisión de tramas

como “Última Milla”. Wi-Fi fue diseñada para redes locales (LAN), también conocido como “Distribución en Sitio”.

A continuación se muestra las diferencias más relevantes entre estas dos tecnologías:

Tabla 2.3 Diferencias entre Wi-Fi y WiMAX

	WiMaX 802.16	Wi-Fi 802.11
Velocidad	124Mbit/s	11-54Mbit/s
Cobertura	40-70Km	300m
Licencia	Si/No	No
Ventajas	Velocidad y alcance	Velocidad y precio
Desventajas	Interferencias	Bajo alcance

CAPITULO III

ESTUDIO DE DEMANDA

3.1. REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS

Las Unidades Educativas que conforman la red de Olmedo no tienen alguna posibilidad inminente de satisfacer una necesidad de comunicación y provisión de servicios básicos ya que se encuentran en una zona hasta el momento totalmente olvidada.

El principal servicio que se desea proveer es el de acceso a Internet, y con esto mejorar en lo que cabe el funcionamiento del sistema educativo público que antiguamente por distintas circunstancias político administrativas, no se había podido culminar este tipo de proyectos. A continuación se detalla más a fondo cada uno de estos servicios:

Acceso al Internet.- Asumiendo que se contrata 2 Mbps, podemos afirmar que cada laboratorio contará con un acceso al Internet dependiendo de los requerimientos que tenga cada establecimiento. Además la disponibilidad de este enlace es de el numero de horas laborables en la escuela, siete días a la semana.

E-Learnin .- Uno de los objetivos es disminuir la brecha digital no solo mediante la ampliación del acceso al Internet sino mediante proyectos o

aplicaciones que den uso efectivo de esta herramienta. E-Learning, educación a distancia y educación asistida digital, también puede ser aprovechado, ya que se puede llegar a información importante de una manera rápida y eficaz.

Videoconferencias entre Laboratorios y hacia el Internet.- Si bien el acceso al Internet es de 2 Mbps clear channel, el ancho de banda existente entre laboratorios es mucho mayor. Al contar con un ancho de banda mayor a 2 Mbps en la red metropolitana es perfectamente posible realizar videoconferencias de excelente calidad entre laboratorios y telecentros. Las videoconferencias hacia el Internet dependerán de la calidad del enlace del ISP¹⁵, pero con la activación de QoS¹⁶ en las estaciones WiFi se puede garantizar un ancho de banda mínimo para realizar videoconferencias de calidad aceptable.

3.2 ESTUDIO DE CAMPO

Mediante la visita de cada uno de los sitios que forman parte de la red se tomó información de la ubicación geográfica así como del estado de las instalaciones y servicios con los que cuentan cada punto.

La ubicación de cada punto se la realizó mediante la medición de las coordenadas geográficas a través de un GPS.

Las coordenadas obtenidas permitieron que se pueda analizar más a fondo el tipo de tecnología a utilizarse de acuerdo a la situación geográfica de cada punto.

También se realizó la inspección de los espacios destinados a la instalación de las computadoras las cuales se utilizara el servicio de Internet, para definir el número de computadoras ha ser utilizadas y los requerimientos en

¹⁵ Internet Service Provider

¹⁶ Quality of Service (Calidad de Servicio)

cuanto al ancho de banda que cada centro educativo necesita, así como el número de alumnos con los que cuenta cada institución.

Los datos tomados en las visitas se detallan en el ANEXO 1, con el nombre de la escuela, Cantón, Parroquia, Localidad, Recinto, nombre del director, teléfono de contacto, número de profesores, número de estudiante, línea telefónica en la escuela, características del laboratorio y fotos que nos mostrarán el estado de las instalaciones.

3.3 SELECCIÓN DE LOCALIDADES BENEFICIARIAS / INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

Las localidades donde se instalará el servicio están ubicadas en sectores rurales y urbanos marginales de la Provincia de Manabí.

Estos sitios han sido escogidos en función de su déficit de servicios, población y ubicación geográfica.

Como es de conocimiento general el Cantón de Olmedo es uno de los cantones con más bajo recursos económicos de la provincia de Manabí es por eso que se está dando prioridad a este tipo de proyectos.

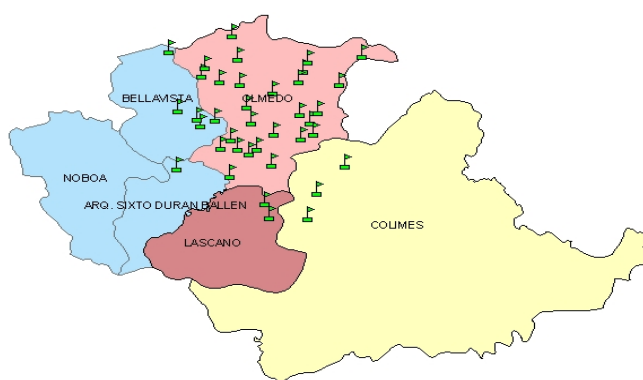


Figura. 3.1. Mapa referencial del Cantón Olmedo, Provincia de Manabí y ubicación general de las escuelas

3.3.1 Datos Socio Económicos del Cantón Olmedo

El Sistema Integrado de Indicadores Sociales (SIISE), es el primer sistema computarizado de información social del país, es por eso que ha sido una fuente óptima de información la cual ha permitido que se pueda tener una idea más profunda de algunos puntos tanto sociales como económicos de manera sencilla permitiendo un acceso rápido a la información ya sea por temáticas o según unidades territoriales.

Los indicadores sociales fueron elaborados a partir de las principales fuentes de información estadística del país: censos, encuestas nacionales y sistemas administrativos públicos. Los datos se encuentran desglosados según la división política del país, campo y ciudad; condición étnica, sexo, edad, situación económica, etc.

La forma de representación de los indicadores para el Cantón Olmedo es mediante porcentajes. A continuación los indicadores sobre la educación de la población en esta zona, desglosándola tanto para hombres como para mujeres.

Tabla. 3.1 Indicador de Educación en Cantón Olmedo

Sector/Indicador	Medida	Cantón Olmedo
EDUCACIÓN-POBLACIÓN		
Analfabetismo	%(15 años y más)	22,2
Analfabetismo-Hombres	%(15 años y más)	21,3
Analfabetismo-Mujeres	%(15 años y más)	23,2
Analfabetismo Funcional	%(15 años y más)	43,2
Analfabetismo Funcional Hombres	%(15 años y más)	42,2
Analfabetismo Funcional Mujeres	%(15 años y más)	44,3
Escolaridad	Años de estudio	3,9
Escolaridad-Hombres	Años de estudio	4
Escolaridad-Mujeres	Años de estudio	3,8

Sector/Indicador	Medida	Cantón Olmedo
EDUCACIÓN-POBLACIÓN		
Primaria Completa	%(12 años y más)	31,5
Secundaria Completa	%(18 años y más)	4,5
Instrucción Superior	%(24 años y más)	2,8

Fuente: SIISE 4.5

Un termino nuevo que se encuentra es el analfabetismo funcional lo cual se denomina a la condición de las personas que no pueden entender lo que leen, o que no se pueden dar a entender por escrito, o que no pueden realizar operaciones matemáticas elementales. Para propósitos de medición, se considera como analfabetos funcionales a aquellas personas que han asistido a la escuela primaria tres años o menos.

Para cálculos tenemos la siguiente ecuación

% de analfabetos funcionales =

$$\frac{\text{número de personas con 3 años o menos de primaria en el año } t}{\text{total de personas de la edad de referencia en el año } t} \times 100$$

Para la media de este índice tenemos vemos que el número de personas de 15 años cumplidos y más que tienen tres años o menos de escolaridad primaria (nivel 1 según la CINE), expresado como porcentaje de la población total de dicha edad.

Del análisis de la tabla 3.1, podemos indicar que existe un muy alto índice de analfabetismo (aproximadamente un 60%), lo que implica la imperiosa necesidad de contar con programas modernos que faciliten el proceso de enseñanza – aprendizaje. Este proyecto en sus metas plantea las mejoras a los procesos de aprendizaje, ratificándose con esta estadística la meta planteada.

En la tabla 3.2, se verifica que la pobreza es uno de los factores por los cuales la mayoría de la población no puede cubrir las necesidades básicas peor, acceder a computadores e Internet.

Tabla. 3.2 Indicador de Pobreza

Sector/Indicador	Medida	Cantón Olmedo
POBREZA		
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas(NBI)	%(población total)	94,4
Extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas(NBI)	%(población total)	75,3
Personas que habitan viviendas con características físicas inhabitables	%(población total)	68,7
Personas que habitan viviendas con servicios inadecuados	%(población total)	89,1
Personas en hogares con alta dependencia económica	%(población total)	17,6
Personas en hogares con niños que no asisten a la escuela	%(población total)	13,9
Incidencia de la pobreza de consumo	%(población total)	68,2
Incidencia de la extrema pobreza de consumo	%(población total)	25,8

Fuente: SIISE 4.5

De la Tabla 3.2, se desprende el altísimo índice de pobreza generalizada así como de pobreza extrema, por lo que este proyecto, al realizarse para el FODETEL, es necesario aportar con estas observaciones para que el mismo pueda ser implementado y se colabore para mejorar estos índices tan altos.

Esta población ha vivido transformaciones importantes durante la presente década. Es por esto que es necesario un nuevo empadronamiento, para contar con datos actuales y desagregados sobre la estructura, crecimiento y distribución

de la población y sus principales características demográficas, económicas y sociales.

Esta información es imprescindible para planificar la oferta de los servicios básicos. Servirá también para sustentar los estudios socioeconómicos que requieren los sectores público y privado.

Tabla. 3.3 Indicador de Población

Sector/Indicador	Medida	Cantón Olmedo
POBLACIÓN-DINÁMICA DEMOGRAFICA		
Población (habitantes)	Número	9,243
Población -hombres	Número	4,821
Población -mujeres	Número	4,422
Población -menores a un año	Número	236
Población 1 a 9 años	Número	2,016
Población 30 a 49 años	Número	1,942
Población de 65 y más años	Número	683
Población afroecuatoriana	Número	44
Población Indígena	Número	49
Población mestiza	Número	9,078
Población blanca	Número	72

Fuente: SIISE 4.5

En la tabla 3.4 se realizó una comparación de algunos indicadores socio-económicos de los cantones con el índice más alto de pobreza en la provincial de Manabí.

Tabla. 3.4 Comparación de Indicadores en los Cantones de Manabí con mayor pobreza

Sector/Indicador	Medida	Cantón Olmedo	Cantón Paján	Cantón Pichincha	Cantón Santa Ana
EDUCACIÓN-POBLACIÓN					
Analfabetismo	%(15 años y más)	22,2	24,2	19,6	19,8
Analfabetismo-Hombres	%(15 años y más)	21,3	22,1	20	19,7
Analfabetismo-Mujeres	%(15 años y más)	23,2	26,6	19,2	19,9
Analfabetismo-Funcional	%(15 años y más)	43,2	45,4	41,2	37,3
Analfabetismo Funcional Hombres	%(15 años y más)	42,2	44,4	41,6	37,9
Analfabetismo Funcional Mujeres	%(15 años y más)	44,3	46,5	40,7	36,6
Escolaridad	Años de estudio	3,9	3,7	3,9	4,3
Escolaridad-Hombres	Años de estudio	4	3,8	3,9	4,2
Escolaridad-Mujeres	Años de estudio	3,8	3,6	3,9	4,3
Primaria Completa	%(12 años y más)	31,5	29,6	30,4	41,6
Secundaria Completa	%(18 años y más)	4,5	5,3	4,1	7,9
Instrucción Superior	%(24 años y más)	2,8	3,5	2,9	5,1
POBREZA					
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas(NBI)	%(población total)	94,4	92,1	93,4	88,1
Extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas(NBI)	%(población total)	75,3	74,5	71,7	66,7
Personas que habitan viviendas con características físicas inhabitables	%(población total)	68,7	60,5	51,1	57,5
Personas que habitan viviendas con servicios inadecuados	%(población total)	89,1	85,1	88,8	80,3
Personas en hogares con alta dependencia económica	%(población total)	17,6	16,8	16,8	15,1
Personas en hogares con niños que no asisten a la escuela	%(población total)	13,9	13,8	19,5	13,7
Incidencia de la pobreza de consumo	%(población total)	68,2	51,5	84,7	78

Sector/Indicador	Medida	Cantón Olmedo	Cantón Paján	Cantón Pichincha	Cantón Santa Ana
POBREZA					
Incidencia de la extrema pobreza de consumo	%(población total)	25,8	14,6	48,2	39,9
POBLACIÓN-DINÁMICA DEMOGRAFICA					
Población (habitantes)	Número	9,243	35,952	29,945	45,287
Población -hombres	Número	4,821	18,964	15,559	23,324
Población -mujeres	Número	4,422	16,988	14,386	21,963
Población -menores a un año	Número	236	740	831	1,06
Población 1 a 9 años	Número	2,016	7,778	7,169	9,932
Población 30 a 49 años	Número	1,942	7,02	6,056	9,234
Población de 65 y más años	Número	683	3,299	1,526	3,608
Población afroecuatoriana	Número	44	974	707	488
Población Indígena	Número	49	350	213	331
Población mestiza	Número	9,078	33,485	29,274	42,424
Población blanca	Número	72	933	721	1,977

Fuente: SIISE 4.5

3.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOREFENCIADA DE LAS UNIDADES EDUCATIVAS

Aquí se indica varios datos de los establecimientos que serán beneficiados.

La determinación de la ubicación geográfica se la realizó mediante la medición de las coordenadas geográficas de cada punto a través de un GPS, con estos datos fue posible definir los tipos de medios físicos de comunicación a implementar para de esta manera seleccionar la tecnología más apropiada a utilizar de acuerdo a la situación geográfica de cada punto.

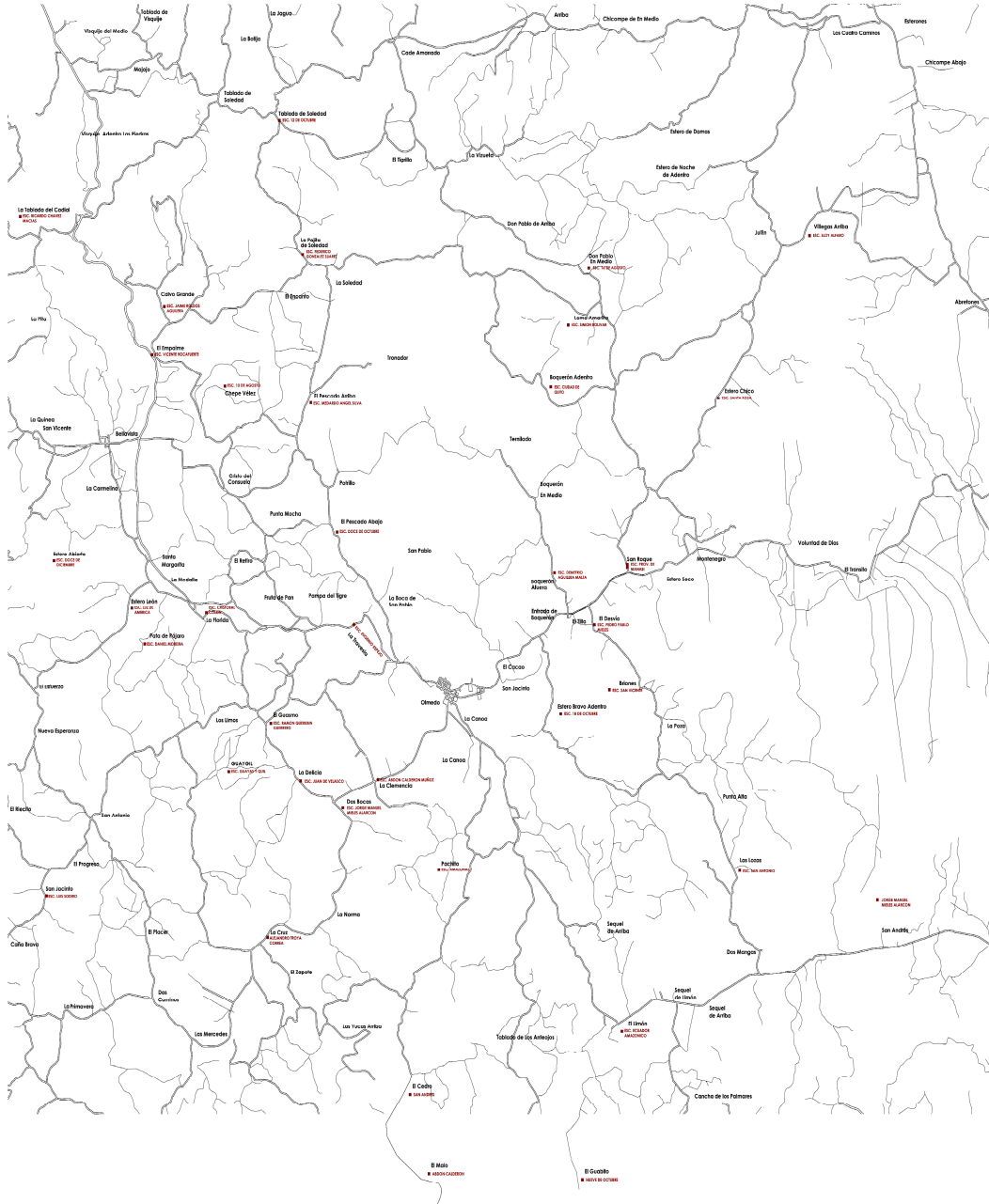
Tabla. 3.5 Ubicación Georeferenciada de las localidades a ser beneficiadas.

CODIGO	Beneficiario	Provincia	Cantón	Latitud	Longitud
O1	12 de Octubre	Manabí	Olmedo	-1,283600331	-80,24658797
O2	Ricardo Chávez Macias	Manabí	Olmedo	-1,301295346	-80,30365439
O3	ELOY ALFARO	Manabí	Olmedo	-1,306272068	-80,12913731
O4	Federico González Suárez	Manabí	Olmedo	-1,309036914	-80,24127946
O5	16 DE AGOSTO	Manabí	Olmedo	-1,312244136	-80,17790919
O6	JAIME ROLDOS AGUILERA	Manabí	Olmedo	-1,318522762	-80,27182462
O7	Simón Bolívar	Manabí	Olmedo	-1,322861144	-80,18244354
O8	Vicente Rocafuerte	Manabí	Olmedo	-1,327640208	-80,27449539
O9	10 de Agosto	Manabí	Olmedo	-1,33362641	-80,2582866
O10	CIUDAD DE QUITO	Manabí	Olmedo	-1,334363174	-80,18626798
O11	Santa Rosa	Manabí	Olmedo	-1,336941845	-80,14915353
O12	Medarlo Ángel Silva	Manabí	Olmedo	-1,337033941	-80,23931494
O13	LUIS ARBOLEDA MARTINEZ	Manabí	Olmedo	-1,345833333	-80,20944444
O14	12 de Octubre	Manabí	Olmedo	-1,361491733	-80,23336837
O15	Doce de Diciembre	Manabí	Olmedo	-1,366430431	-80,29595687
O16	Provincia de Manabí	Manabí	Olmedo	-1,368234956	-80,16916528
O17	Demetrio Agujera M.	Manabí	Olmedo	-1,369564606	-80,18521605
O18	LUZ DE AMERICA	Manabí	Olmedo	-1,375643004	-80,2787664
O19	Cristóbal Colon	Manabí	Olmedo	-1,376592753	-80,26224076
O20	Eugenio Espejo	Manabí	Olmedo	-1,379062103	-80,22956937
O21	Pedro Pablo Mieles	Manabí	Olmedo	-1,379536977	-80,17638338
O22	DANIEL MOREIRA	Manabí	Olmedo	-1,382386227	-80,27582218
O23	San Vicente	Manabí	Olmedo	-1,391883724	-80,17296428

CODIGO	Beneficiario	Provincia	Cantón	Latitud	Longitud
O24	Jardín: Pulgarcito	Manabí	Olmedo	-1,391944444	-80,20861111
O25	Simón Rodríguez	Manabí	Olmedo	-1,391944444	-80,20861111
O26	José Joaquín De Olmedo	Manabí	Olmedo	-1,391944444	-80,20861111
O27	12 de Diciembre	Manabí	Olmedo	-1,391944444	-80,20861111
O28	18 de Octubre	Manabí	Olmedo	-1,396347547	-80,18379143
O29	Ramón Querubín Guerrero	Manabí	Olmedo	-1,397582222	-80,24789954
O30	Guayas y Quil	Manabí	Olmedo	-1,406683522	-80,25712015
O31	Abdón Calderón Muñoz	Manabí	Olmedo	-1,408485572	-80,22405645
O32	Juan de Velasco	Manabí	Olmedo	-1,408563922	-80,2412151
O33	Jorge Manuel Mieles Alarcón	Manabí	Olmedo	-1,413656672	-80,2318131
O34	Amazonas	Manabí	Olmedo	-1,425601341	-80,21052775
O35	San Antonio	Manabí	Olmedo	-1,426209635	-80,14398047
O36	Luis Sodiro N.-12	Manabí	Olmedo	-1,429953472	-80,29739205
O37	Alejandro Troya	Manabí	Olmedo	-1,438023522	-80,2484233
O38	Ecuador Amazónico	Manabí	Olmedo	-1,456380978	-80,16989376
O39	San Andrea # 1	Manabí	Olmedo	-1,467938549	-80,21673234
O40	Abdón Calderón	Manabí	Olmedo	-1,48302422	-80,21259594
O41	Nueve de octubre	Manabí	Olmedo	-1,484362465	-80,17840986

El siguiente mapa topográfico indica la ubicación de las escuelas del Cantón de Olmedo.

