

Diseño de una red para proveer servicios de voz y datos en la ciudad de Guayaquil usando el acceso inalámbrico del estándar WiMAX

Carlos Eduardo Escobar Muentes, Jonathan Roberto De la Rosa Parra
Pablo Mauricio Gaviño Gonzales
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
rdelaros@fiec.espol.edu.ec, cescobar@fiec.espol.edu.ec, pgavino@fiec.espol.edu.ec
Ing. Juan Carlos Avilés
javiles@espol.edu.ec

Resumen

Con la globalización gradual de los procesos, el despliegue tecnológico de los últimos años, el crecimiento explosivo de Internet y la intensificación de la competencia entre operadores, las telecomunicaciones del siglo XXI han ingresado en un periodo de revolución tecnológica y de mercado, donde el principal referente será la convergencia basada en el protocolo IP. Esta convergencia forzarán inevitablemente a los operadores del sector de las telecomunicaciones a acondicionar sus redes hacia esta tendencia como único camino de supervivencia y crecimiento. El operador del futuro será capaz de entregar al cliente una variedad de servicios apoyada sobre la base de una única infraestructura convergente, que hoy se lo conoce como red de nueva generación (NGN). Esta premisa originó la idea del proyecto "Diseño de una red para proveer servicios de voz y datos en la ciudad de Guayaquil usando el acceso inalámbrico del estándar WiMAX" como solución a la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones en esta ciudad que puede ser replicada a nivel nacional. El diseño planteado puede ser utilizado por un nuevo operador o por un operador establecido que pretenda realizar una migración hacia una red NGN.

Palabras Claves: Núcleo, WiMAX, VoIP, Internet, Softswitch, Red de acceso.

Abstract

With the gradual globalization of the processes, the technology deployment in recent years, the explosive growth of Internet and the increasing competition among operators, the XXI century telecommunications has entered a period of technological and market revolution, where the main concern that chart the destiny of the sector will be the convergence based on the IP protocol. This convergence will inevitably force the telecommunications industry operators to upgrade their networks toward this trend as the only way for survival and growth. The operator of the future will be capable of delivering to the customer a variety of services supported on a single converged infrastructure, which today is known as next-generation network (NGN). This assumption generated the idea of the project "Design of a network to provide voice and data services in the city of Guayaquil using the WiMAX wireless standard" as a solution to the growing demand of telecommunication services in this city that can be replicated nationwide. The proposed design can be used by a new or an incumbent operator that seeks to make a migration to an NGN type of network.

1. Introducción.

En la actualidad, los sistemas de telecomunicaciones inalámbricos en el Ecuador han tenido un gran éxito en el mercado y se siguen extendiendo ampliamente al igual que en

todo el mundo. Entre los sistemas de mayor crecimiento que usan tecnología inalámbrica se encuentran la telefonía móvil celular, Acceso fijo inalámbrico (FWA), las redes inalámbricas de área personal "WPAN" (Bluetooth, 802.15) y de área local "WLAN" (WiFi, 802.11a/b/g) que

trabajan en la sub bandas de frecuencias de 800 MHz, 1900 MHz, 3.5 GHz, 2.4 GHz y 5.8 GHz. Estas tecnologías inalámbricas se encuentran en un continuo desarrollo buscando proveer cada vez mayores velocidades y seguridad usando el mismo recurso de espectro.

Actualmente, un estándar de mucha aplicación para sistemas fijos (IEEE802.16D) y móviles (IEEE802.16E) lo constituye el IEEE 802.16, conocido como WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) que brinda una alternativa más económica para los servicios de última milla, para el acceso a Internet, televisión digital, videoconferencias en tiempo real y voz (incluyendo VoIP). El estándar IEEE 802.16 se implementó inicialmente en 1999, y se terminó en el 2001, sin embargo continua evolucionando. Esta popularidad creciente de las redes inalámbricas de alta velocidad has sido el impulsador de muchos otros desarrollos como por ejemplo antenas de banda ancha más eficientes y de bajo costo.

Las características mencionadas han sido aprovechadas en el presente trabajo. Cabe recalcar que el objetivo del proyecto se enfoca en el diseño de una red de última generación, conformada de un núcleo, la red de transporte y de acceso usando el estándar Wimax para mejorar las prestaciones del enlace hacia el usuario final.

2. Estandar Wimax.

El estándar desarrollado por el IEEE, IEEE802.16 promete un nuevo escenario. Se trata de un estándar que garantiza, entre otros, la interoperabilidad entre equipos de diferentes proveedores y posibilita la inversión en infraestructuras de red y equipamiento de usuario, así como trabajar en bandas de frecuencia licenciadas o no licenciadas.

