Estudio Técnico de Factibilidad para la Ampliación de Cobertura de la Red de Datos del Gobierno de la Provincia de Pichincha y Diseño Piloto en el Cantón Pedro Moncayo

Suntaxi Vallejo Gabriela Margoth, Miranda Vega Diana Amarilis, Ing. Corral Danilo, Ing. Silva Rodrigo

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército
Quito, Ecuador

gabysv33@hotmail.com
diavemi@hotmail.com

***Resumen*— Este artículo describe el estudio técnico de factibilidad para la ampliación de cobertura de la red de datos del Gobierno Provincial de Pichincha (GPP) mediante un diseño piloto en el cantón Pedro Moncayo. En el análisis se han considerado aspectos de tecnología, cobertura, servicios e infraestructura. Estos datos servirán como base para el diseño de cuatro radioenlaces que interconecten las juntas parroquiales de Pedro Moncayo y permitirán dimensionar nuevos servicios para implementar en la red de datos. El diseño piloto será el modelo para la réplica en los demás cantones de la Provincia, a fin de expandir la red de datos de 434 a 600 nodos ya que el GPP tiene asignado un presupuesto de 60.000 dólares para este propósito.**

I. Introducción

La brecha digital que afecta a la Provincia de Pichincha, es el motivo por el cual el GPP requiere un completo análisis de su actual red de datos y el estudio para la ampliación de cobertura, ya que así se podrá generar la inclusión digital de la población y consolidar el buen vivir.

El GPP concentra su trabajo en zonas rurales, donde se requiere el uso de redes inalámbricas de largo alcance, las mismas que operan bajo el estándar IEEE.802.11; es por esta razón que los radioenlaces del cantón Pedro Moncayo se diseñarán con esta tecnología en la banda de 5.8GHz.

Para el diseño de cualquier enlace es necesario realizar una visita técnica donde se registren datos de ubicación, infraestructura y aspectos de seguridad del sitio. Estos datos servirán para realizar una correcta simulación del enlace en cualquier software que permita observar el desempeño de la comunicación. El proceso de simulación se complementa mediante cálculos radioeléctricos que permiten asegurar la calidad del radioenlace.

II. Redes Inalámbricas de Largo Alcance

Una red inalámbrica es un sistema de comunicación de datos que utiliza el aire como medio de transmisión. Su estandarización está bajo la recomendación IEEE.802.11 que especifica una interfaz sobre el aire, entre el cliente y una estación base o entre dos clientes inalámbricos de una red inalámbrica local WLAN.

Una red 802.11 está basada en una arquitectura celular (Fig. 1) donde el sistema está dividido en celdas. Cada celda se denomina Basic Service Area (BSA) y corresponde al área de cobertura de una estación base llamada Punto de Acceso (AP), el cual controla a un conjunto de terminales o dispositivos denominado Basic Service Set (BSS). Los Puntos de Acceso de las distintas celdas están conectados a través de un tipo de red troncal, llamado Sistema de Distribución (DS). Este sistema es el soporte de la WLAN dentro de un Conjunto de Servicio Extendido (ESS).

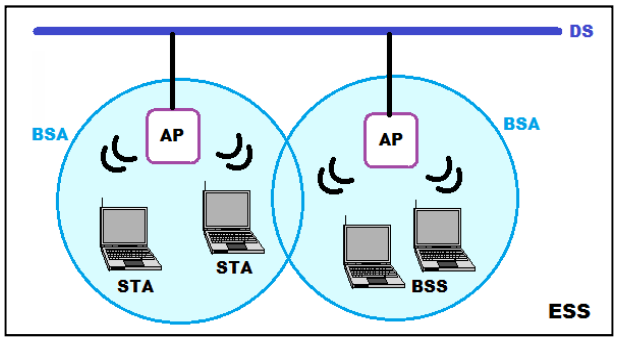

Fig. 1 Arquitectura general 802.11

A. *Componentes*

Una red inalámbrica está formada por puntos de acceso y clientes inalámbricos. Punto de acceso es un dispositivo transmisor/receptor inalámbrico que conecta entre sí los nodos de la red y actúa como puente entre ellos y la red cableada. Un cliente inalámbrico es cualquier dispositivo con una tarjeta adaptadora de red inalámbrica que se conecta a una red para compartir recursos.

