



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título:

Ingeniero en Telecomunicaciones

Con Mención en Gestión Empresarial

TEMA:

Estudio y diseño de un sistema WiMAX para la ciudad de Guayaquil

REALIZADO POR:

Luis Eduardo Amaguaya LLamuca

Fernando Vinicio Chamba Macas

Jose Guillermo Cobo Santiana

DIRECTOR:

Ing. Washington Medina

2009 – 2010



TESIS DE GRADO

TEMA:

Estudio y diseño de una red WiMAX para la ciudad de Guayaquil

Presentada a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

REALIZADO POR:

Luis Eduardo Amaguaya LLamuca

Fernando Vinicio Chamba Macas

Jose Guillermo Cobo Santiana

Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el título de:

Ingeniero en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial

Ing. Washington Medina

Director de Tesis

Ing.....

Vocal

Ing. Héctor Cedeño

Ing.....

Vocal

Ing. Pedro Tutivén

Decano de la Facultad

Director de Carrera

CERTIFICACIÓN

Certifico que el proyecto de grado titulado “**Estudio y diseño de una red WiMAX para la ciudad de Guayaquil**”, desarrollado por Luis Eduardo Amaguaya LLamuca, Fernando Vinicio Chamba Macas, Jose Guillermo Cobo Santiana fue realizado, corregido y terminado, razón por la cual está apto para su presentación y sustentación.

Ing. Washington Medina

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todas aquellos que nos han ayudado para que este trabajo de investigación haya alcanzado los objetivos trazados.

A nuestra Director de Tesis Ing. Washington Medina por todo su esfuerzo y colaboración en todo momento para con nosotros.

Y principalmente a nuestros padres, por la paciencia y el apoyo que nos han dado durante todos estos pasos para poder culminar esta gran etapa de nuestras vidas.

DEDICATORIA

A mi madre que me ha guiado siempre por el camino del bien y a mi padre que desde el cielo me ha cuidado cada uno de mis pasos y a todos mis familiares que me brindaron la ayuda de una o de otra forma en mis estudios, a todo los profesores que han influido en mi carrera profesional.

Luis Eduardo Amaguaya Llamuca

DEDICATORIA

Si bien es cierto la universidad es la entidad donde todo estudiante logra su meta profesional, durante mi estancia en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil tuve la satisfacción de conocer excelentes profesores pero mejor aun excelentes profesionales, Es por esto que este trabajo de Tesis de Grado lo dedico a todos aquellos profesores que han influido en mi carrera estudiantil pero principalmente a Dios y mi familia que con su dedicado esfuerzo día a día supo aconsejarme y ayudarme para poder terminar mi carrera universitaria, y todas aquellas personas que indirectamente ayudaron en este proyecto. Muchas gracias a todos.

Fernando Vinicio Chamba Macas

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dando me las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Agradezco a mi madre Mónica Santiana y mi padre Juan Cobo y mi familia ya que fueron las que siempre estuvieron dando me el apoyo a seguir a delante en mi carrera profesional.

Jose Guillermo Cobo Santiana

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCION.....	XVIII
CAPITULO I	
MARCO TEORICO.....	1
1.1.- FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGIA WIMAX.....	1
1.1.1- ESTANDARES IEEE 802.16 AMERICANOS Y.....	1
EUROPEOS.....	1
1.1.2.- CARACTERISTICAS DE WIMAX.....	2
1.1.3.- VENTAJAS.....	3
1.1.4.- SEGURIDAD.....	3
1.1.5.- COMPARACION DE WIMAX CON WIFI.....	4
Y OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO INALAMBRICO.....	4
1.2- NIVEL DE SERVICIOS.....	5
1.2.1.- APLICACIONES DEL ESTANDAR WiMAX.....	6
EN EL USO COMERCIAL.....	6
1.2.2.- SERVICIO PORTADOR PTP / PMP.....	6
1.3.- TIPOS DE PROPAGACION: LOS, NLOS.....	8
1.3.1.- TRANSMISIÓN LOS.....	8
1.3.2.- NLOS (NON LINE OF SIGHT).....	8

1.4.- TECNOLOGIA OFDMA (MULTICANALIZACIÓN ORTOGONAL POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA).....	10
1.5.- CONTROL DE POTENCIA.....	11
1.6.- SUB CANALIZACION.....	12
1.7.- SISTEMA DE ARREGLO DE ANTENAS ADAPTIVAS.....	12
1.7.1.- DIFERENTES TIPOS DE MODULACION DIGITAL (ADAPTIVA).....	13
1.7.2.- TECNICA DE CORRECCION DE ERRORES.....	14
1.7.3.- DIVERSIDAD DE TRASMISION Y RECEPCION.....	14
1.8.- PROTOCOLOS DE WIMAX.....	14
1.8.1.- PROTOCOLOS DE APLICACIÓN.....	14
1.8.1.1.- PROTOCOLO DE FLUJO DE DATOS EN TIEMPO REAL (RTSP-REAL TIME STRAMING PROTOCOL).....	15
1.8.1.2.- PROTOCOLO DE CONTROL EN TIEMPO REAL (RTCP-REAL TIME CONTROL PROTOCOL).....	16
1.8.1.3.- PROTOCOLO DE TRANSPORTE EN TIEMPO REAL (RTP-REAL TIME PROTOCOL).....	16
 CAPITULO II	
ESTUDIO DE MERCADO.....	17
2.1.- ESTUDIO DE MERCADO EN EL ECUADOR.....	17
2.2.- EL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES Y SU COMPETENCIA EN EL ECUADOR.....	22
2.3.- CAPACIDAD INTERNACIONAL ACTUAL Y FUTURA	

DEL ECUADOR (2006 - 2010).....	23
CAPITULO III	
DISEÑO DEL SISTEMA.....	26
3.1.- DESCRIPCION.....	26
3.1.1.- NÚCLEO.....	28
3.1.2.- LA RED DE TRANSPORTE.....	28
3.1.3.- RED DE ACCESO.....	29
3.2.- OBJETIVO DEL DISEÑO.....	30
3.3.- UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BASE Y NUCLEO.....	33
3.3.1.- ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO.....	33
3.3.2.- ESTACIÓN DE BASE JORDÁN.....	34
3.3.3.- ESTACIÓN DE BASE MAPASINGUE.....	34
3.4.- NÚCLEO (CORE).....	35
3.4.1.- DISEÑO DEL NUCLEO (CORE).....	35
3.5.- QOS VOIP Y CONSIDERACIONES DE FIREWALL.....	41
3.5.1.- CONSIDERACIÓN DEL FIREWALL.....	42
3.5.1.1.- CONSIDERACIÓN DEL DIRECCIONAMIENTO	
IP PARA LLAMADAS.....	42
3.6.- SERVICIO DE ACCESO A INTERNET.....	43
3.6.1.- SUSCRIPTOR PROPIO.....	43
3.6.2.- SUSCRIPTOR DE ISP TERCERO.....	45
3.7.- QOS.....	46
3.8.- CONSIDERACIONES DE DIRECCIONAMIENTOS IP	

PARA USUARIOS.....	46
3.9.- SERVICIO DE VPN.....	47
3.9.1.- QOS VPN.....	49
3.9.2.- DIRECCIONAMIENTO IP PARA VPN.....	49
3.9.3.- SEGMENTACIÓN EN VLANS DE SERVICIOS.....	49
3.9.4.- CONSIDERACIONES DE ENRUTAMIENTO.....	53
3.10.- RED DE TRANSMISIÓN O TRANSPORTE.....	54
3.10.1.- ESQUEMA DE LA CAPA DE TRANSPORTE.....	55
3.11.- RED DE ACCESO.....	58
3.11.1.- ESQUEMA DE CONEXIÓN A USUARIOS.....	59
3.11.1.1.- CLIENTES RESIDENCIALES.....	59
3.11.1.2.- CLIENTES CORPORATIVOS.....	61
 CAPITULO IV	
EQUIPOS Y FRECUENCIA.....	62
4.1.- SOFTSWITCH ARQUITECTURA.....	62
4.1.1.- CARACTERÍSTICAS.....	63
4.2.- MEDIA GETEWAY.....	64
4.3. - ROUTER DE AGREGACIÓN CARACTERÍSTICAS.....	66
4.4. - VOIP BACKHOUL ROUTER.....	68
4.5. - SWITCH (CORE).....	70
4.6. - FIREWALL.....	71
4.7.- ESTACIÓN DE BASE MACROMAX.....	72

4.8.- CPE'S.....	74
4.9.- PLAN DE FRECUENCIAS.....	76
4.10.- PLANIFICACIÓN DE LA RED.....	77
4.11.- MODULACIÓN ADAPTATIVA.....	77
4.12.- RE-USO DE FRECUENCIAS Y POLARIZACIÓN.....	78
4.13.- PREDICCIÓN DE COBERTURA.....	78
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
ANEXO A	
COBERTURA EN ESTACIÓN DE BASE CERRO MAPASINGUE.....	84
ANEXO B	
COBERTURA EN ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO 300.....	94
ANEXO C	
COBERTURA EN ESTACIÓN DE BASE CERRO JORDÁN.....	103
BIBLIOGRAFIA.....	113

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO	
WIMAX EN EL MUNDO.....	XX
FIGURA 02: APLICACIONES DE WIMAX	
EN EL USO COMERCIAL.....	6
FIGURA 03: CONEXIÓN DIRECTA PUNTO A PUNTO.....	7
FIGURA 04: CONEXIÓN PUNTO MULTIPUNTO.....	7
FIGURA 05: ZONA DE FRESNEL.....	8
FIGURA 06: ENLACE NLOS.....	9
FIGURA 07. FLUJO DE DATOS CONVERTIDOS A SÍMBOLOS.....	10
FIGURA 08: MODALIDAD ÚNICA PORTADORA Y	
MODALIDAD OFDM.....	11
FIGURA 09: RADIO DE CELDA RELATIVO PARA	
MODULACIÓN ADAPTATIVA.....	13
FIGURA 10: CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN EN ECUADOR.....	17
FIGURA 11: NÚMERO DE USUARIOS TELEFONÍA FIJA.....	18
FIGURA 12: PENETRACIÓN DE TELEFONÍA FIJA.....	18
FIGURA 13: NÚMERO DE USUARIOS TELEFONÍA MÓVIL.....	18
FIGURA 14: PENETRACIÓN DE TELEFONÍA MÓVIL.....	19
FIGURA 15: NUMERO DE USUARIOS INTERNET.....	19
FIGURA 16: PENETRACIÓN DE INTERNET.....	19
FIGURA 17: ENLACE DE SERVICIO PORTADOR.....	20

FIGURA 18: USUARIOS DE SISTEMA TRONCALIZADO.....	20
FIGURA 19: NÚMERO DE USUARIOS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES POR SECTOR.....	20
FIGURA 20: NÚMERO DE USUARIOS DE INTERNET EN ECUADOR.....	26
FIGURA 21: MAPA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	27
FIGURA 22: DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	29
FIGURA 23: RED FÍSICA MULTISERVICIO.....	31
FIGURA 24: RED MULTISERVICIO (LÓGICA).....	32
FIGURA 25: ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO.....	33
FIGURA 26: ESTACIÓN DE BASE CERRO JORDÁN.....	34
FIGURA 27: ESTACIÓN DE BASE MAPASINGUE.....	34
FIGURA 28: UBICACIÓN REAL DEL NÚCLEO (CORE).....	35
FIGURA 29: PRINCIPALES COMPONENTES DEL NÚCLEO.....	36
FIGURA 30: DISEÑO CONEXIÓN EN EL NÚCLEO.....	37
FIGURA 31: PROTOCOLOS DE SENALILIZACION PARA EL SERVICIO TELEFÓNICO.....	39
FIGURA 32: CONTROL DE COMUNICACIONES ENTRE LA RED PSTN Y NGN.....	39
FIGURA 33: LLAMADA ENTRE DOS ABONADOS PROPIOS.....	40
FIGURA 34: SALIDA INTERNACIONAL.....	40
FIGURA 35: INTERCONEXIÓN CON OTROS OPERADORES.....	41
FIGURA 36: PROCESO DE REGISTRO DE UN CLIENTE PROPIO DE RED A INTERNET.....	44

FIGURA 37: FLUJO DE DATOS HACIA EL INTERNET.....	45
FIGURA 38: ACCESO DE INTERNET DE UN ISP TERCERO.....	46
FIGURA 39: PROCESO DE VALIDACIÓN VPN A ENLACE.....	48
FIGURA 40: FLUJO DE DATOS DE SERVICIO DE VPN.....	49
FIGURA41: MUESTRA DEL ESQUEMA EXPLICADO PARA LA SEGMENTACIÓN DE VLANS POR SERVICIOS.....	50
FIGURA 42: DISTRIBUCIÓN DE ESTACIÓN DE BASES A DIFERENTES ENRUTADORES DE AGREGACIÓN.....	50
FIGURA 43: EXPLICA EL USO DE LA SOLUCIÓN VLAN.....	51
FIGURA 44: DISEÑO DE SEGMENTACIONES EL NÚCLEO.....	52
FIGURA 45: CONSIDERACIONES DE RUTEO.....	53
FIGURA 46: ESQUEMA DE LA RED DE TRANSPORTE.....	54
FIGURA 47: ENLACE CON LA ESTACIÓN SAN FRANCISCO.....	55
FIGURA 48: ENLACE CON LA ESTACIÓN MAPASINGUE.....	56
FIGURA 49: ENLACE CON LA ESTACIÓN CERRO JORDÁN.....	56
FIGURA 50: ESQUEMA GENERAL DE LOS ENLACES DE LAS ESTACIONES BASE.....	57
FIGURA 51: ESQUEMA DE CONEXIÓN DE USUARIOS.....	58
FIGURA 52: CONEXIÓN CON CPE OUTDOOR.....	60
FIGURA 53: CONEXIÓN CON CPE OUTDOOR PARA EDIFICIOS.....	60
FIGURA 54: CONEXIÓN CON CPE OUTDOOR CONFIGURACIÓN MULTI DWELLING UNIT.....	61
FIGURA 55: SOFTSWITCH SOFTX3000 DE HUAWEI.....	62

FIGURA 56: UMG8900 MEDIA GATEWAY.....	64
FIGURA 57: CISCO ROUTER 7200.....	66
FIGURA 58: TARJETA FAST ETHERNET INPUT/OUTPUT CONTROLLER.....	67
FIGURA 59: TARJETA NETWORK PROCESSING ENGINE.....	67
FIGURA 60: ROUTER CISCO 7609.....	68
FIGURA 61: TARJETA ENHANCED FLEXWAN MODULE (WS-X6582-2SPA).....	69
FIGURA 62: TARJETA SPA INTERFACE PROCESSOR.....	69
FIGURA 63: TARJETA CATALYST 6500 SUPERVISOR ENGINE 32.....	70
FIGURA 64: CISCO CATALYST 4507R.....	70
FIGURA 65: CISCO ASA5520-BUN-K9.....	71
FIGURA 66: RADIO BASE MACROMAX DE AIRSPAN.....	73
FIGURA 67: RADIO BASE INSTALADA EN UN RACK.....	74
FIGURA 68: ANTENA WIMAX INDOOR.....	74
FIGURA 69: ANTENA WIMAX OUTDOOR.....	80
FIGURA 70: DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN AL USUARIO FINAL.....	80
FIGURA 71: PATRÓN DE IRRADIACIÓN DE ANTENA.....	80
FIGURA 72: PARÁMETROS CONFIGURACIÓN DE LA RED.....	81

INDICE DE TABLAS

TABLA 01: PROVEEDORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.....	21
TABLA 02: CRECIMIENTO DE CONEXIONES SEGÚN ASETA.....	24
TABLA 03: CONEXIONES A INTERNET.....	24
TABLA 04: VLANS EN EL NÚCLEO.....	52
TABLA 05: PARÁMETROS DE LA CONFIGURACIÓN DEL SOFTSWITCH..	64
TABLA 06: PRINCIPALES PARÁMETROS TÉCNICOS DEL UMG8900.....	65
TABLA 07: RESUMEN DE FUNCIONES DEL CISCO ASA5520-BUN-K9.....	72
TABLA 08: FRECUENCIAS CONCESIONADAS A PROVEEDORES DE TELECOMUNICACIONES.....	76
TABLA 09: PARÁMETROS CONSIDERADOS EN LA SIMULACIÓN DE COBERTURA.....	79

INTRODUCCION

De manera histórica, la comunicación ha demostrado ser el mecanismo más efectivo para la resolución de problemas y la evolución humana, al grado de que, en la actualidad, los sistemas de telecomunicaciones son elementos indispensables en cualquier sociedad debido a que proveen el medio más eficaz para el desarrollo de los procesos de comunicación a nivel mundial.

La distribución poblacional complica el proceso de comunicación entre las localidades, sobre todo en aquellas en las que los proveedores de comunicaciones privados no disponen de la infraestructura necesaria para ofrecer sus servicios.

Por ello, las redes inalámbricas de banda ancha representan una pieza clave para el desarrollo económico y el futuro de las comunicaciones, dadas las condiciones geográficas de la mayor parte del país y el grave atraso en infraestructura en gran parte de las entidades; por lo que, hasta ahora, la opción más viable en este sentido, y en el económico, es la comunicación vía inalámbrica.

La tecnología WiMAX de banda ancha será la base de las redes metropolitanas de acceso a Internet, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas. Además, su popularización supondrá el despegue definitivo de otras tecnologías, como VoIP.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No existe una red local de intercambio de información. La ausencia de una red integrada de aglutine a todos los proveedores limita la generación de aplicaciones para el intercambio de información y aplicación de los servicios dentro del país. Los tejidos de fibra óptica que existen en el territorio son escasos, dispersos y desvinculados entre sí.

Altos costos para implementación de redes y equipamiento la implementación y mantenimiento de las redes de Internet, así como la materia prima para tendidos de fibra óptica y equipamiento a todo nivel, tienen costos exuberantes y están gravados con altos aranceles e impuestos.

Los problemas que pueden solucionarse con WIMAX, principalmente para los clientes corporativos en la ciudad de Guayaquil con la implementación de este servicio, son:

- Que los Clientes Corporativos contaran con la disponibilidad del servicio en un 99%
- Los riesgos de robo de cables, y de fibra óptica se reducen a cero
- Acceso ilimitado para el servicio al Internet
- Infraestructura de Telecomunicaciones propia a nivel provincial
- El más completo grupo de productos y servicios de Internet disponibles
- Planes tarifarios reducidos

Esta tecnología digital, incrementará la productividad del cliente, debido a que garantiza acceso a Internet las 24 horas del día y los 365 días del año, ya que puede manejar velocidades simétricas y asimétricas, que es lo que conlleva a tener ancho de banda desde 64Kbps, hasta 6Mbps

JUSTIFICACIÓN

Una fuerte competencia se ha desatado en el mercado de las telecomunicaciones en Guayaquil, pues actualmente cerca de 500 mil clientes no tienen acceso al servicio de telefonía. Lo cual genera una excelente oportunidad en el mercado para tecnologías como WiMAX pues los diferentes operadores podrían echar mano de ésta, para cubrir las necesidades de sus clientes potenciales a través de conexiones inalámbricas en donde los costos de instalación se reducirían en un 46 por ciento aproximadamente

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.

Hacia el 2010, se estima que un 25% de las llamadas telefónicas en todo el mundo será efectuado sobre redes basadas en IP (Protocolo de Internet). Hay tres zonas del

mundo en las que está prosperando el WiMAX: Corea (todo lo que tiene que ver con banda ancha), África del Sur (porque es un medio barato de crear infraestructuras allí donde no las había) y América Latina.

En este último caso, se mezclan la carencia de buenas conexiones con la ambición de los operadores, en América Latina ya hay compañías dispuestas a extender el servicio a núcleos urbanos como vía de entrada en el negocio de la banda ancha. El país más desarrollado será, sin duda, Brasil, donde apenas el 12% de la población usa Internet. Pese a que su población es casi tres veces superior a la española, el país carioca tiene menos clientes de banda ancha.

Mientras tanto que para el 2012 se estima un mayor crecimiento de esta tecnología 133 millones de usuarios.

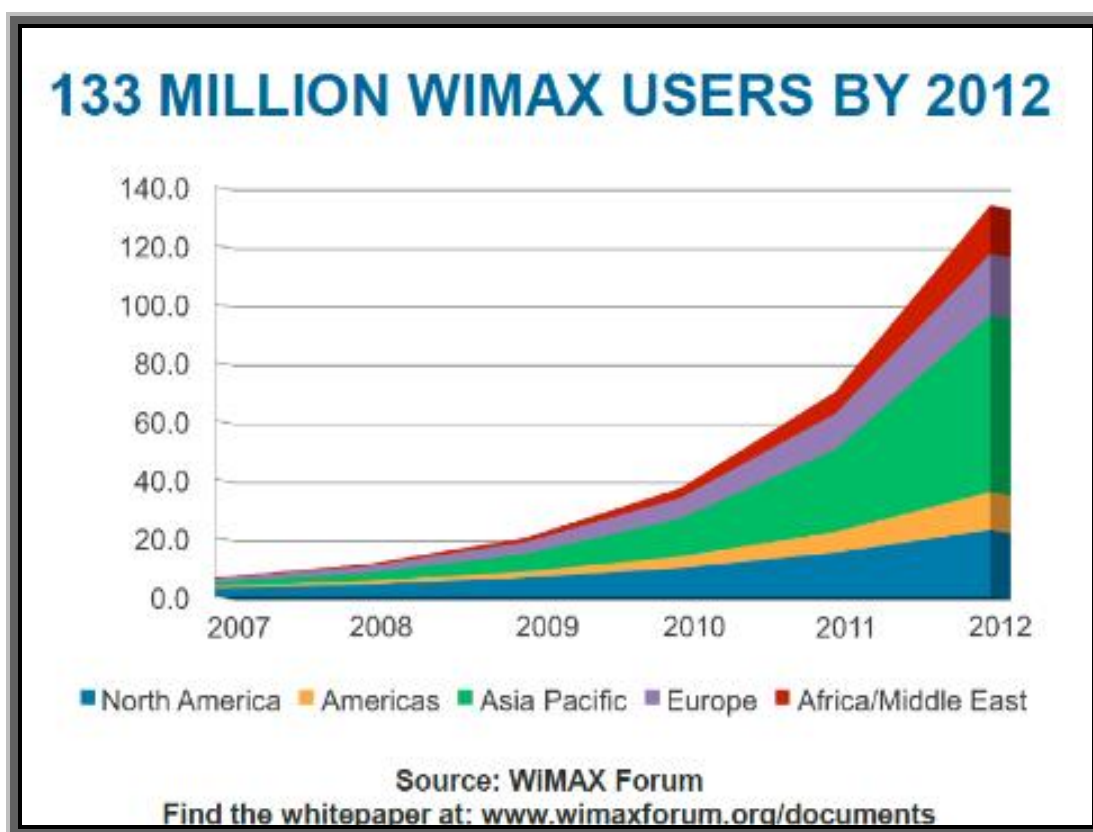


Figura 01: Proyección de Crecimiento WiMAX en el Mundo (7)

HIPOTESIS

“La implementación de un sistema Wimax en la ciudad de Guayaquil logrará superar los problemas como los riesgos de robo de cables, y de fibra óptica que se reducirían a cero, no existencia de una red local de intercambio de información, altos costos para implementación de redes y equipamiento y mejorará los servicios tales como llamadas de voz sobre IP e Internet ilimitado”

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una red WiMAX para brindar un servicio IP en tiempo real para la ciudad de Guayaquil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio que permita determinar los criterios de factibilidad para la utilización del estándar WiMAX.
- Proveer la mejor relación costo-beneficio en cuanto a cobertura.
- Realizar el diseño de una red WiMAX para implementar en la ciudad de Guayaquil.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1.- FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGIA WIMAX

WiMAX es un estándar IEEE802.16 de transmisión inalámbrica de datos que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 50 Km. con línea de vista (LOS-Line of Sight) dependiendo de las condiciones de propagación y del modo de transmisión y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no implica tener línea de vista en la estación de base.

Soporta la provisión simultánea de diferentes tipos de servicios como datos, acceso a Internet, datos, video y permite realizar transmisiones radioeléctricas en diferentes frecuencias, con licencia a 3,5Ghz y libre a 5,4GHz, además de poder realizar comunicaciones Punto a Punto o Punto-Multipunto.

1.1.1- ESTANDARES IEEE 802.16 AMERICANOS Y EUROPEOS.

Hace más de 6 años se empezó a gestar el IEEE 802.16, un estándar para una nueva tecnología inalámbrica de banda ancha, el objetivo del proyecto fue desarrollar un estándar aplicable en el ámbito metropolitano para el acceso en banda ancha, inalámbrico, masivo y a los menores precios posibles, hay varias versiones.

- IEEE802.16: Se publicó en abril del 2002 como un estándar orientado a conexión inalámbrica fija, en condiciones de línea de vista directa para la última milla. Se aplica a conexiones punto-multipunto, con antenas direccionales y sin movilidad. Esta versión del estándar se ha diseñado para bandas entre 10GHz y 66 GHz. La capa MAC de 802.16 en cada estación base distribuye dinámicamente el ancho de banda disponible en los enlaces ascendente y descendente entre las estaciones de abonado mediante acceso múltiple por división en el tiempo.
- IEEE802.16a: Fue publicada en el 2003, siendo esta versión la que ha sido rápidamente adoptada como tecnología predominante en BWA (Broadband Wireless Access). Se aplica a conexiones inalámbricas en la banda de 2 a 11GHz donde existen segmentos de banda que no requieren licencia de operación, las denominadas bandas de frecuencia no licenciadas. Normalmente se utilizan en conexiones punto-multipunto así como la posibilidad de redes de malla, y no se requiere línea de vista directa entre las estaciones de base y el equipo Terminal del cliente final.

- IEEE802.16e: Agrega movilidad posibilitando comunicaciones en vehículos moviéndose con una velocidad máxima de 130 Km./h. Esta norma trabaja en la banda 2-6 Ghz tanto licenciado como no licenciado.

A pesar de que, incluso con la versión móvil 802.16.e, WiMAX no se puede facilitar una cobertura tan amplia como la que proporciona las soluciones 2G/3G la tecnología permite mayores velocidades, y una cobertura suficiente que podría ser una alternativa o complemento a las redes celulares en ciertas zonas.

Un aspecto importante del 802.16x es que define una capa MAC (Medio Access Control) que soporta especificaciones de diferentes capas físicas. Esta característica fundamental permite a los fabricantes de equipos diferenciarse sin dejar de ser interoperables.