WiMAX también es el nombre que se le da al grupo 16 que trabaja sobre la directiva IEEE 802 que se especializa en acceso inalámbrico punto a punto de banda ancha.

Ventajas de Wimax.

- Velocidad de conexión (tasa de transmisión) de hasta 75 Mbps, distribuida.
- Menores costos de implementación de la infraestructura (menores costos facilitan la conexión de comunidades aisladas o rurales).
- Provisión simultánea de múltiples servicios: Voz sobre IP, Video Conferencias, Acceso a Internet y Mensajería Instantánea, Video Online (Video Streaming), Aplicaciones

Interactivas.

- Escalabilidad de la red. Permite al Operador crecer en función de la demanda potencial, sin necesidad de preocuparse por la interoperabilidad entre sus equipos

3. Mercado en el Ecuador.

Las telecomunicaciones se han convertido actualmente en un punto crucial del desarrollo económico y social de todos los países. Se ha demostrado que la libre competencia, una regulación sólida, así como las nuevas tecnologías benefician a los consumidores finales y a las sociedades en su conjunto fortaleciendo una tendencia de conseguir precios bajos, productos y servicios nuevos y mejores.

Desde el año 2001, momento de la apertura del mercado de las telecomunicaciones en el Ecuador, el número de empresas y servicios se multiplicaron en el país. Así, en un periodo de aproximadamente 7 años, han iniciado operaciones: una nueva empresa de telefonía móvil avanzado, tres empresas proveedoras de servicios en la banda de 3.5 GHz, un número interesante de proveedores de Servicios de Valor Agregado, principalmente el de acceso a Internet y una empresa que provee acceso internacional mediante un cable submarino directamente instalado en las costas ecuatorianas.

3.1. Competencia del mercado de Telecomunicaciones en el Ecuador.

Al momento existen más de 100 operadores habilitados para prestar servicios de telecomunicaciones en Ecuador, distribuidos según el tipo de servicios de la siguiente manera:

Tabla 1.- Proveedores de servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.

Operadores de telefonía fija local y larga distancia.	Operadores de servicio portador: 18
CNT, Etapa Telecom, Linkotel, Ecuador Telecom (Telmex), Setel.	Conecel (Porta), Ecuador Telecom (Telmex), Etapa, Grupo Bravo, Megadatos, Otecel (Movistar), CNT, Punto Net, Setel, Suratel, Telconet, Transelectric, Global Crossing
Operadores de telefonía móvil celular y servicio móvil avanzado : 3	Operadores de valor agregado: 144
Otecel (Movistar), Conecel (Porta), Telecsa (Alegro).	Proveedores de Servicio Internet – ISP:113 Proveedores de Audio Texto: 27 Otros: 4

Los más representativos como Proveedores de Servicio Portador y de Acceso a Internet, por la cantidad de suscriptores que poseen, son: CNT, Suratel, Alegro, Megadatos, Lutrol, Punto Net, Telconet, Panchonet, Etapa Telecom, Ecuador Telecom, Porta, Movistar y Satnet.

El operador incumbente CNT (que resultó de la fusión de Pacifictel y Andinatel), continúa con el mayor número de abonados de telefonía fija en

sus regiones de cobertura, seguidos por la empresa Etapa.

En el mercado de la telefonía de larga distancia internacional permanecen todavía como líder CNT, seguido por los operadores celulares. Actualmente toda empresa poseedora de una licencia de telefonía fija o celular está autorizado para cursar tráfico telefónico internacional a sus propios abonados.

3.2. Mercado Potencial.

La estimación de la cantidad de usuarios potenciales de telecomunicaciones para la ciudad de Guayaquil aplicable se aproxima considerando el aporte de telecomunicaciones al PIB y el consumo promedio de telecomunicaciones.

$$\text{Numero de Usuarios(Objetivo)} = \frac{\text{PIB Telecomunicaciones(\$)}}{\text{Consumo Promedio(\$)/Usuario}}$$

De estos usuarios potenciales se estima el número de usuarios potenciales a nivel nacional:

$$\text{Usuarios potenciales} = \text{Usuarios objetivo} \cdot \text{Abonados totales de telefonía fija y móvil}$$

Se asume que un 30% de los usuarios potenciales totales corresponden a la ciudad de Guayaquil y que estos se repartirán en un 95% en las empresas de telefonía, valor agregado y portadores ya establecidos por lo que queda un 5% para una nueva empresa.