B. *Topologías*

La topología de red inalámbrica se refiere a la forma de conexión y flujo de datos entre dos o más dispositivos conectados a un enlace. Existe topología punto-punto y

punto-multipunto. Un enlace punto a punto es un conjunto de servicios básicos independientes que no requiere de un punto de acceso central. Un enlace punto-multipunto es un entorno donde se requiere un punto de acceso central que actúa como servidor.

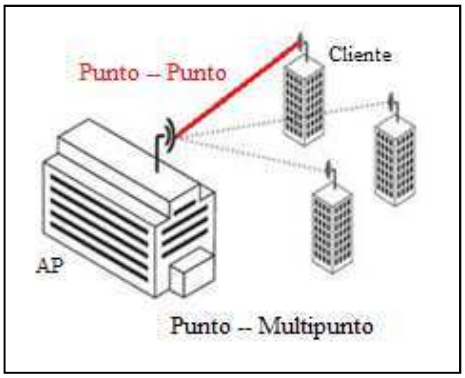

Fig. 2 Topologías inalámbricas

C. *Principales Estándares*

Los principales estándares inalámbricos [1] son los que forman parte de la familia IEEE 802.11. Los estándares importantes en este artículo son aquellos que permiten operaciones en la frecuencia de 5,8GHZ.

El estándar 802.11a opera en la banda ICM (Industrial, Científica, Médica) de 5GHz, con un rango de 5,725 a 5,850 GHz y brinda velocidades de datos que oscilan entre 6 y 54 Mbps; mientras que el estándar 802.11n puede operar tanto en la banda ICM de 2,4 GHz como en la de 5 GHz.

D. *Aspectos Generales de un Radioenlace*

Un radioenlace (Fig. 3) es una interconexión por ondas electromagnéticas efectuada por un conjunto de equipos para enviar la señal de un punto a otro. Cada radioenlace consta de un equipo transmisor/receptor en ambos lados, el cual generalmente se representa como una antena.

Las antenas pueden ser de tres tipos: direccionales, omnidireccionales, y sectoriales. Las direccionales son las que concentran toda la señal en una sola dirección, las omnidireccionales emiten la señal en todas las direcciones, y las sectoriales son una combinación de las dos antenas expuestas anteriormente.

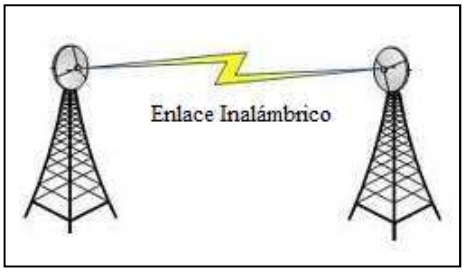

Fig. 3 Radioenlace

El radioenlace emite señales por un medio inalámbrico, para lo cual es necesario el uso del Espectro Radioeléctrico que se divide en bandas de frecuencia.

La banda de frecuencia de interés en este artículo es la SHF (Frecuencias Súper Altas) que tiene un rango de 3 a 30 GHz y son útiles en radioenlaces de larga distancia.

E. *Cálculos radioeléctricos*

Los principales aspectos que intervienen en los cálculos de un radioenlace son: Zona de Fresnel, potencia, pérdidas y ganancias.

La zona de Fresnel es el área en la cual se difunde la señal luego de ser emitida por una antena. En un raioenlace es necesario mantener despejado al menos el 60% de la primera zona de Fresnel.

Las pérdidas son todas las atenuaciones que se producen a lo largo del trayecto y pueden ser originadas por: cables, conectores, lluvia, gases, y propagación. La pérdida de propagación se produce cuando la señal viaja de la antena transmisora hacia la antena receptora.

Las ganancias, tanto de transmisión como de recepción, corresponden a una especificación técnica de las antenas, indicada por el fabricante. En los equipos IEEE 802.11 este dato varía entre 2 y 30 dB.

La potencia de recepción es el mínimo valor de potencia que el receptor necesita para captar la señal emitida y la potencia de transmisión se encuentra en las especificaciones técnicas de los equipos, en los dispositivos IEEE 802.11 varía entre 15y 26 dBm.