Olmedo



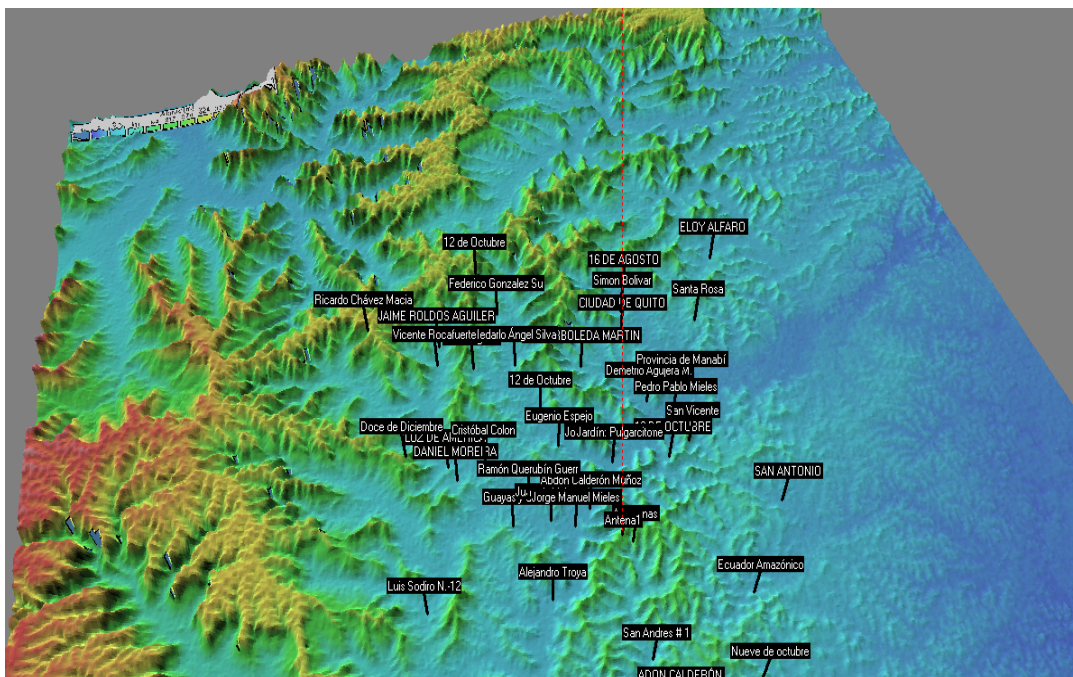


Figura. 3.4. Mapa 3D con los puntos de la Red .

3.5 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE OPERADORES EN LA ZONA DE INFLUENCIA

Existen varias operadoras que son las principales en el país, mas no todas pueden prestar un servicio a la mayoría de provincias, es por eso que en la siguiente tabla se detalla las operadoras que trabajan brindando telefonía fija.

Tabla. 3.6 Operadoras de Telefonía Fija por Provincia.

LÍNEAS DE TELEFONÍA FIJA INSTALADAS EN EL ECUADOR (Diciembre 2007)						
PROVINCIA	OPERADORA	Líneas principales				TOTAL POR PROVINCIA
		Abonados	Servicio	Teléfonos Públicos	Total	
AZUAY	PACIFICTEL S.A.(1)	17.711	99	0	17.810	124.987
	ETAPA S.A.(2)	105.807	560	554	106.921	
	ETAPATELECOM	252	0	4	256	
BOLÍVAR	ANDINATEL S.A.	13.530	85	139	13.754	13.754
CAÑAR	PACIFICTEL S.A.	18.846	92	10	18.948	19.075
	ETAPATELECOM	127	0	0	127	
CARCHI	ANDINATEL S.A.	17.511	79	199	17.789	17.789
CHIMBORAZO	ANDINATEL S.A.	41.682	211	338	42.231	42.231
COTOPAXI	ANDINATEL S.A.	34.609	138	332	35.079	35.079
EL ORO	PACIFICTEL S.A.	49.000	174	2	49.176	49.176
ESMERALDAS	ANDINATEL S.A.	32.776	107	416	33.299	33.299
GALÁPAGOS	PACIFICTEL S.A.	3.924	47	0	3.971	3.971
GUAYAS	PACIFICTEL S.A.	466.105	2.160	41	468.306	480.692
	SETEL S.A.	7.287	24	316	7.627	
	ECUTEL S.A.	650	52	94	796	
	ETAPATELECOM	223	0	0	223	
	LINKOTEL S.A.(3)	3.649	0	91	3.740	
IMBABURA	ANDINATEL S.A.	47.984	165	486	48.635	48.635
LOJA	PACIFICTEL S.A.	40.796	215	323	41.334	41.334
LOS RÍOS	PACIFICTEL S.A.	32.716	171	5	32.892	32.892
MANABÍ	PACIFICTEL S.A.	70.360	391	1	70.752	70.752
MORONA SANTIAGO	ANDINATEL S.A.(4)	901	11	3	915	9.028
	PACIFICTEL S.A.(5)	8.083	30	0	8.113	
NAPO	ANDINATEL S.A.	5.800	42	110	5.952	5.952
ORELLANA	ANDINATEL S.A.	5.388	24	93	5.505	5.505
PASTAZA	ANDINATEL S.A.	8.611	31	156	8.798	8.798
PICHINCHA	ANDINATEL S.A.	638.314	1.810	5.509	645.633	651.775
	SETEL S.A.	5.377	23	706	6.106	
	ECUTEL S.A.	28	0	8	36	
SANTO DOMINGO	ANDINATEL S.A.	47.608	142	370	48.120	48.120
SUCUMBÍOS	ANDINATEL S.A.	7.830	27	219	8.076	8.076
TUNGURAHUA	ANDINATEL S.A.	66.349	236	499	67.084	67.084
ZAMORA CHINCHIPE	PACIFICTEL S.A.	4.961	22	63	5.046	5.046
TOTAL A NIVEL NACIONAL		1.804.795	7.168	11.087	1.823.050	1.823.050

Fuente: www.supertel.gov.ec/

(1) No incluye Cuenca

(2) Sólo Cuenca

- (3) Sólo Guayaquil
- (4) Sólo Palora
- (5) No incluye Palora

Las Líneas de Abonado constituyen las líneas telefónicas instaladas para el servicio residencial(A y B) y Comercial (C).

Las Líneas de Servicio constituyen las líneas telefónicas que tiene instaladas una empresa para su propio uso.

Las Líneas Principales son el total de líneas de Abonados, de servicio, y de teléfonos públicos.

3.5.1 CNT

Con respecto a la operadora de telefonía fija, la cobertura que tiene en Manabí es solo para pocos lugares.

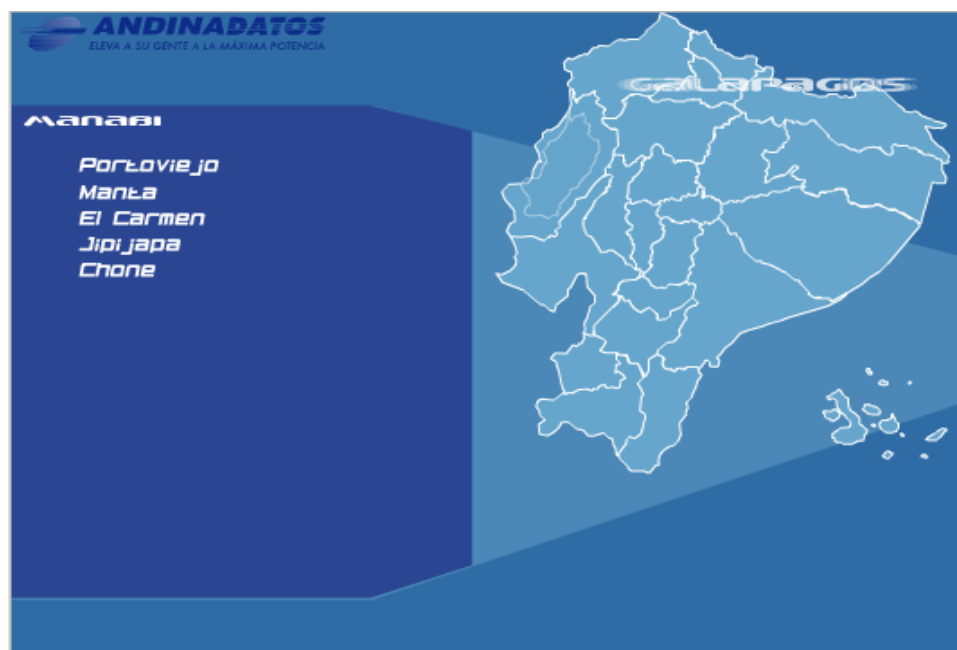


Figura. 3.5. Cobertura de CNT (Ex – ANDINATEL) en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí

Tabla. 3.7 Cobertura de CNT (Ex – PACIFICTEL) en la Provincia de Manabí.

MANABI			
Portoviejo	Crucita	Junín	Rocafuerte
Bahía de Caráquez	Charapotó	Manta	San Vicente
Calceta	Chone	Montecristi	Santa Ana
Calderón	El Carmen	Paján	Sucre
Campuzano	Jama	Pedernales	Tosagua
Canuto	Jaramijó	Pichincha	-
Cojimíes	Jipijapa	Puerto López	-

Fuente: www.pacifictel.net/html/tarifas.htm#

Para Telefonía Móvil tenemos tres operadoras que nos brindan este servicio, pero de igual manera, solo dos de ellas, llegan al Cantón de Olmedo.

Dependiendo de la Provincia varían el número de abonados en el País, aquí se presenta cifras mas detalladas acerca de esto.

Tabla. 3.8 Abonados de Operadoras de Telefonía Móvil en Ecuador.

ABONADOS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL ECUADOR (Diciembre 2007)				
PROVINCIA	CONECEL	OTECEL	TELECSA	TOTAL
AZUAY	260.784	160.953	19.066	440.803
BOLÍVAR	0	2.890	533	3.423
CAÑAR	43.102	75.921	794	119.817
CARCHI	26.311	4.073	243	30.627
CHIMBORAZO	0	32.851	3.096	35.947
COTOPAXI	82.146	43.175	1.812	127.133
EL ORO	210.674	78.965	7.928	297.567
ESMERALDAS	81.472	22.868	2.614	106.954
GALÁPAGOS	3.107	1.687	0	4.794
GUAYAS	3.089.619	624.826	126.487	3.840.932
IMBABURA	40.339	99.502	8.718	148.559
LOJA	84.552	20.708	6.117	111.377
LOS RÍOS	224.861	21.063	797	246.721
MANABÍ	363.094	67.732	18.085	448.911
MORONA SANTIAGO	0	545	0	545
NAPO	11.331	12.903	0	24.234

PROVINCIA	CONECCEL	OTECCEL	TELECSA	TOTAL
ORELLANA	1.864	1.571	0	3.435
PASTAZA	0	5.127	0	5.127
PICHINCHA	2.180.632	1.180.996	244.120	3.605.748
STA ELENA	18.272	861	0	19.133
SANTO DOMINGO	105.971	1.561	0	107.532
SUCUMBÍOS	4.483	4.768	0	9.251
TUNGURAHUA	75.297	107.009	9.220	191.526
ZAMORA CHINCHIPE	0	9.881	0	9.881
TOTAL ABONADOS	6.907.911	2.582.436	449.630	9.939.977
TOTAL PREPAGO	765.346	2.178.658	403.200	3.347.204
TOTAL POSPAGO	6.142.565	403.778	46.430	6.592.773
TOTAL ABONADOS	6.907.911	2.582.436	449.630	9.939.977

Fuente: www.supertel.gov.ec

- La información es obtenida de los reportes mensuales de las empresas operadoras móviles.
- Debido al tipo de servicio y a la forma de registro diferente que posee cada una de las operadoras, las cifras no necesariamente representan la cobertura, así como tampoco representan el número de usuarios por localidad

Dependiendo de la operadora Móvil, el área de cobertura varía, es por esto que se buscó datos para mostrar cuales llegan a nuestra zona.

3.5.2 Movistar (OTECEL)

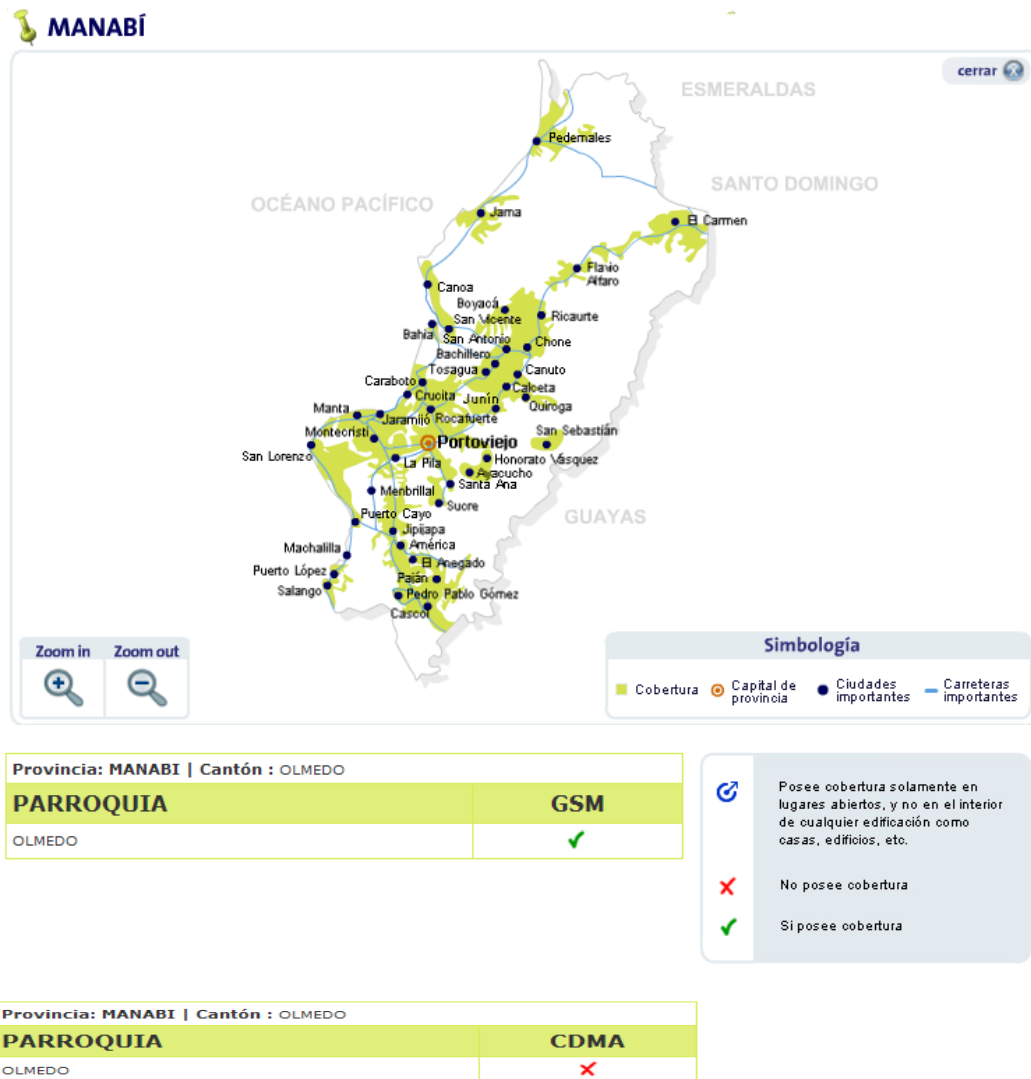


Figura. 3.6. Cobertura de OTECEL en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí

Indica que posee cobertura para Olmedo pero solo con Tecnología GSM mas no con CDMA.

3.5.3 Alegro (TELECSA)

Cobertura de la Provincia de Manabí con Tecnología GSM

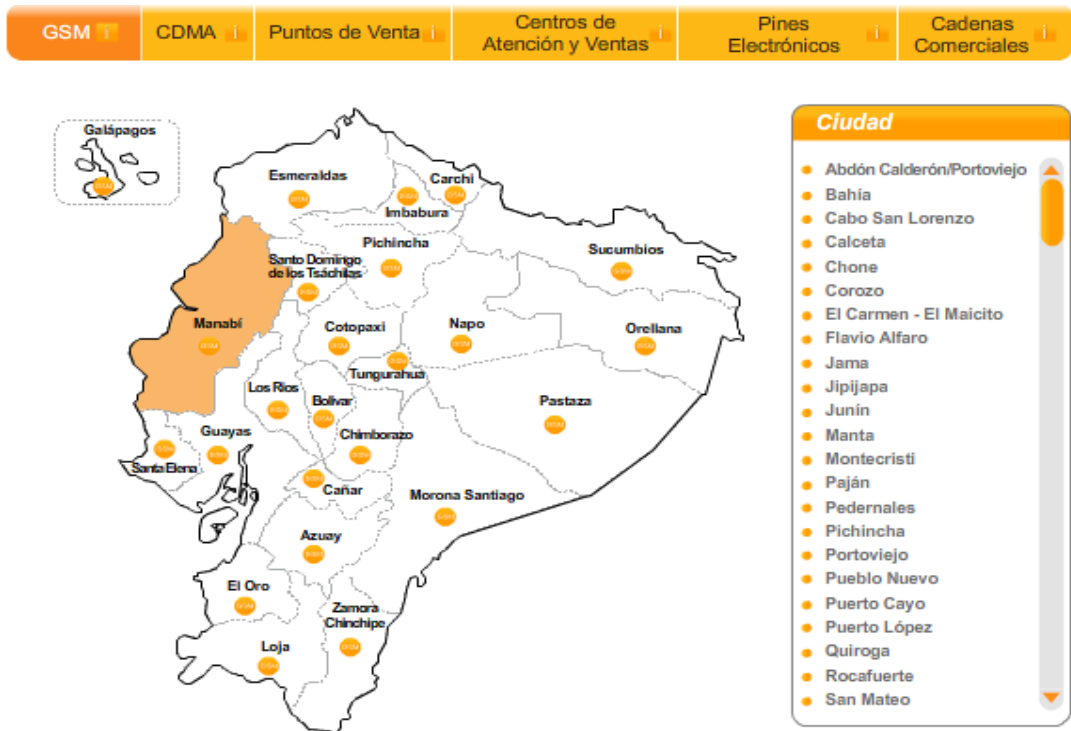


Figura. 3.7. Cobertura de TELECSA en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí

Cobertura de Alegro en la Provincia de Manabí con Tecnología CDMA.

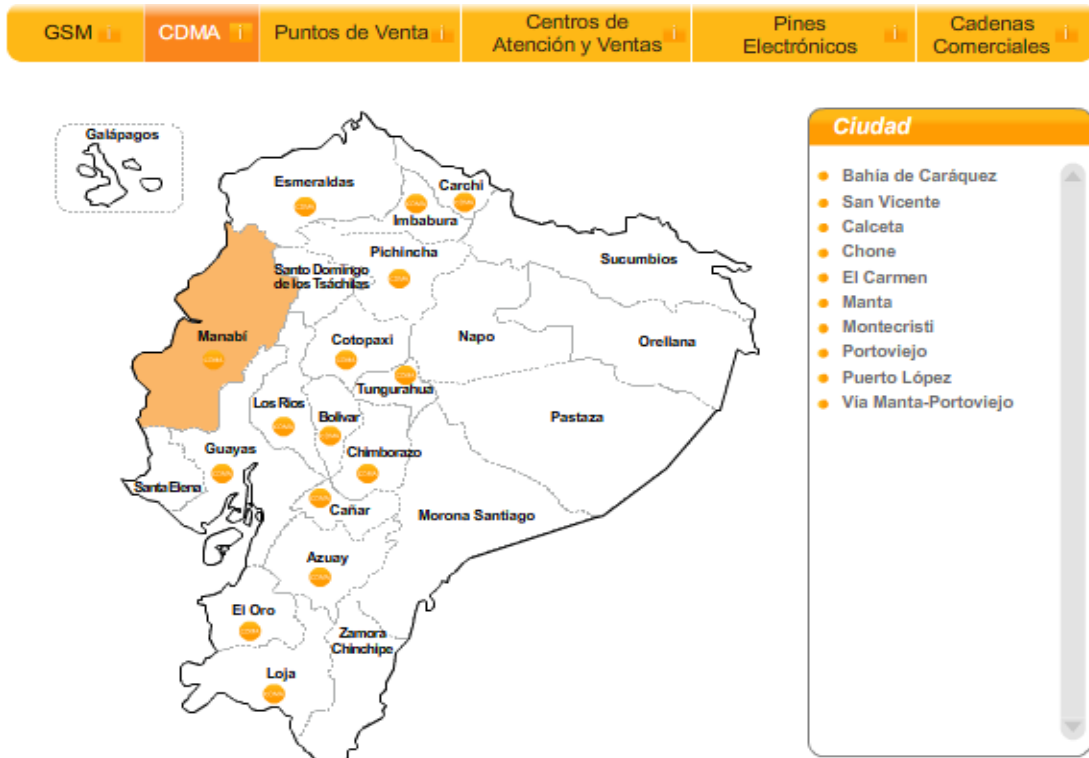


Figura. 3.8. Cobertura de OTECEL en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí

Como se indica en la Figura 3.7 y Figura 3.8, todavía no se puede llegar a la zona de interés con esta operadora, ya que aún no tiene infraestructura completa para abarcar algunos puntos.