4. Descripción del Sistema.

La tecnología para la provisión de los servicios de telecomunicaciones ha evolucionado hacia redes basadas en conmutación de paquetes por lo que el diseño propuesto se basa fundamentalmente sobre una plataforma IP. La principal ventaja de contar con una red integrada para proveer servicios múltiples es su simplicidad y facilidad en la gestión de operación y mantenimiento.

El modelo de arquitectura seguido es el de una red de nueva generación (NGN) que facilita la creación y la implementación de nuevos servicios bajo la premisa de una independencia total tanto de las capas de transporte y acceso (incluyendo los terminales de los usuarios finales). La arquitectura de la red se ha diseñado a partir de interfaces y protocolos abiertos basados en normas o estándares existentes. Esta forma de estructura permite una gran flexibilidad para el desarrollo de nuevos servicios para responder rápidamente a las exigencias del mercado y requerimientos de servicio de terceras empresas en el caso de que el operador tenga una política de alquiler de su red.

Las partes que conforman el sistema lo constituyen:

4.1. Núcleo (CORE).

El núcleo corresponde la parte central de la red. Está conformada por los elementos de conmutación de paquetes que permiten el enrutamiento de los datos (incluye telefonía) entre abonados del propio sistema o de sistemas externos. En el núcleo se instala la central telefónica (softswitch), los enrutadores (routers), conmutadores de capa dos y tres (switches L2/L3), cortafuegos (firewall), granja de servidores para servicios de valor agregado y administrativos y los sistemas de seguridad para la protección del tráfico de datos. En el núcleo se tiene la conexión de salida a Internet, la interconexión con otros operadores de servicio telefónico y el centro de gestión de red (NOC).

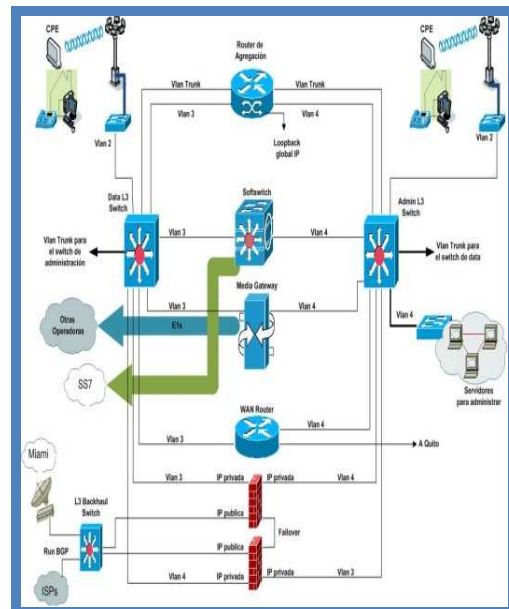


Figura 1.-Diagrama del CORE.

4.2. La Red de Transporte.

Es una red de alta capacidad que conecta las estaciones de base con el núcleo. Para el diseño del proyecto, se consideró la implementación de un cableado de fibra óptica (1GigaBitEthernet) teniendo como respaldo (Backup) enlaces de radio con tecnología IP en la banda de 15 GHz.

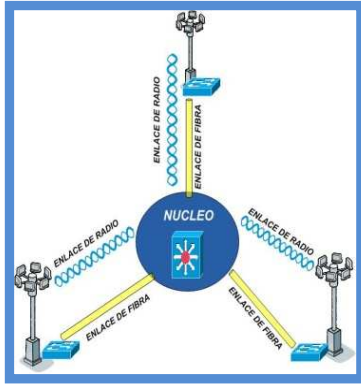


Figura 2.- Esquema de la red de transporte.

4.3. Red de acceso.

Consiste de múltiples equipos de concentración. Los principales componentes son las estaciones de base que concentran el tráfico de los usuarios así como los dispositivos CPE (Customer Premise Equipment) instalados en el sitio del usuario final. Las estaciones de base y los CPEs propuestos cumplen con la certificación del Foro WiMAX para operar en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, estándar IEEE 802.16 con esquema FDD, canales con anchura de banda de 3.5 MHz, con coberturas tipo NLOS (Non Line of Sight) de 8 Km y LOS (line of Sight) de alrededor de 40 Km por celda.