III. Levantamiento de Información

La infraestructura actual de la red de datos del GPP está formada por la red de backbone o red troncal la cual cuenta con 35 nodos principales y 13 repetidores distribuidos a los largo de toda la Provincia de Pichincha, menos en el Cantón Cayambe ya que este cuenta con una red propia instalada por su gobierno local. Y la red de acceso que es el trayecto final del sistema de telecomunicaciones que está formado por 434 escuelas fiscales y fisco-misionales ubicadas a lo largo de las zonas rurales y urbanas marginales de la Provincia.

La red de backbone tiene una capacidad de 52 Mbps y un canal dedicado para datos de 256 Kbps.

IV. Estudio de la Infraestructura

Infraestructura es el conjunto de elementos, equipos o servicios que se consideran necesarios para que la red de datos pueda funcionar correctamente. Entre los principales elementos constan: equipos de radio, equipos de red, torres y antenas.

Los principales equipos de radio instalados en la red de datos son: VIP-110 y LibraPlus 5845.

El VIP Wi-LAN 110-24 es un radio de espectro ensanchado que opera en la banda ICM de 2,4 a 2,4835 GHz, con una potencia de salida de 23 dBm y velocidades

de 2, 5.5 y hasta 11 Mbps teóricos, que en la práctica corresponden a 1.5, 4 y 8 Mbps respectivamente.

El radio LibraPlus utiliza tecnología OFDM, opera en la banda de frecuencia de 5,8 GHz (5.745 a 5.825 GHz), y cuenta con una antena integrada de 23 dBi.

Los principales equipos de red instalados en la red de datos son: Router inalámbrico FORTIWIFI-30B y el Puente inalámbrico PTP58600.

El FortiWiFi-30B es un equipo apropiado para conexiones de red local inalámbrica, cuenta con un sistema operativo FortiOS 4.0, por lo que tiene datos de prevención de fugas, políticas basadas en la identidad, mejoras de IPS, y control de la aplicación.

El modelo PTP58600 opera en las frecuencias no licenciadas que corresponden al espectro de 5.4, 5.8 y 5.9 GHz, tiene una potencia de transmisión de 25 dBm, ganancia de 23 dBi y sensibilidad entre -58 y -98 dBm. Estos equipos pueden operar en entornos con poca visibilidad directa. Alcanzan distancias de hasta 200 km con tasas de datos de hasta 300 Mbps.

Las torres de comunicación son estructuras metálicas que sirven para la instalación y montaje de antenas y equipos de radio. Existen varios tipos de torres de comunicación: auto-soportadas, arriostradas y monopolo. Las torres instaladas en la red de datos del GPP son de tipo arriostrada o torres con tirantes, es decir están estabilizadas por medio de cables de sujeción

Las antenas son dispositivos diseñados con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Las instaladas en la red de datos del GPP son antenas directivas semiparabólicas con reflector de grilla, ganancia de 24 dBi y lóbulo de irradiación de 8 grados para aplicaciones direccionales de larga distancia.

I. Servicios Existentes

En la actualidad el GPP brinda únicamente el servicio de acceso a internet por medio de dos programas principales: Edufuturo y Pichinchanet [2]. Este servicio permite mejorar la calidad de vida de las comunidades beneficiadas y eliminar la brecha digital existente en la Provincia.

A. *Programa Edufuturo*

Uno de los principales servicios que brinda el GPP a través de su red de datos. Otorga conectividad a Internet, un software educativo multimedia y una página Web a todas las escuelas rurales, fiscales y fisco-misionales de la Provincia.

B. *Programa Pichinchanet*

El Programa Pichinchanet tiene dos proyectos específicos: la alfabetización digital y la construcción de infocentros comunitarios que son centros de información comunitarios con infraestructura de telecomunicaciones, en las áreas rurales y urbano-marginales de la Provincia.

V. Diagrama de la Red Actual

El diagrama de la red de datos del GPP ha sido elaborado en el software GVSIG (Sistema de Información Geográfica) libre. Se ha seleccionado este software porque permite segmentar la red de datos por niveles como por ejemplo: cantones, parroquias, etc., lo cual es de gran utilidad cuando se trabaja con redes de área extensa.