1.1.2.- CARACTERISTICAS DE WIMAX

Entre las características más esenciales de la tecnología WiMAX tenemos:

- WiMAX se encuentra basada en OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple).
- Ancha de banda de canal de 1.5 a 20 MHz.
- Puede cubrir un área de 50[km] teórica, permitiendo la conexión con obstáculos interpuestos y tiene una capacidad para transmitir datos de hasta 75 Mbps con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz.
- Capa MAC con soporte de múltiples especificaciones físicas y facilidades para añadir más canales.
- Anchos de banda configurables y no cerrados.
- Soporta multiplexación TDM (Multiplexación por División de Tiempo) y FDM (Multiplexación por División de Frecuencia).
- Permite el uso de video y voz por un mismo canal con servicios E1 y T1, admitiendo tecnologías como VoIP (voz sobre Internet Protocolo), videoconferencias y otras tendencias de comunicación entre oficinas, personas y dispositivos.
- Utiliza antenas inteligentes que mejoran la eficiencia espectral
- Soporte propietario para *calidad de servicio* (QoS)

- El soporte propietario para QoS consiste en una reserva (cuando se necesita) de ancho de banda para una aplicación determinada, y es imprescindible para VoIP o ciertas aplicaciones multimedia, por ejemplo.
- En la práctica, actualmente las redes WiMAX se dividen en dos:
- WiMAX fija, bajo el protocolo 802.16d, que funciona mediante antenas fijas (similares a las de TV). En Europa trabaja en la banda de 3.5 GHz, con una velocidad máxima de 75 Mbps y un rango de hasta 10 Km.
- WiMAX móvil, bajo el protocolo 802.16e, que trabaja en la banda de 2 - 3 GHz, con una velocidad máxima de 30 Mbps y un rango de hasta 3.5 Km.

1.1.3.- VENTAJAS

Entre las ventajas de WiMAX podemos destacar:

- Menor costo de implementación de la infraestructura.
- Una velocidad de conexión de hasta 75 Mbps distribuida entre varios usuarios y a una distancia de 50Km de radio.
- Independencia del protocolo. Pueden transportar, entre otras, IP, Ethernet y ATM, esto hace que sea compatible con otros estándares.
- Soporta antenas inteligentes, lo cual favorece la eficiencia espectral.
- Escalabilidad de la red. Permite al operador crecer en función de la demanda potencial, sin necesidad de preocuparse por la interoperabilidad entre sus equipos WiMAX.
- Provisión simultánea de múltiples servicios: Voz sobre IP, Video Conferencias, Acceso a Internet y Mensajería Instantánea, video Online, Aplicaciones Interactivas.

1.1.4.- SEGURIDAD

Ya que los sistemas WiMAX utilizan el interface radio como medio de transmisión, el sistema debe prevenir que los intrusos no intercepten información sensible y confidencial transmitida por el aire ya sea en banda libre o banda licenciada.

Tanto los clientes como los operadores deberían sentirse protegidos y confiar en que su sistema sea privado y seguro, y que las medidas apropiadas están disponibles para minimizar los riesgos de seguridad que pueden ser entre otros:

- Escuchas/espionaje: interceptar información de forma intencional cuando se está transmitiendo.
- Privacidad: Asegurarse de que la información transmitida es solamente leída por los destinatarios a los que va dirigida.
- Robo del Servicio: prevenir que los agresores puedan acceder a Internet u otros servicios utilizando CPE robadas y advirtiéndolo a los usuarios legítimos de obtener los servicios de forma gratuita.
- MAC Spoofing: evitar que un atacante copie las direcciones MAC de CPE legítimas con el fin de conseguir el acceso a la red.

Debido a estos problemas WiMAX ofrece un gran paso en términos de seguridad con respecto a los estándares anteriores.

La seguridad WiMAX soporta dos estándares de encriptación de calidad, DES3 y AES, que es considerado tecnología de vanguardia. Básicamente, todo el tráfico en redes WiMAX debe ser encriptado empleando el Counter Mode con Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol (CCMP) que utilizan AES para transmisiones seguras y autenticación de la integración de datos. La autenticación end-to-end de la metodología PKM-EAP (Protocolo de Autenticación Extensible) es utilizada de acuerdo con el estándar TLS de encriptación de clave pública. El estándar define un proceso de seguridad dedicada en la estación base. Del mismo modo, también hay unos requerimientos de encriptación mínimos para el tráfico, así como para la autenticación end-to-end, que es adaptado desde la especificación del interface del servicio de datos sobre cable (DOCSIS) BPI y el protocolo de seguridad.

1.1.5.- COMPARACION DE WiMAX CON WIFI Y OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO INALAMBRICO

WiMAX incorpora facilidades no previstas en WiFi (802.11) entre ellas se destaca la calidad de servicio (QoS). WiMAX provee características de funcionalidad Clase Portador para los operadores de servicio de telecomunicaciones. Proporciona mayor alcance, mayor ancho de banda y capacidad de prestar diferentes calidades de servicio por perfiles de usuario.

WiFi esta basado en una tecnología de radio limitada a un punto de acceso y sus receptores, todos ellos deben estar, ubicados en una periferia que no sobrepase los 100 metros lineales de vista, es decir que entre el punto de acceso y el receptor no exista obstáculos ni muros.

WiMAX se presenta como una solución en la creación de redes metropolitanas (MAN) que, entre otros, proporcionan Servicio Portador (backhaul) para la interconexión de hotspots WiFi y conectividad inalámbrica de última milla para instalaciones de DSL. WiFi fue concebido para ser un estándar muy simple y orientado al gran consumo mientras que WiMAX es un estándar altamente complejo, aplicable para Operadores de Telecomunicaciones con clase de Portador (Carrier Class) que puede proveer una área de servicio de hasta 50Km con LOS y permite conectividad sin línea de vista directa (OLOS- Obstructed Line Of Sight) en rangos de distancia mas pequeños. La tecnología WiMAX permite tasas de transmisión de hasta 134 Mbit/s, que pueden soportar una combinación grande de servicios.

WiMAX contempla los estándares 802.16, 802.16a y 802.16e, teniendo los tres un ámbito de aplicaciones de redes de área metropolitana (Metropolitan Area Networks-MAN). Con el 802.16 se consiguen alcances de (8 Km.) con antenas Onmidireccionales (48 Km. con antenas direccionales) siendo su radio de aplicación practico de 1,6-4,8 Km.

En el caso del 802.16a la cobertura práctica de la celda es de 6,4-9,6 Km. mientras que para el 802.16e se sitúa por debajo de los (4,8 Km.). Tanto el 802.16a como el 802.16e pueden trabajar con condiciones cercanas a líneas de vista (Non Line of Sight-NLOS).

La capacidad de trafico total se sitúa en un máximo de 134 Mbps para el 802.16 75 Mbps para el 802.16a y 15 Mbps para el 802.16e, el ancho de banda de cada canal se puede escalar entre 1.5 y 20 MHz, excepto para el 802.16e que sólo permite entre 1.5 y 5 MHz.

1.2- NIVEL DE SERVICIOS

Entre los aspectos de niveles de servicio más atractivos para los proveedores de servicio y los usuarios es la capacidad de WiMAX para proporcionar deferentes niveles de servicio (SLA- Service Level Agreement). Esta capacidad permite atender simultáneamente diferentes tipos de clientes para un mismo servicio.

El esquema de modulación en la estación base se asigna dinámicamente, dependiendo de las condiciones de propagación (distancia al cliente, clima, interferencia existente, así como de otros factores transistores), esta flexibilidad permite a los proveedores de servicio adaptarse a las necesidades de las áreas de distribución específicas haciendo que WiMAX sea rentable en una gran variedad de áreas geográficas.

El sistema WiMAX permite diferenciar calidad de servicio en términos de latencia y tasa de errores. Esta capacidad permite adecuar dichos parámetros al tipo de transmisión.

1.2.1.- APLICACIONES DEL ESTANDAR WIMAX EN EL USO

COMERCIAL

La tecnología WiMAX se utiliza principalmente para el acceso inalámbrico de clientes para la oferta de diferentes servicios comerciales. Los principales servicios que se ofrecen corresponden a Acceso de Internet, Telefonía local y de larga distancia internacional, servicio portador Punto a Punto y Punto Multipunto y finalmente conexiones de última milla para terceras empresas. El porcentaje de estas aplicaciones lo establece el mercado local, siendo el acceso a Internet, el mayor.

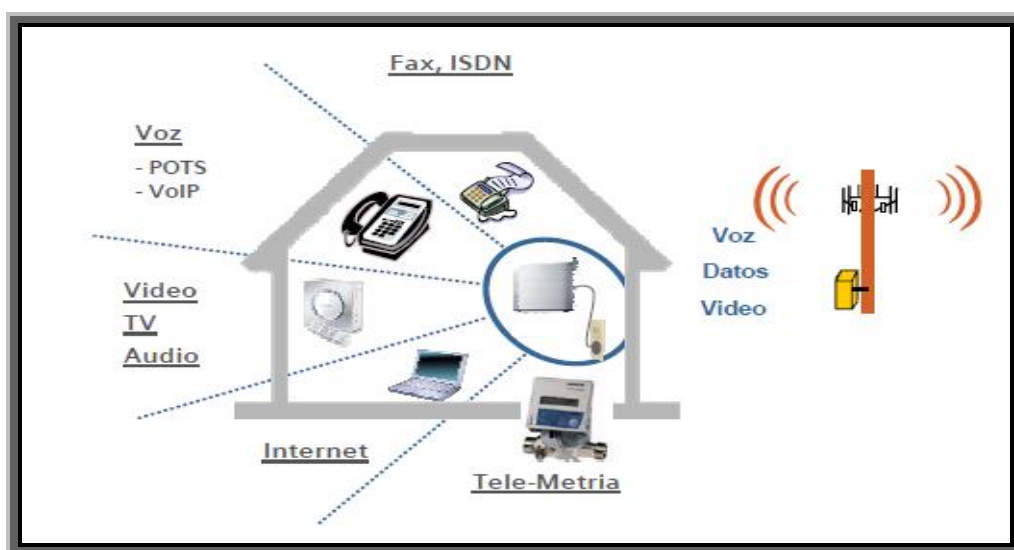


Figura 02: Aplicaciones de la tecnología WiMAX en el uso comercial.

1.2.2.- SERVICIO PORTADOR PTP / PMP.

En este segmento de aplicaciones están inmersas principalmente las compañías que requieren de enlaces de mediana capacidad, empresas que tienen infraestructura tecnológica (IT). Entre los ejemplos de conexión se puede citar:

- Conexión punto a punto.- Esta es una conexión directa entre sucursales de una misma empresa, usando la estación de base como elemento intermedio de conexión inalámbrica.

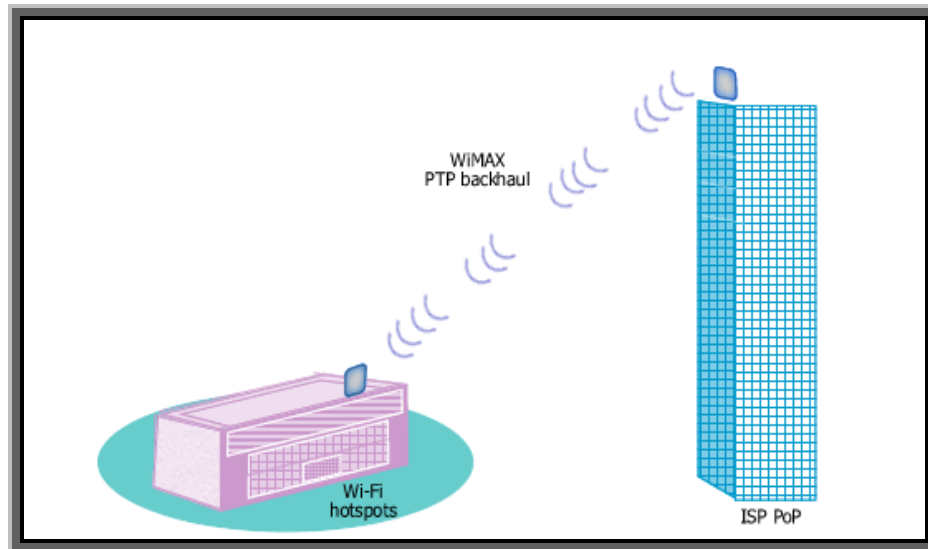


Figura 03: Conexión directa Punto a Punto

Conexión punto multipunto.- conexión entre una matriz y varias sucursales usando la estación de base como elemento.

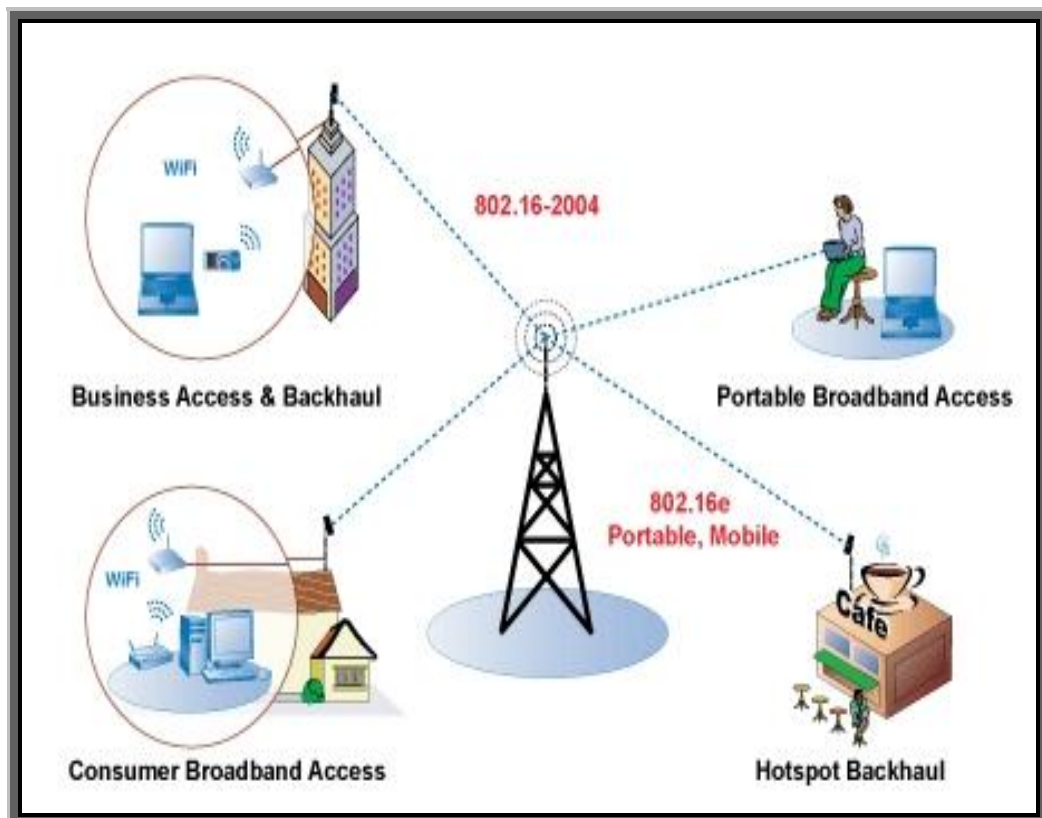


Figura 04: Conexión Punto Multipunto

1.3.- TIPOS DE PROPAGACION: LOS, NLOS.

El canal de radio de un sistema de comunicaciones inalámbrico es a menudo descrito como tipos LOS O NLOS.

1.3.1.- TRANSMISION LOS

LOS (Line Of Sight): Canal radio con línea de vista directa entre la estación base (BS) y la estación de suscriptor (SS).

En un enlace LOS, una señal viaja a través de un camino directo y sin obstáculos desde el transmisor al receptor.

El enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel se encuentra libre de cualquier obstrucción, si este criterio no se cumple, entonces se produce una significativa reducción en el nivel de intensidad de la señal recibida.

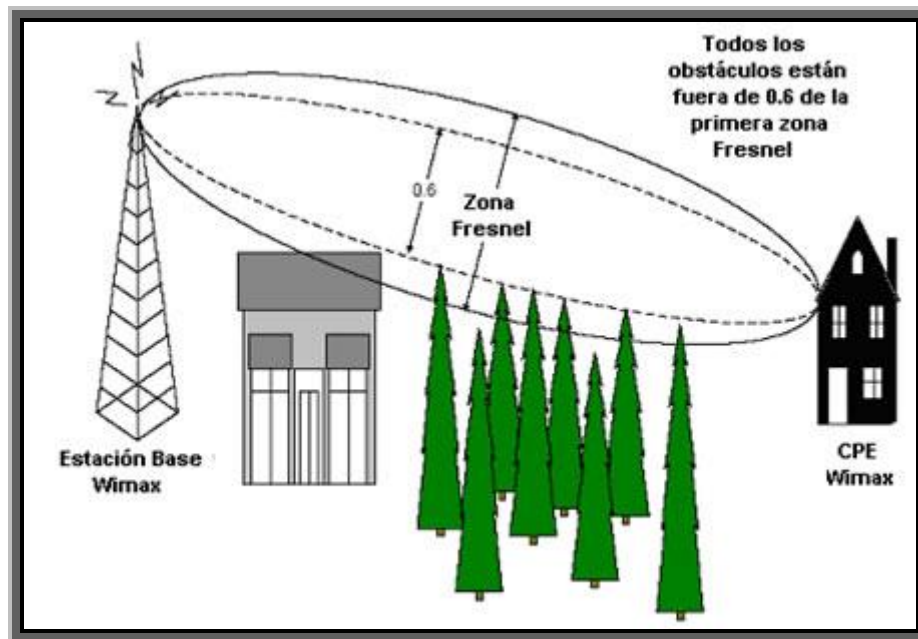


Figura 05: Zona de Fresnel

1.3.2.- NLOS (Non Line of Sight)

En un enlace NLOS una señal alcanza el receptor a través de reflexión, difracciones y dispersiones. La señal que llega al receptor está formado por una composición de señales que llegan a través de las anteriores formas de propagación (reflexiones, dispersiones y difracciones), estas señales tiene diferentes retardos, atenuaciones,

polarizaciones y estabilidad relativa frente a la señal que se transmite por el camino directo.

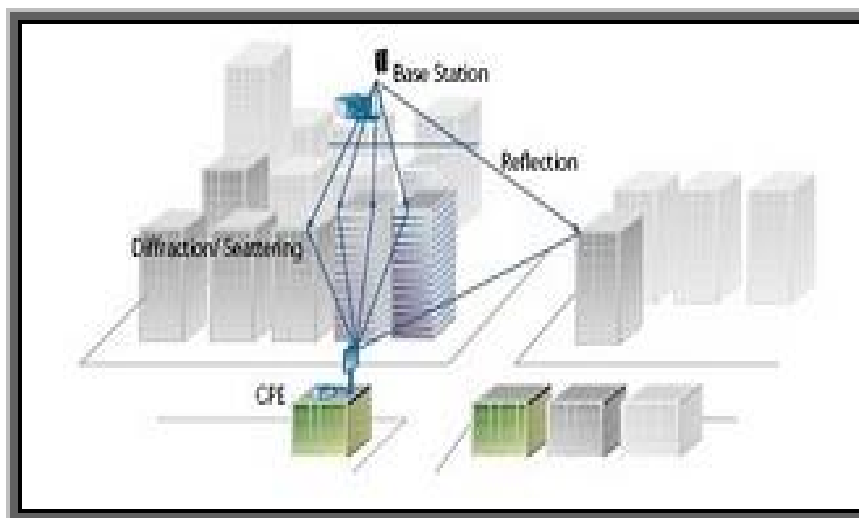


Figura 06: Enlace NLOS

Propagación NLOS

La tecnología NLOS también reduce los costes de instalación, permitiendo una fácil localización del dispositivo cliente.

La tecnología NLOS y las características de WiMAX permiten utilizar dispositivos cliente Indoor. Esto conlleva dos desafíos principales: en primer lugar superar las pérdidas por penetración en edificios y en segundo lugar, dar cobertura a distancias razonables con potencias de transmisión y ganancia de la antena, reducidas características de sistemas interiores

El fenómeno de la multitrayectoria puede causar que la polarización de la señal cambie, de tal manera que el re uso de frecuencia, que normalmente se hace en el despliegue LOS, puede ser problemático en el caso de los enlaces tipo NLOS.

Hay varias ventajas que hacen a los despliegues NLOS deseables, por ejemplo, estrictos requerimientos de planificación y restricciones en la altura de la antena, a menudo no permiten a la antena ser posicionada para una conexión LOS. Para ciertos despliegues tipo celular a gran escala, donde el re uso de la frecuencia es crítico, disminuir la altura de las antenas es una ventaja para reducir la interferencia co-canal entre células adyacentes sin embargo esto a menudo obliga a las estaciones base a operar en condiciones de NLOS, ya que se generalmente se pierde parte de la visibilidad directa con el receptor.

La tecnología NLOS también reduce los gastos de instalación debido a la facilidad de ubicación de los CPE externos. La tecnología NLOS y las características

mejoradas en WiMAX hace posible el uso de equipos CPE interiores (indoor CPE), este nuevo esquema tiene dos principales retos, primeramente supera las pérdidas de penetración y segundo, cubrir distancias razonables con transmisores de baja potencia. WiMAX hace esto posible.

La tecnología WiMAX resulte o minimiza los problemas resultantes de las condiciones NLOS mediante el uso de:

- Modulación OFDM.
- Control de Potencia.
- Sub Canalización.
- Sistema de arreglos de antenas adaptativas.
Técnicas de corrección de errores.
- Diferentes tipos de modulación digital (Adaptiva)
- Diversidad en la transmisión y en la recepción.

1.4.- TECNOLOGIA OFDMA (Multicanalización Ortogonal por División de Frecuencia)

Es un sistema de modulación que consiste en enviar la información sobre un conjunto de portadoras separadas en frecuencia, reduciendo el problema de propagación multitrayectoria. Lo que diferencia a OFDM de otros procedimientos de multicanalización en frecuencia, es la ortogonalidad entre estas portadoras, generando un espaciamiento óptimo entre ellas. Este espaciamiento consiste en que la separación espectral entre portadoras consecutivas es siempre la misma e igual al inverso del periodo del símbolo.

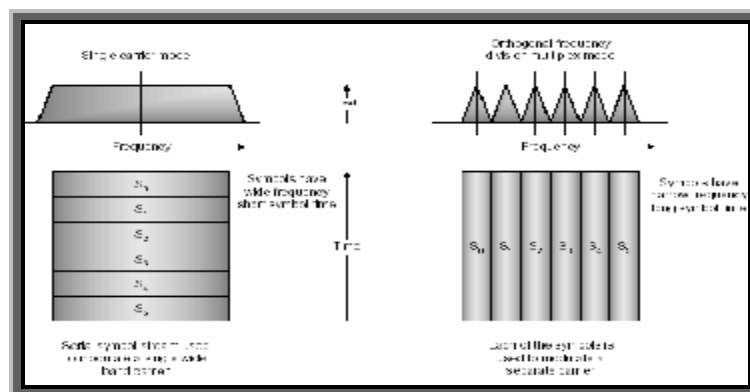


Figura 07. Flujo de datos convertidos a símbolos

La habilidad para superar el retardo de ensanchamiento, el multipath y la interferencia ínter simbólica es una eficiente manera que permite unos más altos hundimientos. Como por ejemplo, es más fácil ecualizar portadoras individuales OFDM que ecualizar una simple portadora ensanchada.

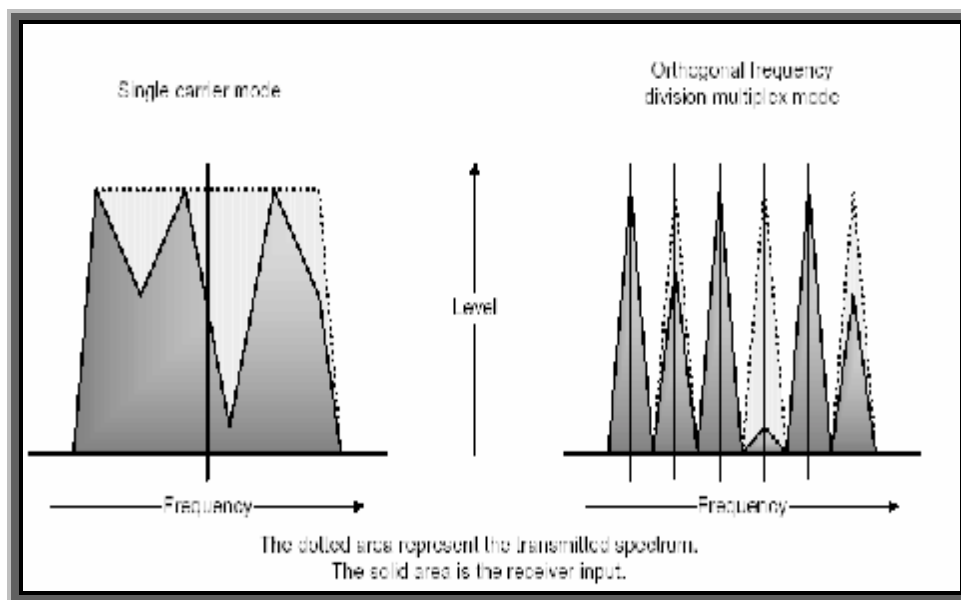


Figura 08: Modalidad única portadora y Modalidad OFDM.

Por todas estas razones los recientes estándares internacionales tales como los la IEEE 802.16, ETSI BRAN, han establecido la OFDM como la elección tecnológica preferida.

1.5.- CONTROL DE POTENCIA

Los algoritmos de control de potencia son usados para mejor el rendimiento del sistema, estos son implementados por la estación base, la cual manda información sobre el control de potencia a cada CPE para que regule su nivel de potencia de transmisión, de forma que el nivel recibido en la estación base sea un nivel predeterminado. En ambientes con cambios dinámicos por fading este nivel predeterminado significa que el CPE sólo puede transmitir suficiente potencia para llegar a este requerimiento. Lo opuesto sería que el CPE transmitiese el nivel basándose en las condiciones peores.

El control de potencia reduce sobre todo el consumo de potencia del CPE y la potencial interferencia con otras estaciones base co-localizadas. Para LOS la potencia transmitida por el CPE es aproximadamente proporcional a la distancia a la estación base. Para NLOS esto depende altamente del nivel de obstaculización existente

1.6.- SUB CANALIZACION

La sub-canalización en el enlace ascendente es opcional en WiMAX. Sin la sub-canalización, las restricciones regulatorias y la necesidad para un coste efectivo de los CPEs, típica causa que el enlace sea asimétrico, se provoca que el rango de sistema este limitado en el enlace ascendente.

La sub-canalización habilita que el enlace sea balanceado de tal forma que la ganancia del sistema sea similar en ambos enlaces (ascendente y descendente).

La sub-canalización concentra la transmisión de potencia en unas pocas portadoras OFDM, esta es la forma de incrementar la ganancia del sistema que puede ser usada para extender el alcance del sistema, superar las pérdidas de penetración, o reducir el consumo de potencia del CPE. El uso de la sub –canalización es más importante en OFDM permitiendo un uso más flexible de los recursos que pueden soportar movilidad o portabilidad.

1.7.- SISTEMA DE ARREGLO DE ANTENAS ADAPTIVAS

Los sistemas ‘Adaptative Array Antenna’ son una parte opcional del estándar 802.16. Estos sistemas representan la más avanzada tecnología de antenas inteligentes (Smart Antenna) al día de hoy. Estos tienen propiedades de ‘beamforming’ que permiten conducir el haz principal de la antena hacia una determinada localización.