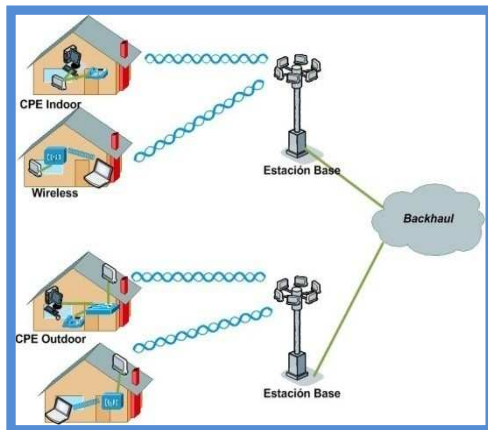


Figura 3. Esquema de conexión de usuarios.

El modo de funcionamiento de la red para la provisión de los servicios se implementará usando VLANs (Redes de área local virtuales), esto es, se asignará una Vlan para cada uno de los diferentes servicios ofrecidos. Se escogió este esquema en razón de que por un lado las estaciones de base no disponen de una capacidad grande de enrutamiento y por otro lado, una operación solo en capa 2 (sin vlans) expone a la red más fácilmente a problemas de tormentas de difusión de paquetes (broadcast) generalizados.

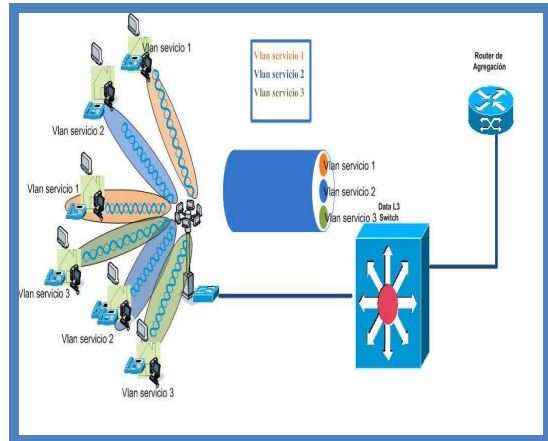


Figura 4.- Segmentación de Vlans por servicios.

4.4. Servicios Ofrecidos.

Se describen los principales servicios de telefonía y acceso a Internet.

Servicio de Telefonía Local y Larga Distancia Internacional (VoIP).

El servicio de telefonía tanto local como de larga distancia internacional será manejado por el Softswitch que permite y controla el intercambio de flujos de señalización de voz tanto entre dos abonados propios, como entre un abonado propio y un abonado externo

El flujo de llamada entre dos abonados SIP propios se muestra en la figura

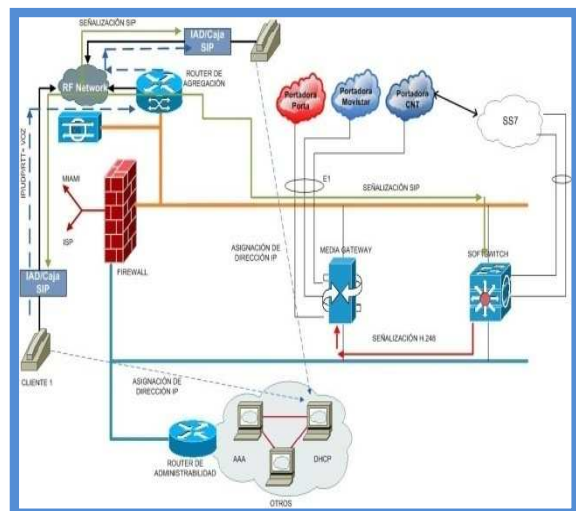


Figura 5.- Llamada entre dos clientes propios.

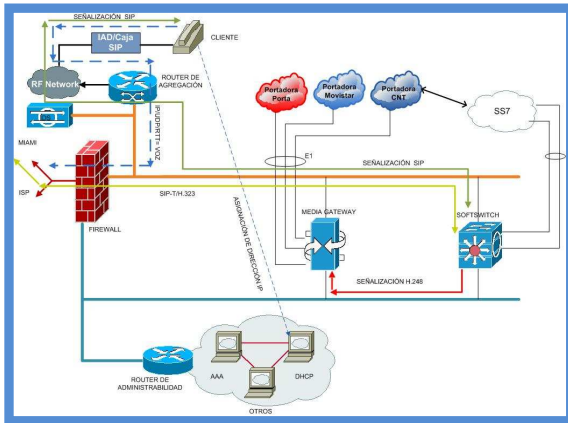


Figura 6.-Flujo de datos en Llamada Internacional

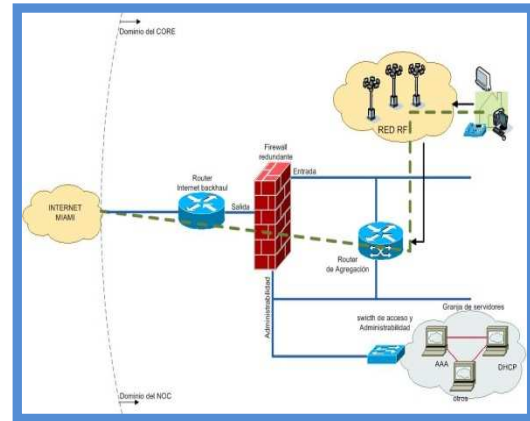


Figura 8.- Flujo de datos Internet

Servicio de Acceso a Internet.