En la Fig. 4 se observa el diagrama final de la actual red de datos del GPP, en el cual se distinguen los nodos principales (puntos verdes), usuarios finales (puntos rojos) y los respectivos enlaces (líneas blancas).

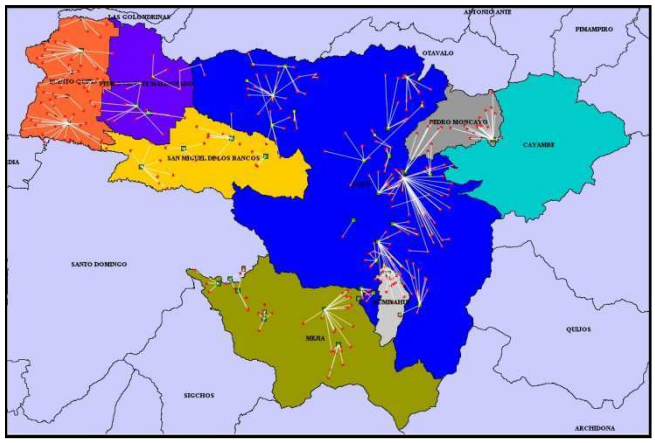

Fig. 4 Diagrama de la actual red de datos del GPP

VI. Test Site Survey

Un Test Site Survey (TSS) o inspección del sitio es un estudio técnico que se efectúa en cada uno de los lugares que formarán parte de los nuevos enlaces. En esta visita técnica se deben registrar aspectos de ubicación, seguridad, acceso e infraestructura existente.

Los TSS para el diseño de los radioenlaces en el cantón Pedro Moncayo se realizaron en las juntas parroquiales (Fig. 6) de: Malchinguí, Tocachi, La Esperanza y Tupigachi, y también en los nodos principales (Fig, 5) de Cananvalle ubicado en Tabacundo cantón Pedro Moncayo y Zabala 1 ubicado en Calderón cantón Distrito metropolitano de Quito. Ambos nodos son torres arriostradas de 30 metros.

Fig. 5 Nodos principales visitados

Fig. 6 Nodos terminales visitados

En el TSS de Malchingui se registró que también se requiere el servicio de internet en el CAPSYD, el cual es el centro de cómputo de la parroquia que está ubicado a 15 metros de la junta parroquial. Por lo tanto este punto también será considerado dentro del diseño.

VII. DISEÑO DE LOS RADIOENLACES

Es indispensable realizar una planificación previa al diseño de los radioenlaces, donde se determina que la tecnología a utilizar es la 802.11 en la banda de 5,8 GHz con enlaces tipo punto – punto. Las antenas deben tener ganancia de 23 dBi, potencia de transmisión regulable, sensibilidad entre -58 y -98 dBm, con polarización vertical.

Los límites de potencia se establecen de acuerdo al anexo 1 del Proyecto de Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha [3], donde la potencia pico se establece en 1 Watt que corresponde a 30 dBm con lo cual la potencia de transmisión requerida es de 9 dBm.

Los requisitos mínimos en el diseño de los radioenlaces son: presentar por lo menos un 60% de despeje de la primera zona de Fresnel y que en el punto más crítico del enlace exista una altura de aproximadamente 20m entre el haz radioeléctrico y el nivel del suelo.

A. *Diseño Enlace Zabala 1 – Malchinguí*

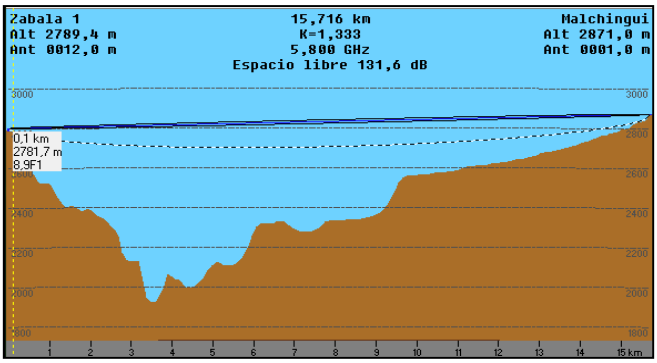

Fig. 7 Simulación radioenlace Z1MA

En este radioenlace se requiere la instalación de la antena en la torre a 12 metros y la antena en la junta parroquial a 1 metro de altura.