3.5.4 PORTA (CONECEL)

Tabla. 3.9 Cobertura de CONECEL en el Cantón de Olmedo , Provincia de Manabí

CIUDAD	CANTÓN	COBERTURA
Clemencia	Olmedo	Cobertura en Exteriores
Mercedes	Olmedo	Cobertura en Exteriores
OLMEDO	Olmedo	Cobertura Total

La cobertura de PORTA para el Cantón de Olmedo es total, contando con una tecnología GSM para este cantón.

De todas las operadoras tanto fijas como Móviles, CONECEL, es la que cubre todo el Cantón de Olmedo y brinda en la actualidad un servicio de Telefonía Móvil a todo este sector, es por esto que sería una buena opción al momento de contratar un proveedor de Internet; Pero por otra parte actualmente el FODETEL tiene un convenio con la empresa ANDINADATOS, la cual provee Internet a precios más bajos y a lugares ubicados por todo el país.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS POSIBLES PARA LA IMPLEMENTACIÓN, ESCENARIOS PROPUESTOS

Al tener una mezcla de distribución, urbana y rural, en la que los puntos a servir se encuentran a distancias considerables, se ha tomado en cuenta las tecnologías Wi-Fi para la implementación, promoviendo así enlaces punto-multipunto entre las escuelas.

De acuerdo a la situación geográfica de cada uno de los puntos que van a ser terminales de la red, se definió que la tecnología mas apropiada para la implementación de la misma sea Wi-Fi para proveer enlaces que se encuentran en áreas rurales y urbanas.

Se instalarán varias celdas Wi-Fi con antenas externas que cubrirán hasta 10 kilómetros. El radio es una aproximación del alcance, sobre todo por la geografía del sector que hace que esta red tenga muchos saltos para poder llegar al lugar requerido. El radio propuesto está basado en las especificaciones de los equipos y experiencias reportadas de campo.

La cobertura que se espera es aproximada basándose en el contorno montañoso y el alcance teórico de cada tecnología.

Las escuelas se conectarán a la celda central respectiva a través de un equipo punto-punto. Cada escuela contará con un laboratorio de entre 1 a 10 computadoras donde se brindará el acceso a Internet. Con respecto a la celda Central se tiene un enlace punto – multipunto para conectar tanto a las escuelas como a otras celdas secundarias que ayudarán a que el servicio de Internet pueda llegar todas las escuelas.

4.2 ESTUDIO DE TRÁFICO

Para la distribución del servicio de Internet, se debe realizar la asignación óptima de ancho de banda a contratarse.

Para este proyecto se necesita calcular el ancho de banda total que se va a contratar, el mismo que esta definido por el número de escuelas que conforman la red y el número de computadoras que posea cada establecimiento.

Lo primero que se debe considerar es si se necesita un enlace compartido o un clear channel (canal sin compartir), ya que dependiendo de esto se administrará distintos o a su vez iguales anchos de banda por escuela.

La opción escogida es de clear channel de 2 Mbps , el cual se va a compartir con todas las escuelas teniendo un mínimo de 49 Kbps cuando todas las escuelas están usando ese canal.

Para el dimensionamiento realizado 2Mbps es difícil de saturar, salvo el caso que se aumenten más establecimientos a la red sin planificarlo previamente.

Se optó por esta opción ya que si se quisiera hacer una compartición agrupando un cierto número de escuelas como por ejemplo 4 escuelas con 128Kbps y 4 con 256Kbps. Al saturarse el grupo de 128Kbps no se podría acceder a el ancho de banda del grupo de 256Kbps; Es por esto que sería mejor compartir entre todas las escuelas el ancho de banda teniendo en cuenta que se

debe monitorear quien se está llevando más ancho de banda con alarmas y restricciones de usos tanto de música como de media stream.

La tabla 4.1 muestra de manera referencial el número de computadores que se necesita, considerando el número de alumnos y el ancho de banda que mínimo sugerido por la CNT.

Tabla 4.1 Referencia sobre computadores y ancho de Banda

Alumnos	Computadores	Ancho de banda Kbps
Hasta 25	1	128
26 a 50	2	128
51 a 100	4	256
101a 150	6	256
151 a 200	8	512
201 a 500	10	512
Mas de 501	20	1024

Se debe tener en cuenta que los anchos de banda mencionados en la tabla están con compartición 8 a 1.

Los usos del servicio que se quiere brindar son varios y dependiendo del requerimiento tenemos el ancho de banda típico que utiliza cada uno.

Tabla 4.2 Ancho de Banda según aplicación.

REQUERIMIENTO	ANCHO DE BANDA (Kbps)
Internet	32
Transmisión de datos	32
Correo Electrónico	19.2
Transmisión de Archivos FTP	19.2
Video Conferencia	256

Es así como se muestra en la tabla 4.3 el cálculo del número de computadores que necesita cada escuela.

Tabla 4.3 Numero de computadores en la red.

BENEFICIARIOS	# ESTUDIANTES	# COMPUTADORES
Jardín: Pulgarcito	35	2
Ricardo Chávez Macias	40	2
12 de Octubre	64	4
Vicente Rocafuerte	64	4
Cristóbal Colon	31	2
Eugenio Espejo	20	1
Ramón Querubín Guerrero	60	6
Medarlo Ángel Silva	20	1
10 de Agosto	13	1
12 de Octubre	50	2
Pedro Pablo Mieles	49	2
Provincia de Manabí	65	4
Demetrio Agujera M.	25	1
Simón Rodríguez	227	10
José Joaquín De Olmedo	226	10
Alejandro Troya	15	1
Jorge Manuel Mieles Alarc	15	1
12 de Diciembre	103	6
Abdón Calderón Muñoz	60	4
Doce de Diciembre	58	4
Juan de Velasco	17	1
Ecuador Amazónico	72	4
Amazonas	12	1
Nueve de octubre	80	4
San Andres # 1	40	2
Simon Bolivar	56	4

BENEFICIARIOS	# ESTUDIANTES	# COMPUTADORES
Guayas y Quil	19	1
Santa Rosa	120	6
San Vicente	100	4
Federico Gonzalez Suares	60	4
Daniel Moreira	15	1
Luis Arboleda Martinez	20	1
18 de Octubre	27	2
Jaime Roldos Aguilera	28	2
Eloy Alfaro	30	2
San Antonio	13	1
16 de Agosto	70	4
Ciudad de Quito	17	1
Abdon Calderon	87	4
Luz de America	31	2
Luis Sodiro N.-12	90	4
TOTAL		123

Una formula referencial que permite el cálculo del ancho de banda es

Ancho de banda a Contratarse = #Computadores*ancho de banda requerido

*grado de utilización del servicio.

El número de máquinas corresponde al número de computadores totales a conectar en la red.

El ancho de banda requerido es el ancho de banda promedio que un computador requiere para navegar en Internet o la aplicación que necesite.

El grado de utilización del servicio viene definido en el porcentaje que se utiliza el servicio.

Se puede calcular de la siguiente forma: #horas usadas al día / #horas disponibles al día-24h.

Teniendo así: 8 horas / 24horas

Grado de utilización del servicio = $0.3333 = 33.33\%$

Tomando como base los 49Kbps y como número de computadores el de la tabla 4.3, se tiene:

AB a contratarse = $123 * 49\text{Kbps} * 0.33 = 1.98\text{Mbps} \approx 2\text{Mbps}$

El resultado encontrado va a ser el más bajo, ya que se espera conexiones con mayor ancho de banda que ese, es por eso que los 2 Mbps que se busca obtener son justificados.

4.3 SOFTWARE DE APLICACIÓN

Radio Mobile¹ es el nombre de un programa inicialmente escrito para radioaficionados. La Versión que se utilizó fue la 9.0.7. El programa ahora corre bajo Windows solamente, pero se puede utilizar en Linux mediante un emulador, y es usado por mucha gente que trabaja con redes inalámbricas como herramienta de planificación/soporte.

¹ <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/utilidades/RadioMobile/manual-basico-de-usuario>

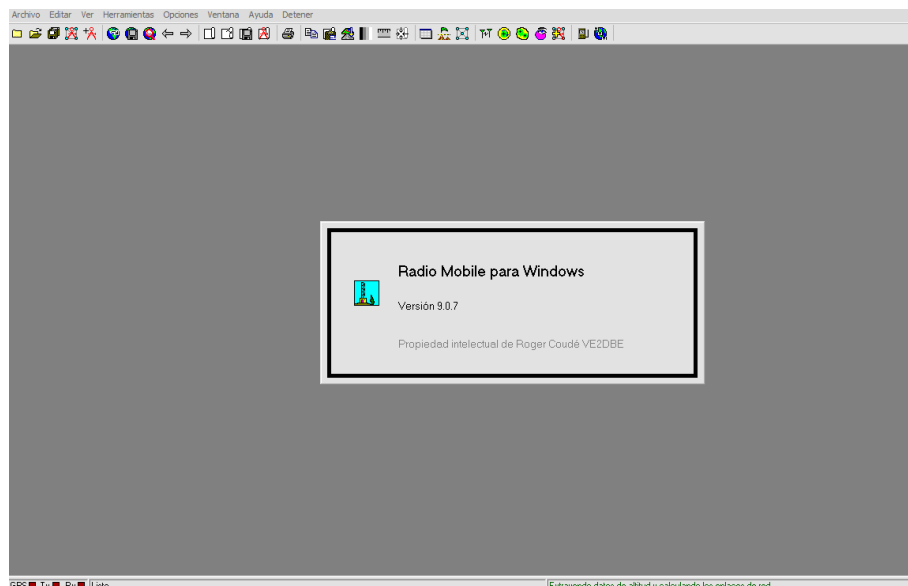


Figura 4.1 Presentación Software Radio Mobile.

Este software es gratuito, está escrito en Visual Basic por Roger Coudé, el cual trabaja con un modelo conocido como *Modelo del Terreno Irregular (ITM)*, en el rango de 20MHz a 20Ghz. Permite la planificación integral de una red, línea de vista, y cálculos de alcance basados en datos del terreno y ángulos de alineación de antena tanto en vertical como en horizontal. Es decir me permite predecir la performance de enlaces de radio en exteriores.

Usa datos de elevación provenientes de diversas fuentes en formato HGT, DTED, GLOBE, SRTM30, GTOPO y los obtiene directamente de estos repositorios. También los combina con otros mapas disponibles en la red.

Lo único que se necesita saber son algunos ítems como conocer la posición GPS del sitio o sitios, hoja de especificaciones técnicas del equipamiento que queremos/planeamos usar, e información acerca del tipo de terreno, clima del área y las frecuencias tanto mínimas como máximas a las cuales vamos a trabajar.

Adicionalmente se necesita una cartografía digital; En este programa el tipo de cartografía digital que se usó es STRM², una fuente popular de datos de

² STRM Shuttle Radar Topography Mission

elevación (free elevation data) que cubre el planeta completo a una resolución de 90 m.

Los datos de elevación también se usan para producir mapas virtuales en relieve (en escala de grises, de colores, rayos X...). El programa también proporciona vistas en 3D, estereoscópicas y animación. Se puede superponer una imagen en relieve con otro mapa escaneado, foto de satélite, etc. Como por ejemplo:

Imagen de escala de grises con cobertura de radio polar

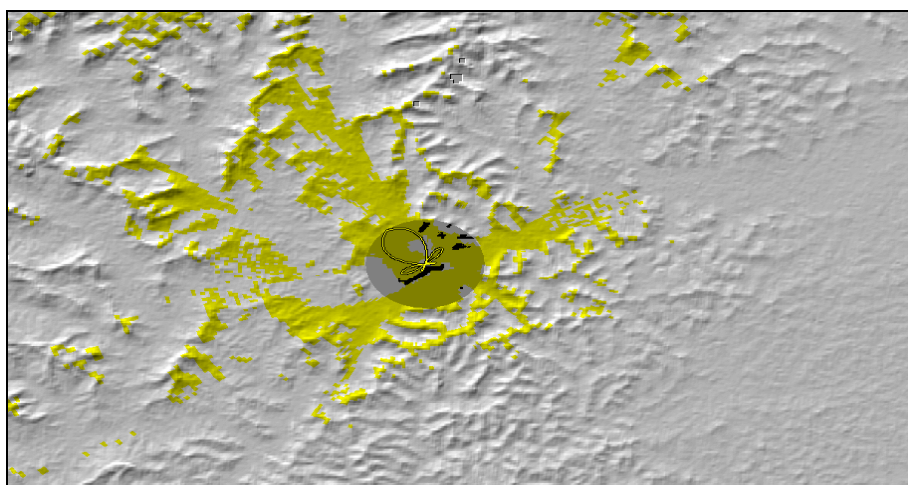


Figura 4.2 Radio de cobertura de antenas.

Las animaciones se presentan con relieve e indicándonos la vista del punto de transmisión hacia el punto de recepción.

Si se desea más información acerca de este programa puede revisar el Anexo 6.

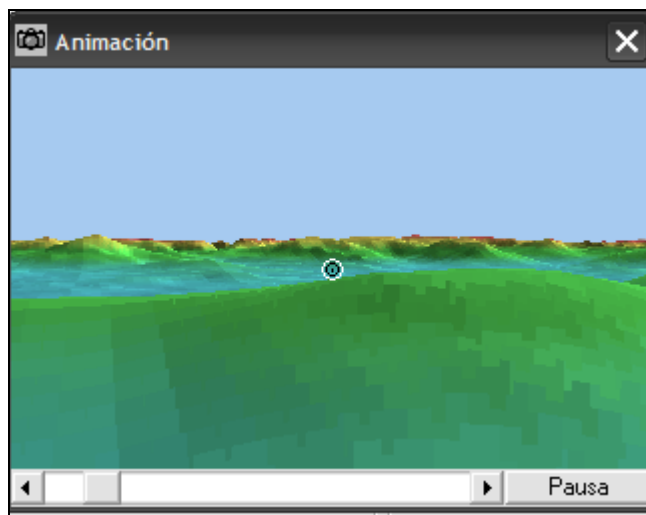


Figura 4.3 Vista de animación de un enlace.

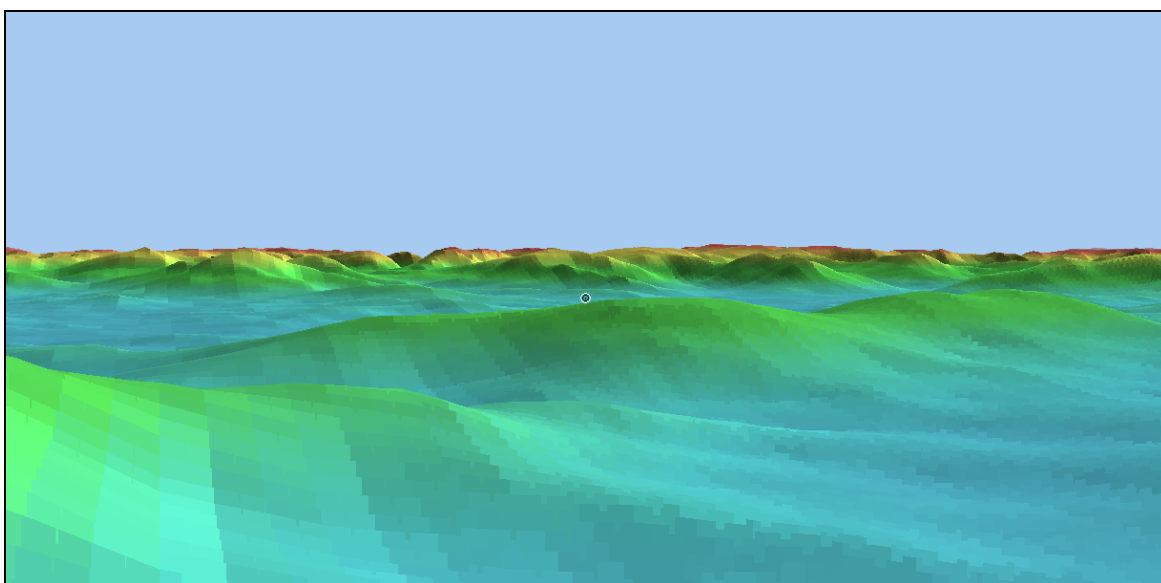


Figura 4.4 Vista panorámica de una animación.

Radio Mobile puede integrar mapas y base (background) así como datos GIS.

4.4 DISEÑO Y TOPOLOGÍA DE LA RED

El Proyecto de un sistema de comunicaciones bajo la modalidad de redes comunitarias contempla el diseño de una red de transporte de datos que tendrá la tarea de proveer servicios de voz y de datos a un Cantón de la Provincia de Manabí.

Muchas veces, en las zonas rurales no se cuenta con suficiente infraestructura para una debida instalación de los diferentes servicios básicos. Algunos de los problemas típicos encontrados en zonas rurales son:

- Pocas facilidades confiables como energía eléctrica, agua, acceso vial, entre otras.
- Escasez o ausencia de personal técnico.
- Condiciones topográficas complejas (lagos, ríos, montañas, etc.)
- Severas condiciones climáticas.
- Bajo nivel de actividad económica basado principalmente en agricultura, pesca, artesanías, etc.
- Bajo ingreso de los habitantes del sector.
- Infraestructura social poco o nada desarrollada (salud, educación, etc.)
- Baja densidad poblacional.

Este proyecto esta basado en una tecnología inalámbrica que permitirá interconectar a los diferentes establecimientos que han sido considerados para formar parte de este proyecto. Se conectará un canal dedicado de acceso a Internet con un ancho de banda que estará de acuerdo al número de los centros educativos. Esta conexión de Internet llegará a un Nodo central, desde donde se distribuirá el servicio a los diferentes puntos a través de la red implementada.

Se espera que la conexión del Backbone sea inalámbrica de igual forma, ya que el nodo Central se encuentra en una montaña.

Adicionalmente es necesario que el sistema a implementarse posea control de ancho de banda para controlar y limitar el broadcast de red generado por cada una de las redes en los centros a interconectar, haciendo esto se evitarán posibles colapsos de la red.

La red implementada puede ser aprovechada para cursar a través de ella información de datos, audio y video mediante utilitarios multimedia disponibles en

forma gratuita. Esto permitirá establecer entre los puntos, una verdadera red de comunicación.

La tecnología más apropiada de acuerdo al estudio realizado es Wi-Fi inalámbrica y, en la banda libre (ISM)³ de espectro ensanchado (para este caso 2,4 GHz/5.8 GHZ) dependiendo de las distancias a las que se vaya a querer alcanzar.

El despliegue inicial de esta tecnología va a permitir ofrecer acceso a Internet mediante banda ancha en áreas remotas a las que no se puede ofrecer servicio en estos momentos mediante soluciones DSL⁴ o cable, además de hacer posible la conexión inalámbrica entre establecimientos que se encuentran separados a varios kilómetros de distancia.

Para el caso de brindar el servicio para las zonas rurales en la costa ecuatoriana, se tendría que realiza una integración de los servicios existentes con los nuevos servicios emergentes. Con Wi-Fi, se podría pensar en realizar un enlace de agregado entre el punto de la zona rural, de aquí para adelante denominado remota o punto remoto, hasta el punto más cercano donde exista algún operador con cualquier tecnología utilizada (fibra óptica, radio SDH⁵/PDH, xDSL, Cable, etc). Este enlace es el crítico por la larga distancia existente entre un punto rural y el lugar de servicio ya existente, denominado de aquí en adelante, estación base.

Una descripción breve de las características de cada tipo de terreno es indicada a continuación.