Para el servicio de acceso a Internet, el diseño de la red contempla los casos de suscriptor propio y de suscriptor de un ISP tercero.

El acceso a Internet está controlado por parte del operador, en el núcleo de la red, a través de una plataforma de elementos necesarios para el control y gestión de usuarios, administración de direcciones IP, seguridad y contabilidad. Entre estos elementos están el servidor AAA que provee las funciones de Autenticación, Admisión y contabilidad, el servidor QoS (Conocido como QoS Broker) que provee los parámetros de QoS en función del servicio requerido y el servidor DHCP que provee la administración de las direcciones IP.

En las siguientes gráficas se muestra el proceso de autenticación de un cliente, y el flujo de datos de una conexión típica.

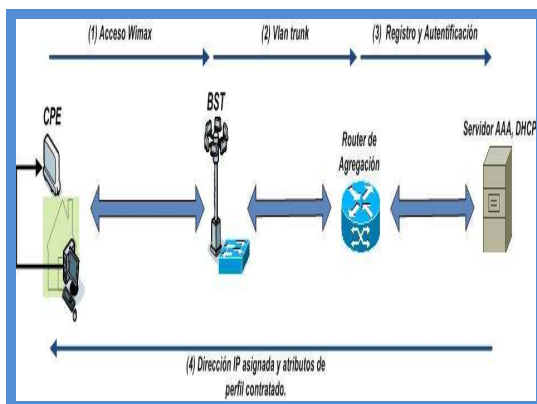


Figura 7.- Autenticación de cliente

4.5. Predicción de cobertura.

Para la determinación de la predicción de cobertura RF de las estaciones de base se empleó una herramienta computacional denominada Radio Mobile que permite visualizar gráficamente con diferentes colores los diferentes niveles de la señal alrededor de una base. Utiliza principalmente una base de datos geográfica del área de interés, que en este caso se trata de la ciudad de Guayaquil. Esta aplicación permite, entre otros, calcular valores como el nivel de recepción de señal, la distancia entre la estación de base y el receptor (CPE) y el perfil de un enlace particular. Permite variar la frecuencia de operación, la potencia de transmisión, ganancia, el patrón de irradiación y altura de las antenas entre otros parámetros

A continuación se muestra el resultado obtenido en la simulación en cuanto a cobertura para las tres estaciones de base con las que se propone comenzar el proyecto, también se muestra el resultado de un radio enlace típico entre una estación de base y un equipo de usuario final (CPE)

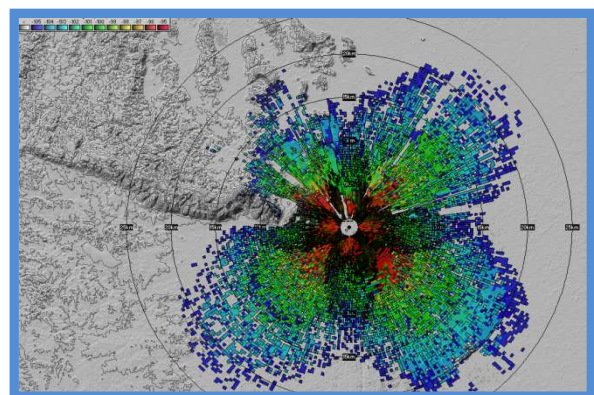


Figura 9. Patrón de irradiación de la BS San Francisco cuatro sectores.

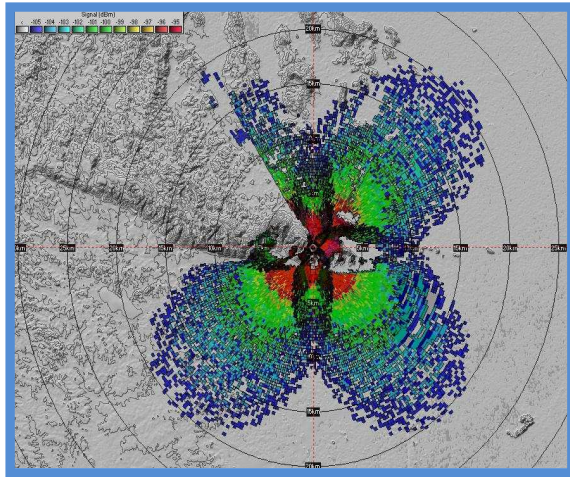


Figura 10. Patrón de irradiación de la BS Mapasingue cuatro sectores.