Para conectar el centro CAPSYD es necesario instalar un router en este punto y otro en la junta parroquial, los cuales se comunicarán mediante un sistema de distribución inalámbrico (WDS), el cual permite que los router se reconozcan entre sí y puedan comunicarse. En este sistema el router instalado en el centro de cómputo CAPSYD funciona como repetidor.

B. *Diseño Cananvalle – Tocachi*

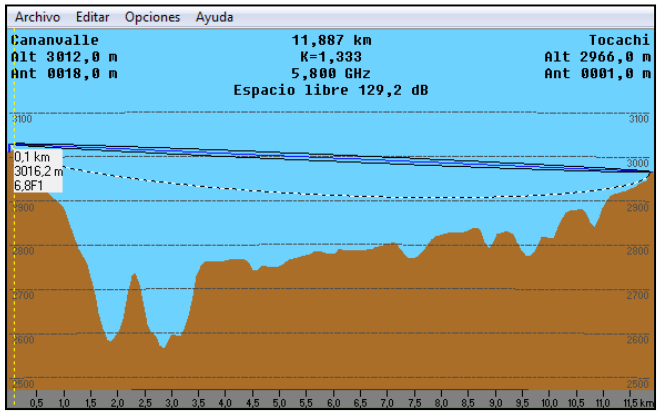

Fig. 8 Simulación Radioenlace CTO

Para este radioenlace se establece una altura mínima de 18m para la antena del nodo Cananvalle y de 1m para la antena de la Junta Parroquial Tocachi.

C. *Diseño Cananvalle – La Esperanza*

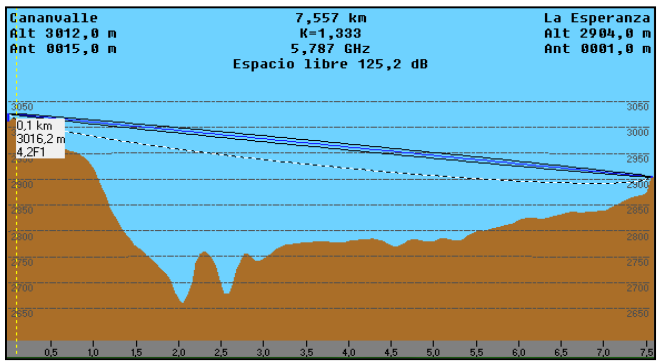

Fig. 9 Simulación Radioenlace CLE

Para este radioenlace se establece una altura mínima de 15m para la antena del nodo Cananvalle y de 1m para la antena de la Junta Parroquial La Esperanza.

D. *Diseño Cananvalle – Tupigachi*

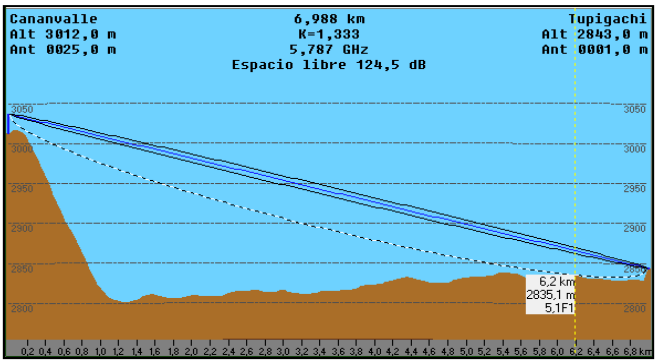

Fig. 10 Simulación radioenlace CTU

En este radioenlace se establece una altura mínima de 25m para la antena del nodo Cananvalle y de 1m para la antena de la Junta Parroquial Tupigachi.

Una vez realizadas las simulaciones de los cuatro radioenlaces, es necesario determinar los ángulos de orientación y elevación de las antenas.

VIII. CALCULOS RADIOELECTRICOS

Para complementar el correcto diseño y simulación de cada uno de los enlaces previstos dentro de este proyecto, es preciso realizar los cálculos de propagación necesarios. Dentro de estos cálculos se debe tomar en cuenta: las pérdidas del enlace, el valor de la potencia de transmisión tomando en cuenta el valor de pire máximo para el Ecuador, la potencia de recepción.