Esto significa que mientras están transmitiendo, la señal puede ser limitada a la dirección requerida por el receptor. Estos sistemas también tienen propiedades de supresión de la interferencia co-canal desde otras localizaciones con lo cual consiguen además mejorar la relación señal ruido SNR.

El uso de estas antenas va ligado normalmente al empleo de la tecnología ‘MIMO’ (Multiple Input/Multiple Output). Esta tecnología presenta una serie de ventajas del procesado de diferentes señales espaciales. La principal es la diversidad de las antenas y el multiplexado espacial. Al usar varias antenas, MIMO ofrece la capacidad de recibir datos coherentemente desde varios caminos o rutas (multipath), mediante antenas receptoras separadas espacialmente, esta información es procesada gracias al uso de DSP’s (digital signal processing) con elevadas capacidades de procesamiento.

En el enlace decendente cuando múltiples señales son radiadas desde el arreglo de antenas, de tal forma que ellas forman un haz que va dirigido hacia el CPE, la amplitud y la fase de las señales de cada antena es ajustada de forma que se combinan coherentemente en el CPE. Esta tecnología adaptativa de beamforming mejora la SNR.

Además otra de las ventajas que añaden este tipo de sistema, es que gracias a no necesitar emplazamientos relativamente altos para conseguir la cobertura adecuada, se evita interferir a los sistemas adyacentes con lo cual se mejora el factor de rechazo de frecuencia, o lo que es lo mismo se consigue aumentar la capacidad de la red.

1.7.1.- DIFERENTES TIPOS DE MODULACION DIGITAL (ADAPTIVA).

La modulación adaptativa nos da una gran cantidad de parámetros que pueden ser ajustados y relacionados con la atenuación del canal, pero deben considerarse solo aquellos parámetros que nos den el mejor desempeño en la transmisión de la señal. La modulación adaptativa ha demostrado grandes beneficios para la transmisión inalámbrica de datos de alta velocidad al utilizar OFDM, ya que permite optimizar el ancho de banda utilizado.

Las técnicas de modulación adaptativa de los sistemas WiMAX permiten ajustar el esquema de modulación de la señal dependiendo de las condiciones de la relación señal ruido (SNR) que existen en el enlace radio. Cuando el enlace radio presenta una alta calidad, la más alta modulación es usada, dando al sistema la mayor capacidad. Durante un desvanecimiento de la señal, el sistema WiMAX puede desplazar a la señal a un esquema de modulación menor para mantener la calidad y estabilidad del enlace. Esta característica permite al sistema superar los desvanecimientos selectivos en el tiempo.

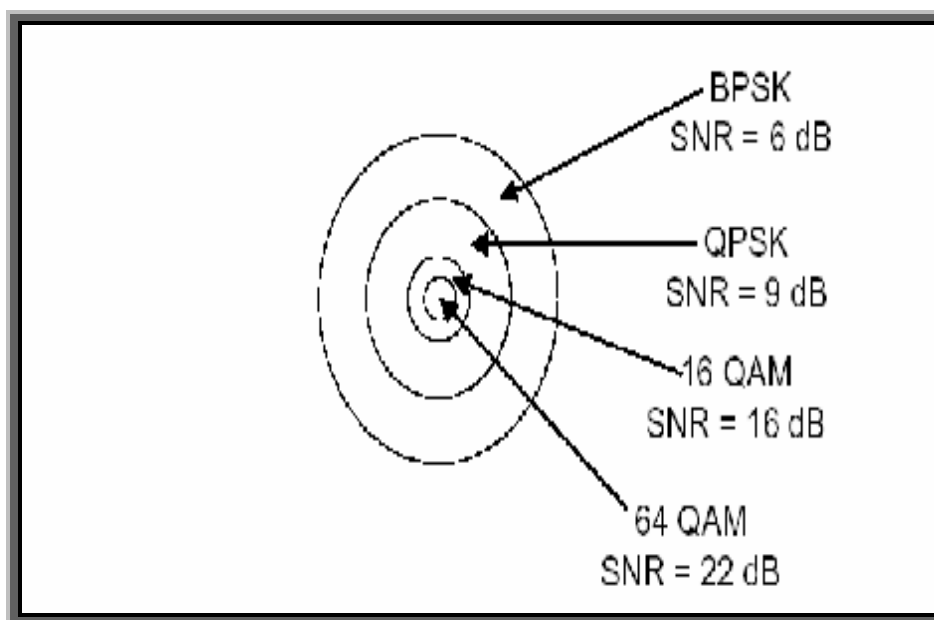


Figura 09: Radio de celda relativo para modulación adaptativa.

1.7.2.- TECNICA DE CORRECCION DE ERRORES

Las técnicas de corrección de errores han sido incorporadas a WiMAX para reducir los requerimientos de señal ruido. El FEC (Strong Reed Solomon), la codificación convolutiva y otros algoritmos son usados para detectar y corregir errores, mejorando el throughput. Estas técnicas de corrección ayudan a recuperar tramas erróneas que pueden haber sido perdidas por desvanecimientos selectivos de frecuencia o ráfagas de errores. El ARQ (Automatic repeat request) es usado para corregir errores que no pueden ser corregidos por el FEC. Esto mejora significativamente el BER (Bit Error Rate) para similares niveles umbrales.

Los algoritmos de corrección de errores son usados para mejorar el rendimiento del sistema, estos son implementados por la estación base, la cual manda información sobre el control de potencia a cada CPE para que regule su nivel de potencia de transmisión, de forma que el nivel recibido en la estación base sea un nivel predeterminado.

Para LOS la potencia transmitida por el CPE es aproximadamente proporcional a la distancia a la estación base. Para NLOS esto depende altamente del nivel de obstaculización existente.

1.7.3.- DIVERSIDAD DE TRASMISION Y RECEPCION

Los esquemas de diversidad se usan para obtener una ventaja del muti-path, las reflexiones de la señal que ocurren en condiciones de NLOS. La diversidad es una característica opcional en WiMAX. Los algoritmos de diversidad ofrecidos por WiMAX, tanto en transmisión como en recepción incrementan la disponibilidad del sistema. La opción de transmisión en diversidad en WiMAX utiliza la codificación en espacios de tiempo para proporcionar una fuente de transmisión independiente, esto reduce el fading y combate la interferencia. Para la diversidad en recepción, varias técnicas se combinan para mejor la disponibilidad del sistema.

1.8.- PROTOCOLOS DE WIMAX

1.8.1.- PROTOCOLOS DE APLICACIÓN

El protocolo SIP (protocolo por Inicio de Sesión).- Se trata de un protocolo elaborado por el IETF, que opera a nivel de aplicación y que es empleado para realizar el control de llamadas multimedia y servicios telefónicos avanzados, se encarga de establecer, modificar y terminar sesiones multimedia o llamadas con uno o más participantes.

Se basa en http, empleado tradicionalmente en Internet, por lo que hereda mucho de sus características. Presenta arquitectura cliente/servidor en la que todos los procesos intercambian mensajes en forma de peticiones y respuestas entre una entidad cliente y otra que funciona como servidor.

Los usuarios se identifican por medio de direcciones similares a las actuales direcciones de correo electrónico y disponen de gran movilidad puesto que la red se encarga de localizarlos cuando se requiere establecer una comunicación con ellos. En este sentido parece fácil su integración en el futuro escenario de las telecomunicaciones móvil.

H323 forma parte en el estándar óptimo para cubrir esta clase de aspectos. Además, H.323 y la convergencia de voz, video y datos permiten a los proveedores de servicios prestar esta clase de facilidades para los usuarios de tal forma que se reducen costos mientras mejora el desempeño para el usuario.

Especifica los componentes, protocolos y procedimientos que permite proveer servicios de comunicación multimedia (audio, video y datos sobre redes de paquetes) incluye las basadas en tecnología IP. Aunque es un estándar para todo el rango de comunicaciones multimedia, su mayor reconocimiento ha sido como fundamento de soluciones de voz sobre VoIP.

Protocolos de Backbone.- Los protocolos de backbone o mejor conocidos como protocolos de la red de transporte tienen el objetivo de corregir los errores que sufren los paquetes de aplicaciones en tiempo real a lo largo de la red debido principalmente a los retardos y a la variación en el retardo (jitter).

Tres son los protocolos de backbone más empleados en la integración de voz, video y multimedia sobre una infraestructura IP.

- RTSP (Real Time Streaming Protocol)
- RTCP (Real Time Control Protocol)
- RTP (Real Time Protocol)

1.8.1.1.- PROTOCOLO DE FLUJO DE DATOS EN TIEMPO REAL (RTSP-Real Time Streaming Protocol).

RTSP es un protocolo no orientado a conexión, en lugar de eso el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador. En la mayoría de casos RTSP usa TCP para datos del reproductor y UDP para los datos de audio y video.

1.8.1.2.- PROTOCOLO DE CONTROL EN TIEMPO REAL (RTCP-Real Time Control Protocol).

Este protocolo complementa a RTP facilitando la comunicación entre extremos para intercambiar datos, monitorear la calidad de servicio y obtener información acerca de los participantes en la sesión. RTCP se fundamenta en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participantes en la sesión usando el mismo mecanismo RTP de distribución de paquetes de datos.

El protocolo UDP dispone de distintos puertos (UDP Port) como mecanismo de identificación de protocolos. La función primordial de RTCP es la de proveer una realimentación de la calidad de servicios, se relaciona con el control de gestión y flujo de datos RTCP involucra varios tipos de mensajes:

- Source Description.- Rara un identificador de nivel de transporte denominado CNAME.
- Send Report.- Para emisión y recepción de estadísticas (en cualquier tiempo) desde emisiones activas.
- Application.- Para aplicaciones específicas.
- Bye.- Para indicar el final de la participación.

1.8.1.3.- PROTOCOLO DE TRANSPORTE EN TIEMPO REAL (RTP-Real Time Protocol)

RTP es un estándar RFC1889 reproducido por el IETF, que permite proveer servicio de audio y video en tiempo real de extremo a extremo sobre una red IP.

El protocolo RTP está orientado asegurar una QoS para servicios de tiempo-real. Incluye la identificación de la carga útil, la numeración secuencial, la medición del tiempo y el reporte de la calidad (función del protocolo RTCP).

El protocolo RPT es de transporte de capa 4 y trabaja sobre UDP en forma que establece una verificación para detección de errores y la posibilidad de multicanalización de puertos. La sesión de protocolo RTP puede ser multicanalizadas, recurriendo para ello a un doble direccionamiento mediante la dirección IP y el número de puerto UDP.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

2.1.- ESTUDIO DE MERCADO EN EL ECUADOR

En éste capítulo se presenta un estudio del desarrollo de las telecomunicaciones, su penetración en los diferentes sectores del Ecuador y se analiza la situación tanto de proveedores como de usuarios.

El sector de las telecomunicaciones atraviesa actualmente por un punto crucial del desarrollo económico y social en todos los países. Se ha podido comprobar 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.

A partir del año 2001, la distribución de los ingresos producto del mercado de las Telecomunicaciones estaba liderada por la telefonía fija con un 60%, para el año 2005 el mercado de la telefonía móvil obtiene el 68% de los ingresos totales del mercado mientras que la telefonía fija tiene únicamente el 27%, mientras que el servicios de acceso al Internet y datos tienen 9% a finales del 2007 los ingresos de las móviles superan a las fijas en una proporción de casi 4 a 1. Se estima que para el 2015 la telefonía móvil seguirá liderando el mercado con el 61% de participación.

Otro servicio que se espera tenga un importante crecimiento en el mercado lo representa el Acceso a Internet, el mismo que generará un aumento mayor al 15% para el año 2015.

Algunas estadísticas de servicios de telecomunicaciones en el Ecuador hasta diciembre 2008 se muestran en las siguientes figuras.

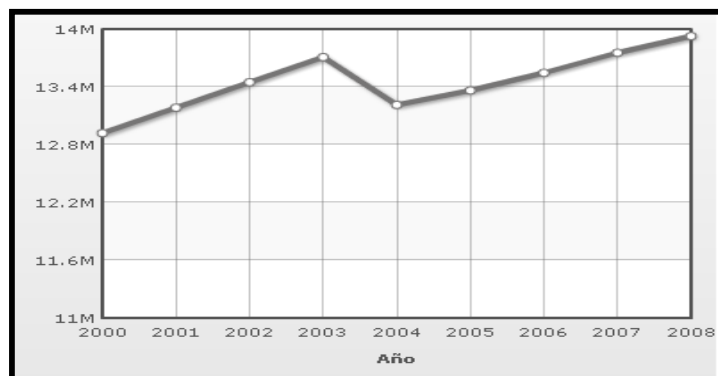


Figura 10: Crecimiento de la población en Ecuador según el INEC

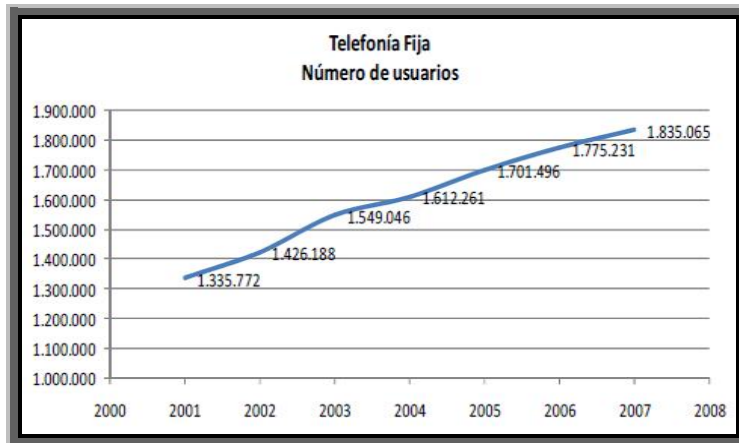


Figura 11: Número de usuarios Telefonía fija (27)

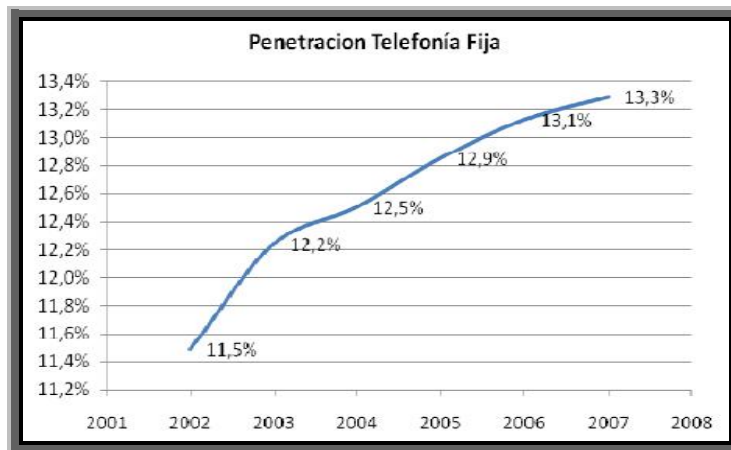


Figura 12: Penetración de Telefonía fija. (28)

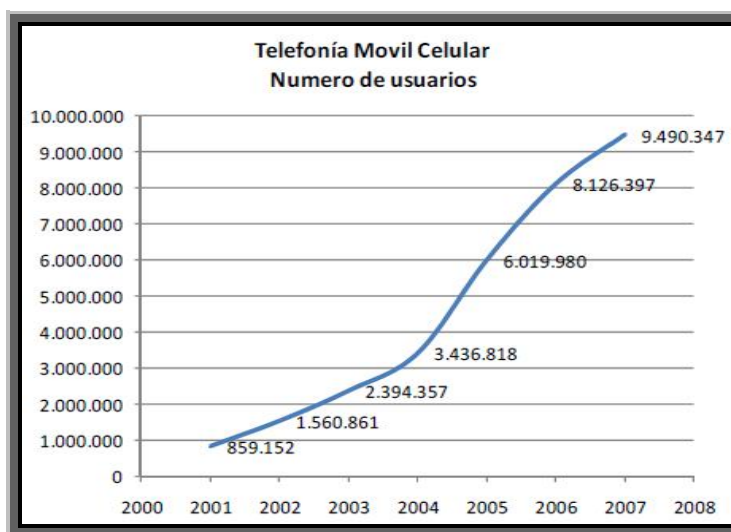


Figura 13: Número de usuarios Telefonía móvil (25)

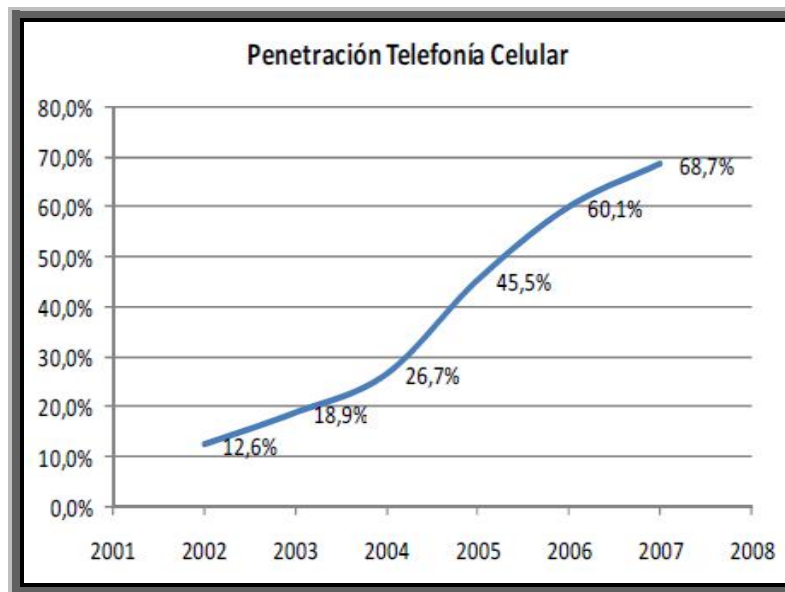


Figura 14: Penetración de Telefonía móvil (25)

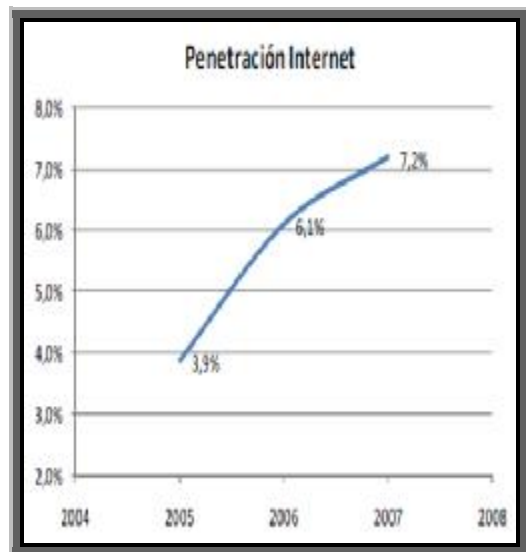
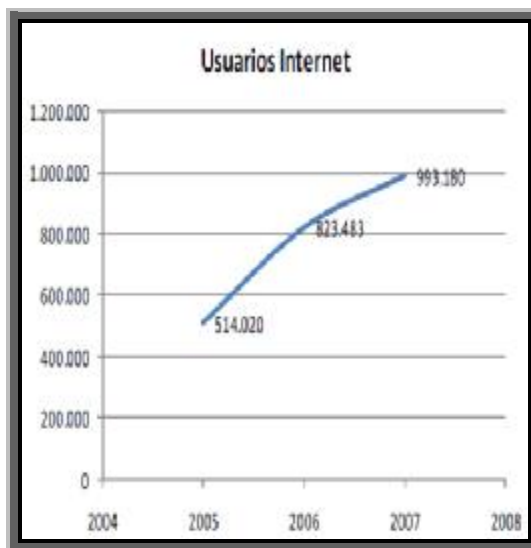


Figura 15: Numero de usuarios Internet (24) Figura 16: Penetración de Internet (24)

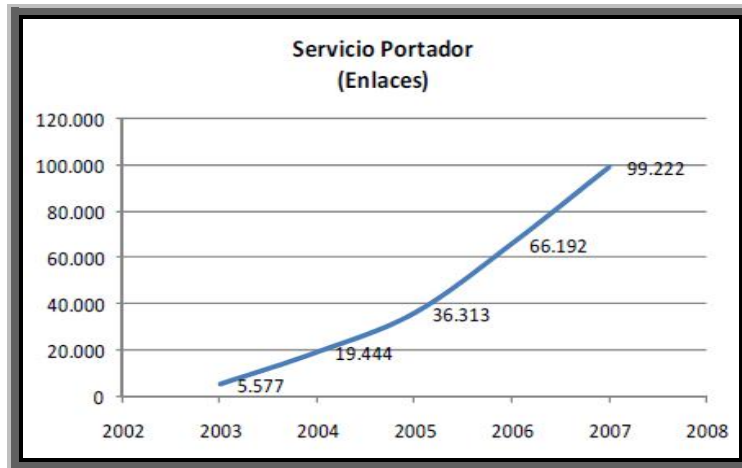


Figura 17: Enlace de servicio Portador (26)

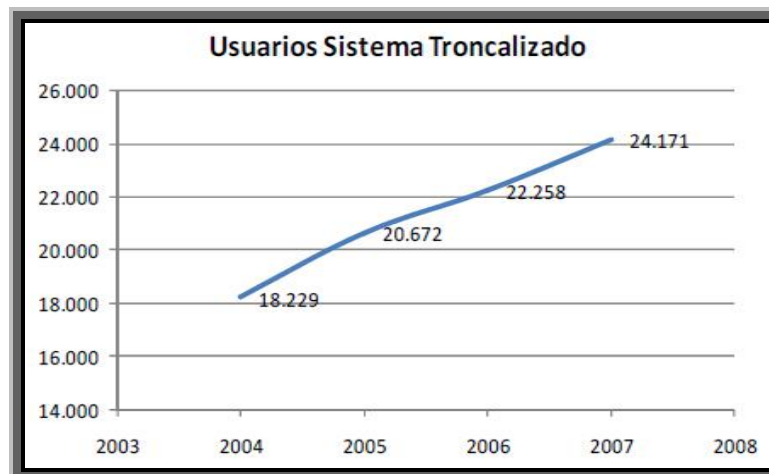


Figura 18: Usuarios de sistema Troncalizado (26)

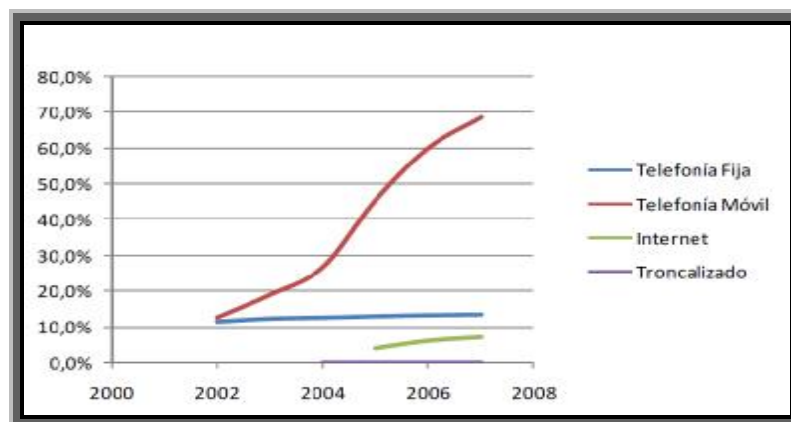


Figura 19: Número de usuarios de servicios de telecomunicaciones por sector (27)

2.2.- EL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES Y SU COMPETENCIA EN EL ECUADOR.

En el transcurso del año 2009 hay más de 100 operadores habilitados para prestar servicios de telecomunicaciones en Ecuador, distribuidos según el tipo de servicios de la siguiente manera:

Operadores de telefonía fija local y larga distancia	Operadores de servicio portador: 18
CNT EtapaTelecom, Linkotel, Ecuador Telecom (Telmex), Setel.	Conecel (porta), Ecuador Telecom(Telmex), Etapa Grupo Bravco, 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

Tabla 01: Proveedores de servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador. (28)

Los más representativos como Proveedores de Servicio Portador y de Acceso a Internet, por la cantidad de suscriptores que poseen, los proveedores más

representativos son: CNT, Suratel, Alegro, Megadatos, Lutrol, Punto Net, Telconet, Panchonet, Etapa Telecom, Ecuador Telecom (TELMEX), Porta, Movistar y Satnet. La operadora CNT, 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 permanece todavía como líder CNT, seguidos 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.

Las operadoras SETEL, del grupo TV Cable, y Ecuador Telecom (Telmex) han orientado la prestación de sus servicios de telefonía, usando arquitecturas basadas en redes NGN (Next generation networking). Ecuador Telecom está actualmente instalando agresivamente una red HFC en Guayaquil y Quito para un estimado de 900.000 abonados sobre los que proveerá servicios triple play, mientras que TV Cable compite en precios con una oferta similar.

El servicio Portador de banda ancha se concentra actualmente en cuatro operadores: Telconet con infraestructura IP y SDH, C.N.T. con su acceso xDSL, Suratel, una empresa del grupo TV Cable con su acceso de cable-módem y Ecuador Telecom con su red HFC y servicios con red NGN. Estos cuatro operadores concentran alrededor del 80% del mercado. Al momento, Suratel, en razón de su introducción temprana de servicios, lidera el mercado.

El resto de operadores consolida el 20% del mercado en forma dispersa. En este último grupo se encuentran, Alegro, Etapa, Porta, Movistar entre los más representativos (Las empresas celulares están incursionando muy agresivamente en la provisión de servicio portador y acceso a internet). Tanto Etapa Telecom como CNT están actualmente migrando su oferta de servicios sobre redes tipo NGN, esta última combinando accesos alámbricos con inalámbricos en la banda de 3.5 GHz.

La franja de los servicios de datos empresariales, está atendida por operadores como: Telconet, Global Crossing (Impsat), CNT, Suratel, Megadatos, Access RAM, entre otros. El mercado de la televisión por suscripción es liderado por TV Cable, seguido de Univisa, Ecuador Telecom (TELEMEX), etc.

El acceso a Internet en el Ecuador se encuentra en una franca fase de despegue con un alto potencial para el desarrollo de accesos de Banda Ancha y telefonía IP. La penetración actual de Internet en Ecuador es la menor, respecto a los países andinos, tanto en banda angosta como en banda ancha. Actualmente las conexiones de Cable Modem superan a las de xDSL, sin embargo, se espera que en corto plazo la relación se invierta.

El servicio clásico de transmisión de datos punto a punto, basado principalmente en enlaces de radio en la banda de 900 MHz, para conexiones dedicadas a usuarios corporativos o grandes clientes, ha sido desplazado muy rápidamente por

sistemas de acceso inalámbricos en las bandas de 3.5 GHz y 5.8 GHz que combinado con servicios portadores usando fibra óptica permite capacidad de transporte nacional e internacional de muy variada velocidad.

Los operadores que no poseen infraestructura alámbrica pueden actualmente hacer uso de tecnologías de acceso inalámbrico como WiMax que se presenta como una alternativa con un gran potencial de éxito en la provisión de los servicios de banda ancha.