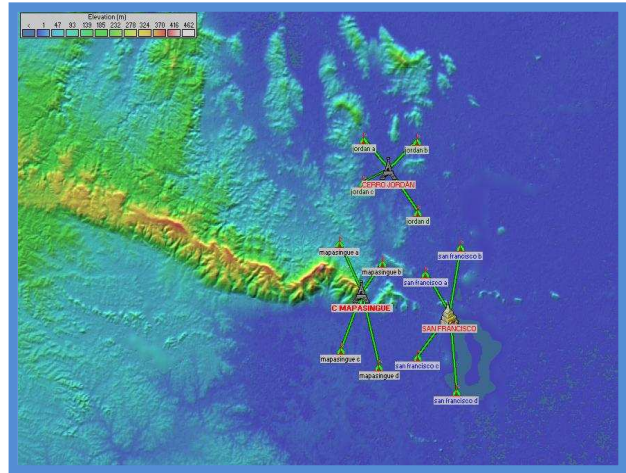


Figura 13.- Vista de las tres BS y receptores de prueba en simulador.

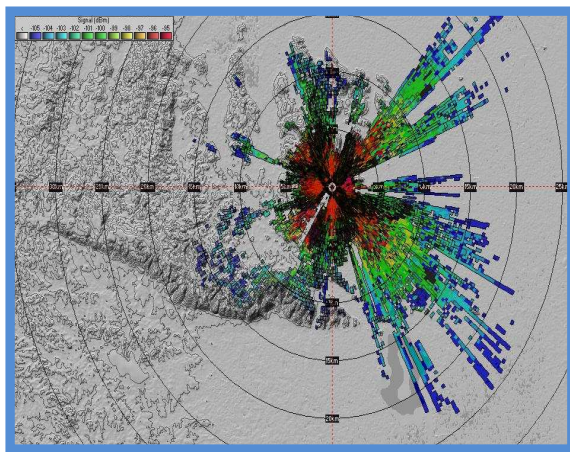


Figura 11. Patrón de irradiación de la BS Jordán cuatro sectores

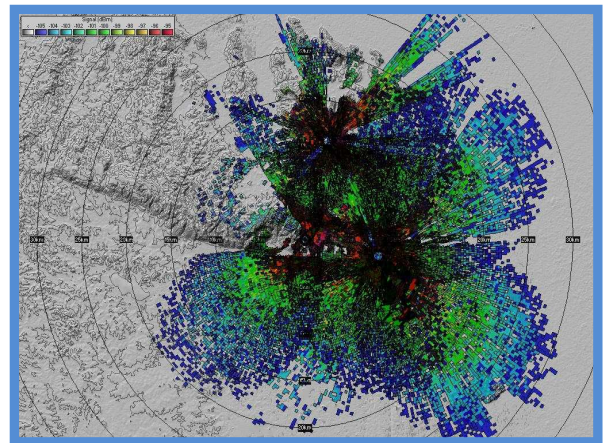


Figura 14. Patrón de irradiación de las tres estaciones de base con cuatro sectores

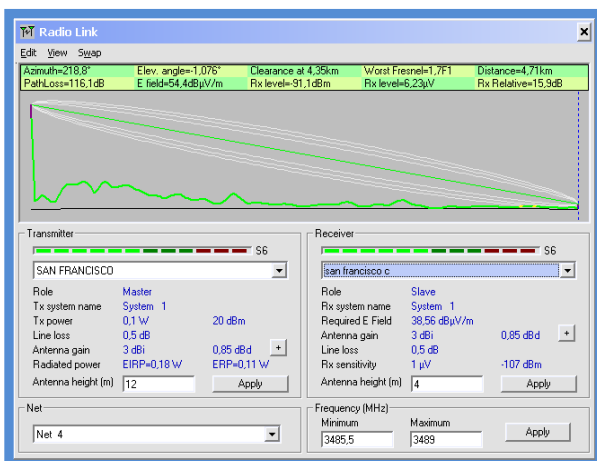


Figura 12. Resultado de simulación de enlace sector C en BS San Francisco.