A. *Cálculo de Pérdida de Propagación*

La pérdida de propagación o pérdida de espacio libre se obtiene a partir de la Ecuación:

$$\mathrm{FSL(dB)} = 20\log10(\mathrm{d}) + 20\log10(\mathrm{f}) + \mathrm{K}$$

Donde d es la distancia, f la frecuencia y K es una constante que tiene el valor de 92,4.

B. *Cálculo de Pérdida total del radioenlace*

Para la pérdida total en un radioenlace se toman en cuenta varios factores: la pérdida de propagación, atenuaciones por gases y por lluvia, pérdidas adicionales que pueden ser de los cables o conectores. Se obtiene a partir de la ecuación:

$$P_{T=}\mathrm{FSL} + A_G + A_{LL} + P_A$$

C. *Cálculo de Potencia de Recepción*

La potencia de recepción en un enlace es la diferencia que existe entre las ganancias, incluyendo la potencia de transmisión y las pérdidas totales del enlace. Este valor se puede calcular mediante la Ecuación:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - P_T$$

Donde: P_{TX} = potencia de transmisión, G_{TX} = ganancia de transmisión, G_{RX} = ganancia de recepción y P_T = pérdida total del enlace

Esta potencia debe estar dentro de los valores de la sensibilidad del receptor dados por el fabricante que para este caso de -58 dBm a -98 dBm.

IX. DIAGRAMA DE RED

El diagrama de la red de datos del cantón Pedro Moncayo (Fig. 11) ha sido elaborado en el software GVSIG, ya que permite una mejor visualización por medio de capas en este caso parroquial

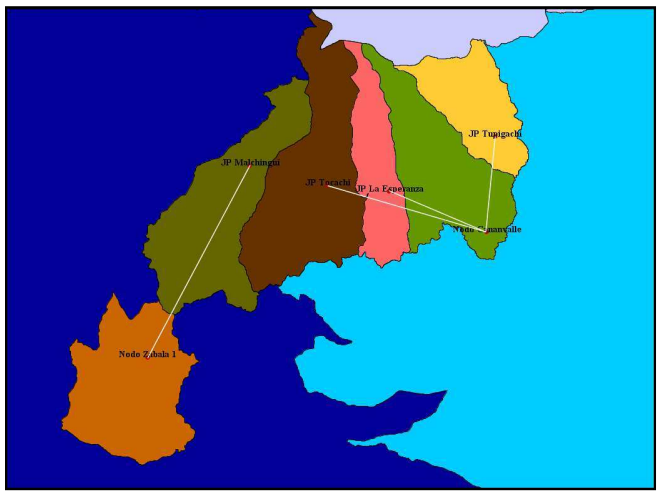

Fig. 12 Diagrama de red en GVSIG

X. DIMENSIONAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA

La infraestructura requerida [4] es el conjunto de equipos y elementos necesarios para satisfacer los requerimientos técnicos de los enlaces diseñados. Dentro de la infraestructura constan los equipos de radio y de red, y los mástiles o soportes en los cuales se ubicarán las antenas.

Se realizó un análisis de varios fabricantes de los equipos de radio y equipos de red necesarios para el despliegue de los enlaces.

A. *Equipos de Radio*

Equipo de radio Ubiquiti Networks modelo Litestation5. Tiene una potencia de transmisión regulable de 8 a 26 dBm y tiene una velocidad de hasta 50 Mbps.

Antena Hiperlink Technologies modelo HG5827G trabaja en la banda ICM de 5.8 GHz, tiene una ganancia de 27 dBi.

Equipo Ubiquiti Networks modelo Airgrid M5 cuenta con una antena integrada de 23 dBi, posee un alcance de hasta 30 km., el rango de su frecuencia de operación es de 5475MHz-5825MHz. Tiene una velocidad de transferencia de hasta 50 Mbps.

B. *Equipos de Red*

Router D-Link modelo DWL-7100AP con soporte WDS, posee una velocidad superior (10/100/1000 Mbps).

Los switches seleccionados fueron los dos equipos con las mejores prestaciones, estos son: HP 1410-16G y el TP-LINK TL-SG1016 ya que los dos tienen una velocidad de hasta 1000 Mbps y baja latencia.