Tipo A: Terrenos montañosos con moderado-alta densidad de árboles.

Tipo B: Intermedias condiciones de pérdidas de camino.

Tipo C: Terreno mayormente plano con poca densidad de árboles.

³ ISM “**Industrial, Scientific and Medical**”

⁴ DSL “Digital Subscriber Line”

⁵ SDH “Synchronous Digital Hierarchy”

La propuesta consiste en implementar Wi-Fi entre la estación base y el o los puntos remotos. De esta manera se pueden alcanzar largas distancias entre la estación base y cada remota, considerando que la estación base debe estar conectada a otra red operadora, sea ésta de cobre, de fibra o inclusive de radio misma (con repetidores).

Dependiendo de la zona en que se implemente el SCI⁶, se tendrá que considerar la categoría del terreno.

Debido a que el Ecuador cuenta con diversos tipos de condiciones, se tiene que modelar los SCI para cada caso en particular. Sin embargo, para el sector costero, el terreno tipo C y B aplican en la mayoría de los casos.

La opción escogida es en la que el punto de acceso principal de Internet será en el Nodo Principal y este al estar conectado a los establecimientos permitirá que alguno de ellos sea oficina central la cual servirá de punto de concentración, administración y monitoreo del sistema a instalarse.

Entre la mayoría de nodos que actúan como repetidores se instalará una estructura principal Punto a Punto con el nodo principal, los cuales se conectarán con enlaces punto-multipunto para conexión a las unidades educativas.

El Nodo principal a través del cual se van a conectar los nodos secundarios y algunas escuelas está ubicado en las coordenadas; latitud 1° 23' 50.5" S y longitud de 80° 13' 9" O , en la banda de los 5.8GHz, pero para los otros nodos se alternó entre 5.8Ghz y 2.4Ghz.

La topología del terreno es irregular, es por esto que se tuvo que colocar varias repetidoras para poder abarcar a todos los puntos.

Existen varios cerros que impiden que se pueda colocar una sola antena para todos los puntos, ya que la mayoría de estos se encuentran detrás de montañas o entre ellas. Así es que en total se ubicó 8 nodos incluido el principal.

⁶ SCI "Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas"

Además se investigó sobre la existencia de infraestructura para no tener que realizar gastos innecesarios pero la única antena que coincide con la de una operadora es la del Nodo Mana Olmedo de propiedad de PORTA (CONECEL), la cual se la ha llamado Nodo Principal para el diseño actual.

En todas las escuelas se tiene línea de vista con los nodos y entre nodos de igual manera, lo que se sacrificó fue la altura de las antenas ya que para algunos puntos se debió incrementar la altura de las torres y esto resulta un gasto adicional, pero desde otro punto de vista mejora la comunicación entre puntos y además que no se incrementa más nodos que los que están en el diagrama de red.

A continuación un diagrama con el esquema básico de conexión:

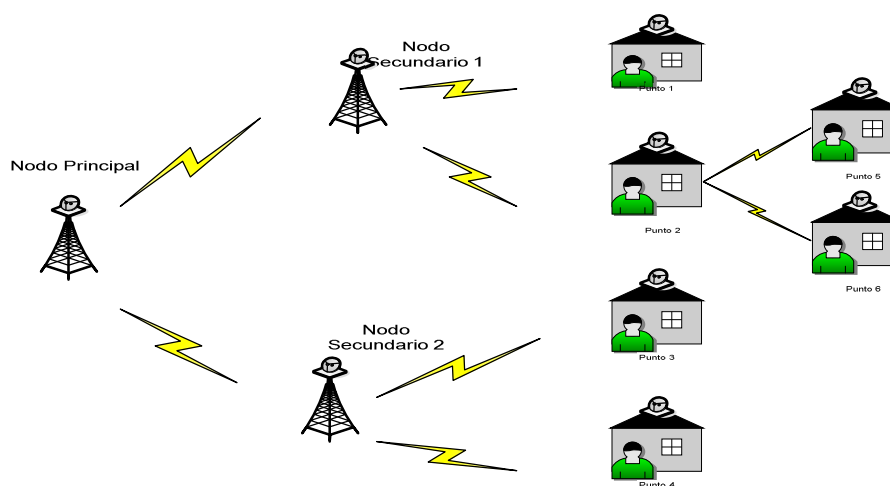


Figura 4.5 Esquema básico de la Red.

En la figura 4.5 se puede apreciar el punto central de la celda, donde se encuentra la base. Las antenas sectoriales de la base se encuentran sobre una torre en el Nodo Central. En los laboratorios de los establecimientos, mediante antenas directivas existirá una conexión a la base. La base se conecta a Internet mediante un ISP⁷ terrestre.

⁷ ISP Internet Service Provider

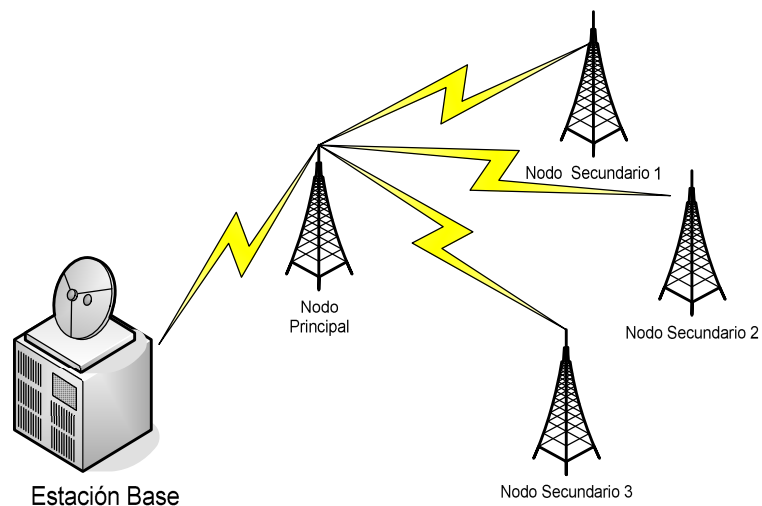


Figura 4.6 Diagrama de red Backhaul

En la figura 4.6 se aprecia un diagrama de la estructura central de la red. Es indispensable para la sustentabilidad del proyecto que la capacidad de Internet sea centralizada en un solo sitio, lo que permite manejar economías de escala en la contratación del acceso, así como permite que las continuas mejoras en precio y velocidad de Internet pueda ser aprovechado por el proyecto.

En lo que se refiere a la solución para última milla la comunicación es la siguiente:

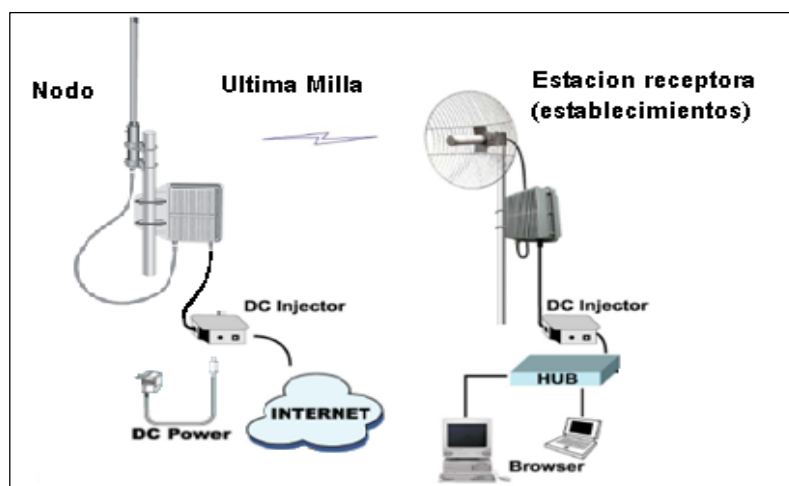


Figura 4.7 Solución Última Milla

Dependiendo de la ubicación de las localidades se agrupó en subredes para facilitar la distribución de las direcciones IP.

Se tiene 9 subredes las cuales están conformadas de la siguiente manera: Cinco Redes para conexiones entre puntos y Nodos secundarios.

Tabla 4.4 Detalle de integrantes de Subredes

Subred 1	Subred 2	Subred 3	Subred 4	Subred 5
O1	O6	O10	O16	O35
O2	O8	O11	O18	O38
O4	O9	O13	O19	O39
O5	O12	O14	O20	O40
O7	O15	O17	O21	O41
O3	Nodo tres	O28	O22	Nodo dos
Nodo uno		Nodo cinco	O23	Nodo seis
Nodo siete			O24	
			O25	
			O26	
			O27	
			O29	
			O30	
			O31	
			O32	
			O33	
			O34	
			O36	
			O37	
			Nodo Principal	
			Nodo cuatro	

Cuatro redes solo entre Nodos secundarios y Nodo Principal.

Tabla 4.5 Detalle de integrantes de Subredes Nodo-Nodo

Subred 6	Subred 7	Subred 8	Subred 9
Nodo uno	Nodo cinco	Nodo tres	Nodo seis
Nodo Principal	Nodo Principal	Nodo Principal	Nodo Principal

Ya especificadas las subredes se detalla la asignación de las direcciones IP, Mascara de Subred y dirección de Broadcast a usarse:

Para las subredes solo entre nodos:

Tabla 4.6 Asignación de direcciones de red.

	Dirección IP	Mascara	Dirección broadcast
Subred 6	192.168.0.228	255.255.255.252	192.168.0.231
<i>ip inicio</i>	192.168.0.229		
<i>ip final</i>	192.168.0.230		
Subred 7	192.168.0.232	255.255.255.252	192.168.0.235
<i>ip inicio</i>	192.168.0.233		
<i>ip final</i>	192.168.0.234		
Subred 8	192.168.0.236	255.255.255.252	192.168.0.239
<i>ip inicio</i>	192.168.0.237		
<i>ip final</i>	192.168.0.238		
Subred 9	192.168.0.240	255.255.255.252	192.168.0.243
<i>ip inicio</i>	192.168.0.241		
<i>ip final</i>	192.168.0.242		
Subred Libre 1	192.168.0.244	255.255.255.252	192.168.0.247
<i>ip inicio</i>	192.168.0.245		
<i>ip final</i>	192.168.0.246		

	Dirección IP	Mascara	Dirección broadcast
Subred Libre 2	192.168.0.248	255.255.255.252	192.168.0.251
<i>ip inicio</i>	192.168.0.249		
<i>ip final</i>	192.168.0.250		
Subred Libre 3	192.168.0.252	255.255.255.252	192.168.0.255
<i>ip inicio</i>	192.168.0.253		
<i>ip final</i>	192.168.0.254		
Subred Libre 4	192.168.0.224	255.255.255.252	192.168.0.227
<i>ip inicio</i>	192.168.0.225		
<i>ip final</i>	192.168.0.226		

Para subredes tanto entre Puntos-Nodo como entre Punto-Punto

Tabla 4.7 Asignación de direcciones de red Punto-Nodo y Punto Punto.

	Dirección ip	Mascara	Dirección broadcast
Subred 1	192.168.0.64	255.255.255.224	192.168.0.95
<i>ip inicio</i>	192.168.0.65		
<i>ip final</i>	192.168.0.94		
Subred 2	192.168.0.96	255.255.255.224	192.168.0.127
<i>ip inicio</i>	192.168.0.97		
<i>ip final</i>	192.168.0.126		
Subred 3	192.168.0.128	255.255.255.224	192.168.0.159
<i>ip inicio</i>	192.168.0.129		
<i>ip final</i>	192.168.0.158		
Subred 4	192.168.0.0	255.255.255.192	192.168.0.63
<i>ip inicio</i>	192.168.0.1		
<i>ip final</i>	192.168.0.62		
Subred 5	192.168.0.160	255.255.255.224	192.168.0.191
<i>ip inicio</i>	192.168.0.161		
<i>ip final</i>	192.168.0.190		

	Dirección ip	Mascara	Dirección broadcast
Subred Libre	192.168. 0.192	255.255.255.224	192.168.0.223
ip inicio	192.168. 0.193		
ip final	192.168. 0.222		
Subred Nodos (subred 6,7,8,9)	192.168. 0.224	255.255.255.224	192.168.0.255
ip inicio	192.168. 0.225		
ip final	192.168. 0.254		

Para las subredes solo entre nodos se puede asignar las siguientes direcciones

Tabla 4.8 Asignación de direcciones de red, subredes Nodo-Nodo.

	Dirección ip	Mascara	Dirección broadcast
Subred 6	192.168.0.228	255.255.255.252	192.168.0.231
<i>ip inicio</i>	192.168.0.229		
<i>ip final</i>	192.168.0.230		
Subred 7	192.168.0.232	255.255.255.252	192.168.0.235
<i>ip inicio</i>	192.168.0.233		
<i>ip final</i>	192.168.0.234		
Subred 8	192.168.0.236	255.255.255.252	192.168.0.239
<i>ip inicio</i>	192.168.0.237		
<i>ip final</i>	192.168.0.238		

Subred 9	192.168.0.240	255.255.255.252	192.168.0.243
<i>ip inicio</i>	192.168.0.241		
<i>ip final</i>	192.168.0.242		

	Dirección ip	Mascara	Dirección broadcast
Subred Libre 1	192.168.0.244	255.255.255.252	192.168.0.247
<i>ip inicio</i>	192.168.0.245		
<i>ip final</i>	192.168.0.246		
Subred Libre 2	192.168.0.248	255.255.255.252	192.168.0.251
<i>ip inicio</i>	192.168.0.249		
<i>ip final</i>	192.168.0.250		
Subred Libre 3	192.168.0.252	255.255.255.252	192.168.0.255
<i>ip inicio</i>	192.168.0.253		
<i>ip final</i>	192.168.0.254		
Subred Libre 4	192.168.0.224	255.255.255.252	192.168.0.227
<i>ip inicio</i>	192.168.0.225		
<i>ip final</i>	192.168.0.226		

Quedan libres algunas subredes las cuales se podrán usar en caso de que la red se amplíe e introduzca a otras escuelas o aumente computadores a las mismas.

4.4.1 Diagramas de la red en Packet Tracer 5.0

Para indicar más claramente la asignación de las direcciones IP a los computadores se realizó un diagrama en el programa Packet Tracer 5.0 .

SUBRED 1

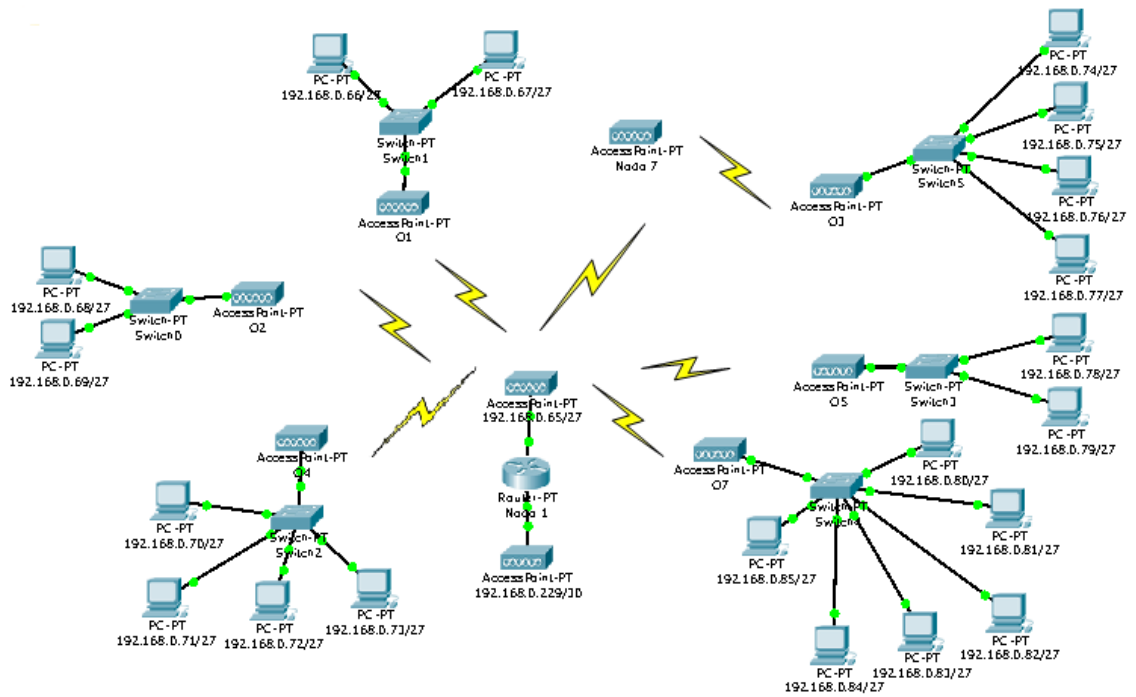


Figura 4.8 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 1

SUBRED 2

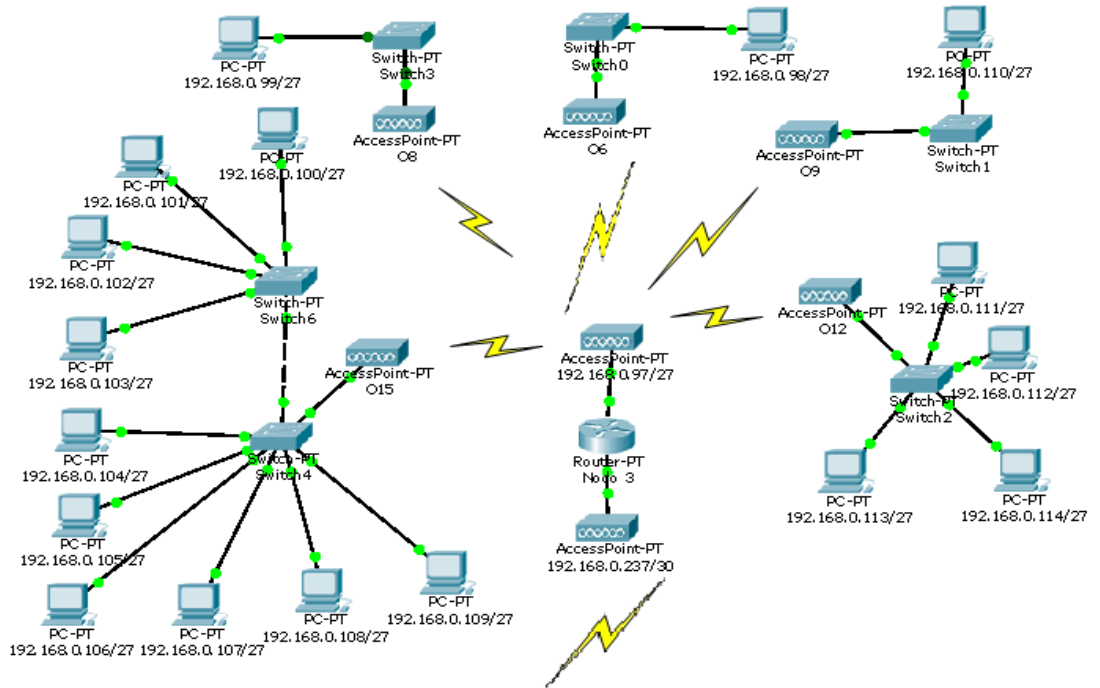


Figura 4.9 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 2

SUBRED 3

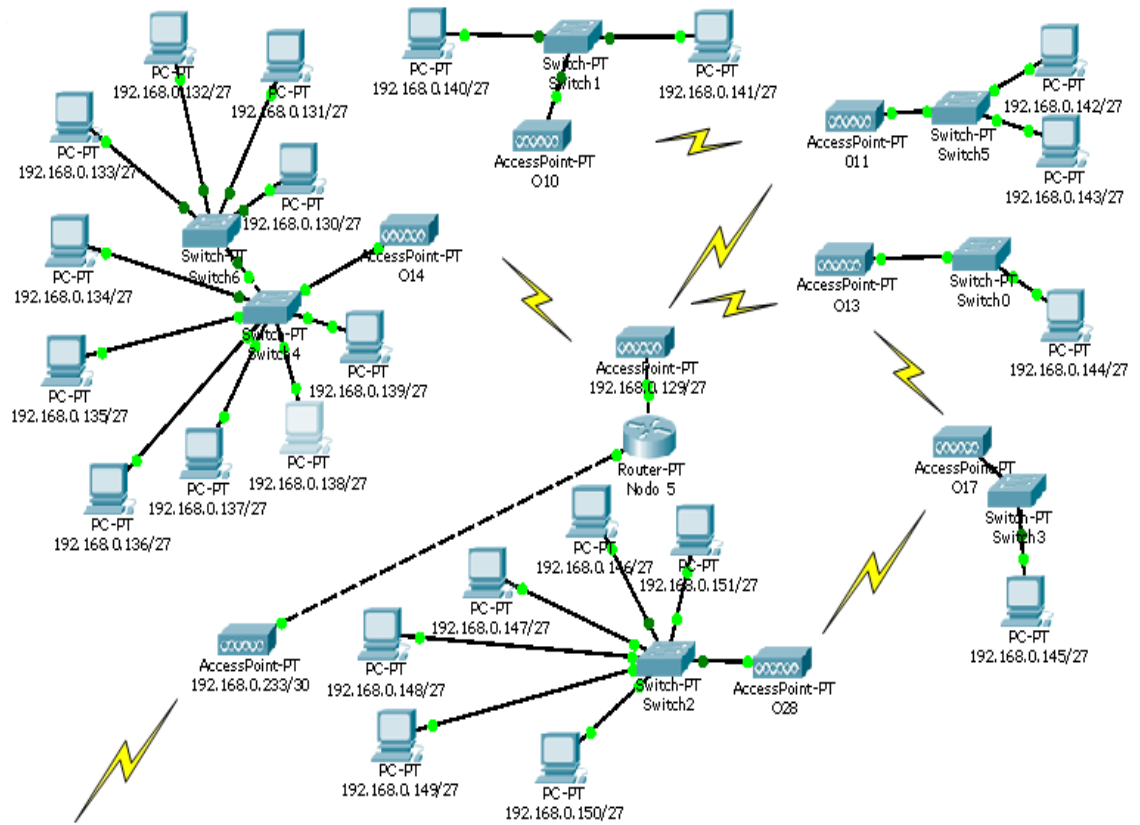


Figura 4.10 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 3

SUBRED 4 (Se la realizó por partes para que el diagrama se vea más espaciado por el número de equipos que posee).