5. Análisis financiero.

Uno de los elementos más importantes para la evaluación de un proyecto, es el flujo de efectivo proyectado. El análisis de los ingresos y gastos permitirá establecer la rentabilidad y factibilidad del proyecto, mediante la obtención de las variables financieras TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto).

En la siguiente tabla se detalla los totales de facturación prevista para el servicio, como resultado de las consideraciones sobre servicios y precios, y la demanda definida en el mercado potencial de clientes.

Tabla 2. Flujo de cajas proyectado.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos	0	2.303.378	3.019.518	4.249.675	5.298.162	6.724.747	8.726.567
Costos fijos + costos variables (-)	2.011.250	1.306.220	1.461.952	2.058.548	2.478.390	3.144.839	4.107.075
Depreciaciones (-)							
Intereses (-)							
Utilidad Bruta (3-4-5-6)							
Impuestos							
Utilidad Neta (7-8)	15%						
Depreciaciones (+)							
Inversión (-)	1.367.114	454.894	544.534	434.151	695.966	857.980	1.024.346
Valor Residual (+)							
Recuperación (KT) (+)							
Préstamo (+)							
Amortización (-)							
FLUJO DE CAJA	-3.378.364	392.690	779.397	1.428.307	1.700.840	2.184.942	2.302.222
Flujo de caja acumulado	-3.378.364	-2.985.675	-2.206.278	-777.970	922.869	3.107.811	6.010.038

Como resultado de las previsiones anteriores de facturación e inversiones en capital y recursos operativos, se obtiene la evaluación de viabilidad del proyecto (cálculo de VAN y TIR) correspondiente.

Tabla 3. Calculo del VAN y el TIR.

TIR		42,77%
VAN	24,21%	4.012.569

6. Conclusiones.

El desarrollo del presente proyecto permitió tener una visión más real y cercana de la estructura una red multiservicios conformada por un núcleo y las redes de transporte y acceso. El trabajo consistió en el análisis y diseño de los aspectos y requerimientos técnicos así como también la proyección económica del proyecto. Las principales conclusiones son las siguientes:

El tiempo de implementación, la operación y mantenimiento de redes (incluyendo soluciones a problemas de vandalismo) de una infraestructura cableada ha generado un vacío de cobertura de servicios de telecomunicaciones de banda ancha en algunas zonas, especialmente en las áreas urbano marginales de la ciudad. Los intentos iniciales con tecnología inalámbrica para cubrir esta demanda insatisfecha se ha topado con soluciones propietarias, de altos costos, que no han permitido un despliegue de infraestructura masivo sino selectivo dirigido particularmente hacia los clientes corporativos de alto tráfico. La aparición del estándar IEEE 802.16 (WIMAX) promete abrir oportunidades de mercado viables en el ámbito económico ya que facilita la interoperabilidad de dispositivos de diferentes fabricantes que ayuda a reducir los riesgos de inversión a los operadores de servicio.

Las prestaciones que permite el estándar incluyendo capacidad, velocidad, escalabilidad, calidad de servicio y gran alcance ayudan en la implementación de un despliegue e infraestructura de acceso tipo celular en cualquier ciudad del país con variada topografía. Esta

solución permite una fácil provisión de servicios concurrentes de telefonía, conexión de datos y acceso a Internet en una ciudad tal como Guayaquil. Se pudo apreciar en el análisis de mercado que existe grandes oportunidades especialmente en el acceso a Internet y conexión de datos, lo que abre las puertas para un modelo de negocio como el presentado en el actual proyecto.

La tendencia actual de diseño es la de integrar todo tipo de equipos en una sola plataforma basada en el protocolo IP, que facilita las soluciones en los temas de capacidad, calidad de servicio, seguridad y confiabilidad.

La calidad de servicio en las redes NGN es un tema crítico cuando se trata de aplicaciones que requieren ser tratadas en tiempo real, tales como VoIP y todas las aplicaciones multimedia. En estas aplicaciones existe la necesidad de controlar en forma permanente parámetros tales como la pérdida de paquetes, el jitter y el eco, de tal manera que se optimice el transporte de paquetes de todo tipo de tráfico a través de la red siempre buscando optimizar la anchura de banda disponible.

La Red de Nueva Generación NGN es una red de paquetes, basada en estándares, capaz de soportar un gran número de aplicaciones y servicios con transparencia, que facilita la escalabilidad necesaria para afrontar las futuras demandas de tráfico IP y con la flexibilidad adecuada para responder rápidamente a las exigencias del mercado y la convergencia de servicios.