El inicio de operaciones del operador de acceso al backbone internacional de Internet en el Ecuador desde noviembre del 2007 y la implementación de los nuevos proyectos de infraestructura de servicios portador y acceso empujará hacia la baja los costos de los servicios con el consecuente beneficio del usuario final.

Otra tecnología que está surgiendo de manera agresiva es el de la telefonía IP, innovadora modalidad que incursionó inicialmente en el mercado de larga distancia internacional. Esta modalidad será de gran importancia no solo en el mercado internacional sino en los mercados domésticos.

En Ecuador los nuevos operadores habilitados para servicio telefónico local y LDI (Larga distancia internacional) han adquirido plataformas NGN cuyo principal elemento lo constituye un Softswitch.

Algunos analistas internacionales como IDC empresa líder en inteligencia de mercado, consultoría y eventos en las industrias de tecnología de la información, telecomunicaciones y mercados de consumo masivo de tecnología, prevén un crecimiento anual acumulado de este servicio del 50% a escala global en los próximos 5 años. La telefonía IP, gradualmente reemplazará a la telefonía convencional TDM, propiciando un nuevo mercado, el cual se combinará con la telefonía móvil, mediante el surgimiento de una nueva arquitectura de red llamada IP Multimedia Subsystem – IMS.

2.3.- CAPACIDAD INTERNACIONAL ACTUAL Y FUTURA DEL ECUADOR (2006 - 2010)

En Ecuador, la capacidad utilizada por ellos para conectarse al backbone internacional de Internet, es de 12 STM-1; es decir de 1.86 Gbps.

Esta capacidad permite atender las 105.000 conexiones de acceso conmutado y cerca de 28.000 conexiones de acceso dedicado mediante DSL, Cable MODEM o fibra óptica.

El estudio concluye que Ecuador requerirá una capacidad de mínimo 432 STM1 en el año 2010, equivalentes a 66.2 Gbps para atender la conectividad internacional de los diferentes servicios,

El estudio de Banda Ancha en la Región Andina realizado la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina, (ASETA), en 2005, establece las siguientes tasas de crecimiento para las conexiones a Internet en Ecuador:

Crecimiento de conexiones esperado según proyección de ASETA						
	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010
Crecimiento Banda Angosta		17%	19%	12%	8%	9%
Crecimiento anual Banda Ancha		38%	64%	75%	63%	51%

Tabla 02: Crecimiento de conexiones según ASETA

Con base en estas tasas de crecimiento y partiendo de la cantidad de enlaces a diciembre de 2005 reportados por los operadores a CONATEL, se obtiene la proyección de conexiones hasta el año 2010:

Conexiones a Internet						
	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010
Conmutado (miles)	102	119	142	159	172	188
Dedicado (miles)	27	37	61	106	173	262

Tabla 03: Conexiones a Internet (24)

Según Yagé y Fox Networks, en Ecuador existen 2,26 millones de usuarios de Internet. Esta cifra, revelada en marzo, supera en cerca de 600 000 usuarios los datos de la Superintendencia de Telecomunicaciones (Supertel). Según este organismo, hasta ese mes Ecuador registraba 1,6 millones de cibernautas. El centro de Investigación para la Sociedad de la Información Imaginar calcula la cifra en 1,4 millones de usuarios.

Yagé y Fox Networks abren una nueva realidad sobre la penetración de Internet, ya que aseguran que en Ecuador llega al 16%. Mientras tanto, la Supertel maneja un rango de entre el 10% y el 12% de la población.

Para Fabián Jaramillo, superintendente de Telecomunicaciones, la variación de las cifras obedece a los conceptos estadísticos de cada entidad. Por ejemplo, la Supertel calcula que por cada línea 'dial up' (conexión telefónica a Internet) existen cuatro usuarios; mientras que por cada línea dedicada hay seis. Imaginar tiene otro cálculo: cada línea 'dial up' tiene 2,5 usuarios y una conexión a la Red dedicada o permanente suma 6,5 internautas.

Xavier Torres, gerente de Yagé, coincide con Jaramillo en el hecho de que las cifras difieren entre entidades por el enfoque de la medición. “Unos miden conexiones y otros miden usuarios. En nuestro estudio se apuntó a medir usuarios”.

Los organismos y expertos consultados coinciden en que la conectividad está creciendo en el Ecuador. Para Francisco Balarezo, director ejecutivo de la Asociación de Proveedores de Internet (Aeprovi), los accesos dedicados han crecido un 50% entre 2007 y 2008. Imaginar, por su parte, señala que la cantidad de usuarios de la Red creció un 61% entre 2007 y 2008.

La Supertel también tiene indicadores que confirman la tendencia. Según un informe, en 2007 el ecuatoriano usuario de conexión ‘dial up’ utilizaba Internet entre 30 y 60 minutos al día. En 2008, el tiempo dedicado fue de una a dos horas. Juan Carlos Solines, ex titular del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, coincide y añade que las redes sociales han incidido y han atraído a Internet a nuevos usuarios, sobre todo jóvenes. Según este experto, a pesar de que la web social es todavía empleada para colgar fotos y videos o chatear, puede crecer.

Cuatro datos más:

- En línea conmutada. El 65% de los usuarios ‘dial up’ acceden a Internet casi todos los días en Ecuador. En conexión dedicada, la cifra sube a 89,5%, según la Supertel.
- El tiempo promedio. El ecuatoriano se conecta a Internet un promedio de 10 a 30 horas a la semana.
- En los cibercafés. Según el centro de estudios Imaginar, cada conexión de cibercafé tiene 82 usuarios. Eso también incide en el número real de usuarios de Internet en el país. Hasta febrero hubo 297 cibercafés registrados.
- Los proveedores. El número de firmas proveedoras de Internet pasó de 39, en 2000, a 167, en 2008. El crecimiento fue de más de tres veces.

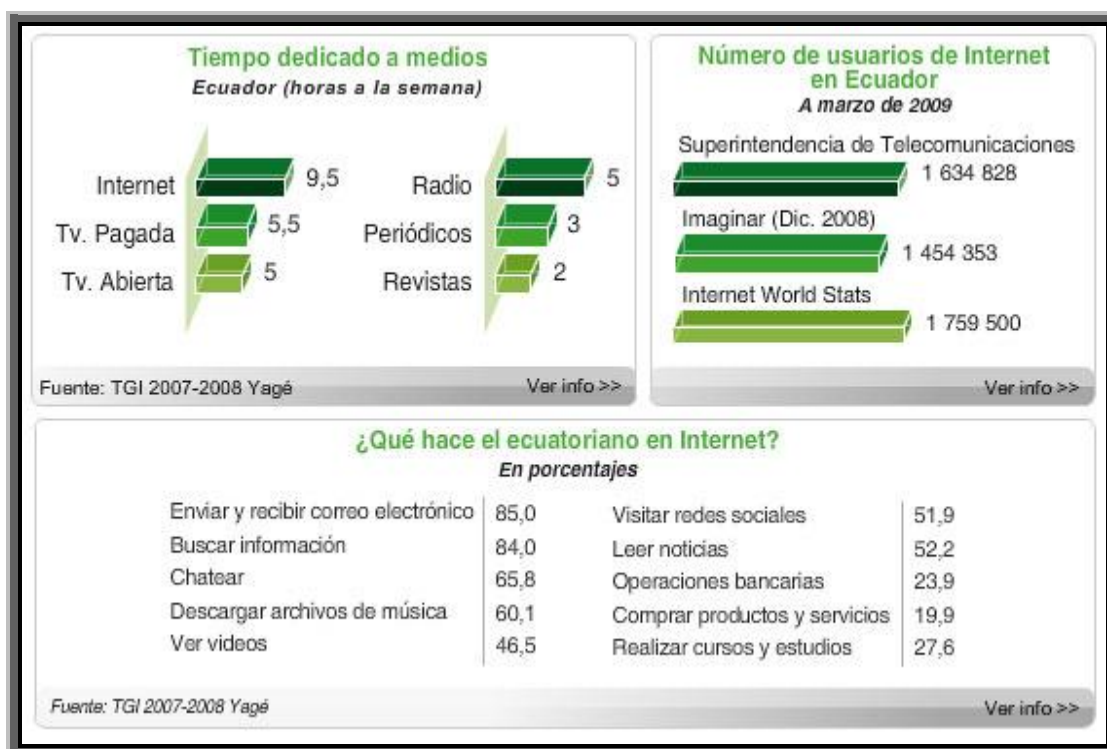


Figura 20: Número de Usuarios de Internet en Ecuador

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1.- DESCRIPCION

El estandar 802.16 es una tecnología que nos ayudará a proveer a los usuarios de la ciudad de Guayaquil, de conexiones de Internet de forma inalámbrica, obviando las redes de cobre que normalmente presentan problemas por hurto de cable. La ciudad de Guayaquil de norte a Sur tiene una distancia de aproximadamente 34 Km de terreno y de este a Oeste aproximadamente 21 Km.



Figura 21: Mapa de la Ciudad de Guayaquil (17)

Uno de los lugares que también se proyecta como gran usuario, es el de Samborondón que se encuentra cerca a la ciudad de Guayaquil.

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

La arquitectura de esta red es de nueva generación (NGN) que facilita la creación y la implementación de nuevos servicios bajo la premisa de una independencia 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. Esta forma de estructura permite una gran flexibilidad para el desarrollo de nuevos servicios para responder rápidamente a las exigencias del mercado, las partes que conforman el sistema lo constituyen:

3.1.1.- NÚCLEO.

Históricamente, el núcleo de las redes de telecomunicaciones ha venido desplegándose de forma que cada servicio, según la tecnología empleada, definía la infraestructura a emplear. Esta aproximación integral ha dado lugar a redes inflexibles, incapaces de amoldarse a los nuevos requisitos de servicio a medida que estos van apareciendo.

El nuevo núcleo de las redes de nueva generación debe estar constituido de modo que pueda acomodar todo el tráfico residencial y de empresas, incluyendo voz, vídeo bajo demanda y broadcast (TV), redes privadas virtuales y acceso a Internet. Esto requiere un fuerte incremento de la capacidad de los nodos por lo que la escalabilidad de los equipos del núcleo es esencial.

Además de los servicios tradicionales de paquetes, el nuevo núcleo ha de transportar ahora tráfico muy sensible al retardo, al jitter y a la pérdida de paquetes como son la voz y el vídeo. Por ello, las nuevas redes han de tener unos niveles de disponibilidad desconocidos hasta ahora. Además, la disponibilidad debe ser compatible con la flexibilidad a la hora de añadir nuevos servicios a la red, lo que tradicionalmente ha supuesto paradas para actualización de software.

En el núcleo se instala la central telefónica (softswitch), los enrutadores, conmutadores de capa dos y tres cortafuegos (firewall), un conjunto 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 hacia el Internet, la interconexión con otros operadores de servicio telefónico y el centro de gestión de red (NOC).

3.1.2.- LA RED DE TRANSPORTE.

Es un mecanismo de conectividad primario en un sistema distribuido. Todos los sistemas que tengan conexión al backbone (columna vertebral) pueden

interconectarse entre sí, aunque también puedan hacerlo directamente o mediante redes alternativas.

Las estaciones base necesitan de un sistema que las integre y es independiente de la tecnología se podría usar enlaces de fibra óptica, así como enlaces de microondas, el presente proyecto propone el diseño de un “backbone” utilizando tecnología WiMAX con enlaces punto-punto para integrar todas las estaciones base.

Existen 2 tipos: cascada y colapsado. En el primero, todos los puestos de trabajo (host, terminales) están conectados a un enlace troncal con el cuarto de equipos (ER); esta arquitectura es casi obsoleta y genera mucho tráfico innecesario en la red. En el colapsado existen varios tramos que salen del ER, permitiendo una mejor distribución de servicios, sin saturar ningún sector de la red y dando una mejor calidad de señal a los tramos lejos al ER.

3.1.3.- RED DE ACCESO.

Es aquella parte de la red de comunicaciones que conecta a los usuarios finales con algún proveedor de servicios y es complementaria a la red de núcleo esta puede ser alámbrica o inalámbrica.

En esta parte de la red son frecuentes las etapas de concentración empleando multiplexores o concentradores, con el objeto de ahorrar medios de transmisión, lo que requiere de una perfecta sincronización dentro de la red mediante el empleo de protocolos de señalización adecuados. Las estaciones de base y CPEs cumplen con lo siguiente: certificación del Foro WiMAX para operar en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, el estándar IEEE 802.16 con esquema FDD, canales con anchura de banda de 3.5 MHz, cobertura tipo NLOS (Non Line of Sight) y LOS (line of Sight) de alrededor de 8 y 40 Km aproximadamente.

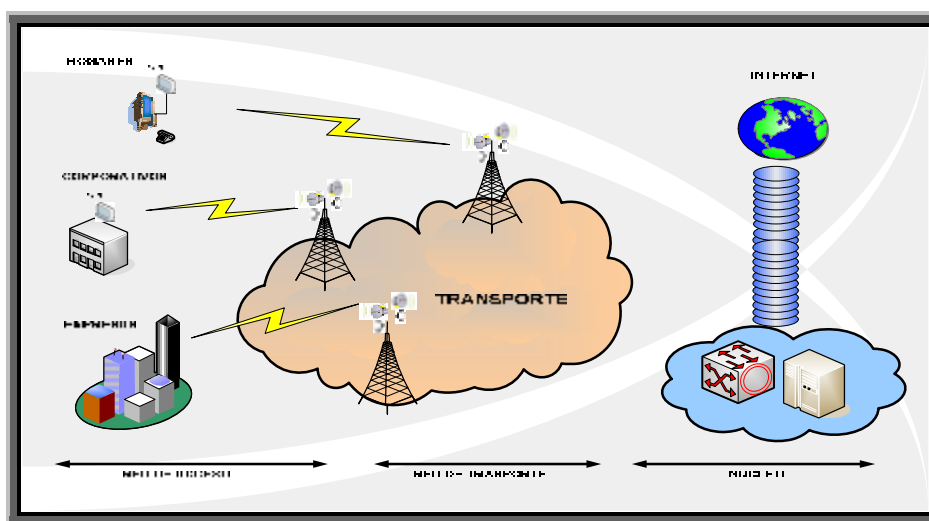


Figura 22: Descripción del funcionamiento del sistema

3.2.- OBJETIVO DEL DISEÑO.

El objetivo esencial de este estudio es poder suministrar a la mayor parte de la ciudad de Guayaquil la mayor cantidad de beneficios posibles con la tecnología WiMAX como: Costos accesibles y competitivos gracias a su facilidad de instalación, movilidad es decir, acceso a los servicios de comunicación desde cualquier lugar donde exista cobertura, mayor velocidad de conexión, mejor calidad de transmisión de voz y datos, capacidad para satisfacer diferentes demandas, como telefonía básica fija, voz, videos, televisión o Internet, seguridad en la transmisión de voz y datos, ya que cuenta con llaves en la red que impiden infiltraciones.

Provisión de redes virtuales (VPN) y enlaces punto a punto para clientes corporativos. Interconexión con las empresas incumbentes de telefonía tanto fija como móvil celular (CNT, Ecuador Telecom (TELMEX), Porta y Movistar

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.

Una VLAN consiste en una red de ordenadores que se comportan como si estuviesen conectados al mismo conmutador, aunque pueden estar en realidad conectados físicamente a diferentes segmentos de una red de área local. Los administradores de red configuran las VLANs mediante software en lugar de hardware, lo que las hace extremadamente flexibles.

Una de las mayores ventajas de las VLANs surge cuando se traslada físicamente algún ordenador a otra ubicación: puede permanecer en la misma VLAN sin necesidad de cambiar la configuración IP de la máquina. Se optó por este sistema porque 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 complicaciones de difusión de paquetes (broadcast).

Los diseños de solución se muestran en las figuras:

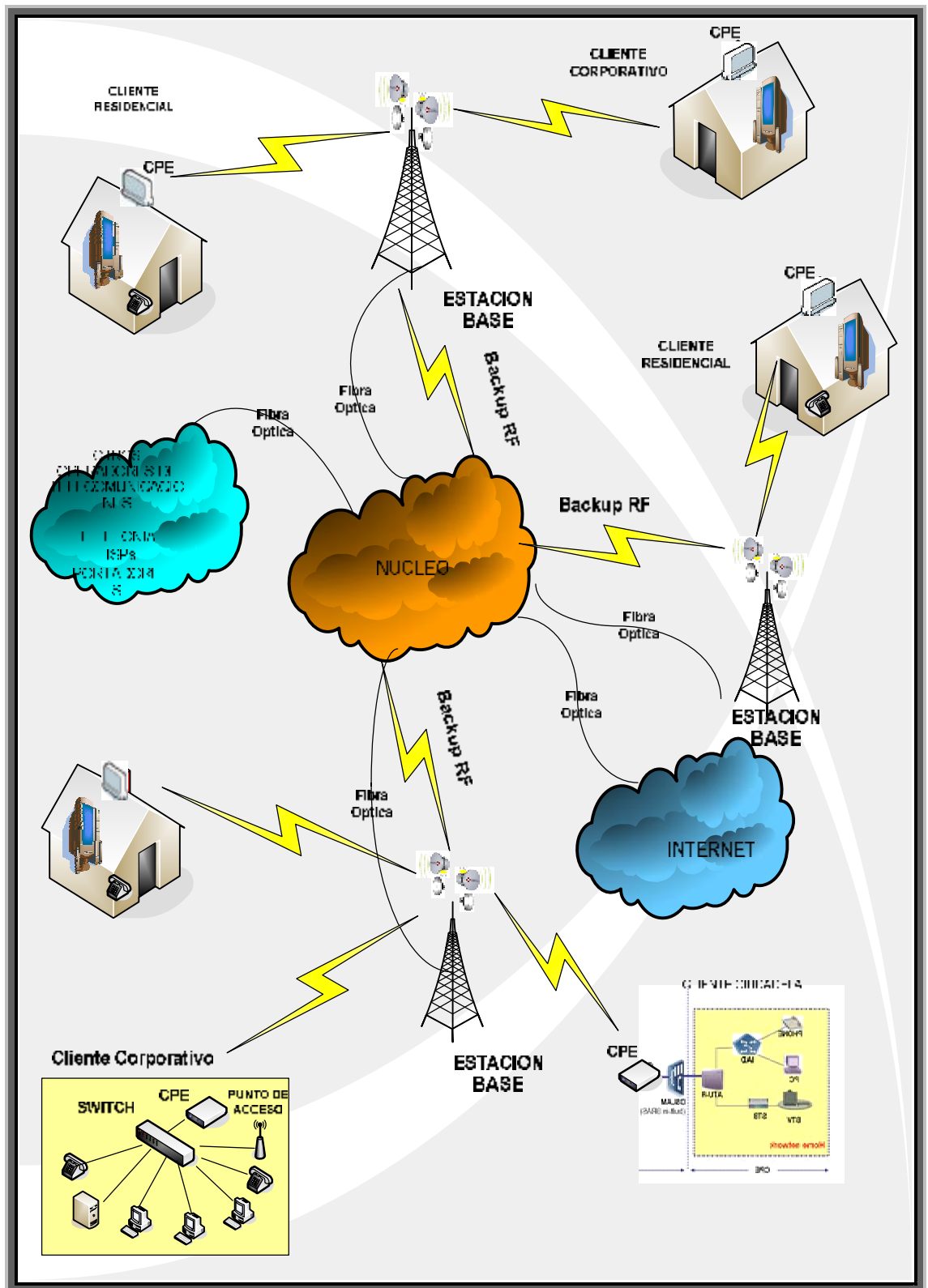


Figura 23: Red Física de Multiservicio

La mayor parte del tráfico de los usuarios, ubicados en un área determinada, se concentra en una estación de base. Es por esto que se divide la cobertura de la ciudad por áreas. Generalmente y dado que las coberturas de las diferentes estaciones de base se superponen, ciertas áreas de la ciudad son cubiertas por más de una estación.

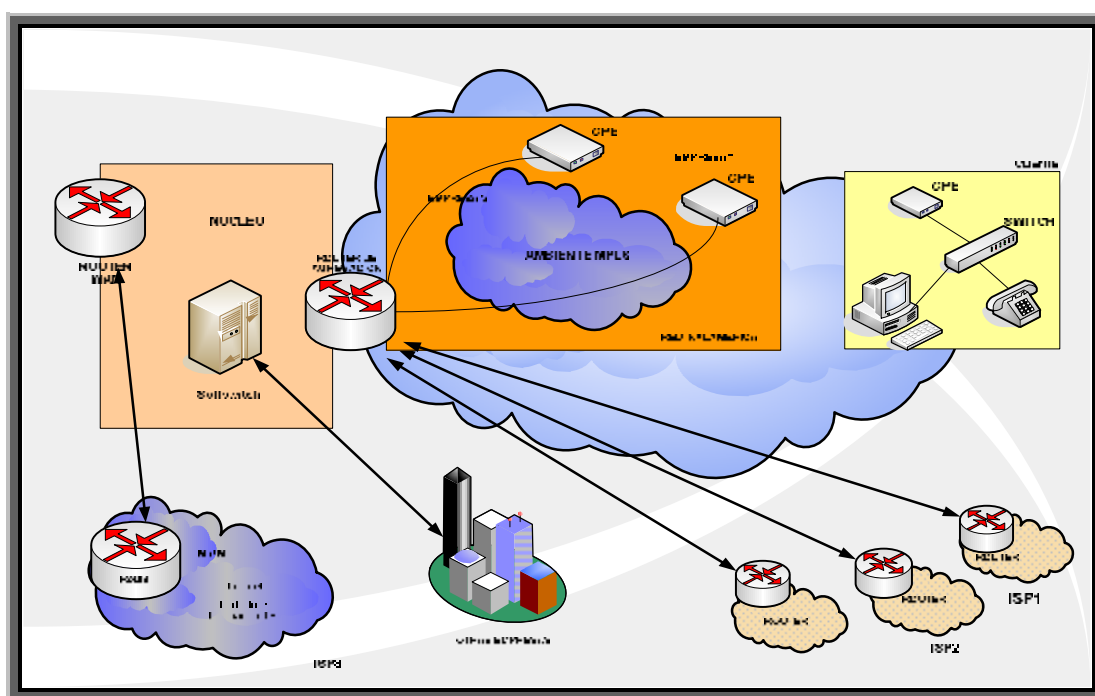


Figura 24: Red Multiservicio (Lógica)

En el sitio de cada usuario se instala un equipo CPE (Customer Premise Equipment) que se conecta en forma inalámbrica con la estación de base usando sub bandas de frecuencia en la banda de 3.5 GHz. El tráfico concentrado en las bases es transportado vía fibra óptica hacia los enrutadores de agregación instalados en el núcleo en una configuración tipo estrella (esto es, desde cada estación de base hasta el núcleo), donde los paquetes son clasificados según el perfil del cliente. Se ha proyectado la utilización de un enlace inalámbrico punto a punto IP en la banda de 15 GHz, por cada una de las estaciones de base, como respaldo en caso de interrupción de la conectividad de la fibra óptica.

El tráfico del servicio de acceso a Internet de los clientes propios se enrutan hacia/desde la nube de internet usando los enrutadores del núcleo enlazado con un enrutador localizado en las facilidades del proveedor del servicio en Miami (por ejemplo UUnet), mientras que el tráfico de los clientes de terceros ISPs se deriva desde el núcleo hacia los routers de dichos ISPs locales.

La provisión de telefonía a los usuarios se lo realizará utilizando un softswitch como elemento central. La interconexión telefónica con abonados de otros operadores de telecomunicaciones se lo implementará mediante de enlaces E1's.

Las conexiones para un usuario corporativo serán ofrecidas usando conexiones VPN MPLS usando el router de agregación y los enrutadores ubicados en cada una de las oficinas del cliente.

Los enrutadores de agregación tienen conectividad con un servidor AAA (Accounting, Availability, Authorization) en el núcleo de la red, que permite autenticar o identificar al subscriber y autorizar los servicios contratados. Este servidor permite la conectividad con el enrutador de borde (ISP backhaul router) que a su vez enruta el tráfico hacia los otros ISPs.

3.3.- UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BASE Y NUCLEO.

El proyecto inicia con tres estaciones base ubicadas en puntos estratégicos, con las cuales se cubre un alto porcentaje de la ciudad de Guayaquil y se satisface la proyección de demanda de los clientes potenciales.

3.3.1.- ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO.

Ubicada en las coordenadas $2^{\circ} 10' 16''$ Latitud S y $79^{\circ} 56' 54''$ Longitud W. Con esta base se cubre la zona central y parte del sur de la ciudad



Figura 25: Estación de base San Francisco(17)

3.3.2.- ESTACIÓN DE BASE JORDÁN.

Se encuentra en las coordenadas $2^{\circ} 4' 38''$ Latitud S y $79^{\circ} 55' 44''$ Longitud W. Con esta estación de base se cubre la zona Industrial vía a Daule y la parte norte de la ciudad.

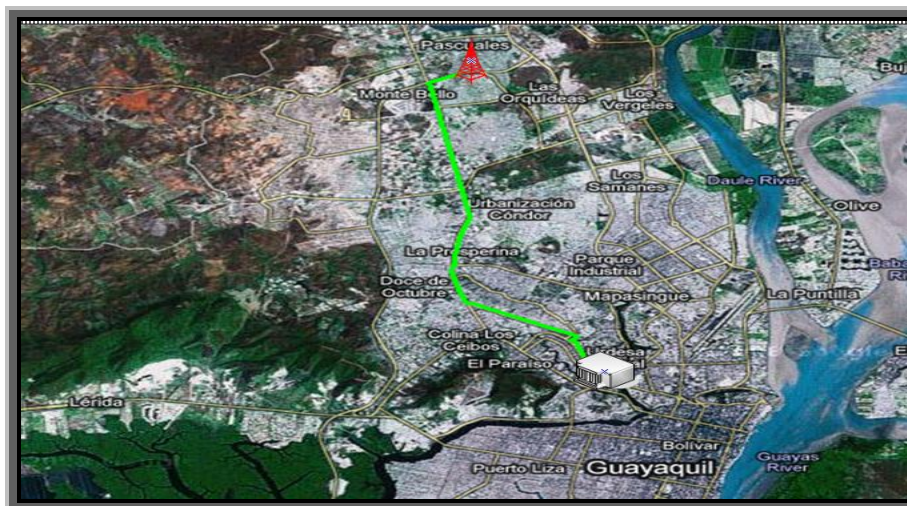


Figura 26: Estación de base Cerro Jordán (17)

3.3.3.- ESTACIÓN DE BASE MAPASINGUE.

Se localiza en las coordenadas geográficas $2^{\circ} 10' 16''$ Latitud S y $79^{\circ} 56' 54''$ Longitud W. Con esta estación base se cubre la zona norte y parte del centro de la ciudad.



Figura 27: Estación de base Mapasingue (17)

3.4.- NÚCLEO (CORE).

El núcleo de la red estará ubicado en Urdesa, donde llega todo el tráfico proveniente de las estaciones de bases y desde donde se administrara y se dará soporte a los usuarios



Figura 28: Ubicación real del núcleo (core) (17)

3.4.1.- DISEÑO DEL NUCLEO (CORE).