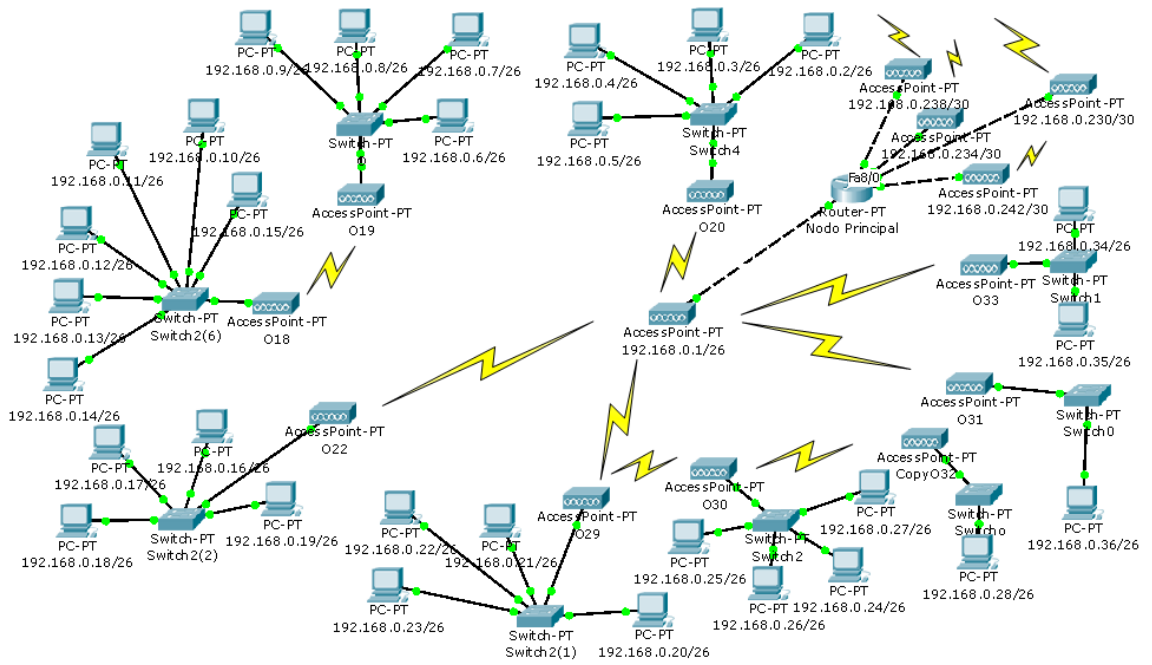


Figura 4.11 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 4.1

Parte 2

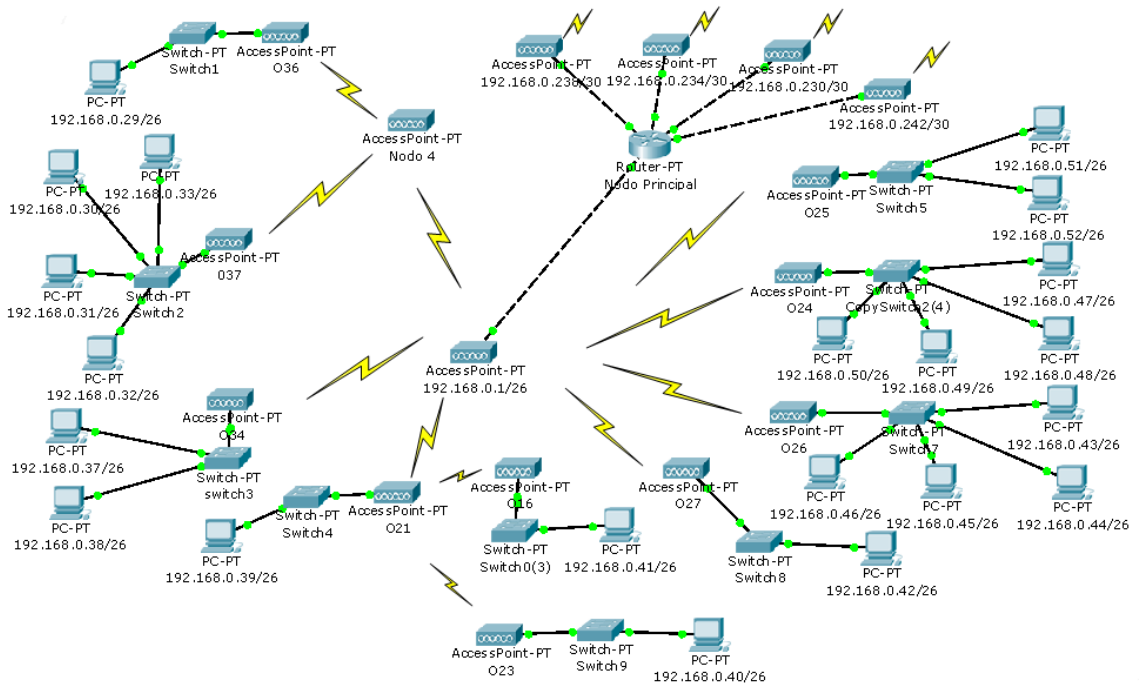


Figura 4.12 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 4.2

SUBRED 5

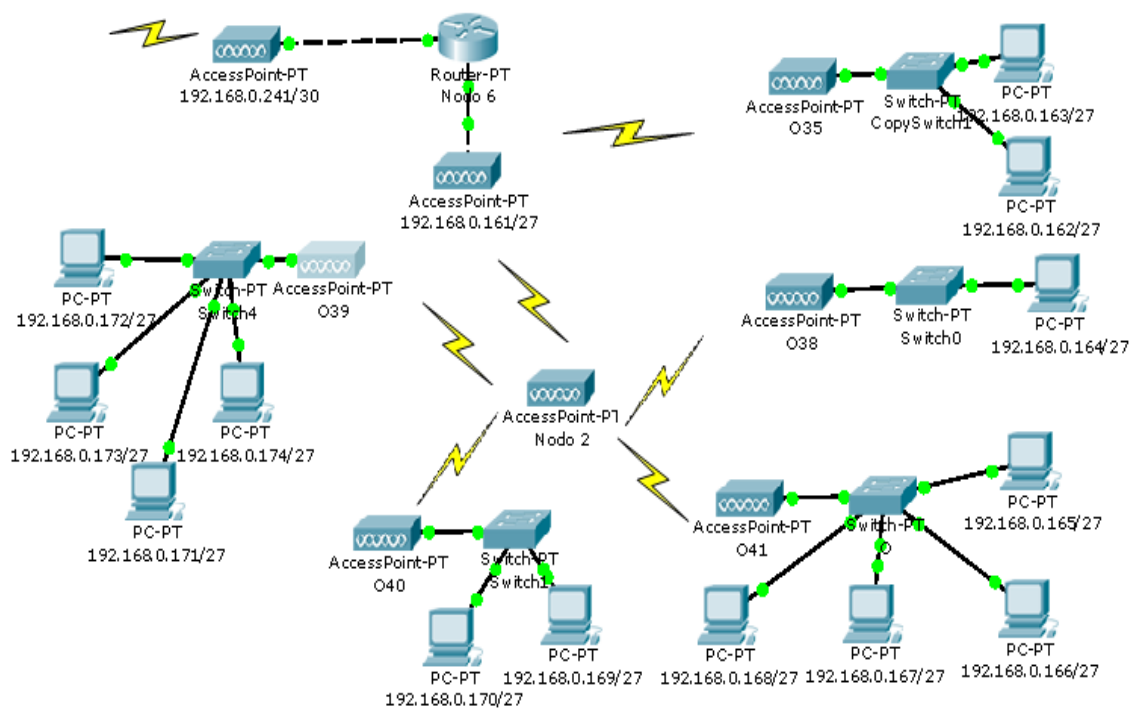


Figura 4.13 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 5

A continuación se presenta el diagrama de la topología de red a implementar realizado en Radio Mobile, el mismo que permite visualizar tanto la geografía del lugar, la ubicación de establecimientos y distribución de repetidoras.

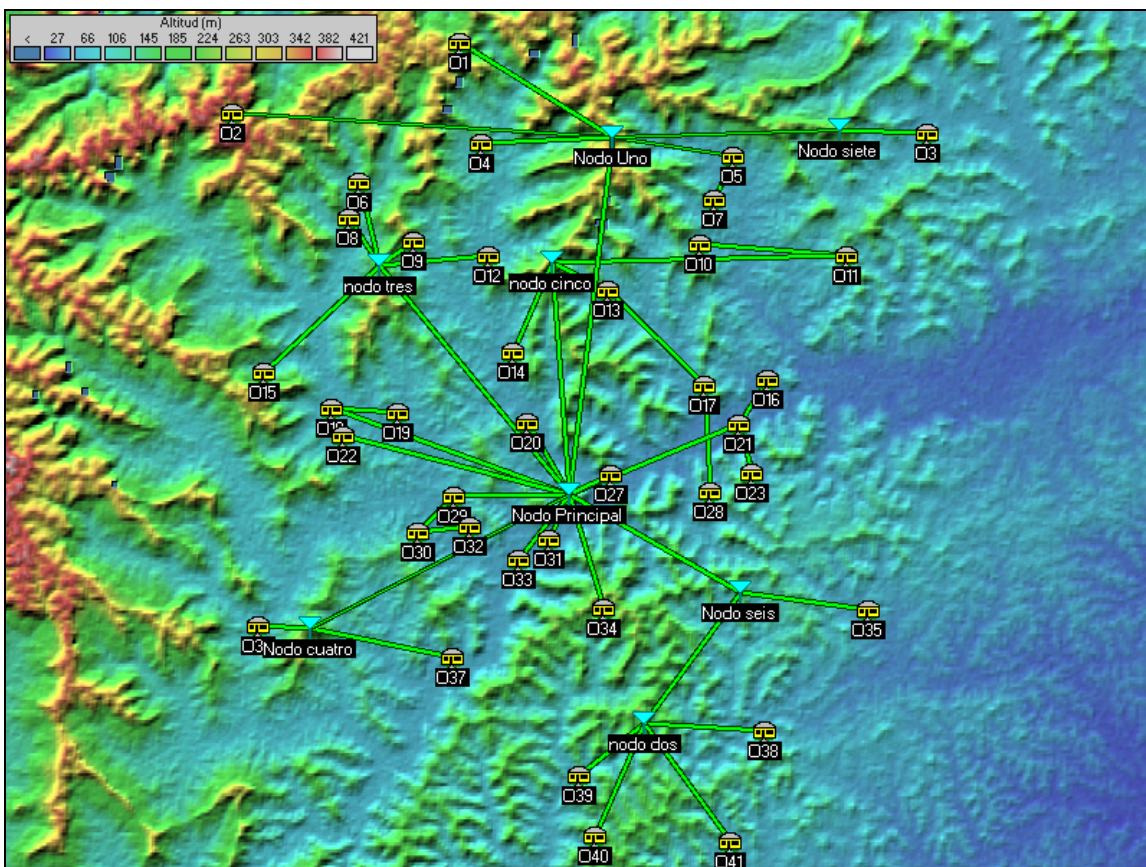


Figura 4.14 Diagrama topográfico de la Red

4.5 ZONAS DE INFLUENCIA

Con el diseño realizado anteriormente se abarca todos estos puntos logrando con esto llevar el servicio de Internet a varias zonas del Cantón Olmedo el cual cuenta con varios recintos, los cuales se detallan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Ubicación de establecimientos a beneficiar.

BENEFICIAR	CANTÓN	PARROQUIA	RECINTO
Jardín: Pulgarcito	Olmedo	Olmedo	Olmedo
Ricardo Chávez Macias	Olmedo	Olmedo	Tablada de Cadial
12 de Octubre	Olmedo	Olmedo	Tablada de Soledad
Vicente Rocafuerte	Olmedo	Olmedo	El Empalme

BENEFICIAR	CANTON	PARROQUIA	RECINTO
Cristóbal Colon	Olmedo	Olmedo	La Florida
Eugenio Espejo	Olmedo	Olmedo	La Travesia
Ramón Querubín Guerrero	Olmedo	Olmedo	El Guasmo
Medarlo Ángel Silva	Olmedo	Olmedo	Pescado Arriba
10 de Agosto	Olmedo	Olmedo	Chepe Vélez
12 de Octubre	Olmedo	Olmedo	Pescado Abajo
Pedro Pablo Mieles	Olmedo	Olmedo	El Desvio
Provincia de Manabí	Olmedo	Olmedo	San Roque
Demetrio Agujera M.	Olmedo	Olmedo	Boquerón
Simón Rodríguez	Olmedo	Olmedo	
José Joaquín De Olmedo	Olmedo	Olmedo	
Alejandro Troya	Olmedo	Olmedo	La Cruz
Jorge Manuel Mieles Alarc	Olmedo	Olmedo	Dos Bocas
12 de Diciembre	Olmedo	Olmedo	
Abdón Calderón Muñoz	Olmedo	Olmedo	La Clemencia
Doce de Diciembre	Olmedo	Olmedo	Estero Abierto
Juan de Velasco	Olmedo	Olmedo	Las Delicias
Ecuador Amazónico	Olmedo	Olmedo	El Limón
Amazonas	Olmedo	Olmedo	Pachito
Nueve de octubre	Olmedo	Olmedo	El Guabito
San Andres # 1	Olmedo	Olmedo	El Cedro
Simon Bolivar	Olmedo	Olmedo	Loma Amarilla
Guayas y Quil	Olmedo	Olmedo	Guaijil
Santa Rosa	Olmedo	Olmedo	Estero Chico
San Vicente	Olmedo	Olmedo	Briones

BENEFICIAR	CANTON	PARROQUIA	RECINTO
Federico Gonzalez Suares	Olmedo	Olmedo	Las Pajitas de Soledad
Daniel moreira	Olmedo	Olmedo	Pata de pajaro
Luis Arboleda martinez	Olmedo	Olmedo	Estero chico de boquerón
18 de octubre	Olmedo	Olmedo	Estero Bravo adentro
Jaime roldos aguilera	Olmedo	Olmedo	Calvo Grande
Eloy alfaro	Olmedo	Olmedo	Villegas abajo
San antonio	Olmedo	Olmedo	Las Lozas
16 de agosto	Olmedo	Olmedo	Don Pablo
Ciudad de quito	Olmedo	Olmedo	Boqueron adentro
Abdon calderón	Olmedo	Olmedo	El malo
Luz de america	Olmedo	Olmedo	Estero León
Luis Sodiro N.-12	Olmedo	Olmedo	San jacinto de la Mocora Gran

4.6 PERFILES DE LOS ENLACES Y SELECCIÓN DE LAS RUTAS

Ya teniendo línea de vista entre todas las antenas, se observa en las gráficas todos los datos que se ha tomado en cuenta para que exista una buena comunicación entre todos los puntos de la red.

El programa en el cual se realizó los perfiles de la red, permite sacar automáticamente los cálculos de diferentes ítems, como los que se observa en la parte superior de las figuras.

Además en la parte posterior del perfil se observa potencias y características de equipos tanto de transmisión como de recepción.

Se debe tener en cuenta algo importante para una buena transmisión cuando existe línea de vista que es mantener despejado al menos el 80% de la Zona de Fresnel ($0.8F1$).

El perfil de los enlaces se muestra como el de la Figura 4.15

Nodo Uno- Punto O1 (Escuela 12 de Octubre)

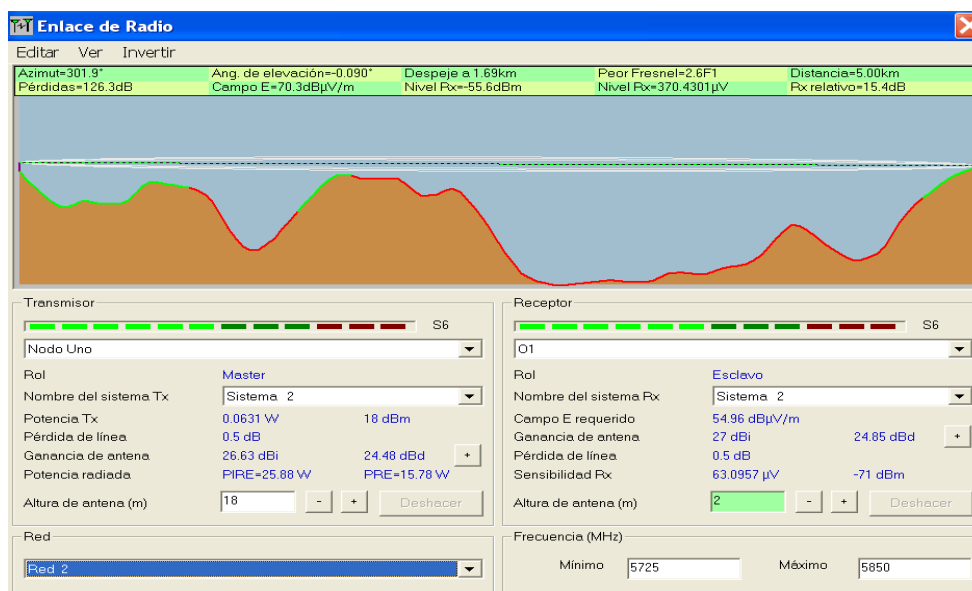


Figura 4.15 Perfil del enlace entre Nodo Uno-Punto O1

Los perfiles de los otros puntos se encuentran desde el ANEXO 2

4.7 DIMENSIONAMIENTO DE CADA UNA DE LAS REDES, ANCHOS DE BANDA, CÁLCULOS REALIZADOS

Para el dimensionamiento de las redes se va a tomar datos del SIISE⁸ 4.5 ya que mediante este programa estadístico se determina cual ha sido el crecimiento de población durante algunos años, y así poder predecir de una forma referencial cuanto crecerá la población en años posteriores.

⁸ SIISE “Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador”

Tasa de crecimiento poblacional

Medida: % por año. **Desgloses:** provincia, área.

Período: 1990-2001.

Tabla 4.10 Tasa de crecimiento Poblacional.

Provincia	Total	Área urbana	Área rural
Azuay	1.54	3.25	-0.02
Bolívar	0.80	2.56	0.27
Cañar	0.81	2.81	-0.17
Carchi	0.71	2.06	-0.35
Cotopaxi	2.14	3.25	1.76
Chimborazo	0.98	2.50	0.12
El Oro	2.20	2.94	0.14
Esmeraldas	1.82	1.35	2.15
Guayas	2.49	3.13	0.04
Imbabura	2.36	2.61	2.10
Loja	0.47	1.71	-0.45
Los Ríos	1.90	4.50	-0.13
Manabí	1.27	3.20	-0.44
Morona Santiago	2.86	4.37	2.20
Napo	2.93	6.27	1.67
Pastaza	3.61	5.23	2.52
Pichincha	2.80	2.66	3.16
Tungurahua	1.80	1.98	1.66
Zamora	1.33	4.67	-0.09
Galápagos	5.86	7.10	0.80
Sucumbíos	4.70	8.14	3.03
Orellana	5.68	8.13	4.79

Provincia	Total	Área urbana	Área rural
Zonas no delimitadas	1.46		1.46
País	2.10	3.00	0.85

Fuente: INEC, Censos de población.

La tabla 4.10 indica la tasa de crecimiento de todas las provincias del Ecuador como forma de indicar la diferencia que existe entre una provincia y otra.