XI. SOLUCIONES DE DESPLIGUE

Se propone las dos opciones más rentables para montar enlaces como los propuestos. Para las que se requiere de: 8 equipos de radio, de preferencia con antena integrada, 5 routers, 2 de ellos con soporte WDS, 4 switches, cable coaxial, cable Ethernet, y conectores tipo N.

A. *Solución Antena + Radio*

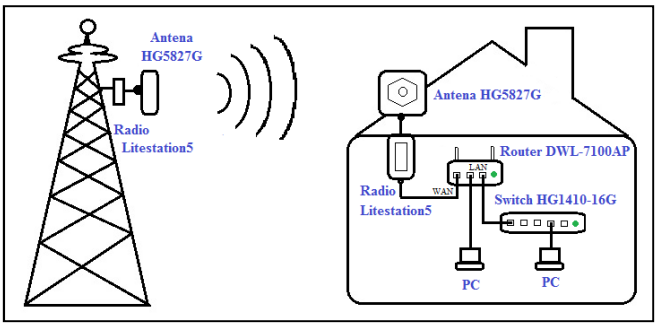

Fig. 13 Solución radio + antena

B. *Solución radio con Antena Integrada*

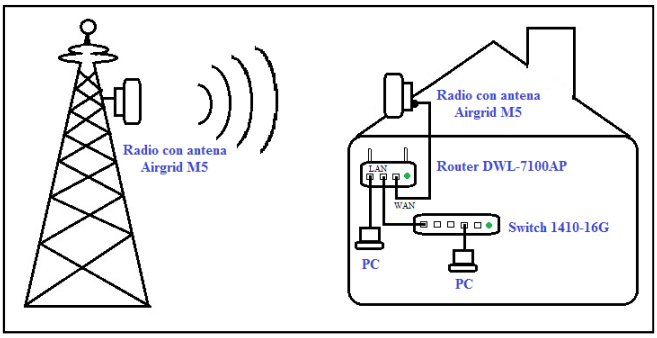

Fig. 14 Solución radio con antena integrada

XII. DIMENSIONAMIENTO DE SERVICIOS

La capacidad total de 52 Mbps de la red de datos del GPP se puede optimizar creando servicios innovadores que ayuden al progreso y desarrollo de cada una de las instituciones educativas y de las cuatro juntas parroquiales del cantón Pedro Moncayo. Entre los posibles servicios a ofrecer, se pueden mencionar los siguientes: telefonía IP, videoconferencia, servidor web propio, etc.

A. *Telefonía IP*

Telefonía IP es el servicio telefónico que se realiza mediante el uso de tecnología de voz sobre IP (VoIP). Esta tecnología comprende un conjunto de recursos como: normas, dispositivos y protocolos, que permiten transmitir la señal de voz, en forma de paquetes, a través de la red de internet.

Para poder realizar la transmisión de voz sobre una red IP, se requiere de los siguientes elementos: terminales, servidor y gateways. Los terminales son los puntos finales de la red de comunicación, el servidor es un elemento opcional, que cumple con funciones de gestión y administración para soportar el enrutamiento de las llamadas a través de la red IP. Y el Gateway es el dispositivo que permite enlazar la red de VoIP a la red telefónica tradicional.

La telefonía IP es una aplicación viable para el GPP, ya que permite optimizar los recursos abaratando los costos de la telefonía tradicional. Este servicio requiere 768 Kbps.

B. *Videoconferencia*

La videoconferencia es un sistema de comunicación bidireccional de audio, video y datos, que permite mantener una comunicación simultánea interactiva en tiempo real, a través de la red de internet.

En un sistema básico de videoconferencia se requiere tres bloques de elementos principales: red de comunicaciones, sala de videoconferencia y códec. La red de comunicaciones es el encargado de transportar la información del transmisor al receptor y viceversa. La sala de videoconferencia es el área donde se ubicará el equipo de control, audio y video. Codec son dispositivos encargados de codificar y decodificar señales analógicas en digitales y viceversa.

La videoconferencia es una aplicación viable para la educación a distancia en las zonas más aisladas, donde no se puede tener educación presencial, también se puede utilizar para reuniones entre entidades públicas como las juntas parroquiales. Este servicio requiere 8 Mbps.

C. *Servidor Web*

Servidor web es un equipo central en una red, el cual provee servicios a otras computadoras llamadas clientes, éste debe almacenar contenido web como archivos, imágenes, etc.