Los elementos más importantes dentro del núcleo en el presente proyecto son:

- Cortafuegos (firewalls): Cisco ASA5520-Bun-k9
- Granja de servicios: AAA, DHCP, WEB, DNS,etc
- Switches Ethernet de capa 2 y 3: cisco 4900/Tellabs 8606, Cisco 4507R
- Routers WAN (internet, VoIp internacional, otros ISPs): Cisco 7206/7606
- Routers de Agregación: cisco 7206/7606

- Pasarela de medios (Media Gateway): Huawei UMG 8900
- Softwich: Huawei softX3000

Esta arquitectura del núcleo para la oferta de los servicios del proyecto se indica de por las siguientes figuras.

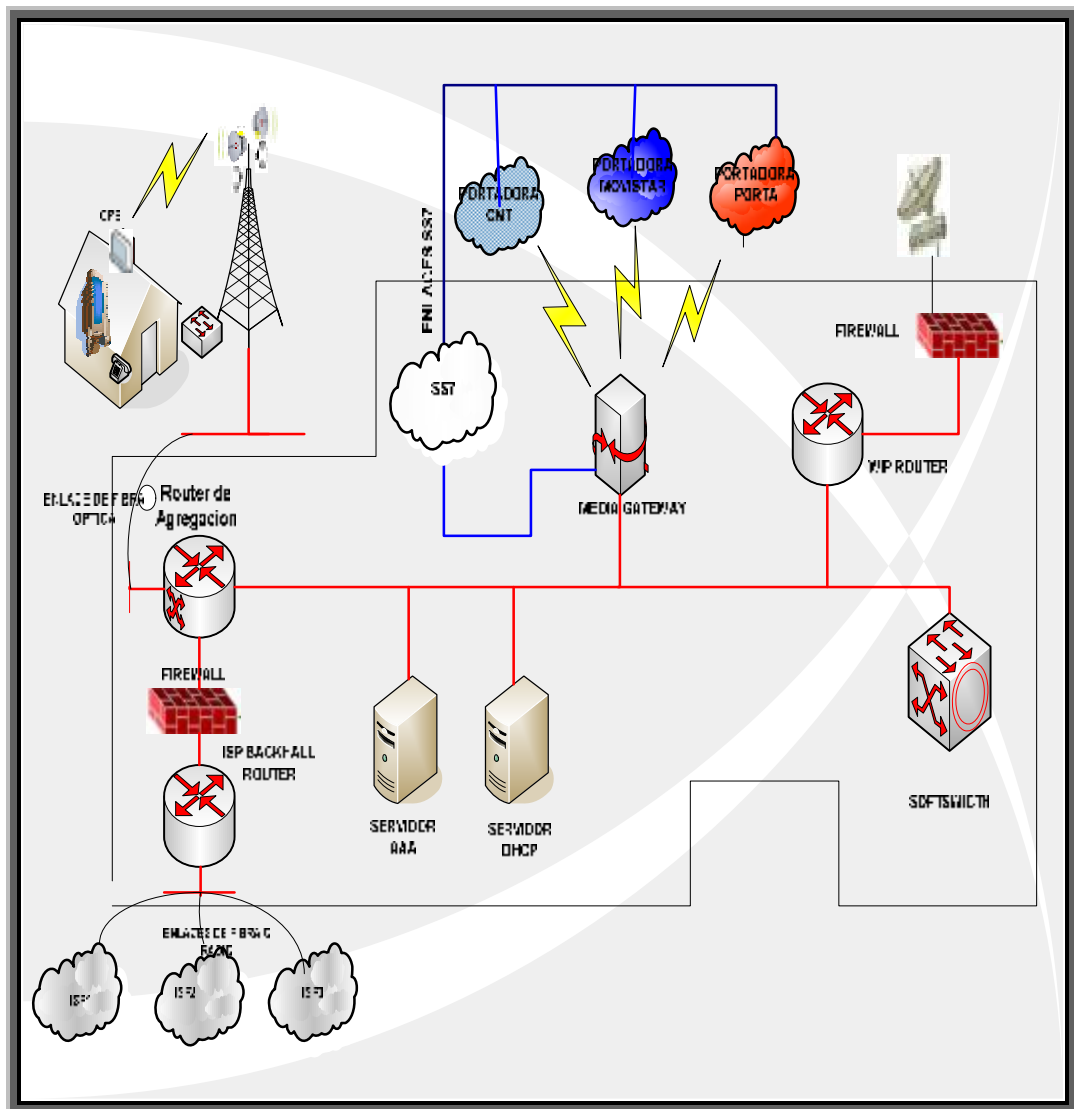


Figura 29: Diseño de los Principales Equipos del núcleo

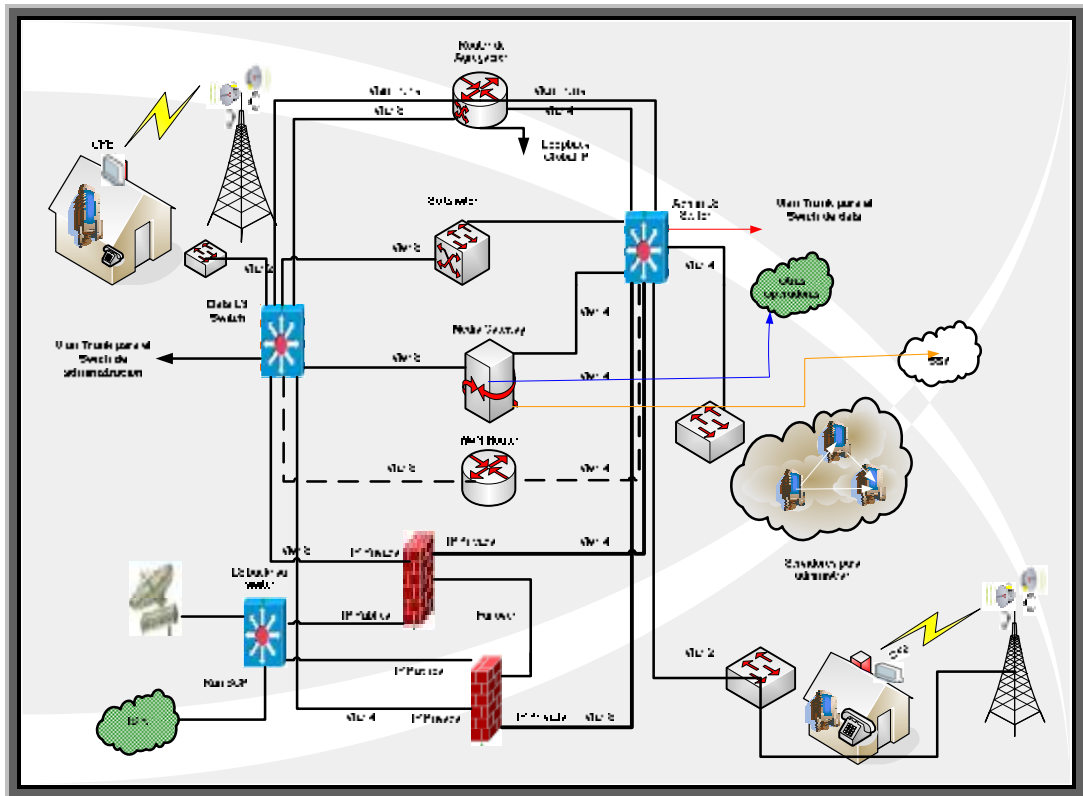


Figura 30: Diseño de la Conexión en el núcleo

Para el servicio de telefonía se decidió que será manejado por el Softswitch SofXt3000 que incluye la pasarela de señalización (Signaling Gateway) y un controlador de pasarela (Gateway Controller también llamado Call Agent). Que es la interfase para conexiones con los operadores de telecomunicaciones externos se lo realiza mediante una pasarela de medios (Media Gateway). Este dispositivo se encarga de implementar en tiempo real las funciones de control de llamadas, control de conexión, interconexión con otros dispositivos que pueden ser del al nueva generación, asignación de recursos, procesamiento de protocolos, enrutamiento de llamadas, tarificación, etc.

Permite la provisión de servicios básicos de voz, servicios multimedia y provee interfaces de programación de aplicaciones (API) para interconexión con dispositivos Servidores de Aplicación.

El switch core es el encargado de brindar conectividad a todos los dispositivos del núcleo considerados en el diseño, distribuyéndose el tráfico en función del servicio requerido.

El router de agregación se encarga de concentrar el tráfico proveniente desde las diferentes estaciones de base y enrutarlos adecuadamente.

El VoIP Backhoul router enrutador de borde se encarga de encaminar el trafico ya sea a los otros ISP o hacia la salida internacional para el Internet.

Los Firewalls son los dispositivos encargados de brindar seguridad a la red para impedir el ingreso de cualquier intruso. Estos dispositivos contarán funcionalidad NAT.

Los diferentes servidores cumplirán funciones específicas de acuerdo a sus requerimientos entre los servidores mas importantes están:

- AAA (para la validación y autenticación de clientes)
- DHCP (para asignación dinámica de direcciones IP)
- QoS Broker (Servidor de QoS)
- DNS (Resolución de direcciones IP)

A continuación se describe el funcionamiento de dichos elementos en los respectivos servicios de voz datos ofertados. Servicio de Telefonía Local Nacional e Internacional (VoIP)

El servicio de telefonía local nacional e internacional será manejado por el Softswitch que permitirá el intercambio de flujos de voz entre los abonados propios y abonados externos (clientes de un operador de telecomunicaciones externo).

En este diseño el Softswitch tiene conectividad con los CPEs, un equipo IDA o directamente a un teléfono IP que se debe instalar en el lado del abonado que le permita realizar las llamadas.

La interconexión entre operadoras será implementada mediante señalización SS7 usando los enlaces de conexión E1s.

En el presente diseño el softswitch, para el servicio de telefonía maneja los siguientes protocolos:

- H.248 permite controlar las pasarelas de medios (medio Gateway MGW)
- H.323 o SIP para el control de las llamadas a otras operadoras e internacional a sus propios abonados.
- SIP para controlar los teléfonos IP
- BICC o SIP-T para señalizar entre controladores de medios (MGS) o entre el softswitch y los servidores SIP Proxy.

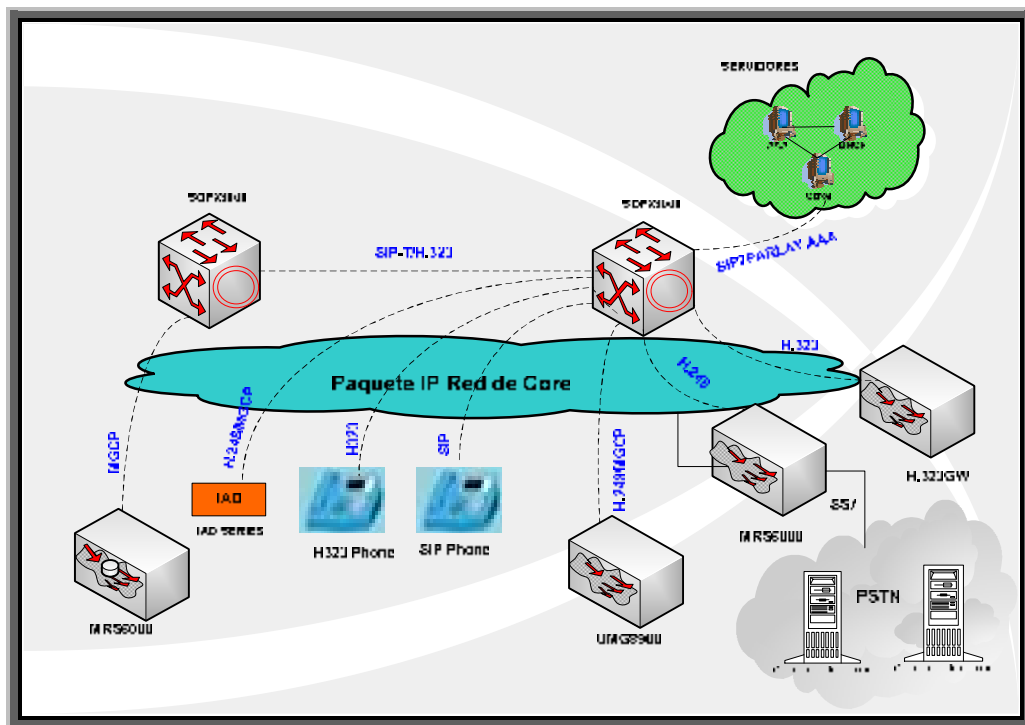


Figura 31: Protocolos de señalización para el servicio telefónico de la red

Para el control de comunicación con otras operadoras externas de telecomunicaciones (privadas o PSNT) se señala con ISUP/SS7 por el lado de la comunicación de los circuitos y con su ISUP/IP (SIGTRAN) por el lado de la red IP.

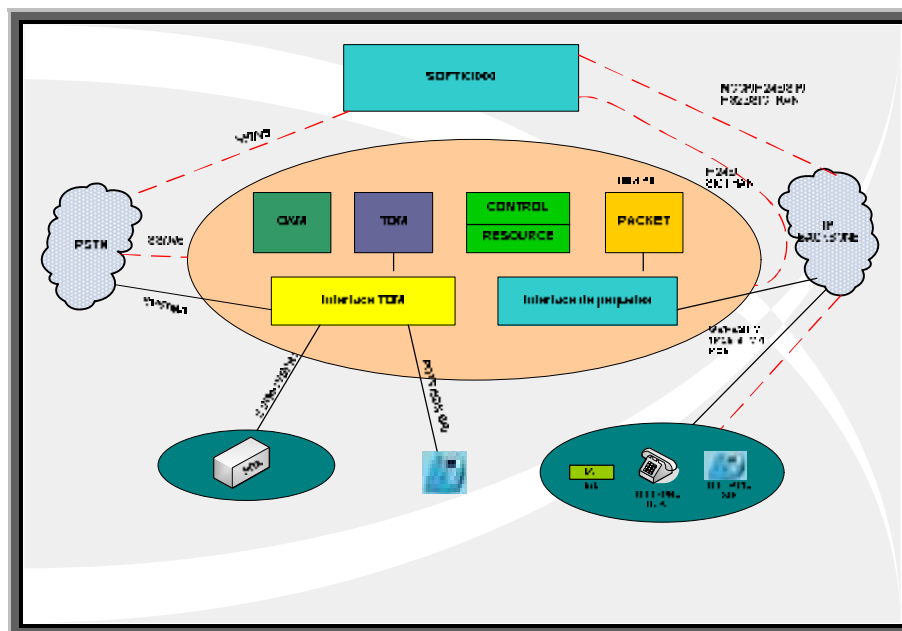


Figura 32: Control de comunicaciones entre la red PSTN y NGN

El flujo de llamadas entre dos abonados SIP de la propia red se hace demuestra en la siguiente figura.

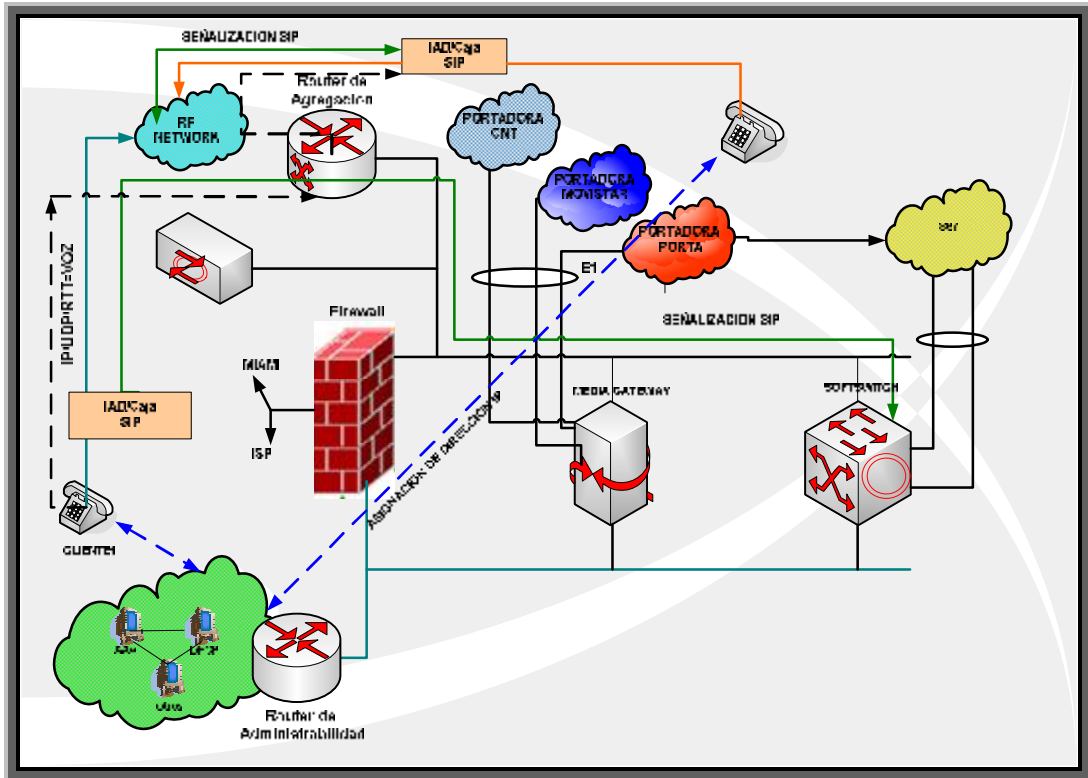


Figura 33: Llamada entre dos Abonados Propios en la misma red

La conectividad entre el núcleo y un proveedor en Europa, ya sea en voz como para dato, se realiza mediante un enlace de fibra óptica se envía el trafico internacional a través del enrutador de borde VoIP.

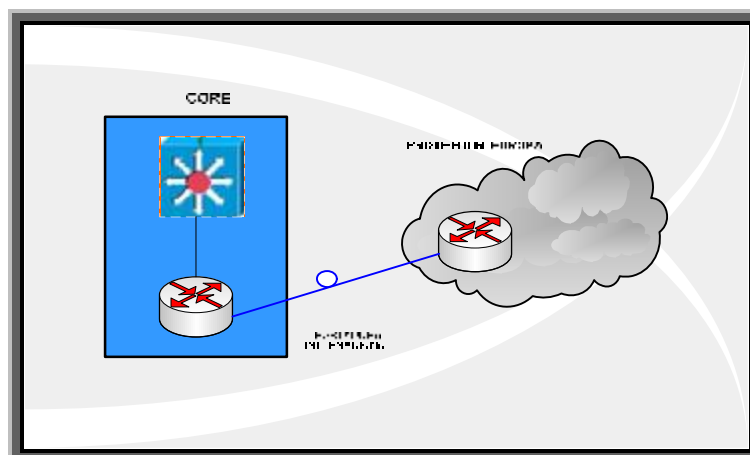


Figura 34: Llamada Internacional mediante VoIP

La conectividad entre los abonados de nuestra red y las operadoras externas de telecomunicaciones se realiza mediante enlaces de E1s. Uno de los canales se utiliza para las señalizaciones SS7, uno para sincronismos y los 30 restantes para el tráfico de voz. Un solo canal SS7 puede servir para varios E1s.

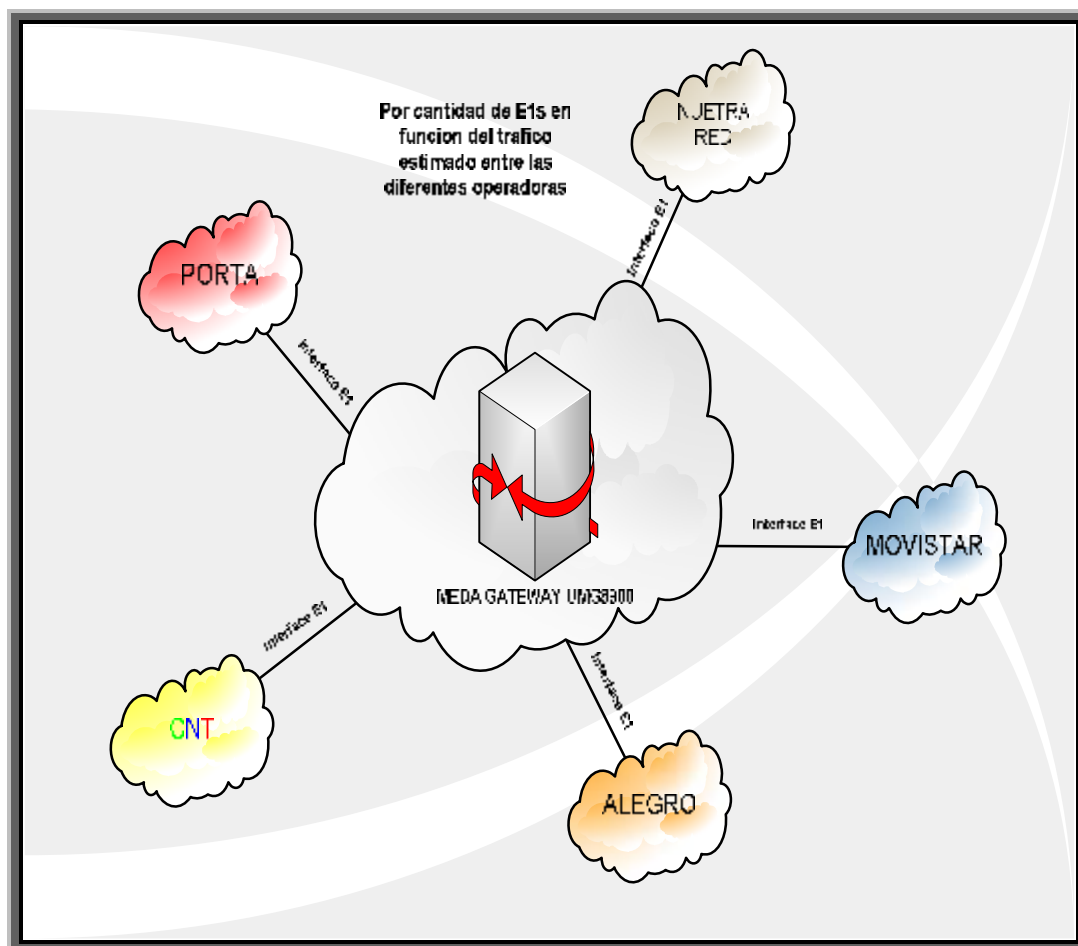


Figura 35: Interconexión con otros operadores del país.

3.5.- QoS VOIP Y CONSIDERACIONES DE FIREWALL

Al realizar una integración de redes de voz y datos a través de una infraestructura de paquetes, se tiene que considerar varias limitantes que son propias del mundo IP y que son primordiales para tráficos de tiempo real tales como el ancho de banda, los niveles de retardo, el jitter y la pérdida de paquetes. Para ofrecer servicios diferenciados, los diferentes tráficos que abordan la red deben ser primero clasificados en grupos de paquetes específicos, luego marcados en base a prioridades y finalmente enviados a la red, esto es:

La estación de base que recibe el tráfico de voz y datos provenientes de diferentes CPE's deben ser capaz de identificar los paquetes de voz en capa 2 (802.1p) marcados y priorizados dichos paquetes, de esta manera el enrutador de agregación puede proveer un QoS apropiado hacia la red interna (núcleo)

El enrutador de agregación debe ser capaz de diferenciar el tráfico de voz y datos y enviar a cada dispositivo apropiado. Este enrutador debe tener una capacidad de proporcionar una avanzada calidad de servicio QoS para cualquier tráfico, tanto en el switch de núcleo como el router VoIP deben proveer también servicios para los paquetes de voz.

El CPE debe soportar trunking con cualquier IAD mediante el protocolo 802.1Q y además debe ser capaz de priorizar el tráfico de voz.

La red diseñada garantizará retardos menores a 150 ms, jitter menor a 20ms, y pérdida de paquetes menores al 2%. Se usará un Códec G729 con una compresión de 8 Kbps para optimizar el ancho de banda.

El softswitch seleccionado tiene un BHCA de 400k para voz y 100k para multimedia que provee suficiente capacidad para manejar una cantidad muy superior que el número de abonados proyectado en los 10 años de operación.

La velocidad de procesamiento de las distintas pasarelas de señalización y medios seleccionados no afectan en modo alguno la capacidad del softswitch.

3.5.1.- CONSIDERACIÓN DEL FIREWALL.

Como se mencionó, el cortafuego deberá tener funcionalidad de NAT (Network Address Translation - Traducción de Dirección de Red) para este servicio ya que los dispositivos de usuario final tendrán direcciones privadas.

3.5.1.1.- CONSIDERACIÓN DEL DIRECCIONAMIENTO IP PARA LLAMADAS.

Para todas las llamadas locales, tanto dentro de la propia red como hacia otros operadores de telecomunicaciones se puede asignar direcciones IP privadas a los terminales de los usuarios finales sin ningún inconveniente.

Para llamadas de larga distancia internacional, se necesitará cursar tráfico a través del enrutador VoIP por lo que se debe asignar direcciones públicas a los puertos de dicho enrutador y de ser necesario a las pasarelas de medios (H.323). El cortafuegos (firewall) debe abrir los puertos H.323 o SIP-T según el caso para la comunicación

(dependiendo del carrier internacional) y tener funcionalidad NAT, el resto de dispositivos en el core pueden tener direcciones privadas.

3.6.- 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. Los suscriptores pueden contratar la velocidad de su conveniencia disponible de acuerdo a la estrategia comercial tanto de nuestra red como de las terceras empresas.

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 (Accounting), el servidor DHCP que provee la administración de las direcciones IP.

3.6.1.- SUSCRIPTOR PROPIO

El usuario final contará con un CPE el cual una vez que se enciende debe iniciar el proceso de autenticación y autorización para poder acceder a los diferentes servicios:

El CPE está configurado con un BS ID que le indica la estación de base (BS) en la cual debe registrarse y “engancharse”. La BS se sincroniza con el CPE. La interface de aire (conexión inalámbrica) opera bajo Wimax.

Desde la BS hasta el enrutador de agregación los paquetes viajan por fibra óptica a nivel de capa dos (Ethernet) dentro de la respectiva VLAN de servicio creada, por lo que se debe configurar la modalidad VLAN Trunk en el enlace hasta el núcleo.

Para la fase de autenticación, el terminal del usuario a través del enrutador de agregación que posee funcionalidad BRAS señala con el servidor AAA donde se valida su identidad y el perfil de servicios a los que tiene derecho este usuario. Como parte de la fase anterior, el servidor AAA interacciona con los servidores DHCP para obtener una dirección IP.

Como parte final de la fase de autenticación, el servidor AAA notifica al BRAS y este al Terminal la validación de su identidad y adjunta los parámetros de QoS con los que el terminal deberá marcar a sus paquetes así como la dirección IP respectiva.