La tasa de crecimiento poblacional es el aumento (o disminución) de la población por año en un determinado período debido al aumento natural y a la migración neta, expresado como porcentaje de la población del año inicial o base.

Se refieren a la división político-administrativa del país vigente a la fecha del último censo de población (1990). Las tasas, para cada unidad geográfica-administrativa (país, provincia y cantón), se calculan a partir de la siguiente fórmula:

$$r = \ln \frac{N_t}{N_o} * \frac{1}{t} * 100$$

Donde:

r = tasa de crecimiento promedio anual

ln = logaritmo natural

N_t = población en el año t

N_o = población en el año de base

t = tiempo en años

Fundamento

La tasa de crecimiento es una medida del aumento o disminución promedio de la población en un determinado período de años, como resultado del juego de

los movimientos migratorios externos y de los nacimientos y las defunciones (no debe confundirse con la tasa de natalidad).

La disminución de la tasa de crecimiento no significa necesariamente que la población de un determinado territorio haya disminuido. Puede significar que la población está creciendo a un ritmo más lento que antes. Una tasa de crecimiento negativo, en cambio, indica que una zona está perdiendo población.

En el caso de el Cantón en que se esta trabajando se tiene que se ubica en una zona rural, el cual como se observa esta perdiendo población, es decir que se puede asumir que no crecerá mucho el número de estudiantes y así mismo no existirá aumento de computadores por incremento de población más se puede aumentar por aumento de necesidades en el ámbito de la educación como laboratorios nuevos para asignaturas que se necesite profundizar más.

Por otro lado se tiene el incremento del ancho de banda, el cual se podría aumentar de igual forma con los requerimientos de cada escuela.

El proyecto tiene hasta ahora un total de 123 computadores a entregar pero se tiene una proyección de llegar a contar con 282 PC's de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 4.11 Proyección de crecimiento de computadores.

Estudiantes	Computadores
hasta 25	2
de 26 a 100	8
de 101 a 150	12
de 151 a 200	16
mas de 201	20

Por lo que el ancho de banda a requerir sería calculado mediante la fórmula referencial:

Ancho de banda a Contratarse = #Computadores * ancho de banda requerido
 * grado de utilización del servicio.

AB a contratarse = $282 * 49 \text{Kbps} * 33.33\%$

AB a contratarse = $4,6 \text{Mbps} \approx 5 \text{Mbps}$

4.7.1 Cálculos de Enlaces

Para los enlaces existen varios parámetros que se deben tener en cuenta, para esto se detalla los valores para cada enlace.

Tenemos algunas fórmulas que nos permiten obtener estos valores

$$P_{Rx} = P_{Tx} + 2G - L_{total}$$

$$L_{total} = 2L_{al} + L_{cable} + L_0$$

$$L_0 = 32.5 + 20 \log(d(km)) + 20 \log(f(GHz))$$

$$MD = P_{Rx} - \text{Sensibilidad}$$

PRx =Potencia de Recepción

PTx =Potencia de Transmisión

Ltotal =Perdidas totales de propagación

Lo =Perdidas en el espacio libre

MD =Margen de desvanecimiento

Lcable =Perdidas en el cable

La Sensibilidad es la del Receptor

En la tabla 4.12 se indica todo lo que se necesita saber acerca de un enlace y así determinar si este es bueno o si se necesita hacer cambios en el

mismo; de la misma forma se van a mostrar los parámetros de los otros enlaces los mismos que se encuentran en el ANEXO 3.

Tabla 4.12 Parámetros de enlace Nodo Uno y O1

La distancia entre Nodos 5.0 km (3.1 miles)
Azimut norte verdadero = 301.9°
Azimut Norte Magnético = 302.6°
Angulo de elevación = -0.0899°
Variación de altitud de 229.4 m
El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 2.6F1 a 1.7km
La frecuencia promedio es 5787.500 MHz
Espacio Libre = 121.6 dB, Obstrucción = -2.1 dB, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 6.7 dB.
La pérdida de propagación total es 126.3 dB
Ganancia del sistema de Nodo Uno a O1 es de 141.6 dB (cardio.ant a 301.9° ganancia = 26.6 dB)
Ganancia del sistema de O1 a Nodo Uno es de 141.6 dB (cardio.ant a 121.9° ganancia = 27.0 dB)
Peor recepción es 15.4 dB sobre el señal requerida a encontrar 70.000% de situaciones

4.8 SEGURIDAD EN LAS REDES

4.8.1 Consideraciones previas

Los paquetes de información en las redes inalámbricas viajan en forma de ondas de radio. Las ondas de radio, en principio pueden viajar más allá de las paredes y filtrarse en habitaciones/casas/oficinas contiguas o llegar hasta la calle.

El primer paso para considerar una red segura es asegurarla físicamente; Tanto para evitar intrusiones como para asegurar la conectividad. El no permitir que la red crezca sin un plan, atenerse completamente a los estándares propuestos por los fabricantes, ubicar los puntos de acceso tan al centro de las

instalaciones como sea posible para evitar "derramar" señal, y en general utilizando el sentido común al instalar la red, se puede evitar exponernos de más.

Si la instalación está *abierta*, una persona con el equipo adecuado y conocimientos básicos podría no sólo utilizar nuestra conexión a Internet, sino también acceder a la red interna o a el equipo donde se puede tener carpetas compartidas, o analizar toda la información que viaja por nuestra red mediante *sniffers* y obtener así contraseñas de las cuentas de correo, el contenido de conversaciones por MSN, etc.

El protocolo 802.11 implementa encriptación WEP, pero no podemos mantener WEP como única estrategia de seguridad ya que no es del todo seguro. Existen aplicaciones para Linux y Windows (como AiroPeek, AirSnort, AirMagnet o WEPCrack) que, escaneando el suficiente número de paquetes de información de una red Wi-Fi, son capaces de obtener las claves WEP utilizadas y permitir el acceso de *intrusos* a nuestra red. Más que hablar de la gran regla de la seguridad se puede hablar de una serie de estrategias que, aunque no definitivas de forma individual, en su conjunto pueden mantener la red oculta o protegida de ojos ajenos.

Tabla 4.13 Resumen de ítems mediante su complejidad

Item	Complejidad
1. Cambia la contraseña por defecto.	Baja
2. Usa encriptación WEP/WPA.	Alta
3. Cambia el SSID por defecto.	Baja
4. Desactiva el broadcasting SSID.	Media
5. Activa el filtrado de direcciones MAC.	Alta
6. Establece el nº máximo de dispositivos que pueden conectarse.	Media
7. Desactiva DHCP.	Alta
8. Desconecta el AP cuando no lo uses.	Baja
9. Cambia las claves WEP regularmente.	Media

4.8.2 Asegurar el Punto de Acceso

Cambia la contraseña por defecto.

Todos los fabricantes establecen un password por defecto de acceso a la administración del Punto de Acceso.

Al usar un fabricante la misma contraseña para todos sus equipos, es fácil o posible que *el observador* (persona de la que queremos proteger nuestra red) la conozca.

Algo importante es evitar contraseñas como la fecha de nacimiento, el nombre de familiares, etc. Es mejor si se intenta intercalar letras con números.

4.8.3 Aumentar la seguridad de los datos transmitidos

Usa encriptación WEP/WPA.

Activa en el Punto de Acceso la encriptación WEP⁹. Mejor de 128 bits que de 64 bits, cuanto mayor sea el número de bits es mejor. Los Puntos de Acceso más recientes permiten escribir una *frase* a partir de la cual se generan automáticamente las claves. Es importante que en esta frase intercales mayúsculas con minúsculas y números, evitar la utilización de palabras incluidas en el diccionario y secuencias contiguas en el teclado.

Después de configurar el AP se tiene que configurar los accesorios o dispositivos Wi-Fi de la red. En éstos se tiene que marcar la misma clave WEP.

Algunos Puntos de Acceso más recientes soportan también encriptación WPA (Wi-Fi Protected Access), encriptación dinámica y más segura que WEP.

⁹ WEP “ired Equivalent Privacy”

Si se activa WPA en el Punto de Acceso, tanto los accesorios y dispositivos WLAN de la red como el sistema operativo deben soportarlo (Palm OS por el momento no y para Windows XP es necesario instalar una actualización).

4.8.4 Ocultar la red Wi-Fi

Cambia el SSID¹⁰ por defecto.

El SSID es un código incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica (Wi-Fi) para identificarlos como parte de esa red. El código consiste en un máximo de 32 caracteres alfanuméricos. Todos los dispositivos inalámbricos que intentan comunicarse entre sí deben compartir el mismo SSID.

Desactiva el broadcasting SSID.

El broadcasting SSID permite que los nuevos equipos que quieran conectarse a la red Wi-Fi identifiquen automáticamente los datos de la red inalámbrica, evitando así la tarea de configuración manual.

Al desactivarlo tendrás que introducir manualmente el SSID en la configuración de cada nuevo equipo que quieras conectar.

Si el observador conoce el SSID de la red (por ejemplo si está publicado en alguna web de acceso libre) no se conseguirá nada con este punto.

4.8.5 Evitar conexiones

Activa el filtrado de direcciones MAC.

Activar en el AP el filtrado de direcciones MAC de los dispositivos Wi-Fi que se tenga funcionando. Al activar el filtrado MAC se deja que sólo los dispositivos con las direcciones MAC especificadas se conecten a la red Wi-Fi.

¹⁰ SSID “Service Set Identifier”

Establece el número máximo de dispositivos que pueden conectarse.

Si el AP lo permite, se establece el número máximo de dispositivos que pueden conectarse al mismo tiempo al Punto de Acceso.

Desactiva DHCP¹¹.

Desactiva DHCP en el router ADSL y en el AP.

En la configuración de los dispositivos/accesorios Wi-Fi se tendrá que introducir a mano la dirección IP, la puerta de enlace, la máscara de subred y el DNS primario y secundario.

4.8.6 Mayor seguridad**Desconectar el AP cuando no esté en uso.**

Desconectar el Punto de Acceso de la alimentación cuando no se esté usando o se vaya a hacerlo durante una temporada. El AP almacena la configuración y no se necesita introducirla de nuevo cada vez que lo conectes.

Cambia las claves WEP regularmente.

Por ejemplo semanalmente o cada 2 ó 3 semanas. Existen aplicaciones capaces de obtener la clave WEP de nuestra red Wi-Fi analizando los datos transmitidos por la misma. Cuando se llegue a un caudal de información transmitida entre entre 1 y 4 Gb es recomendable cambiar las claves para que no se rompa una clave WEP.

Algo muy importante es lo relativo al monitoreo de la red, ya que es una parte esencial de toda red.

¹¹ DHCP **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol

4.8.7 Monitorear constantemente la red

Parte importante de la seguridad en una red consiste en monitorearla activamente. Hay muchas condiciones que pueden llevar a fallas, y muy fáciles de corregir o por lo menos diagnosticar si se cuenta con herramientas de monitoreo.

En la red a implementarse se debe equipar con un computador que será utilizado para el monitoreo de la red inalámbrica y de los servicios de cada centro educativo, en el que se instalará aplicaciones que permitan una adecuada administración y control del sistema a implementar. Podemos utilizar herramientas libres como MRTG¹², que nos da un reporte gráfico diario, semanal, mensual y anual de los datos que le configuremos. Otro aspecto importante a monitorear es los intentos de ataque que estemos recibiendo, para saber de qué protegernos, cuáles son los principales riesgos, quién está intentando atacar la red, por qué medios, y qué es lo que buscan. Para ello, se puede instalar sistemas de detección de intrusos (IDSs, por sus siglas en inglés). El IDS más poderoso y popular hoy en día es libre, y se llama Snort.

4.8.8 Mantener las computadoras al día

La instalación de la red que queremos implementar puede ser muy segura. Se puede tener firewalls delimitando cada área específica. Sin embargo, si no existe actualización los sistemas operativos, programas y herramientas, la red no podrá ser considerada segura. Es muy frecuente, en software tanto libre como propietario, que sean encontradas fallas de programación que pueden traducirse en agujeros de seguridad. Un administrador de redes responsable debe mantener sus sistemas con los parches al día, para no sufrir ataques prevenibles.

¹² MRTG “Multi Router traffic Grapher”

4.9 EQUIPAMIENTO DE TELECOMUNICACIONES PARA LAS REDES. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.

4.9.1 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE EQUIPOS

Los equipos operarán con los estándares IEEE 802.11 a/b/g.

A continuación se presentan los correspondientes parámetros que se tomarán en cuenta para evaluar los equipos que más se adecuen.

Equipo de Radio y Frecuencias

- Las frecuencias de operación serán entre 2,400 - 2,485 GHz y entre 5,725 - 5,850 GHz.
- Los equipos, por medio de algún eventual Upgrade de Software, podrán extender el rango de frecuencias soportadas. Los rangos entre 2,3 – 2,5 GHz y 4,8 – 5,9 GHz serán especialmente considerados.
- También se tendrá especial consideración por la posibilidad de operar con canales a los que se les pueda configurar diferentes anchos de banda, por ejemplo, 5 / 10 / 20 y 40 MHz.
- Se deberá especificar, para cada uno de los equipos propuestos:
 - Número de canales que no se superponen (Non Overlapping Channels) en cada banda de frecuencia con la que se opera.
 - Velocidades de Modulación (Data Rates) soportadas
 - Tipos de modulación para cada uno de los Data Rates mencionados arriba.
- Será altamente deseable que los equipos tengan la posibilidad de configurar la Potencia de Salida por Software, ya que dicha potencia debería poder ser ajustada de acuerdo a las regulaciones de PIRE.
- El sistema deberá estar diseñado para aceptar planes de frecuencias sin degradación de la comunicación debida a efectos causados por interferencia.

- En la banda de 5,x GHz, los equipos ofertados deben ser compatibles con la especificación DFS (Dynamic Frequency Selection).
- Los equipos deberán contar con la posibilidad de adaptar en forma automática el tipo de modulación para poder mantener la mejor performance en los enlaces, incluyendo la posibilidad de soportar el estándar COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) para enlaces de NLoS (Near Line of Sight).
- Con respecto a la inmunidad ante interferencias (Interference Mitigation), los equipos deberán soportar los estándares 802.11 d/h, e incluso será especialmente tomada en cuenta la posibilidad de regular el umbral de RSSI¹³. Este término se usa comúnmente para medir el nivel de fuerza de las señales recibidas en las redes inalámbricas (WIFI).
- Se deberá especificar si además cuentan con alguna otra técnica avanzada de inmunidad a interferencias.

Construcción

- El equipo de radio, en su arquitectura, deberá estar constituido por circuitos de estado sólido de alta calidad, incorporando las más modernas tecnologías y garantizando la estabilidad en el tiempo de todas y cada una de las características técnicas de los equipos ofertados y reduciendo el consumo y espacio de ellos al mínimo.
- Los equipos contarán con una antena integrada para el caso en que los enlaces sean de corta distancia y también tendrán la posibilidad de agregarles una antena externa (por medio de un conector N) en el caso de que se requiera trabajar con antenas de mayor ganancia.
- Los equipos deberán contar con algún tipo de herramientas integradas (por Hardware o Software) para prueba de enlace (Link Test) con el objetivo de facilitar la instalación.
- Los accesorios asociados para el transporte y montaje deberán ser de fácil manejo, funcionales, fabricados con materiales de alta calidad y terminaciones que aseguren su manipulación y estética.

¹³ RSSI “**Receive Signal Strength Indication**”

- Todos los equipos para uso externo deberán tener características de impermeabilidad para instalación en exterior.
- Los equipos deberán poseer rango de temperatura de operación extendido de -45°C a $+60^{\circ}\text{C}$ para poder operar adecuadamente en cualquier época del año.
- La cobertura plástica de los equipos deberá ser resistente a la radiación ultravioleta y en lo posible fabricada con Policarbonato.
- Los equipos deberán incluir los accesorios estándar para su montaje, y en lo posible de acero inoxidable.

Equipos para Estaciones Base

- Con la idea de poseer un stock de equipos con la menor cantidad posible de modelos, serán especialmente tenidos en cuenta aquéllos que puedan soportar toda la banda completa de 2,4 GHz y de 5,x GHz requeridas, y que en todo caso se seleccione la Sub-Banda mediante algún tipo de configuración sencilla en el equipo.
- También, para el tema de reducción de variedades de stock, se considerará ventajoso que un mismo equipo permita su configuración para Punto a Punto o Punto a Multipunto.
- Se deberá especificar si el equipo se puede utilizar como un Radio Dual para operar como si fuera un repetidor.
- Especificar la máxima distancia que se puede obtener para enlaces Punto a Punto y Punto a Multipunto utilizando las antenas integradas o bien con antenas externas de 31dBi para Enlaces Punto a Punto y Sectoriales de 17dBi para enlaces de Punto a Multipunto.
- Especificar los valores de sensibilidad típicos para cada Velocidad de Modulación o Data Rate soportado.
- Indicar, en el caso de que los equipos posean antena integrada, las características de la misma.
- Los equipos deberán contar con las capacidades de ruteo (Modo Router), soportando al menos la posibilidad de armado de Rutas Estáticas y

Protocolo RIPv2, como así también deberán ofrecer la posibilidad de funcionar en forma transparente a la capa 2 (Modo Fully Transparent Bridge).

- Los equipos deberán soportar control de ancho de banda, tanto para el tráfico saliente como para el entrante, pudiendo ofrecer la posibilidad de establecer varios SLAs distintos para distintos perfiles de clientes. Esta posibilidad de manejo del ancho de banda deberá estar disponible tanto en las interfaces cableadas como en las inalámbricas.
- Deberá existir la opción de poder bloquear la comunicación de cliente a cliente en el Access Point, para poder asegurar privacidad de los datos.
- Los equipos deberán poder soportar distintos perfiles de servicio en función de la hora del día para poder manejar diferentes SLAs¹⁴. Especificar la cantidad de perfiles distintos que se pueden soportar.

Dispositivos de Cliente

- Los equipos deberán poder manejar una Potencia de Transmisión del orden de +20dBm y +15dBm para las bandas de 2,4 GHz y 5,x respectivamente, asumiendo un Data Rate de 54 Mbps.
- La Sensibilidad en la entrada de RF deberá ser del orden de -89dBm, también asumiendo un Data Rate de 54 Mbps.
- Especificar la máxima distancia que se puede obtener utilizando las antenas integradas o bien con antenas externas de 31dBi y con referencia a una antena Sectorial de 18dBi en el Access Point.
- Especificar los valores de sensibilidad típicos para cada Velocidad de Modulación o Data Rate soportado.
- Indicar, en el caso de que los equipos posean antena integrada, las características de la misma.
- Los equipos deberán poder contar con las capacidades de ruteo (Modo Router), soportando al menos la posibilidad de armado de Rutas Estáticas y Protocolo RIPv2.

¹⁴ SLA "Acuerdo de Nivel de Servicio"

- Es deseable que los equipos dispongan de indicadores LED para poder visualizar el estado actual de la unidad.

Antenas

- El sistema irradiante de los equipos estará constituido, tal como se comentó en párrafos anteriores, por antenas de alto rendimiento, externas y/o integradas, indicando al menos, para cada uno de los tipos disponibles:
 - Ganancia
 - Tipo de polarización
 - Patrón de irradiación
- Se deben indicar todas las características mecánicas del sistema de antena.

Características Eléctricas y Mecánicas

- Se entienden garantizadas todas y cada una de las características eléctricas, mecánicas y otras, de los equipos, accesorios y opciones del sistema a implementar.
- Indicar, para cada uno de los equipos ofertados:
 - Dimensiones
 - Peso
 - Tipo de montaje de las unidades a proveer (Alto, Ancho y Profundidad).
 - Humedad relativa
 - Altitud (ASL) Altitud Máxima para operación garantizada.
- Los equipos deberán poseer carcasa o contenedor apto para su utilización en ambientes no controlados, y algún tipo de conectores estándar (tipo N o SMA) para utilizar antenas opcionales.

- La potencia consumida de los equipos deberá ser menor a 10 Watts para ser adecuada en el caso de que se necesite el uso de Paneles Solares.
- Los equipos permitirán alimentación según los siguientes parámetros:
 - Tensión de alimentación: 100-250V AC
 - Frecuencia: 47-63 Hz.
- Los equipos deberán contar con la posibilidad de alimentación vía Power over Ethernet (PoE).
- Se considerará como algo favorable la posibilidad de hacer Reset de la unidad vía el PoE (aunque esto ocasione que no se cumpla al 100% la norma), lo cual brindaría la posibilidad de Reset del equipo sin necesidad de subir a la torre en donde está instalado.
- Los Equipos deberán disponer de :
 - Protección contra sobretensión o caídas de tensión de entrada.
 - Protección contra inversión de polaridad a la entrada de alimentación.
 - Protección contra eventuales cortocircuitos.