Para montar un servidor web es necesario una PC que actué como servidor, contratar un dominio, instalar el programa servidor, en este caso se escogió el software Apache Server.

Un servidor web propio permite al GPP control total sobre el contenido y los usuarios que visiten la página, además optimiza recursos del sistema operativo para ciertos procesos a fin de maximizar el rendimiento de la red de datos. Este servicio requiere 250 Kbps.

XIII. ANALISIS ECONOMICO

Dentro del análisis económico constan los costos de todos los equipos a utilizar en los radioenlaces, así como también el costo adicional que implica montar cada radioenlace. En la Tabla. 1 se indica el presupuesto total del proyecto.

TABLA I
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

Descripción	Costo ($)
Equipos	2.630
Infraestructura	940
Cables y conectores	235
Personal	560
Servicios	962,32
Implementación servicios nuevos	3.777
TOTAL($)	9.104,32

Los costos de equipos corresponden a los equipos de radio y de red de la solución radio con antena integrada, ya que esta es la más rentable según análisis costo/beneficio.

Los costos de infraestructura se refieren a los cuatro mástiles de 1 metro que deben ser instalados en las juntas parroquiales para la ubicación de las antenas.

Los costos del personal han sido calculados tomando en cuenta el número de horas trabajadas para la instalación de antenas y equipos.

El costo de servicios corresponde al alojamiento de los equipos en las torres de comunicación, servicio de internet en cada junta parroquial, tarifas mensuales por uso de frecuencia que se calcula de acuerdo a la RESOLUCION N° 485 - 20 [5] emitida por el CONATEL y derecho de concesión que se paga una vez por el tiempo de vigencia del título habilitante que es aproximadamente de 5 años.

Finalmente los costos de implementación de servicios nuevos se refieren a los servicios propuestos de: telefonía IP, videoconferencia y servidor web.

XIV. CONCLUSIONES

- Se efectuó el levantamiento de información de la red de datos del GPP, determinando que la tecnología utilizada es la 802.11 en la banda de 5.8 GHz con una capacidad máxima de 52 Mbps en backbone, 256 Kbps para canal de datos, infraestructura conformada por 35 torres, 13 repetidores y 434 mástiles en escuelas.

- Se diseñaron los enlaces de las 4 juntas parroquiales rurales del cantón Pedro Moncayo, utilizando la tecnología 802.11 en la banda de 5.8 GHz con enlaces punto-punto, para lo cual se realizó una visita técnica TSS en cada una de las juntas y nodos aledaños.

- Se propuso dos soluciones de diseño, de las cuales se optó por la solución "radio con antena integrada" ya que es la opción más rentable según análisis costo / beneficio.

- Para promover el trabajo del GPP, se presentaron servicios como: servidor web, videoconferencia y telefonía IP, los que pueden ser implementados sobre el canal dedicado para datos.

REFERENCIAS

[1] Estándares inalámbricos [Online] en ; http://www.basicsl.net/catalogos/historiaWireless.pdf, 08/09/11

[2] Website del Gobierno provincial de Pichincha [Online] en: http://www.pichincha.gob.ec/

[3] Website del CONATEL [Online] en: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/?option=com_docman&task=doc_details&gid=4343&Itemid=

[4] Hacker Friendly, *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*, tercera edición, Creative Commons, Sept 2008

[5] Website del CONATEL [Online] en: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=101:reglamento-de-derechos-de-concesion-y-tarifas-por-el-uso-de-frecuencias-del-espectro-radioelectrico&catid=48:normas-del-sector&Itemid=103

BIOGRAFÍAS

Gabriela Margoth Suntaxi Vallejo nació el 15 de Octubre de 1987 en Quito, Ecuador. Obtuvo el título de bachiller en Físico Matemático en el Colegio de América. En abril del 2012 presentó su proyecto de tesis para la obtención del título de pregrado en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica del Ejército.

Diana Amarilis Miranda Vega nació en Quito el 18 de junio de 1987. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio de América, obteniendo el título de bachiller en Físico Matemático.

Sus estudios universitarios los realizó en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE, en la facultad de Eléctrica y Electrónica especialidad Telecomunicaciones.