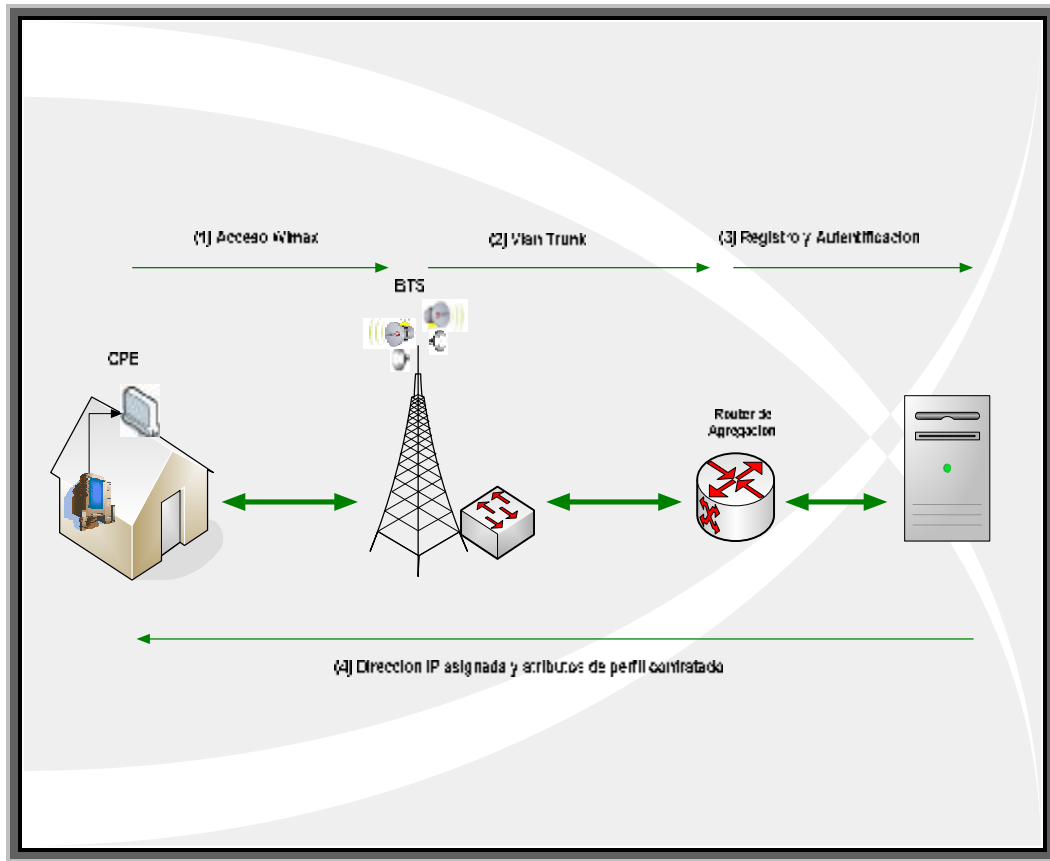


Figura 36: Proceso de registro de un cliente propio de la red a Internet.

Para establecer la sesión del servicio solicitado y a la vez disparar la contabilidad del servicio para facturación, el BRAS y todos los routers de la red de transporte señalizan con el servidor QoS Broker mediante el protocolo COPS, bajo un modelo cliente (routers) servidor (QoS Broker). El servidor QoS Broker se encarga de administrar la reserva de recursos y gestionar los routers de la red de acceso y del núcleo.

La sesión se inicia cuando el BRAS recibe desde el QoS Broker la autorización para cursar el tráfico a través de la red. De igual manera el ciclo de contabilidad del servicio queda activo desde el momento de la autorización y finaliza cuando se cierra la sesión. Durante todo el ciclo de tráfico, el BRAS y el AAA intercambian mensajes RADIUS para apoyar la contabilidad del servicio.

Una vez válido al acceso de un cliente, este podría cursar tráfico hacia el Internet, el flujo de datos de un abonado propio de nuestra red con servicio de acceso a Internet se muestra en la siguiente figura.

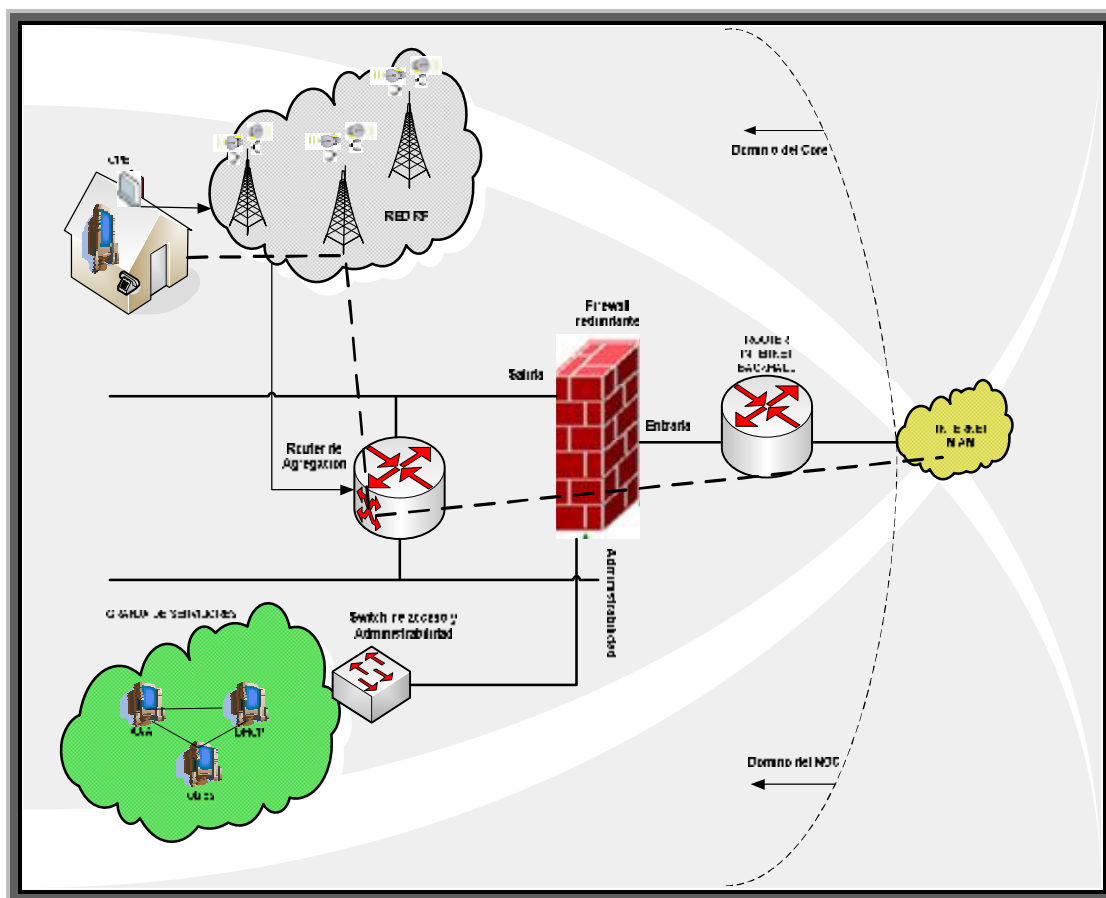


Figura 37: Flujo de datos hacia el Internet.

3.6.2.- SUSCRIPTOR DE ISP TERCERO

En el caso que el cliente pertenezca a un proveedor distinto a nuestra red, el proceso de autenticación es el mismo tomando en cuenta que el servidor DHCP otorgará una dirección IP del rango de direcciones establecidas para cada ISP tercero, así como también el servidor AAA habrá validado que el cliente pertenece a uno de estos ISP's y con su perfil respectivo en lo referente al servicio contratado.

Para el presente proyecto, terceros solo se proveerá acceso a internet bajo modalidad residencial sin provisión de direcciones IP globales se consideró conveniente por motivos de seguridad que para clientes de ISP.

Para demostrar el flujo de datos de un abonado con servicio de acceso a Internet de n ISP tercero se muestra en la figura.

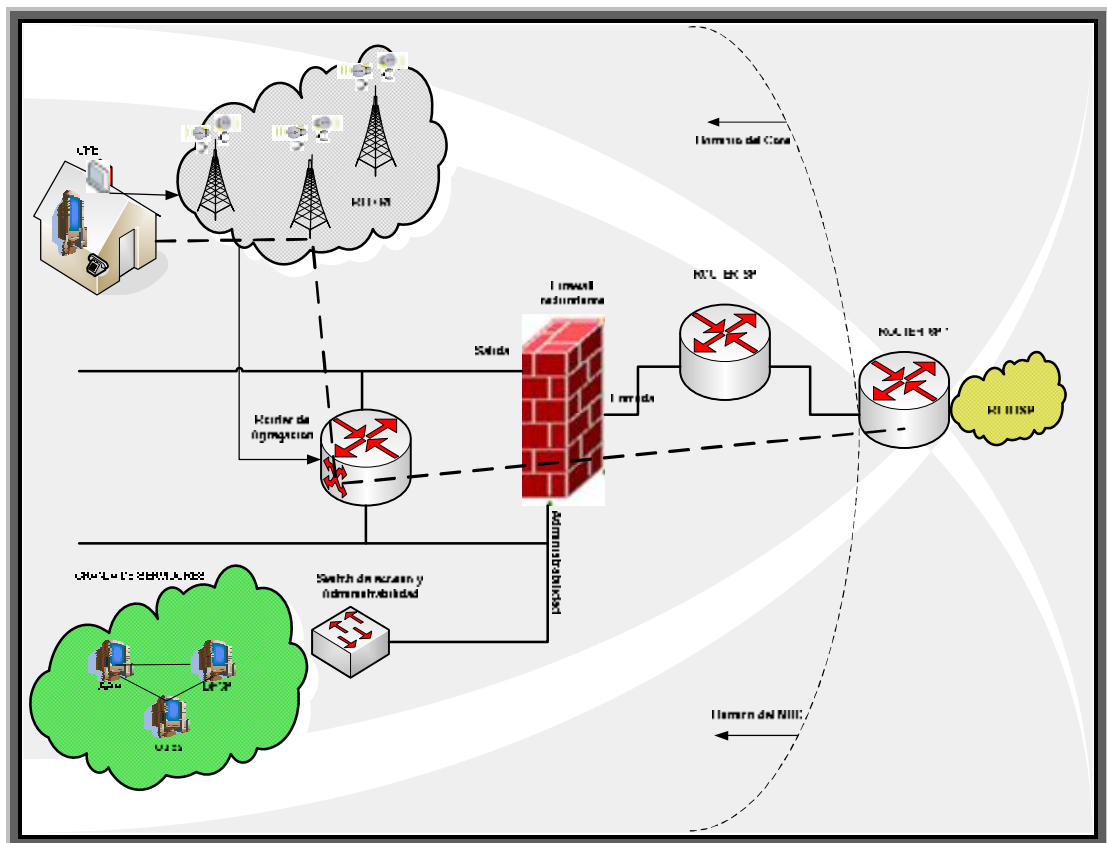


Figura 38: Acceso de Internet de un ISP tercero

3.7.- QoS.

Para soportar servicios diferenciados, desde servicios con estrictos requerimientos de QoS hasta servicios de mejor esfuerzo (best effort), la arquitectura de la red requiere la interacción entre nodos de acceso, servidores AAA y servidores de QoS (QoS Broker). Como se mencionó en el caso del servicio de telefonía tanto los CPE's, estación de base y los enrutadores de agregación deben tener la capacidad de proveer un QoS apropiado hacia la red, y siendo el servicio de Internet una aplicación que no es en tiempo real, puede tolerar más retardos que otro servicio (VoIP) por tal motivo se marca con un QoS inferior a los paquetes en el servicio de acceso a Internet.

3.8.- CONSIDERACIONES DE DIRECCIONAMIENTOS IP PARA USUARIOS.

Usuarios de Otros ISPs.- En este caso se dará direcciones privadas de un rango de direcciones establecidas para este fin, básicamente será para clientes residenciales

cuyo tráfico generado será enrutado hasta el ISP tercero correspondiente, el cual se encargará de darle la salida hacia la nube de Internet.

Usuarios propios.- Para este caso se hace una diferenciación entre clientes residenciales y corporativos. Para los subscriptores residenciales principalmente se les asignará direcciones privadas desde un servidor DHCP, esto tal vez no sea la forma ideal para un servicio de acceso a Internet pero dado que las direcciones públicas son limitadas, se dificulta proveer una dirección global a todos los usuarios finales. La red debe dar la conexión desde un punto de salida, donde un firewall con funcionalidad NAT puede proveer acceso a Internet a todos los subscriptores.

El diseño permite proveer direcciones globales para clientes residenciales particulares. Para clientes corporativos se les debe asignar direcciones publicas debido a que este tipo de clientes manejan funciones adicionales como páginas webs de sus empresas, servidores de correo entre otras aplicaciones para lo cual es esencial el uso de direcciones públicas.

Se tendrá un rango de direcciones para cada servicio existente y se manejarán bajo el esquema planteado de utilización de VLANS que se explica más adelante en detalles

El VoIP backhoul router o la conexión de salida internacional, necesita direcciones publicas en todas sus interfaces para el transporte del tráfico de datos.

3.9.- SERVICIO DE VPN.

Las VPN se contemplan como un servicio más de los que se brindarán a través de la red diseñada. Este servicio estará enfocado a clientes corporativos que requieren enlazar sus distintas oficinas que se encuentran geográficamente separadas.

Como en cualquier caso para acceder al servicio, él o los CPE instalados deben pasar por el proceso de validación y autenticación, este proceso es similar al del acceso al servicio de Internet, los datos del cliente deben ser validados en el servidor AAA y se retornará al equipo terminal la información correspondiente de acuerdo al perfil que tenga asignado un cliente en particular.

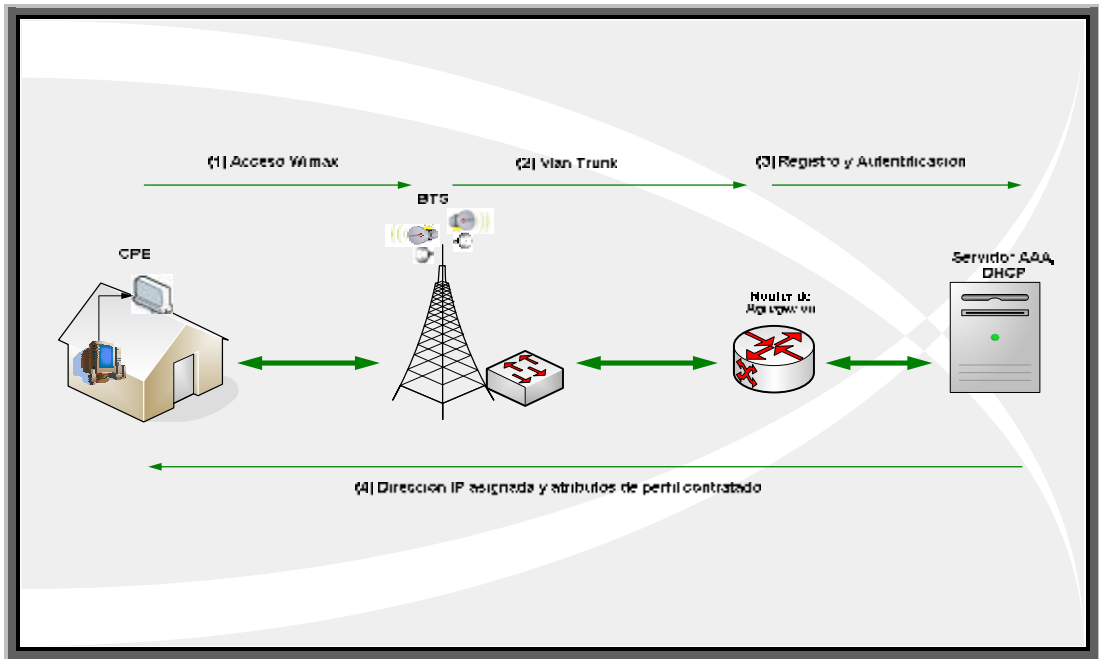


Figura 39: Proceso de validación VPN en un enlace

El flujo de los datos de un cliente que tenga el servicio VPN se demuestra en la figura.

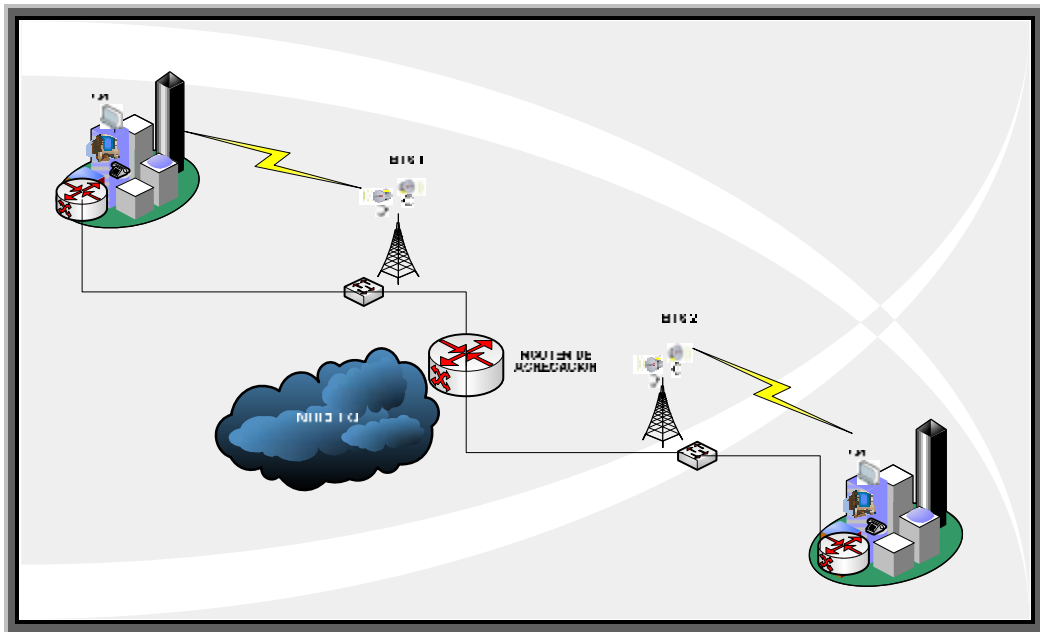


Figura 40: Flujo de datos de servicio de VPN en nuestra red privada.

3.9.1.- QoS VPN.

Para este servicio de transmisión de datos los dispositivos mencionados en los servicios anteriores esto es: CPE, BS y enrutador de agregación deben asignar un QoS apropiado tomando en cuenta que este tipo de servicio debe tener su respectiva prioridad, lo cual no resulta en un inconveniente ya que en la red diseñada se pueden manejar varios niveles de QoS dependiendo del servicio y prioridad requerida en el mismo.

3.9.2.- DIRECCIONAMIENTO IP PARA VPN.

Para el servicio de VPN se utilizarán direcciones públicas de un rango de direcciones que se empleará para este fin, las VPN se manejarán dentro de una VLAN que le será asignada.

3.9.3.- SEGMENTACIÓN EN VLANS DE SERVICIOS.

En los diseños se a considerado la utilización de un esquema de VLANs. Se asignará una VLAN a cada servicio ofrecido esto es: Una VLAN para el servicio de telefonía, otras VLANs para el acceso de Internet y una VLAN por cada VPN establecida Las VLANs serán definidas en la estación de base dependiendo de la estrategia comercial y cantidad de clientes que se tengan.

Los CPE's instalados en las facilidades de los clientes serán asignados a una o varias VLAN's según los servicios que tenga contratado el usuario final, así por ejemplo el cliente que tenga servicio de telefonía y acceso a Internet tendrá su CPE asignado a la VLAN de telefonía y a una VLAN de acceso a Internet.

Las VLAN's definidas en las estaciones de base (BS) también serán definidas en el switch ubicado en las cercanías de la BS y en el switch Core ubicado en el núcleo, se debe habilitar la funcionalidad VLAN TRUNK entre estos switches para poder transportar a través de este enlace todas las VLAN's creadas para los servicios.

Así mismo se debe configurar en el o los enrutadores de agregación las sub-interfaces correspondientes a cada VLAN y un enlace VLAN TRUNK entre el switch core y el enrutador de agregación.

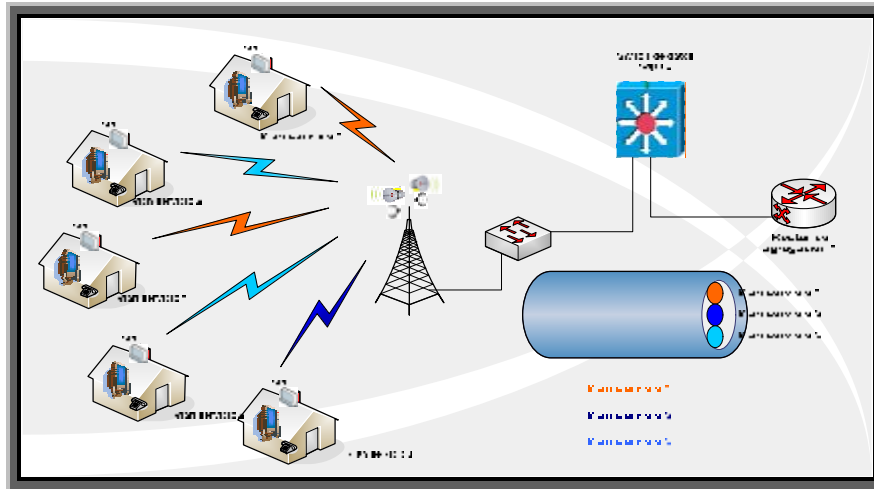


Figura 41: Muestra del esquema explicado para la segmentación de VLANs por servicios.

En razón de que la capacidad de procesamiento de los enrutadores de agregación tiene un límite y que se tiene previsto un crecimiento a futuro será necesario ir instalando a medida que aumenten los clientes y por consiguiente el número de estaciones de base más enrutadores de agregación. En este caso se puede ir asignando un grupo de estaciones de base a cada enrutador de agregación para no sobrecargarlo en procesamiento, estas configuraciones se realizan en el switch núcleo.

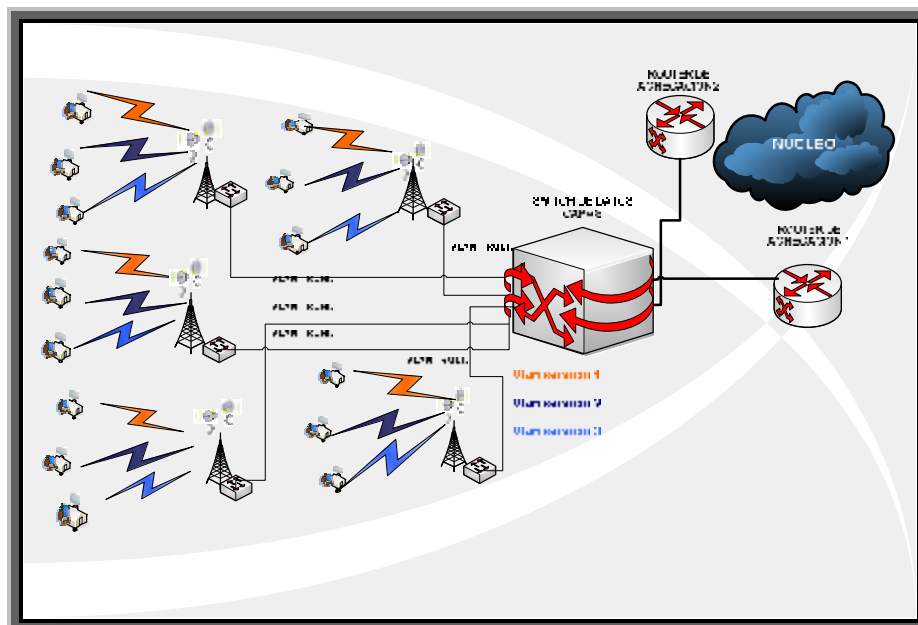


Figura 42: Distribución de estación de bases a diferentes enrutadores de agregación.

EL protocolo 802.1Q (VLAN's) permite el manejo de 4096 Vlan's que tomando en cuenta la cantidad de servicios ofrecidos, incluidas las VPN's, es suficiente para el manejo del trafico que se pueda generar.

El empleo de VLAN stacking es básicamente utilizar Vlan's dentro de Vlan's para de esta manera poder manejar un mayor número de variantes en cuanto a la segmentación de tráfico de los diferentes clientes. Se utilizaría VLAN's por servicio y dentro de cada una de estas VLAN's se podrían definir hasta 4096 VLAN's que se asignaría a los clientes y de esta forma poder atravesar el backbone mediante el anidado de etiquetas aplicando el estándar Q in Q, usando S-VLAN para identificar al cliente sobre el backbone y C-VLAN para identificar el cliente sobre el acceso. Otra opción al respecto es emplear el Estándar 802.1ad en el acceso (4096) VLANs y en el núcleo un encapsulamiento MAC in MAC (802.1ah), que permite al operador el soporte de 2 VLANs

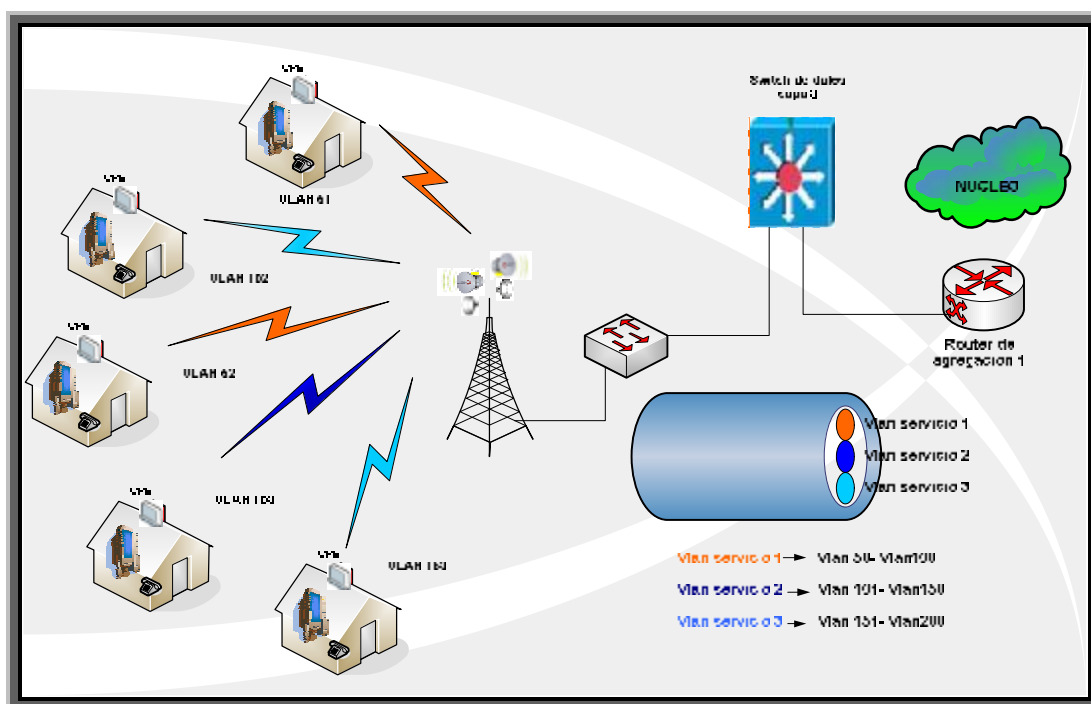


Figura 43: Explica las segmentaciones en el sistema de nuestra red.