4.9.2 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

Los equipos de telecomunicaciones que se van a utilizar tanto como AP como para CPE se presentan posteriormente:

- sB3416 [airClient™ TOTAL 551] . Customer Premise Equipment (CPE) 5.XGhz
- sB3216 [airPoint™ Nexus TOTAL 551] .Opera en la banda libre de 5.X Ghz.
- sB3215 [airPoint™ Nexus TOTAL 241]. Opera en la banda libre de 2.4Ghz.
- sB3417 [airClient™ Series] Customer Premise Equipment (CPE) 2.4 Ghz

Antenas:

Antena plana PA-5000 23dbi 5Ghz

Antena parabólica 27dBi 5.8 Ghz

Antena Sectorial 120° 18dBi.2.4 Ghz

Antena Sectorial 120° 18dBi.5.8 Ghz

Antena Sectorial 120° 31dBi.5.8 Ghz

Antena Sectorial 120° 15dBi.2.4 Ghz

Antena sectorial 60° 27dBi .5.8Ghz

Antena WiFi Solid Gris Dish 31dBi 5.8GHz

Antena plana PA13R-18 18dBi 2.4GHz

Los Manuales Técnicos de los equipos que se va a utilizar se detallan en el ANEXO 4.

CAPITULO V

MARCO REGULATORIO

5.1. ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS

En nuestro país existen ciertos reglamentos que han sido creados gracias al CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), el cual con ayuda de dos organizaciones más como son la SENATEL y la SUPTTEL, permiten regular y controlar respectivamente, el uso de las mismas.

Para la realización de un proyecto siempre se debe tomar en cuenta varias normas y regulaciones que rigen en cada país.

Los reglamentos y normas más utilizadas son las siguientes:

- Reglamento del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano Marginales.
- Norma para la implementación y operación de sistemas de espectro ensanchado.
- Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- Reglamento para homologación de equipos de telecomunicaciones.

- Reglamento de Radiocomunicaciones
- Reglamento de Derechos de Concesión y tarifas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado.

Para el presente proyecto se estableció los siguientes reglamentos como los más importantes:

5.1.1 Reglamento del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano Marginales

“El presente reglamento norma la administración, financiamiento, operación y fiscalización del fondo para el desarrollo de las telecomunicaciones en las áreas rurales y urbano Marginales en adelante FODETEL.”

Los fines y objetivos del FODETEL son financiar programas y proyectos destinados a instaurar o mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de los habitantes de las áreas rurales y urbano marginales, que forman parte del Plan de Servicio Universal; así como estudios, seguimiento, supervisión y fiscalización de estos programas y proyectos.

Para la realización del plan operativo, el Director del FODETEL se basará en su

propia investigación, y en las investigaciones e iniciativas de los ministerios de Educación, Salud, Agricultura, Bienestar Social y de otras secretarías de Estado; así como en los planes e iniciativas de los gobiernos seccionales, organismos no gubernamentales; solicitudes de grupos sociales e inversionistas, y otros sectores que demuestren interés en tales proyectos.

Además incrementar el acceso de la población en áreas rurales y urbano marginales a los servicios de telecomunicaciones, con miras a la universalización en la prestación de estos servicios para favorecer la

integración nacional, mejorar el acceso de la población al conocimiento y la información, coadyuvar con la prestación de los servicios de educación, salud y emergencias, así como ampliar las facilidades para el comercio y la producción.

Atender, prioritariamente, las áreas rurales y urbanas marginales que no se encuentren servidas o tengan un bajo índice de penetración de servicios de telecomunicaciones; y promover la participación del sector privado en la ejecución de sus programas y proyectos.

El FODETEL, recibirá solicitudes, sugerencias y proposiciones de proyectos específicos de carácter social por parte de los actores y por los concesionarios de los servicios de telecomunicaciones, estableciéndose el mejor estudio de parámetros costo/beneficio económico, así como también :

- a. Provisión de servicios en áreas no servidas;
- b. Incremento del servicio en áreas con menor índice de penetración;
- c. Atención a las áreas de educación, salud, producción y medio ambiente
- d. Atención a las zonas fronterizas.

Los programas se implementarán mediante la instalación de cabinas públicas, tele centros comunitarios polivalentes, centros de atención y terminales domiciliarias.

Los recursos que el FODETEL obtiene son de aportes de todos los proveedores de servicios de telecomunicaciones y operadores de redes públicas, titulares de concesiones, autorizaciones y permisos de telecomunicaciones en el país, conforme lo establece el Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones que se brindan en régimen de libre competencia; así como de donaciones, legados y herencias recibidos, con beneficio de inventario, de personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras; Se tomará en cuenta los provenientes de convenios de cooperación suscritos con entidades nacionales o internacionales, los

intereses, beneficios y rendimientos resultantes de la gestión de sus recursos, las asignaciones realizadas por el CONATEL, entre otros.

Estos recursos que el FODETEL obtiene serán exclusivamente destinados al financiamiento total o parcial de programas y proyectos de servicios de telecomunicaciones en áreas rurales y urbanas marginales. Podrán abarcar la adquisición de equipos, materiales y accesorios, obras civiles, instalación, pruebas, seguros y transporte.

Los estudios de ingeniería, fiscalización y consultoría para programas también constan dentro del destino de los recursos.

La fiscalización de los proyectos financiados con recursos provenientes del FODETEL, se realizará por administración directa por contratación de terceros.

5.1.2 Norma Para La Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

“La presente Norma tiene por objeto regular la instalación y operación de Sistemas de Radiocomunicaciones que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL.”

El reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT , establece que las bandas 902 - 928 Mhz, 2400 a 2500 MHz y 5725 a 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y medicas (ICM). Y las bandas 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz para el servicio móvil, para la implementación de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN).

Se aprobará la operación de estos sistemas, mediante un Certificado de registro y su atribución se la realizará a título secundario, lo cual implica que si causaren interferencias a alguno de los sistemas que tenga título primario

estos serán retirados de operación hasta que la SUPTEL indique que se ha subsanado el problema.

El Certificado de registro tendrá una duración de cinco años y podrá ser renovado previa solicitud; de no cumplirse con la renovación quedará anulado automáticamente.

Existen límites de Potencia para cada una de las bandas así como límites de Emisiones no Deseadas. Esto se detalla en el Anexo 1 y 2 respectivamente de la página de CONATEL (www.conatel.gov.ec)

Todos los equipos que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha deberán ser homologados por la SUPTEL, de acuerdo con los Anexos 1 y 2 de la presente Norma, además lo referente a equipos debe seguir el **Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones**.

Los formularios que se necesitan ser llenados para la operación de estos sistemas son los siguientes:

- Formulario RC-1B. Formulario para información legal para sistemas de Banda Ancha.
- Formulario RC-2A. Formulario para la información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones.
- Formulario RC-3A. Formulario para información de antenas.
- Formulario RC-4A. Formulario para información de equipamiento.
- Formulario RC-9A. Formulario para los Sistemas MDBA punto-punto.
- Formulario RC-9B. Formulario para los Sistemas MDBA punto-multipunto.
- Formulario RC-9C. Formulario para los Sistemas MDBA móviles.
- Formulario RC-14A. Esquema del Sistema
- Formulario RC-15A. Emisiones del RNI (Radiación no Ionizante).

5.1.3 Reglamento de Derechos de Concesión y tarifas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico

Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha deben pagar una tarifa mensual con la finalidad de que las modificaciones a los sistemas puedan ser registradas de acuerdo a la topología real de los sistemas.

Para este reglamento se va a aclarar algunos términos que mas adelante se utilizarán continuamente.

Área de Cobertura: Zona geográfica (Km²) en la cual se recibe la señal emitida por una estación radioeléctrica, ubicada en su interior.

“Bandas para Acceso.- Son bandas para conexión inalámbrica en las que su uso corresponde al Servicio Fijo punto-punto y punto-multipunto para enlazar una estación con el último nodo o el último nodo con el usuario final.

Coefficiente de Valoración del Espectro (α_n). Coeficiente multiplicador que se aplica en el cálculo de la tarifa para el uso específico de una frecuencia, sobre la base del tipo de servicio, tipo de propagación y la banda de frecuencias, contemplando las políticas de telecomunicaciones del país, la valoración del espectro y la densidad de uso de frecuencias. El Coeficiente de Valoración del Espectro será determinado por CONATEL.

Coefficiente de Corrección (β_n). Coeficiente de corrección determinado por CONATEL en base de la zona geográfica y de la necesidad de desarrollo relativo del sector de telecomunicaciones en dicha zona.

Factor de Ajuste por Inflación (K_a): Constante establecida por CONATEL como coeficiente multiplicador aplicable en el cálculo de las tarifas por uso de frecuencias, sobre la base de las condiciones de inflación del país.

Factor de Concesión de Frecuencias: Constante de ajuste que sirve para calcular el Valor de concesión para los Sistemas de Radiocomunicación, de acuerdo a la banda de operación del sistema y el servicio en consideración.

Multiacceso: Término que referencia para los sistemas de los Servicios Fijo y Móvil, en los cuales para establecer comunicación se dispone de una Estación Base o Estación Central Fija, la cual permite a múltiples Estaciones de Abonado Fijas y Móviles, realizar comunicaciones simultáneas mediante diversas técnicas de acceso al canal radioeléctrico o a la banda de frecuencias asignada para el sistema o servicio concesionado. Las técnicas de acceso pueden ser relacionadas con el tiempo de acceso, el uso y reuso de frecuencias dentro del canal o banda concesionada, así como el empleo de técnicas digitales de transmisión y modulación para tal fin.

Servicio Fijo Enlaces Punto-Multipunto (Multiacceso).- Servicio Fijo en el cual se establecen comunicaciones simultáneas entre una Estación Central Fija con múltiples Estaciones Fijas, mediante diversas técnicas de acceso al canal radioeléctrico o a la banda de frecuencias asignada y que no sobrepase las distancias especificadas para las diferentes bandas en la Tabla 1 del Anexo 4.

Servicio Fijo Enlaces Punto-Punto: Servicio Fijo en el que las estaciones establecen comunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso): Servicios Fijo y Móvil en que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquier canal asignado al sistema, que se encuentre disponible.

Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.- Sistema de radiocomunicaciones que utilizan técnicas de codificación o modulación digital, cuyos equipos funcionan de conformidad con los límites de potencia y la

densidad media de P.I.R.E. que se establecen en la Norma correspondiente, en las bandas de frecuencias que determine el CONATEL.”¹

Los proyectos auspiciados por el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones FODETEL, tienen un tratamiento especial en cuanto a la imposición mensual, dependiendo del servicio.

Al realizar un proyecto con fines de carácter social la tarifa por uso de frecuencias es igual al 10% del valor que resulte de aplicar las ecuaciones y tablas del presente Reglamento y proporcional al tiempo de duración del contrato.

Para calcular del componente de la tarifa por uso de frecuencias por cada Estación Central Fija del Servicio Fijo punto-multipunto (Multiacceso) se utilizará la siguiente ecuación para calculo de la Tarifa A.

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha^4 * \beta^4 * A * (D)^2$$

“Donde:

T(US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

K_a = Factor de ajuste por inflación.

α⁴ = Coeficiente de valoración del espectro para el servicio fijo y móvil

β⁴ = Coeficiente de corrección para la tarifa por estación de base o estación central fija.

A = Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.

D = Radio de cobertura de la estación de base o estación central fija, en Km.”²

¹ Glosario de términos y definiciones. Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

² Art. 11. Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

El radio de cobertura así como el coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso), se detalla en la Tabla 1 del Anexo 4 del Reglamento de Derechos de Concesión y tarifas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

Para lo referente a estaciones que utilizan frecuencias en bandas de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, en el artículo 19 señala que los sistemas que operen en configuración punto-punto, en las bandas que el CONATEL determine, pagarán una tarifa mensual por uso de frecuencias, según la ecuación:

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_6 * \beta_6 * B * NTE$$

“Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

K_a = Factor de ajuste por inflación.

α₆ = Coeficiente de valoración del espectro para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 5).

β₆ = Coeficiente de corrección para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

B = Constante de servicio para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (De acuerdo a la Tabla 2, Anexo 5).

NTE = Es el número total de estaciones fijas y móviles de acuerdo al sistema.

El valor del coeficiente α₆ se detalla en la Tabla 1, Anexo 5 y el valor de la constante B para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha se detalla en la Tabla 2, Anexo 5.”³

³Art. 19. Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

En el reglamento General a la ley especial de telecomunicaciones reformado se podrá encontrar de una forma mas universal información acerca de normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión, control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, datos y sonidos por cualquier medio; y el uso del espectro radioeléctrico en el caso que se tenga alguna duda acerca de información sobre cualquier tipo de sistema.

Para sistemas punto-multipunto se debe sumar la Tarifa A con la Tarifa C es por esto que se tiene que la Tarifa C se calcula asi:

$$TC (US\$) = Ka * \alpha 5 * Fd$$

“ Donde:

TC (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

Ka = Factor de ajuste por inflación.

$\alpha 5$ = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso) (De acuerdo a la tabla 2, anexo 4).

Fd = Factor de capacidad (De acuerdo al Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), refiérase a las tablas 3 hasta la 8, anexo 4).”⁴

El valor del factor $Ka = \alpha 5 = 1$

El Factor de capacidad Fd se lo encuentra en la Tabla 5.1

⁴ Art. 13. Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

Tabla 5.1 Sistemas de Modulación digital Banda Ancha

Tramo	Factor de capacidad Fd
$3 < N \leq 10$	3
$10 < N \leq 20$	7
$20 < N \leq 30$	10
$30 < N \leq 40$	15
$40 < N \leq 50$	19
$N > 50$	25

CAPITULO VI

FACTIBILIDAD ECONÓMICA

6.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS REDES Y EQUIPAMIENTO CON PROPUESTAS DE EMPRESAS PROVEEDORAS DEL SERVICIO PARA LAS REDES

Para la implementación de la Red, se ha escogido un escenario inalámbrico el cual, permite llegar a todos los puntos propuestos a pesar de la topología del terreno.

La única torre que ya está construida es la de la operadora Porta (CONECEL), las demás torres se tendrán que construir.

Los precios de los equipos son referenciales, ya que estos pueden ir cambiando conforme la economía del país vaya variando, además los precios que se observan no se incluye el valor de FOB¹, ya que se espera que todos estos los proveedores tengan estos equipos en stock y no tengan que importar de otro país.

¹ FOB "Free On Board "

Tabla 6.1 Costos referenciales de equipos para la red

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	Mástil 2 m	72.50	14	1015
2	Mástil 3 m	90.72	5	453.6
3	Mástil 6 m	145,00	5	725.00
4	Mástil 7 m	175.24	1	175.24
5	Mástil 8 m	331.6	1	331.6
6	Mástil 9 m	373.00	2	746
7	Mástil 10 m	414.40	1	414.4
8	Mástil 11 m	455.80	3	1367.4
9	Mástil 13 m	538.60	1	538.6
10	Mástil 15 m	621.40	2	1242.8
11	Mástil 18 m	745.60	1	745.6
12	Mástil 20 m	828.10	3	2484.3
13	Torre Telecomunicaciones no autosoportadas en sectores de 1m. Incluye pararrayos, y malla de tierra.	269.00	1	269.00
14	Torre Telecomunicaciones no autosoportadas en sectores de 3 m 3mts. Incluye pararrayos, y malla de tierra	538,00	3	1614.00

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
15	Torre Telecomunicaciones no autoportadas en sectores de 3 m 6mts. Incluye pararrayos, y malla de tierra	1076,00	1	1076.00
16	Torre Telecomunicaciones no autoportadas en sectores de 3 m 18mts. Incluye pararrayos, y malla de tierra	3228,00	1	3228.00
17	Torre Telecomunicaciones no autoportadas en sectores de 3 m 24mts. Incluye pararrayos, y malla de tierra	4304,00	1	4304,00
18	Torre Telecomunicaciones no autoportadas en sectores de 3 m 27mts. Incluye pararrayos, y malla de tierra	4842,00	1	4842,00

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
19	Air Point Nexus Total 241 2,4GHz SB3215 Antena Integrada 12 dBi 60°/35° , Conector N para antena externa (50 Ohm)	800,00	7	5600
20	Air Point Nexus Total 551 5.x GHz SB3216 Antena Integrada 12 dBi 60°/15° , Conector N para antena externa (50 Ohm)	880,00	16	14080
21	Air Client Total 551 5.x GHz SB3416 Data Rates 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6 Mbps.Integrada 18 dBi 20°/20° , Conector N para antena externa (50 Ohm)	385,00	30	11550
22	AirClient™ Series 2.4 GHz SB3417 Antena Integrada 15 dBi 27°/30° , Conector N para antena externa (50 Ohm)	300,00	19	5700

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
23	Antena sectorial 120° 18dBi ² .5.8Ghz	390,00	3	1170
24	Antena sectorial 120° 18dBi.2.4 Ghz	573,00	3	1719
25	Antena sectorial 120° 31dBi 5.8 Ghz	632,00	1	632
26	Antena sectorial 120° 15dBi .2.4 Ghz	364,00	2	728
27	Antena sectorial 60° 27dBi .5.8Ghz	510,00	2	1020
28	Antena 15dBi 2.4GHz	78,00	1	78.00
29	Antena WiFi Solid Gris Dish 31dBi 5.8GHz	329.51	3	988.53
30	Antena plana PA13R-18 18dBi 2.4GHz	285,57	7	1998.99
31	Antena parabólica 27dBi 5.8GHz	419,00	4	1676
32	PC con monitor 26 pulgadas, para monitoreo	1890,00	1	1890.00
33	Switch 8 Puertos	24,00	6	144

² Precios referenciales de las antenas obtenidos de www.hyperlinktech.com

ORD.	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
34	APS de respaldo de energía 6 horas	1450,00	8	11600
35	Armarios para exteriores	1500,00	8	12000
Subtotal Equipos de Telecomunicaciones:				98,147.06
36	Computador 1GB RAM, Disco Duro 250GB.	430,00	123	52,890
37	Tarjeta de Red WiFi	25,00	123	3075
38	Router Inalámbrico	80,00	28	2240
39	Impresora scanner a color	100,00	41	4100
40	Reguladores	25,00	41	1025
Subtotal Equipos de Computación y Redes Locales:				66,330
TOTAL EQUIPAMIENTO:				161,477.06

6.2 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones FODETEL, cuenta con aportes y convenios con empresas como lo es el de SENATEL-CNT el cual permite acceder a un servicio ADSL a tarifas accesibles.

El esquema tarifario se indica en la tabla 6.2:

Tabla 6.2 Esquema Tarifario CNT

SERVICIO	PRECIO DE VENTA PROYECTOS SENATEL CNT
Servicio de Internet 1Mbps ADSL	\$595
Instalación de Servicio ADSL	\$ 500

El servicio mensual es de \$595, el cual se brindará por un lapso de 5 años(60 meses) , teniendo un valor final del servicio de \$71400 dólares.

El valor de instalación es adicional a este valor y es de \$500 dólares.

En lo que se refiere al espectro radioeléctrico se tiene costos a pagar, los cuales se calculan por medio de los reglamentos establecidos para tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

La tarifa para sistemas Punto-Punto se calcula mediante la formula referida en el Capitulo de Marco Regulatorio en el Articulo 19 de reglamento de tarifas por uso de frecuencias.

$$TA(US\$) = Ka * \alpha^6 * \beta^6 * B * NTE$$

Donde:

$$Ka = \beta^6 = 1$$

$$B = 12$$

$$\alpha^6 = 0.533$$

$$NTE = 2$$

Por lo tanto **TA(US\$)** =12.80 dólares que es el valor anual.

Para la red que se esta realizando se tiene 15 enlaces punto-punto. El valor para 5 años que cubre el contrato es :

Costo del sistema Punto-Punto= 12.80*15*5años= \$960 dólares.

Para configuración Punto-Multipunto se puede referir a las formulas que se encuentran en el en Artículo 13 del reglamento por uso de frecuencias realizado por el CONATEL.

Para esto necesitamos los valores tanto de Tarifa A como de Tarifa C los cuales se indican en los cálculos realizados posteriormente

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_4 * \beta_4 * A * (D)^2$$

Donde:

$$K_a = \beta_4 = 1$$

$$\alpha_4 = 0.00156$$

$$D = 8\text{Km}$$

$$A = 125 \text{ (para frecuencias desde 5725 Mhz hasta 5850 Mhz)}$$

Tarifa A (US\$)= 12.48 dólares costo mensual

Para enlaces con frecuencias desde 2400 Mhz hasta 2485 Mhz el valor de la anchura de banda del bloque de frecuencias A es 85 teniendo así:

Tarifa A (US\$)=23.4 dólares costo mensual.