La ubicación de las estaciones de base en la ciudad no fue un tema arbitrario. Esta obedeció a factores de cobertura y capacidad de manejo de tráfico. En cuanto a la cobertura geográfica, esta se facilitó en razón del uso de un recurso computacional de predicción de cobertura que permitió ver con claridad el alcance y niveles de la señal en las distintas áreas de la ciudad y el efecto de la operación de varias estaciones de base operando simultáneamente. Las simulaciones mostraron claramente las regiones de sombra en las distintas partes de la ciudad, sombras que se eliminaron en su mayor parte cambiando la posición geográfica de las estaciones. En cuanto al manejo de tráfico, su determinación permitió calcular el número de estaciones necesario para satisfacer la proyección de la demanda.

En la revisión del marco regulatorio específicamente sobre los servicios aplicables y la ocupación de la banda de 3.5 GHz, se encontró que no existe todavía una regulación que permita la convergencia de servicios mediante una sola licencia sino que esta se da generalmente usando una suma de licencias individuales sobre un mismo recurso. En cuanto a la ocupación de la subbanda de 3.5 GHz, se encontró que la sección 3.4-3.6 GHz está siendo utilizada actualmente por cuatro operadores incluyendo la recientemente creada CNT, mientras que la sección 3.6-3.7 GHz se encuentra todavía

desocupada sin mayor interés por parte del mercado muy probablemente por la poca construcción de equipos en esta subbanda por parte de los fabricantes. La regulación vigente obliga a la provisión de los servicios en libre competencia.

El análisis financiero que incluye un plan de negocios para 10 años, revela que el servicio de acceso a internet es el más rentable de todos los servicios que permite recuperar la inversión inicial en un tiempo de cuatro años. No se observa el mismo resultado cuando se trata del servicio de telefonía, principalmente en razón de la necesidad de una gran anchura de banda. Generalmente no es posible para un operador de FWA con una concesión en la banda de 3.5 GHz proveer solo el servicio de mayor rentabilidad, en este caso de acceso a internet ya que el estado lo obliga a cumplir un plan de expansión en telefonía. Por esta razón siempre se debe proyectar una combinación óptima de servicios que maximice la utilización de la red y su rentabilidad. La inclusión del servicio de la telefonía aumenta el tiempo de recuperación de la inversión, sin embargo de lo cual la implementación de este proyecto para la ciudad de Guayaquil resulta factible económicamente.

7. Referencias.

- [1]. Shepard, Steven. Convergencia de las Telecomunicaciones. McGraw-Hill, 2002.
- [2]. Keagy, Scott. Integración de Redes de Voz y Datos. Cisco Press, 2001,
- [3]. Comer, Douglas. Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP. Prentice hall, 1996.
- [4]. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Redes Públicas Convergentes de Nueva Generación. 2005.
- [5]. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Voz y Telefonía sobre IP. 2005.
- [6]. Znaty, Simon; Dauphin, Jean; Geldwerth, Roland. IP Multimedia Subsystem: Principios y Arquitectura.
- [7]. Gonzalez, Oscar. Migración de las Redes Clásicas hacia redes NGN. UIT/BDT, 2006.
- [8]. Peña, Jesús; López, Rafael; Aranda, Pedro. Redes IP de Nueva Generación. Telefónica Investigación y Desarrollo
- [9]. Redes y Servicios Digitales. UIT, 2001.
- [10]. Redes de Próxima Generación (1), estándares UIT.T. UIT.
- [11]. Moreno, José; Soto, Ignacio; Larrabeiti, David. Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre Redes IP. Universidad Carlos III de Madrid.
- [12]. Hernández, Erkins. El Protocolo SIP y su influencia en la evolución de las redes PSTN. ETECSA-Cuba.
- [13]. Del Hoyo, Rafael. Mecanismos de QoS. Universidad de Zaragoza, 2005.
- [14]. Martínez, Carlos. Consideraciones Para el Diseño de una Red de Backbone Multiservicio. Ante, Uruguay
- [15]. Redes y Servicios Internet de Nueva Generación. Mecanismos de QoS para servicios Triple Play en redes de nueva generación. Universidad Carlos III Madrid
- [16]. El Desarrollo del VoIP y sus Implicaciones Regulatorias. ETSI TELECOMUNICACIONES – UPM.
- [17]. Tendencias en las Reformas de Telecomunicaciones. Las Licencias en la era de la Convergencia. UIT.
- [18]. Estudio de ASETA sobre las ventajas de instalar una nueva cabecera de cable submarino en el País.