Para implementar la solución mencionada se debe considerar que en las estaciones de base se debería redefinir las VLAN's de clientes (C-VLAN) ya que las VLAN's de servicio (S-VLAN) serían las que ya estaban definidas, además los switches de las estaciones de base deben ser capaces de soportar VLAN Stacking lo cual no ha sido considerado en el diseño del proyecto, pero se podría realizar la migración

paulatinamente instalando los nuevos switches y utilizando las fibras de respaldo para mantener un doble enlace hasta completar la migración

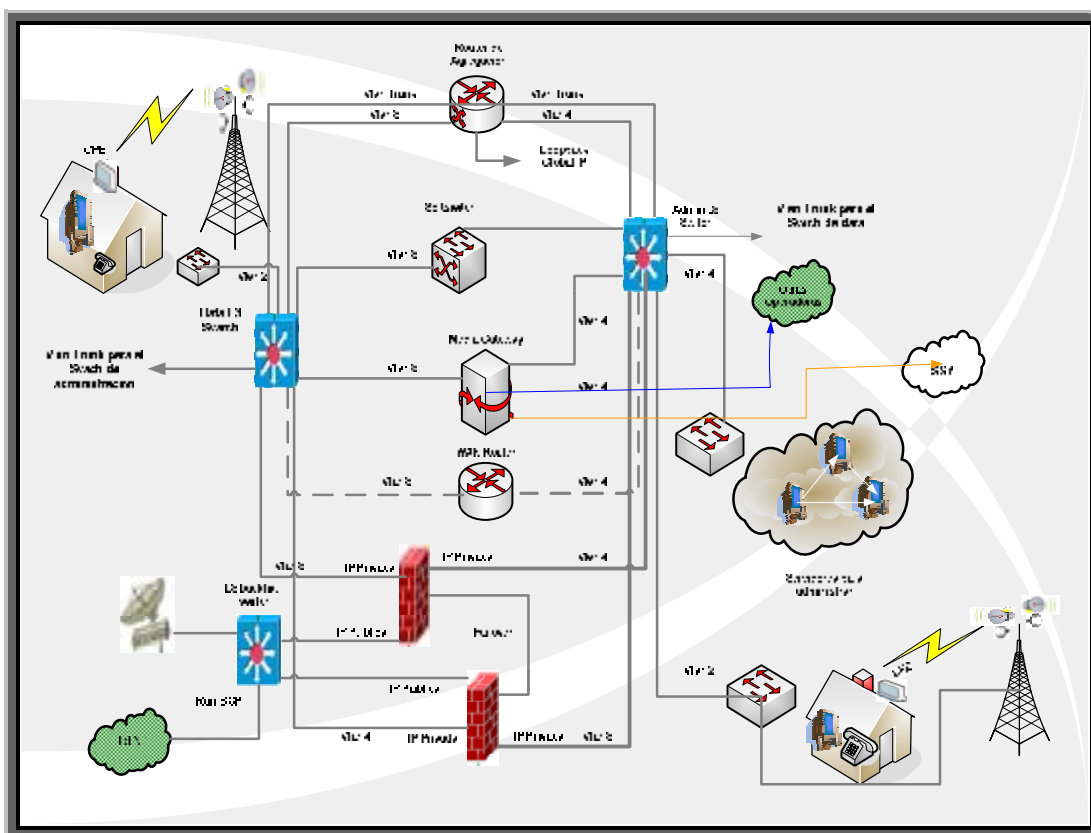


Figura 44: Diseño de segmentaciones en el núcleo

El diseño considera tener dispositivos redundantes para cada uno de sus elementos de tal manera que el sistema siga operando normalmente en caso de falla. Esta redundancia muchas veces se la implementa usando un mismo dispositivo pero separándolo virtualmente con dos interfaces tal como se observa en la figura.

Para el presente diseño, se definen las siguientes Vlan en el núcleo:

VLANs en el Núcleo		
Suscriptores	Datos	Administración
VLANs servicios	VLAN 3	VLAN 4

Tabla 04: VLANS en el núcleo.

Se asignará direcciones públicas a los siguientes dispositivos que requieren conectividad a nivel de Internet:

- Router con interfaces conectadas con otros ISPs o salida internacional.
- El router de agregación.
- Las interfaces externas de los Firewalls.
- Los equipos servidores públicos que requieren acceso(mail Server, DNS servers, etc).

Las direcciones públicas deben ser provistas del rango de direcciones pública que se disponga como proveedor de servicios. Para los subscriptores propios se les puede asignar direcciones públicas y privadas dependiendo de las necesidades del cliente pero siempre dependiendo a su vez de la disponibilidad de direcciones públicas con las que se cuente.

Una interface de loopback con dirección pública se definirá en cada router de agregación. Esta interface lógica permanece activa todo el tiempo para proporcionar más estabilidad a la red, las direcciones publicas de las interfaces de loopback serán aprendidas por cada uno de los otros dispositivos, esto proporcionará redundancia en el caso de alguna falla en una interfaz física simple de cualquiera de los dispositivos del núcleo

3.9.4.- CONSIDERACIONES DE ENRUTAMIENTO

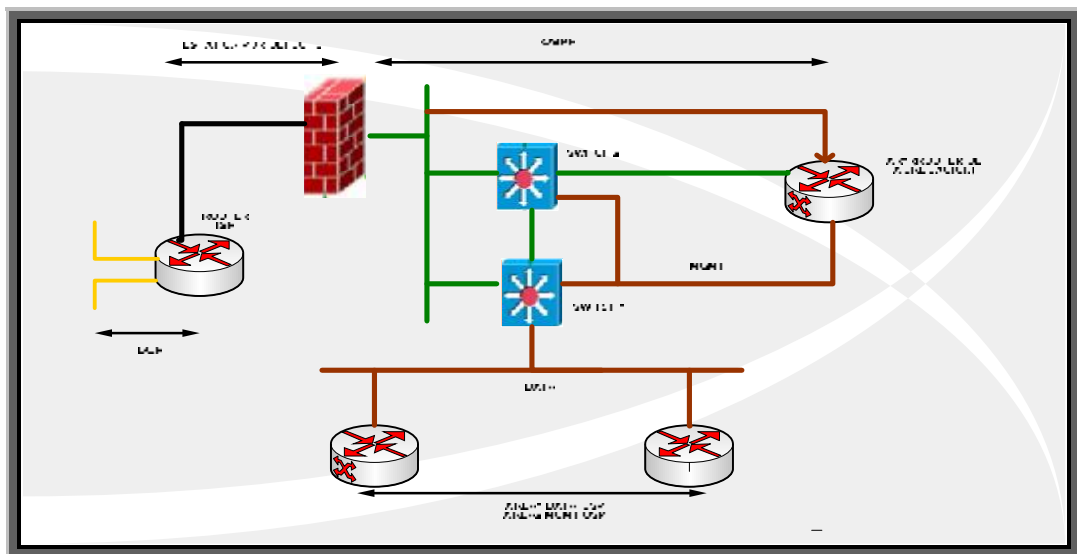


Figura 45: Consideraciones de ruteo en la información de la red.

Para los dispositivos de capa 3 observados en la figura se debe considerar lo siguiente:

En el lado izquierdo de la figura se ilustra la conectividad con los ISPs terceros incluidos los carrier internacionales, se debe incluir el protocolo BGP (Border Gateway Protocol) con el enrutador del proveedor de servicios internacionales con el propósito del servicio de Internet a los clientes de nuestra red, los otros ISPs no necesitan conectarse con los routers internos de nuestra red, solo requieren conectividad con el routers de ISP (L3 Switch o router ISP)

Para los router de conexión internacional (ISP).- Se pueden definir rutas estáticas hacia el firewall. Los firewalls serán configurados con una ruta por defecto hacia este router para todas las conexiones de salida a Internet.

Todos los dispositivos dentro del núcleo pueden correr OSPF que es un protocolo de ruteo Standard en caso se amplíe el diseño para cubrir otras ciudades.

IBGP debe ser usado entre los routers apropiados así los atributos MPLS VPN pueden ser fácilmente transmitidos a través de la nube MPLS para el caso del servicio VPN.

3.10.- RED DE TRANSMISIÓN O TRANSPORTE

En el diseño de este proyecto, se consideró la implementación de un cableado de fibra óptica (1GigaBitEthernet) teniendo como (Backup) enlaces de radio.

En esta parte de la red se proveen servicios de conexión para la capa de sesión que serán utilizados finalmente por los usuarios de la red al enviar y recibir paquetes. En resumen es la capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino.

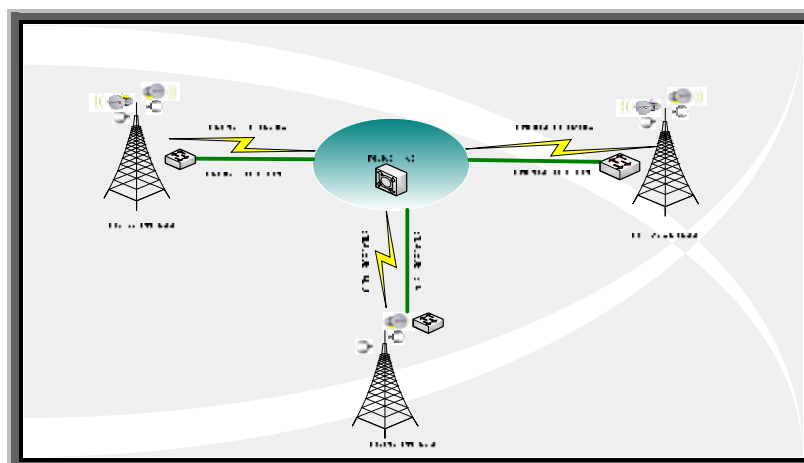


Figura 46: Esquema de la red de transporte.

3.10.1.- ESQUEMA DE LA CAPA DE TRANSPORTE.

Para nuestro proyecto la figura muestra, la red de transporte se implementará mediante enlaces de 1 Gb Ethernet usando fibras ópticas del tipo monomodo de 1,5 nm ya que por sus características técnicas son la más apropiadas para este diseño la conexión será desde las estaciones base hasta el núcleo (CORE) de la red y teniendo enlaces de radio como respaldo en caso de pérdida de conectividad por la fibra.

Se propuso usar un cable de 2 pares de fibras para conectar EB San Francisco y un cable de 4 pares de fibras para conectar las EB Mapasingue y Jordan en razón de que se utiliza una sola ruta para conectar ambas estaciones de base tal como se observa en las secuencia de figuras.

Enlace de Fibra del núcleo a las estaciones bases:



Figura 47: Enlace con la estación San Francisco (29)

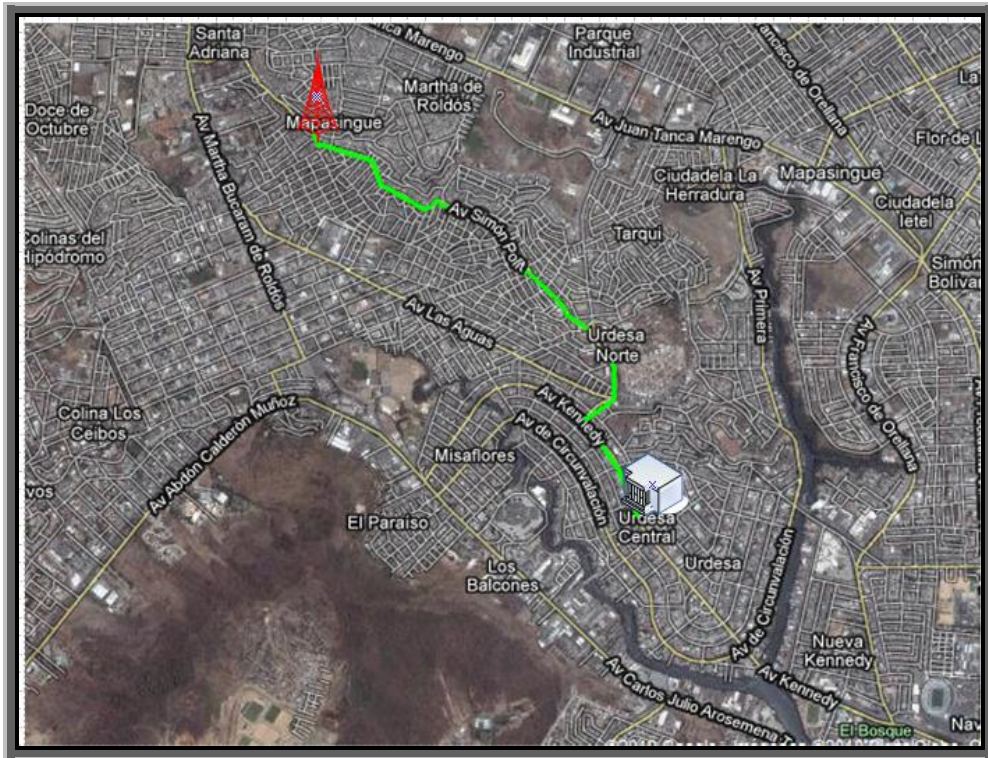


Figura 48: Enlace con la estación Mapasingue (29)

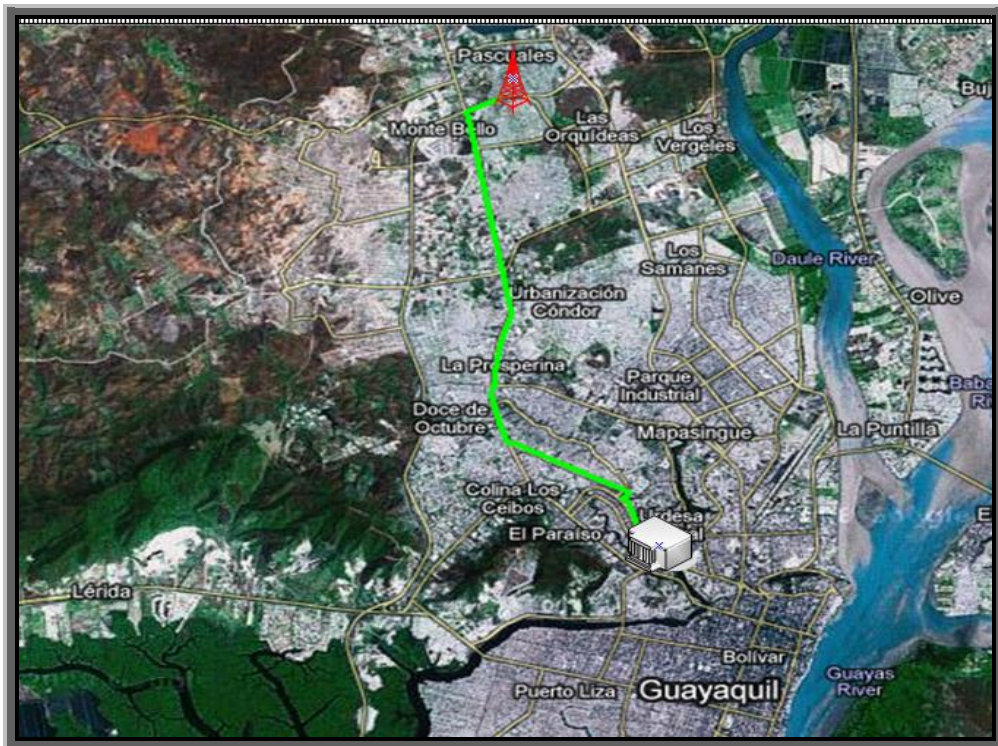


Figura 49: Enlace con la estación Cerro Jordán (29)

A continuación se muestra las tres conexiones de las estaciones base con el núcleo de la red.

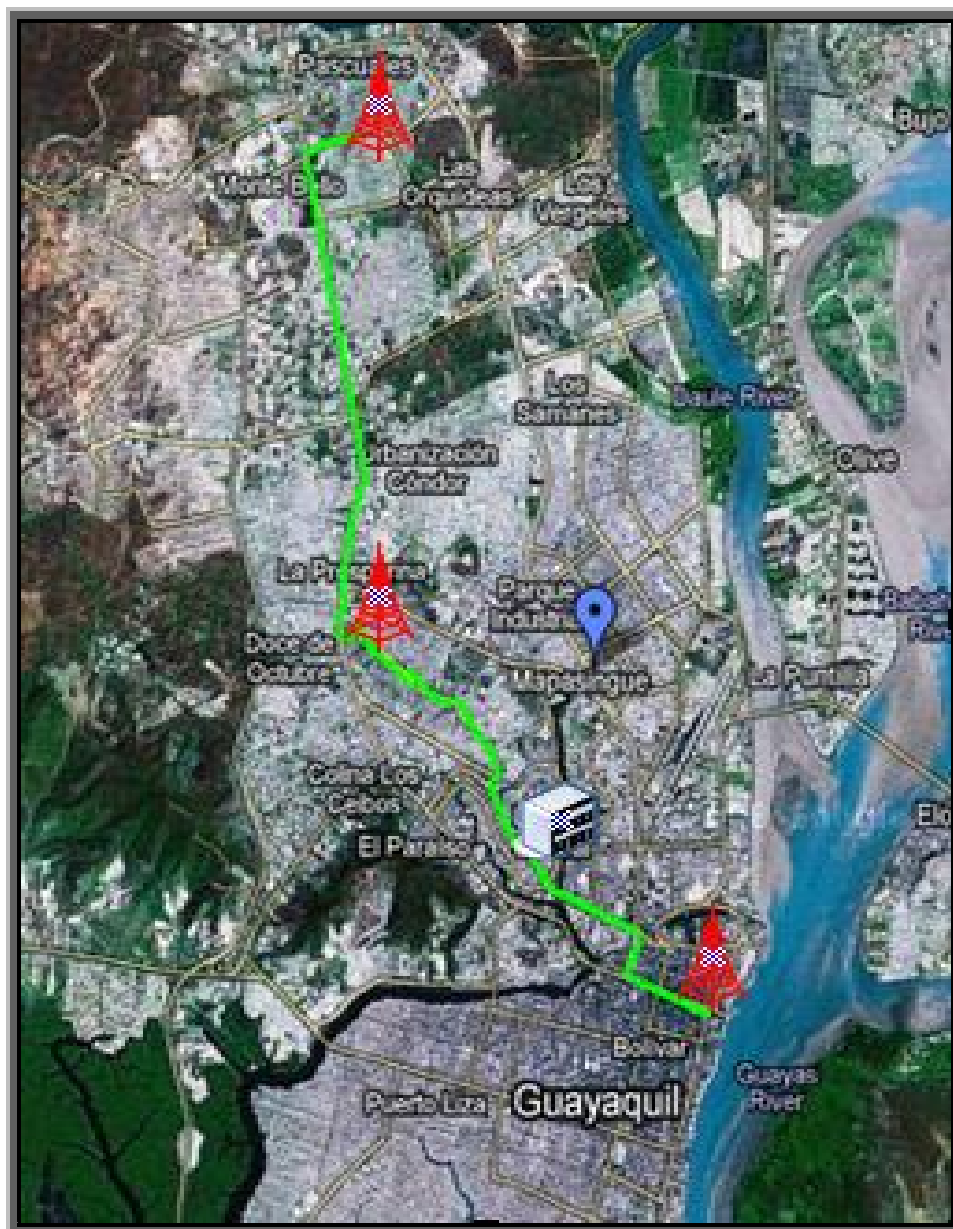


Figura 50: Esquema general de los enlaces de las estaciones base (29)

Cabe recalcar que para propósitos de respaldo se ha previsto conectar cada estación base con el núcleo mediante enlaces de radio que van en la banda de 15 GHZ.

3.11.- RED DE ACCESO

Esquemas De Conexión De Usuarios.

Esta capa es la interfaz entre los usuarios del servicio y la red de transporte. Para concentrar el tráfico de los usuarios se utilizan los nodos de acceso representados en el actual diseño por las estaciones de base, siendo Wimax la tecnología de acceso usada en la red propuesta.

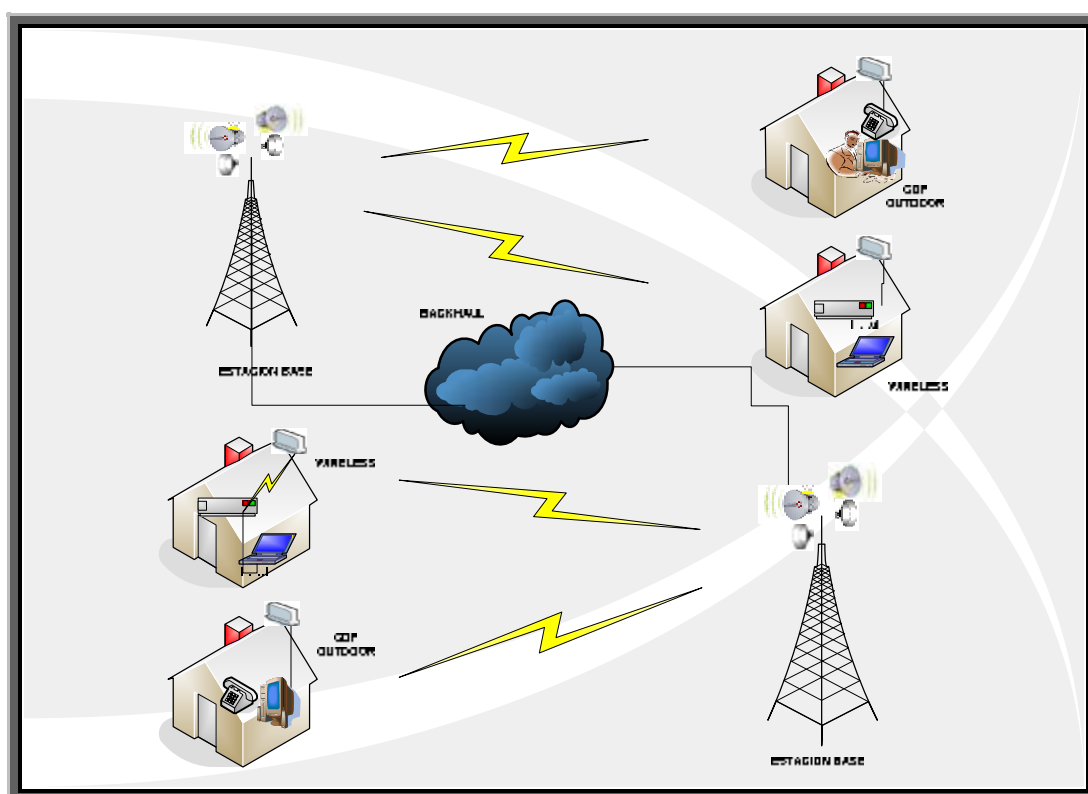


Figura 51: Esquema de conexión de usuarios final

Básicamente se pueden mencionar dos elementos que forman la red de acceso 802.16 en el presente diseño:

- El equipo de usuario o CPE (Customer Premises Equipment). Este es el equipo que incorpora las funciones de las SS (Subscriber Station) Identificadas en el funcionamiento de las redes de acceso inalámbrico de ancho de banda (BWA). Este equipo proporciona la conectividad vía radio con la estación base (BS).

- La estación base con las funciones de BS (Base Station). Además de proporcionar conectividad con las SS también proporciona los mecanismos de control y gestión de los equipos SS. La estación base tiene los elementos necesarios para conectarse con el sistema de transporte.

De forma general, una red WiMAX se basa en una distribución estratégica de una serie de emplazamientos en donde se ubicarán las estaciones base.

En las configuraciones punto-multipunto (PMP), que es la que se utiliza en el diseño, un enlace WiMAX se realiza a partir de una estación base (BS) central con antenas sectoriales. En estas redes pueden haber estaciones con 4 sectores (a 90°), 6 sectores (a 60°) u 8 sectores (a 45°) dependiendo del tipo de antena que se utilice y de la zona que se pretende dar cobertura. En el diseño que se plantea se utiliza 4 sectores a 90 grados.

Las transmisiones en el enlace de bajada (estación base – CPE downlink, DL) suelen ser del tipo broadcast, de forma que todas las estaciones de usuario reciben toda la información y seleccionan lo que les correspondan. En el enlace de subida (CPE – Estación Base uplink, UL) las estaciones de usuarios accesan al canal mediante mecanismos de gestión de demanda.

3.11.1.- ESQUEMA DE CONEXIÓN A USUARIOS.

Originalmente se tendrá dos tipos de esquema de conexión de usuarios, uno para clientes residenciales y otro para clientes corporativos.

3.11.1.1.- CLIENTES RESIDENCIALES.

Para los clientes residenciales, se ha decidido usar CPE tipo exterior (outdoor) que trabaja con antena exterior que permite un gran alcance. Existen también equipos interiores (indoor) pero su alcance es significativamente menor por el efecto de las paredes.

Este tipo de dispositivos se los utilizará cuando aumente el número de estaciones de base en razón de la existencia de una mayor densidad de potencia de señal que facilita la operación con este tipo de CPEs. El CPE se configura remotamente desde el centro de gestión. Este dispositivo tiene una interface fastethernet que puede ser conectado a una PC directamente o a un switch de funcionalidades básicas que provee conectividad LAN en el lado del cliente.

En la figura se muestra el esquema de conexión mencionado.

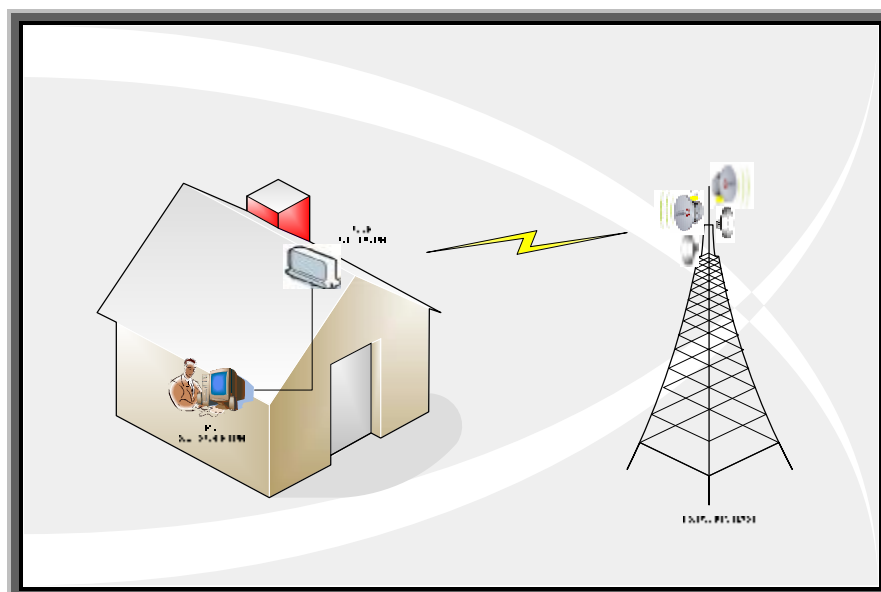


Figura 52: Conexión con CPE Outdoor.