Para la Tarifa C se tiene como ayuda la fórmula:

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_5 * F_d$$

Donde:

$$K_a = \alpha_5 = 1$$

El valor del Factor de capacidad F_d se detalla en la tabla 6.3

Tabla 6.3 Valor de Factor de Capacidad

Tramo	Factor de capacidad F_d
$3 < N \leq 10$	3
$10 < N \leq 20$	7
$20 < N \leq 30$	10
$30 < N \leq 40$	15
$40 < N \leq 50$	19
$N > 50$	25

La tarifa C para cada nodo sería:

Tabla 6.4 Cálculo Tarifa C

Nodos	Tarifa C
Principal	7
Uno	3
Dos	3
Tres	3
Cinco	3

La suma de las dos tarifas tanto A como Tarifa C para las diferentes frecuencias es:

Tabla 6.5 Costo del Espectro Radioeléctrico punto-multipunto

No dos	Tari fa A	Tari fa C	Tarifa Mensual(dolares)	Tarifa en 60 meses
Pri nicipal	12. 48	7	\$ 19.48	\$ 1,168.80
Un o	12. 48	3	\$ 15.48	\$ 928.80
Do s	23. 41	3	\$ 26.41	\$ 1,584.60
Tr es	23. 41	3	\$ 26.41	\$ 1,584.60
Ci nco	23. 41	3	\$ 26.41	\$ 1,584.60
To tal				\$ 6,851.40

El costo total que se tiene por el uso del espectro Radioeléctrico es la suma tanto del sistema Punto-Punto como del de Punto-Multipunto, es así como el valor es igual a la suma de \$960+\$6851.40, teniendo:

Costo Total uso Espectro Radioeléctrico = \$7811.40 dólares

Costo Total uso de Espectro Radioeléctrico proyecto social =\$781.14 dólares

El costo por mantenimiento por año se asume que es el 1% del costo total de la inversión por lo tanto se tiene:

Costo por mantenimiento anual de equipos = \$ 161,477.06 + *0,01*5 años
= \$8,073.85 dólares.

Los costos de operación y mantenimiento son:

Tabla 6.6 Costo de Operación y Mantenimiento

Servicio	Precio US\$
Internet	71,900
Uso del espectro	781.14
Mantenimiento	8,073.85
TOTAL	80,754.99

El costo total del proyecto será la suma de todos los equipos e infraestructura que se necesita para el proyecto más la operación y mantenimiento.

Tabla 6.7 Costo Total del Proyecto

	Costo
Equipamiento	161,477.06
Operación y Mantenimiento	80,754.99
TOTAL	242,232.05

Lo que se estima invertir en el proyecto es **\$242,232** (Doscientos cuarenta y dos mil doscientos treinta y dos dólares americanos)

6.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA

Cabe recalcar que la inversión inicial va a ser por parte de FODETEL, la cual no tiene fines de lucro ya que es una institución que se enfoca solo en proyectos de orden social.

Las variables que permiten hacer el análisis económico de la red, se denominan VAN (Valor Actual Neto) y TIR(Tasa Interna de Rentabilidad).

6.3.1 El Valor Actual Neto. (V.A.N.)

Conocido bajo distintos nombres, es uno de los métodos más aceptados (por no decir el que más).

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. La única dificultad para hallar el VAN consiste en fijar el valor para la tasa de interés, existiendo diferentes alternativas.

6.3.2 Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.)

Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.) a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión sea igual a cero (VAN=0).

Este método considera que una inversión es aconsejable si la T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una T.I.R. mayor.

La T.I.R. es un indicador de *rentabilidad relativa del proyecto*, por lo cual cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una T.I.R. baja puede tener un V.A.N. superior a un proyecto con una inversión pequeña con una T.I.R. elevada.

Los resultados del análisis se pueden apreciar en la tabla 6.8

Tabla 6.8 Indicadores Económicos

Tasa Interna de Retorno (TIR)	57,6%
Valor Actual Neto (VAN) (US\$)	108.580
Periodo de Recuperación (Años)	0,78

Los valores que se obtuvo son bastante altos y esto se debe a que FODETEL presta gran ayuda a estos proyectos, y la sostenibilidad del proyecto esta en la comunidad con sus planes como los que se detallan posteriormente.

Estos valores indican que el proyecto es bastante rentable ya que se tiene un TIR mucho superior a la tasa de reposición que es de 14.5 %, y lo esperado es solo en un rango de ± 3 puntos por arriba o debajo de ese valor.

El desglose de valores que se utilizaron para este análisis se los encuentra en el ANEXO 5

6.4 PLAN DE SOSTENIBILIDAD

- Realizar convenios con universidades para que ellos tomen parte en la continuidad de este proyecto aportando con ideas y ayuda de los estudiantes para que las zonas beneficiadas no pierdan el servicio de Internet.
- Crear ingresos para esta red ocupándola no solo para el uso de Internet en las instituciones, sino también para que los alumnos puedan realizar impresiones, escaneado y copiado, con un costo adicional, de aquí que la escuela deberá realizar un plan para que esta acción sea rentable. Es por esto que se va a tomar un promedio de 3 dólares diarios siendo este el aporte de la comunidad.
- Cada escuela deberá crear un plan de sostenibilidad desde el momento que sea instalada la red, para que a futuro la red no pare de funcionar sino mas bien tenga un adelanto ya con las bases dadas; y esto se logrará capacitando al personal y alumnos sobre la importancia de este servicio y dando información acerca de cómo se ha creado la red y sobre todos sus componentes.
- El FODETEL por medio de los recursos que entregue la SENATEL podría subsidiar un porcentaje del pago del servicio de Internet para así seguir ayudando a las escuelas. Esto se tendría que dialogar tanto con las escuelas como con la SENATEL para acordar el porcentaje a entregar.
- Buscar ayuda económica de empresas privadas, las cuales ayudarían en el pago del servicio.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se ha efectuado el diseño de la red comunitaria que dotará de Internet a algunas escuelas del Cantón Olmedo, las mismas que gracias a esta red, les permitirá el desarrollo de mejores programas de estudio para el adelanto de la comunidad.
- Mediante el estudio de demanda se pudo llegar a conocer más a fondo el verdadero problema de la educación en Cantones donde no cuentan con los servicios necesarios ni la infraestructura que permita albergar equipos de telecomunicaciones, es por esto que mediante el apoyo de cada escuela y municipio se dará la seguridad necesaria para que se pueda equipar a dichos establecimientos.
- Las condiciones topográficas del terreno no ayudan mucho para el diseño de la red, es por esto que se trató de utilizar la tecnología más apropiada y económica para poder abarcar a todas las localidades, seleccionándose Wi-Fi, la misma que cuenta beneficios, tanto económicos como de durabilidad, con algunos problemas de distancia que fueron solucionados mediante el uso de antenas externas.

- El terreno cuenta con una topografía que impide la línea de vista entre un nodo central y todas las escuelas, es por esta razón que se instaló 7 torres adicionales a la principal, que involucra un costo extra a la red , pero que es la forma de asegurar enlaces exitosos.
- Los planes de sostenibilidad del proyecto son muy importantes y necesarios no solo de parte del gobierno sino de la comunidad, ya que son ellos quienes después de un plazo preestablecido tendrán que continuar con este proyecto para que así de los frutos que tanto se añora.
- La seguridad en las redes es un aspecto en el cual se ha puesto énfasis ya que no se puede permitir que usuarios externos a la red, se beneficien a expensas de escuelas que en verdad necesitan, provocando una degradación en el servicio.
- El análisis de costos es imprescindible para no malgastar recursos que se pueden invertir en otras áreas, por esta razón se ha visitado algunas empresas que proveen de equipos y se ha tomado en cuenta el equipamiento que se ofrece, los mejores precios y la que mayor garantía brinda al proyecto.

7.2 RECOMENDACIONES

- Ayudar a la comunidad que no se encuentra capacitada, con programas presénciales y a distancia, sobre el uso de herramientas para la navegación por Internet, la forma de utilizarlo y las aplicaciones sobre la plataforma.
- Difundir los reglamentos que rigen a las telecomunicaciones, para así cumplir con las reglas y no ser sancionados.

- Analizar los equipos a utilizar tanto desde el punto de vista económico como útil, para que estos cumplan con todos los requerimientos y satisfagan así las necesidades del mismo.
- Realizar un seguimiento del proyecto para que se ponga en marcha lo más rápido posible, planificando parámetros complementarios como capacitación, elaboración de contenidos, convenios con institutos de educación superior que permitan el desarrollo de las TIC's, no solo en educación , sino también en el desarrollo Agrícola, desarrollo ganadero y de manera general en el desarrollo social que permita minimizar la brecha tecnológica y económica en el cantón analizado en este proyecto
- Que FODETEL desarrolle programas en otros cantones para maximizar posbeneficios que implican el aporte del 1% que pagan las operadoras de telecomunicaciones.

GLOSARIO DE TERMINOS

DSL	Digital Subscriber Line
WLL	Wireless Local Loop
MMDS	Multichannel multipoint distribution service
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
WLAN	Wireless Local Area Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing
CSMA/CA	Acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
UDP	User Datagram Protocol
TDM	Multiplicación por división de tiempo
ATM	Modo de transferencia asíncrono
STRM	Shuttle Radar Topography Misión
ISM	Industrial, Scientific and Medical
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SCI	Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas
SIISE	Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador
WEP	Wired Equivalent Privacy
SSID	Service Set Identifier
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
MRTG	Multi Router traffic Grapher
RSSI	Receive Signal Strength Indication
SLA	Acuerdo de Nivel de Servicio
FOB	Free On Board

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

www.conatel.gov.ec

www.alegsa.com.ar/Dic/xDSL.php

www.smartbridges.com/products/aCSeries.asp

www.wimo.com/cgi-bin/verteiler.pl?url=custom-made-antennas_s.html

www.w3.org

www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml

www.itpapers.com

www.adslforum.com

www.itu.org

Remote Access Networks: Pstn, Isdn, Adsl, Internet and Wireless.

Mc-GrawHill Series and Computer Communications 1998

Chandar Dhawan.

www.conelectronica.com/articulos/xdsl30.htm

www.telcordia.com

www.embratel.com.br

www.telefónica.com.es

www.pairgain.com

www.nettonet.com

www.andinadatos.com.ec/cobertura.html

www.movistar.com.ec/cobertura

www.acuista.com/x/225954d-

antena_sectorial_5ghz_de_16dbi_polarizacion_vertical_8_x_120_cyb_sec5g_16d_b_120_/#ficha_tecnica

www.3com.com/wireless

http://es.wikipedia.org/wiki/Customer_Premises_Equipment#column-one#column-one

<http://www.tecnomaster.cl/productos.html>

www.wilac.net/tricalcar

CD SIISE 4.5

Introducción a las Redes Wi-Fi, Volúmen 1, Número 1, Noviembre 2003, Escrita Por Carlos Baradello, Ph.D.

Introducción a las Redes Wi-Fi: Los Estándares Técnicos 802.11 b/g/a
Volúmen 1, Número 2, Noviembre 2003, Escrita Por Carlos Baradello, Ph.D.

Configuraciones y Usos De La Tecnología Wi-Fi, Estándares Técnicos
Volúmen 1, Número 3, Noviembre 2003, Escrita Por Carlos Baradello, Ph.D.

El modelo de los **Hot Spot**, Volúmen 1, Número 3, Noviembre 2003, Escrita Por Carlos Baradello, Ph.D.

Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18, N. 1, 9 -, (Octubre, 2005), **Análisis de Alternativas de Comunicación para las Zonas Rurales de la Costa**

Ecuadoriana: Parte I

[www.itrainonline.org/Simulación de Radio en exteriores Iniciándose con "Radio Mobile "](http://www.itrainonline.org/Simulación_de_Radio_en_exteriores_Iniciándose_con_"Radio_Mobile_")

ANEXO 1

LISTADO DE ESCUELAS QUE PERTENECEN A LA RED

ANEXO 2

PERFILES DE LOS ENLACES

ANEXO 3
PARAMETROS DE LOS ENLACES

ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS

ANEXO 5

CALCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR) Y VALOR ACTUAL NETO (VAN)

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características protocolo 802.11	14
Tabla 2.2 Características Estándar 802.16	23
Tabla 2.3 Diferencias entre Wi-Fi y WiMAX	26
Tabla. 3.1 Indicador de Educación en Cantón Olmedo.....	30
Tabla. 3.2 Indicador de Pobreza	32
Tabla. 3.3 Indicador de Población.....	33
Tabla. 3.4 Comparación de Indicadores en los Cantones de Manabí con mayor pobreza.....	34
Tabla. 3.5 Ubicación Georeferenciada de las localidades a ser beneficiadas.	36
Tabla. 3.6 Operadoras de Telefonía Fija por Provincia.....	41
Tabla. 3.7 Cobertura de CNT (Ex – PACIFICTEL) en la Provincia de Manabí.	43
Tabla. 3.8 Abonados de Operadoras de Telefonía Móvil en Ecuador.	43
Tabla. 3.9 Cobertura de CONECEL en el Cantón de Olmedo , Provincia de Manabí.....	47
Tabla 4.1 Referencia sobre computadores y ancho de Banda	50
Tabla 4.2 Ancho de Banda según aplicación.	50
Tabla 4.3 Numero de computadores en la red.....	51
Tabla 4.4 Detalle de integrantes de Subredes.....	62
Tabla 4.5 Detalle de integrantes de Subredes Nodo-Nodo	63
Tabla 4.6 Asignación de direcciones de red.....	63
Tabla 4.7 Asignación de direcciones de red Punto-Nodo y Punto Punto.....	64
Tabla 4.8 Asignación de direcciones de red, subredes Nodo-Nodo.	65
Tabla 4.9 Ubicación de establecimientos a beneficiar.....	72
Tabla 4.10 Tasa de crecimiento Poblacional.	76
Tabla 4.11 Proyección de crecimiento de computadores.	78
Tabla 4.12 Parámetros de enlace Nodo Uno y O1.....	80
Tabla 4.13 Resumen de ítems mediante su complejidad	81
Tabla 5.1 Sistemas de Modulación digital Banda Ancha 103	
Tabla 6.1 Costos referenciales de equipos para la red	105
Tabla 6.2 Esquema Tarifario CNT.....	110
Tabla 6.3 Valor de Factor de Capacidad	112
Tabla 6.4 Cálculo Tarifa C.....	112
Tabla 6.5 Costo del Espectro Radioeléctrico punto-multipunto	113
Tabla 6.6 Costo de Operación y Mantenimiento.....	114
Tabla 6.7 Costo Total del Proyecto.....	114
Tabla 6.8 Indicadores Económicos	116

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Red de Banda Ancha	5
Figura 2.2 Red de acceso vía cobre: Modulación DSL	6
Figura 2.3 Red de acceso vía radio	7
Figura 2.4 Red de acceso vía fibra óptica	8
Figura 2.5 WI-FI	9
Figura 2.6 Estación Base inalámbrica	15
Figura 2.7 Access Point	16
Figura 2.8 a,b,c Adaptadores de red inalámbricos	16
Figura 2.9 Antenas Externas	17
Figura 2.10 Amplificadores Externos	17
Figura 2.11 Red WiMAX	19
Figura. 3.1. Mapa referencial del Cantón Olmedo, Provincia de Manabí y ubicación general de las escuelas	29
Figura. 3.2. Mapa del Cantón Olmedo, Provincia de Manabí	38
Figura. 3.3. Mapa del Cantón Olmedo, Provincia de Manabí. ARGIS	39
Figura. 3.4. Mapa 3D con los puntos de la Red	40
Figura. 3.5. Cobertura de CNT (Ex – ANDINATEL) en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí	42
Figura. 3.6. Cobertura de OTECEL en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí ..	45
Figura. 3.7. Cobertura de TELECSA en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí ..	46
Figura. 3.8. Cobertura de OTECEL en el Cantón Olmedo, Provincia de Manabí ..	46
Figura 4.1 Presentación Software Radio Mobile.	54
Figura 4.2 Radio de cobertura de antenas.	55
Figura 4.3 Vista de animación de un enlace.	56
Figura 4.4 Vista panorámica de una animación	56
Figura 4.5 Esquema básico de la Red.	60
Figura 4.6 Diagrama de red Backhaul	61
Figura 4.7 Solución Ultima Milla	61
Figura 4.8 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 1	67
Figura 4.9 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 2	68
Figura 4.10 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 3	69
Figura 4.11 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 4.1	70
Figura 4.12 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 4.2	70
Figura 4.13 Diagrama de Distribución de Direcciones IP. Subred 5	71
Figura 4.14 Diagrama topográfico de la Red	72
Figura 4.15 Perfil del enlace entre Nodo Uno-Punto O1	75

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	1
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....	2
CAPITULO II	3
MARCO TEORICO	3
2.1 TIPOS DE REDES DE ACCESO.....	3
2.1.1 Introducción.....	3
2.1.2 Clasificación de las redes de acceso	4
2.2 WI-FI (Wireless Fidelity)	8
2.2.1 Introducción.....	8
2.2.2 Funcionamiento de las redes WLAN.....	10
2.2.3 Estándar IEEE 802.11.....	11
2.2.4 Elementos de una red Wi-Fi.....	15
2.2.5 Ventajas y Desventajas de la red Wi-Fi	17
2.3 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	19
2.3.1 Introducción.....	19
2.3.2 Evolución de WiMAX.....	20
2.3.3 Estándar IEEE 802.16.....	20
Estándar 802.16-2004.-	21
Estándar IEEE802.16e.-	22
2.3.4 Características Estándar IEEE 802.16.....	23
Características Principales:.....	23
2.3.5 Comparativa entre WI-Fi y WiMAX	24
CAPITULO III	27
ESTUDIOS DE DEMANDA	27
3.1. REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS	27
3.2 ESTUDIO DE CAMPO.....	28
3.3 SELECCIÓN DE LOCALIDADES BENEFICIARIAS / INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA.....	29
3.3.1 Datos Socio Económicos del Cantón Olmedo	30
3.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOREFENCIADA DE LAS UNIDADES EDUCATIVAS.....	35
3.5 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE OPERADORES EN LA ZONA DE INFLUENCIA	40
3.5.1 CNT	42
3.5.2 Movistar (OTECCEL)	45
3.5.3 Alegro (TELECSA).....	45
3.5.4 PORTA (CONECEL).....	47
CAPITULO IV	48
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	48
4.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS POSIBLES PARA LA IMPLEMENTACIÓN, ESCENARIOS PROPUESTOS	48
4.2 ESTUDIO DE TRÁFICO	49
4.3 SOFTWARE DE APLICACIÓN.....	53

4.4 DISEÑO Y TOPOLOGÍA DE LA RED.....	56
4.4.1 Diagramas de la red en Packet Tracer 5.0.....	66
4.5 ZONAS DE INFLUENCIA.....	72
4.6 PERFILES DE LOS ENLACES Y SELECCIÓN DE LAS RUTAS.....	74
4.7 DIMENSIONAMIENTO DE CADA UNA DE LAS REDES, ANCHOS DE BANDA, CÁLCULOS REALIZADOS.....	75
Tasa de crecimiento poblacional.....	76
Fundamento.....	77
4.7.1 Cálculos de Enlaces.....	79
4.8 SEGURIDAD EN LAS REDES.....	80
4.8.1 Consideraciones previas.....	80
4.8.2 Asegurar el Punto de Acceso.....	82
4.8.3 Aumentar la seguridad de los datos transmitidos.....	82
4.8.4 Ocultar la red Wi-Fi.....	83
4.8.5 Evitar conexiones.....	83
4.8.6 Mayor seguridad.....	84
4.8.7 Monitorear constantemente la red.....	85
4.8.8 Mantener las computadoras al día.....	85
4.9 EQUIPAMIENTO DE TELECOMUNICACIONES PARA LAS REDES. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.....	86
4.9.1 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE EQUIPOS.....	86
4.9.2 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES.....	91
CAPITULO V.....	93
MARCO REGULATORIO.....	93
5.1. ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS.....	93
5.1.1 Reglamento del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano Marginales.....	94
5.1.2 Norma Para La Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.....	96
5.1.3 Reglamento de Derechos de Concesión y tarifas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.....	98
CAPITULO VI.....	104
FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	104
6.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS REDES Y EQUIPAMIENTO CON PROPUESTAS DE EMPRESAS PROVEEDORAS DEL SERVICIO PARA LA REDES.....	104
6.2 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	109
6.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA.....	114
6.3.1 El Valor Actual Neto. (V.A.N.).....	115
6.3.2 Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.).....	115
6.4 PLAN DE SOSTENIBILIDAD.....	116
CAPITULO VII.....	119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
7.1 CONCLUSIONES.....	119
7.2 RECOMENDACIONES.....	120

GLOSARIO DE TERMINOS.....	122
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	123
ANEXO 1	125
LISTADO DE ESCUELAS QUE PERTENECEN A LA RED	125
ANEXO 2	126
PERFILES DE LOS ENLACES	126
ANEXO 3	127
PAREMETROS DE LOS ENLACES	127
ANEXO 4	128
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS.....	128
ANEXO 5	129
CALCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR) Y VALOR ACTUAL NETO (VAN)	129
INDICE DE TABLAS	130
INDICE DE FIGURAS	131