Para el caso en que en un edificio o condominio existan algunos subscriptores o clientes finales, resulta poco práctico instalar una antena o CPE para cada cliente. En estos escenarios los diversos clientes pueden compartir un solo CPE lo cual representa una solución eficiente. Para esto se utiliza el CPE ProST con SDA-4S/VL: MDU (multidwelling units).

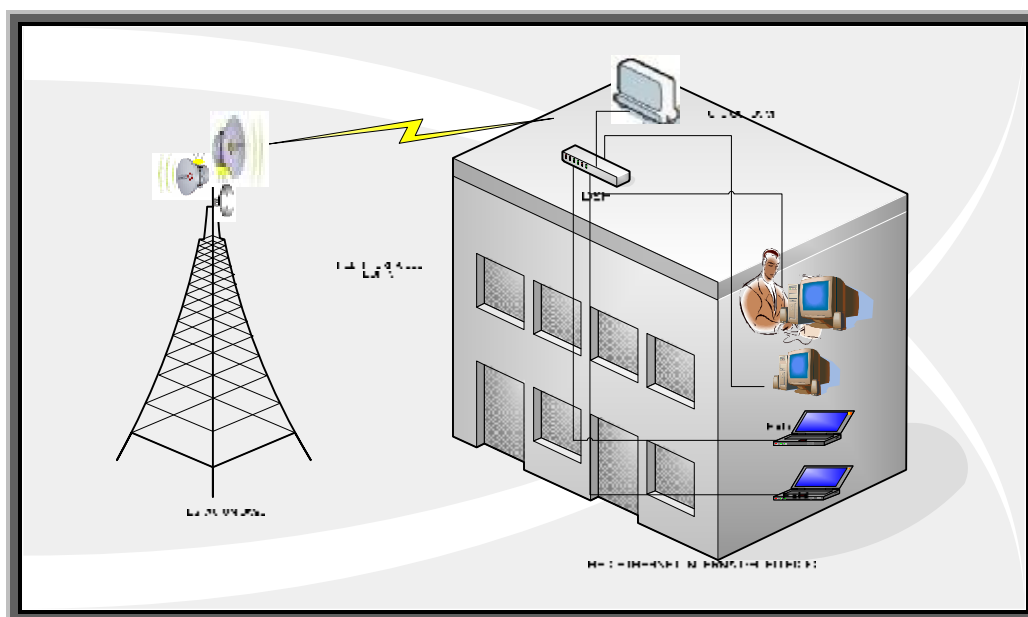


Figura 53: Conexión con CPE Outdoor para edificios.

3.11.1.2.- CLIENTES CORPORATIVOS.

Para el caso de clientes comerciales que requieren funciones avanzadas, igualmente se emplea un terminal CPE que es parte de una antena exterior que se enlaza con un cable CAT5e hasta la red interna del cliente. El CPE se enlaza con la estación de base de manera inalámbrica y posteriormente el tráfico de datos es llevado hasta el núcleo por la red de transporte.

El grafico muestra el esquema de conexión para un cliente corporativo

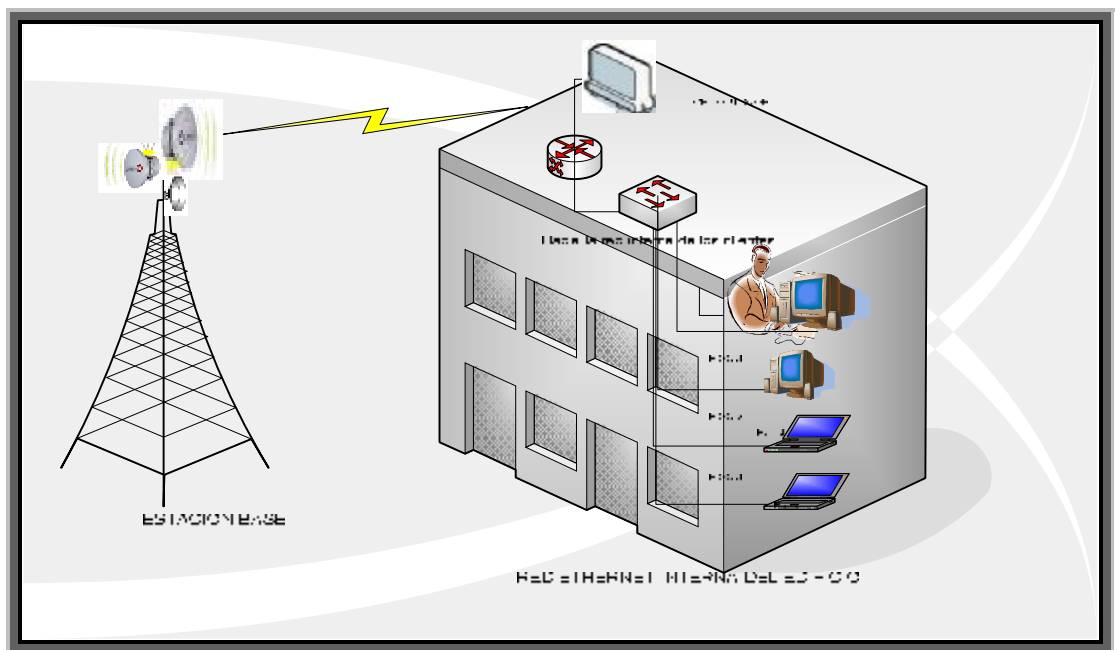


Figura 54: Conexión con CPE Outdoor configuración Multi Dwelling Unit

CAPITULO IV

EQUIPOS Y FRECUENCIA

4.1.- SOFTSWITCH ARQUITECTURA.

La arquitectura de software del SoftX3000 está basada en la plataforma de Arquitectura Distribuida Orientada a Objetos Programable en Tiempo Real (DOPRA) de Huawei. La plataforma DOPRA provee la interfase entre la plataforma cPCI de Hardware y las aplicaciones de nivel superior. Adicionalmente provee mecanismos para la realización de funciones de operación y mantenimiento, gestión de alarmas, medición de tráfico, seguimiento de llamadas/señalización, respaldo de datos, conmutación de protección de tarjetas, carga en línea y otras funciones.

Esta arquitectura puede explicarse mediante un modelo de capas, que se describen a continuación.

El Softwich constituye la copa núcleo de una arquitectura y mediante CDMA WLL que trabaja en las bandas de 450MHz y 1900MHz provee diferentes aplicaciones de acceso, soporta más de dos millones de líneas de suscriptores.

El AMG se remplaza para implementar acceso integrado como datos sobre xDSL y LAN, servicio de circuito sobre E1/ STM-1, POTS, e ISDN. La tecnología CDMA WLL también provee servicio como: líneas dedicadas, redes privadas, transmisión satelital y servicio de SMS.



Figura 55: Softswitch SoftX3000 de Huawei (13)

4.1.1- CARACTERÍSTICAS.

- Capacidad: dos millones de suscriptores.
- Soporta protocolos como: H248/MGCP, SIP/SIP-T, H.323, etc.
- Código multiarea.

Plataforma única con varias aplicaciones: IP Clase 4, Centrex, etc.

El SoftX3000 mediante su funcionalidad de Gateway de señalización incorporado permite la interconexión a nivel de señalización entre la red PSTN y la red de paquetes IP. Hacia la red PSTN provee controladores de señalización No. 7 y V5. Hacia la red de paquetes los protocolos SIP, H.323, H.248, MGCP, etc.

Cada par de tarjetas CCU (Unidad de Control de Llamadas), trabajando en configuración de redundancia activo/respaldo, soporta una capacidad de procesamiento definida en términos del valor de intentos de llamadas en hora pico de 400K BHCA y una memoria de 192 Mbytes para almacenaje de registros de tarificación. En el diseño de la red se considera un par de tarjetas CCU. Cada par de tarjetas CCU del SoftX3000, puede procesar 13,333 llamadas simultáneas independientemente del tipo de codificación utilizado.

Las tarjetas IFM (Modulo de Direccionamiento IP) se encargan del procesamiento de los protocolos SIP, H.323, TCP y UDP. En el diseño se propone un par de tarjetas IFM. Las tarjetas BSG (Gateway de Señalización de Banda Ancha) se encargan del procesamiento de los protocolos H.248, MGCP, SIGTRAN. Se utilizará inicialmente dos tarjetas BSG (activa y respaldo).

Las interfaces para la transmisión de señalización hacia la red de paquetes son provistas por las tarjetas BFI. Cada par de tarjetas BFI trabajando en configuración de redundancia activo/respaldo provee una interface Ethernet 10/100Mbps auto-adaptable y puede tramitar hasta 20,000 paquetes por segundo. Se considera un par de tarjetas BFI.

A continuación los parámetros de la configuración del softswitch.

Parámetro	Configurado	Máximo
BHCA	400,000 (1+1)	16,000,000 (1+1)

Llamadas simultáneas	26,666 (1+1) independiente del CODEC	53,000,000 (1+1) independiente del CODEC
Controladores SS7	0 de 64 Kbps (configurados en el UMG 8900)	1,280 mediante SG incorporado 5,120 mediante módulo SG7000. También soporta controladores de 2 Mbit/s
Controladores V5	0 (configurado en el UMG 8900)	1280
Protocolos Red IP	SIP, H.323, H.248. MGCP, M2UA, M3UA, IUA, V5UA	Soporta H.248, MGCP, SIP, SIP-T, H.323, BICC, M2UA, M3UA, IUA, V5UA, INAP, RADIUS, PARLAY.
Almacenamiento De CDR's wn host	192 M bytes (1+1)	7,680 M bytes (1+1)

Tabla 05: parámetros de la configuración del softswitch.

4.2.- MEDIA GETEWAY



Figura 56: UMG8900 Media Gateway (11)

Los principales parámetros técnicos del UMG8900 se detallan en la siguiente tabla.

Especificación		Parámetros
Capacidad	TDM	32K DTs por shelf, max. 360K DTs en 15 shelves en cascada.
	Paquetes	10K canales VoIP por shelf, max. 70K en 5 shelves en cascada
Capacidad de conmutación	TDM	Matriz de conmutación TDM de 256K x 256K
	Paquetes	Matriz de conmutación de paquetes de 128Gbit/s
Interfases	TDM	E1/ T1, SDH STM-1
	paquetes	FE, GE, ATM STM-1, POS STM-1, POS STM-4
	abonados	POTS, ISDN BRI/PRI
CAPS		En modo TG: 175 veces/seg por shelf, max. 1250 veces/seg.
Protocolos		H.248/MGCP, M2UA/IUA/V5UA/SCTP R2, No.5, PARA
Funcionalidades		Conexión en red flexible TDM, IP y ATM SG y MRS incorporado Esquemas de codificación G.711, G.723.1, G.726 y G.729, detección de silencio (mute), inserción de ruido confortante, ajuste automático de cancelación de eco fax, modem Desempeño carrier-class, redundancia 1+1 para tarjetas principales, hot-swap en todas las tarjetas

Tabla 06: principales parámetros técnicos del UMG8900 (11)

El UMG8900 provee las interfases E1 para el transporte de tráfico TDM sobre la red PSTN y las interfases FE para el transporte de tráfico IP sobre la red IP. En el UMG8900 la interconexión de tráfico entre la red PSTN y la red de paquetes IP se realiza a través de las tarjetas de procesamiento de voz VPU, que se encargan de la Codificación/decodificación necesaria. En el diseño se han considerado 2 tarjetas VPU, que proveerán 1,024 canales de codificación/decodificación cada una, trabajando en configuración de activo/respaldo.

Para la interconexión con la red PSTN se tiene dos tarjetas E32, cada una de las cuales provee 32 interfases E1, Todas y cada una de las troncales

digitales provistas pueden ser indistintamente utilizadas para manejar tráfico local, nacional o internacional, y pueden indistintamente trabajar con señalización SS7, V5 o R2. Estas interfases E1 deberán ser conectadas a puertos E1 provistos por CNT, PORTA, Movistar, Alegro y la Red de Acceso (AN).

Se cuenta también con un par de tarjetas FGIO, donde cada una provee un puerto Gigabit Ethernet 1000Base-LX. Esto significa que se ha dispuesto una interfaz GE en configuración de redundancia activo/respaldo para conexión con la red de backbone IP.

El UMG8900 ha sido dimensionado con la funcionalidad de SG integrado. Cada par de tarjetas SPF del UMG8900, trabajando en modo de redundancia activo/respaldo, provee 32 controladores para señalización No. 7 ó señalización

Se decidió optar por un par de tarjetas SPF, a fin de disponer de 16 controladores de señalización No. 7 y 16 controladores de señalización V5

4.3.- ROUTER DE AGREGACIÓN CARACTERÍSTICAS

Para este diseño se optó por un router de la familia 7200.

- Seguridad , compresión y encriptada a altas velocidades, así como hasta 16000 sesiones por Chasis
- IP puerta de enlace IP de apoyo: Proporciona una interfaz de red punto a red para la señalización de interfuncionamiento (H.323, SIP) los medios de interconexión, la dirección y traducción de puertos (privacidad y ocultar la topología).
- Diseño modular (desde DSO a OC-3).
- La agregación de banda ancha: hasta 16.000 sesiones PPP por chasis.
- Flexibilidad: Soporte para Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, sobre paquetes SONET y más.
- Funcionalidad MPLS, QoS entre lo más importante.

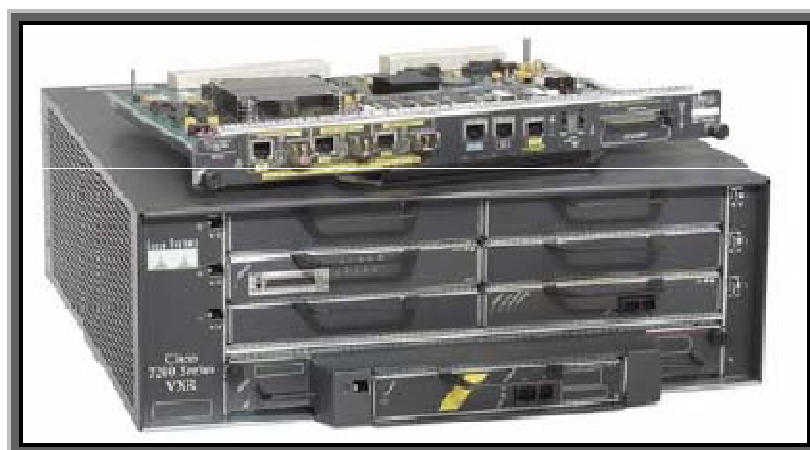


Figura 57: Cisco Router 7200 (9)

Posee 2 fuentes en configuración activo/respaldo y 4 slots.

El último slot contiene la tarjeta “Fast Ethernet input/output controller” que es la tarjeta de control del equipo.

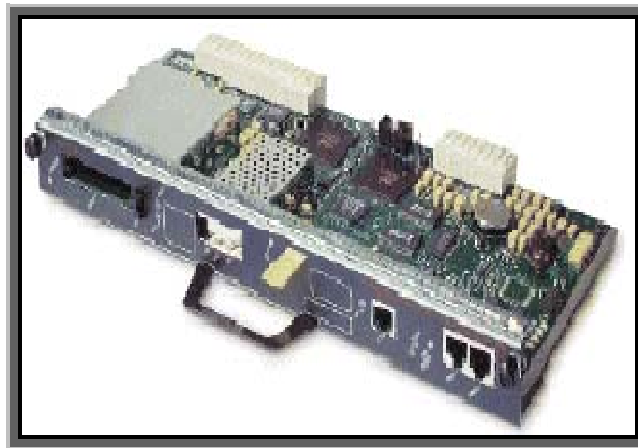


Figura 58: Tarjeta Fast Ethernet input/output controller (9)

En la parte posterior aparte de las fuentes posee la tarjeta “Network Processing Engine” con tres puertos gigabit ethernet, cada uno de estos puede ser conectado a través de RJ-45 o fibra óptica indistintamente.

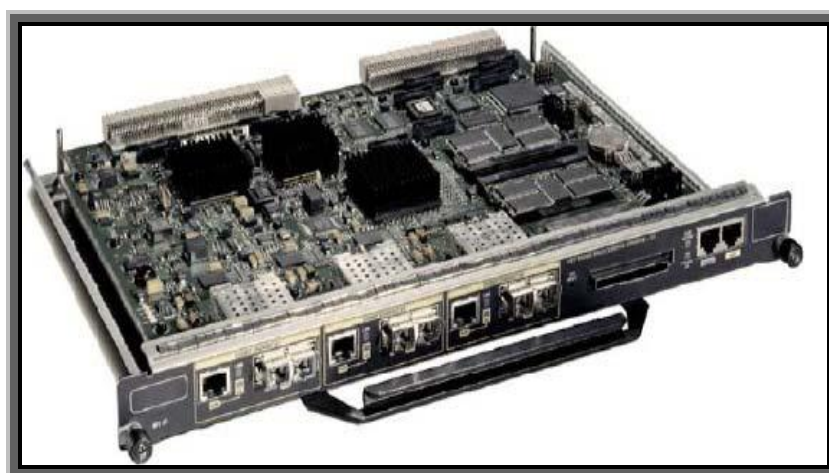


Figura 59: Tarjeta network Processing Engine (9)

4.4. - VoIP BACKHOUL ROUTER

Se ha seleccionado para este caso el router Cisco 7609 posee las siguientes características:

- Alto rendimiento, con hasta 720 Gb/s en uno chasis, o 40 Gbps de capacidad por slot.
- Escalable y entendible los slot de hardware y software para permitir capacidades inteligentes.
- Servicio inteligente de Gateway.
- Servicio de Ethernet borde: servicios personalizados IP.



Figura 60: Router Cisco 7609 (8)

El router Cisco 7609 posee 9 slot en su parte frontal y dos fuentes de sus partes posterior las cuales están en configuración activa o respaldo. Los slot serán distribuidos de la siguiente forma.

Los slots 1 y 2 con tarjetas “Enhanced FlexWAN Module” (WS-X6582-2PA), cada tarjeta posee 2 bay para la conexión de fibra óptica



Figura 61: Tarjeta Enhanced FlexWAN Module (WS-X6582-2SPA) (8)

Los slots 3 y 4 con tarjetas “SPA Interface Processor” (7600-SIP-400) cada tarjeta posee 4 sub-módulos SPA-1XOC12-POS con capacidad para manejar hasta 1 STM-4 cada uno para manejar el tráfico de salida internacional.



Figura 62: Tarjeta SPA Interface Processor (8)

Los Slots 5 y 6 serán equipados con módulos “Catalyst 6500 Supervisor Engine 32” (WS-SUP32-GB-3B), estas tarjetas contienen un puerto de consola, un puerto USB 2.0 y 8 puertos GB

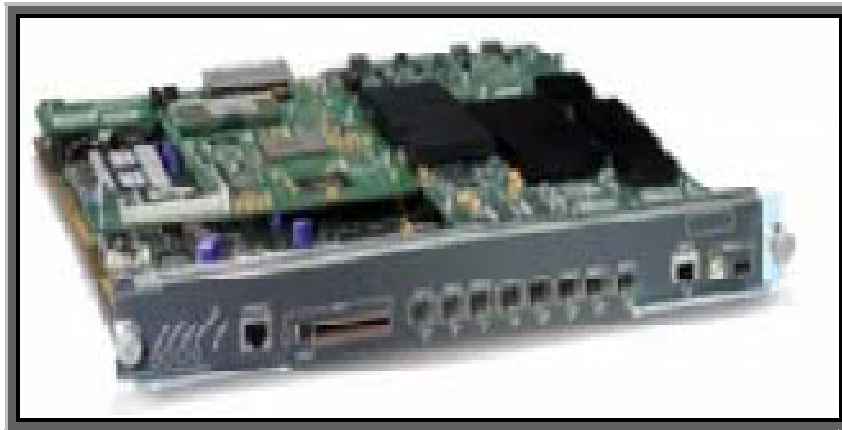


Figura 63: Tarjeta Catalyst 6500 Supervisor Engine 32 (8)

4.5. - SWITCH (Core)

Este equipo está encargado de dar conectividad a todos los elementos del núcleo de la red y de soportar interfaces redundantes (tarjetas dobles) para posibles fallas, el criterio básico para la elección de este equipo es el número de puertos que se vaya a requerir y el estudio del futuro crecimiento de la red instalada.

Se ha considerado los puertos necesarios para las conexiones as estaciones bases, enrutadores de agregación, softswitch, MediaGate, firewall, puertos de redundancia y de respaldo.

Para la implementación del presente proyecto se ha decidido escoger al equipo Switch Catalyst 4507R.



Figura 64: Cisco Catalyst 4507R (12)

El switch (core) Catalyst 4507R posee 7 slots y dos Fuentes redundantes en su chasis. En el diseño se planificó usar doble tarjetería con el fin de obtener de forma lógica dos switches en un solo chasis físicamente y de esta manera tener un respaldo para cualquier eventualidad, los slots serán utilizados de la siguiente forma:

Los slots 1 y 2 con tarjetas supervisoras (ws-x4516-10GE SUPERVISOR ENGINE V-10GE) estas tarjetas poseen un puerto de consola, 2 puertos uplink (x2) 10GE y 4 puertos GE Uplink SFP (Fibra).

Los slots 3 y 5 con tarjetas “Multi speed gigabit ethernet switching module” (WS-x4548-GB-RJ45) estas tarjetas contienen 48 puertos 10/100/1000 base -T, que son suficientes para satisfacer las necesidades del proyecto.

Los slots 4 y 6 con tarjetas “1000 Base-X Switching Module” (WS-X4306-GB) estas tarjetas poseen 6 puertos 1000 base-x con módulos SFP para la conexión de un par de fibra (Tx y Rx) en cada puerto.

El slot 7 quedará vacío como respaldo de cualquier slot que pudiese presentar problemas. Como se mencionó, el chasis incluye 2 fuentes en configuración activo/respaldo.

4.6.- FIREWALL

Un firewall es simplemente un filtro que controla todas las comunicaciones que pasan de una red a la otra y en función de lo que sean permite o deniega su paso. Para permitir o denegar una comunicación el firewall examina el tipo de servicio al que corresponde, como pueden ser el web, o de una LAN. Dependiendo del servicio el firewall decide si lo permite o no

Para la seguridad de los datos de nuestra red se escogió el Firewall Cisco ASA20-BN-K9



Figura 65: Cisco ASA5520-BUN-K9 (12)

Resumen de funciones del Cisco ASA5520-BUN-K9.

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Firewall Throughput	arriba de 450 Mbps
Maximum Firewall y IPS Throughput	<ul style="list-style-type: none"> ● Arriba de 225 Mbps con AIP SSM-10 ● Arriba de 375 Mbps con AIP SSM-20 ● Arriba de 450 Mbps con AIP SSM-40
VPN Throughput	Arriba de 225 Mbps
Sesiones Simultaneas	280000
IPsec VPN Peers	750
SSL VPN Peer nivele de licencia*	10, 25, 50, 100, 250, 500, or 750
Contextos de seguridad*	arriba de 20
Interfaces	4 puertos Gigabit Ethernet y 1 puerto Fast Ethernet
Interfaces Virtuales (VLANs)	150
Escalabilidad	VPN clustering y balanceo de carga
Alta disponibilidad	Activa/Activa, Activa/Standby

Tabla 07: Resumen de funciones del Cisco ASA5520-BUN-K9.

4.7.- ESTACIÓN DE BASE MACROMAX

El producto MacroMAX es una estación macro-base altamente actualizable, utilizando un software radio (SDR) para permitir la capacidad de actualización completa de la MAC y PHY. MacroMAX utiliza una unidad integrada de radio interior, con alimentadores externos al mástil apropiado al instalar antenas. El uso

antenas separadas permite transmitir y recibir la diversidad de ganancia técnicas se utilizan, lo que aumenta capacidad de enlace de presupuesto.

El MacroMAX soporta tanto 802.16, así como 802.16e para aplicaciones portátiles y móviles.



Figura 66: Radio Base Macromax de Airspan (4)

Entre las características más sobresalientes tenemos:

- Producto convencional de RF para los despliegues fijos de WiMAX.
- Despliegues macro de la célula
- Arquitectura tradicional con la radio definida software PHY/MAC.
- Diversidad de dos vías (Rx-MRC, Tx-STC)
- Técnicas de proceso de la antena (diversidad) para el presupuesto mejorado del acoplamiento
- Sistemas de la antena de la alta calidad para el presupuesto óptimo del acoplamiento y el rechazo de interferencia
- Radio definida software (SDR) para el Proofing de la flexibilidad y del futuro

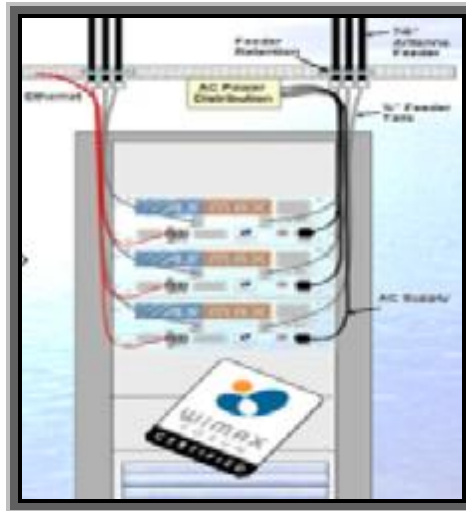


Figura 67: Radio Base Instalada en un Rack (18)

Entre otras cosas permite el empleo de diversidad de antenas y se ajusta a las necesidades requeridas en el proyecto propuesto.

4.8.- CPE's.

En este proyecto se ha escogido las antenas de marca AIRSPAN y sus modelos son los siguientes:

- EasyST en interior
- ProST en exterior

EasyST

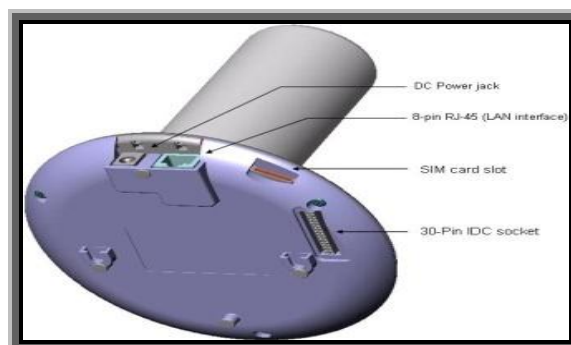


Figura 68: Antena WiMAX indoo (10)

ProST



Figura 69: Antena WiMAX outdoor

Estas antenas están diseñadas para ser instaladas en el usuario final, utilizando un usuario sofisticado interfaz que permite el posicionamiento óptimo. Esto permitirá mejorar la disponibilidad del servicio y fiabilidad, al tiempo que se incrementa la velocidad de servicio y la reducción de carga de red

A continuación la descripción grafica de la instalación de las antena al usuario para habilitar el servicio.

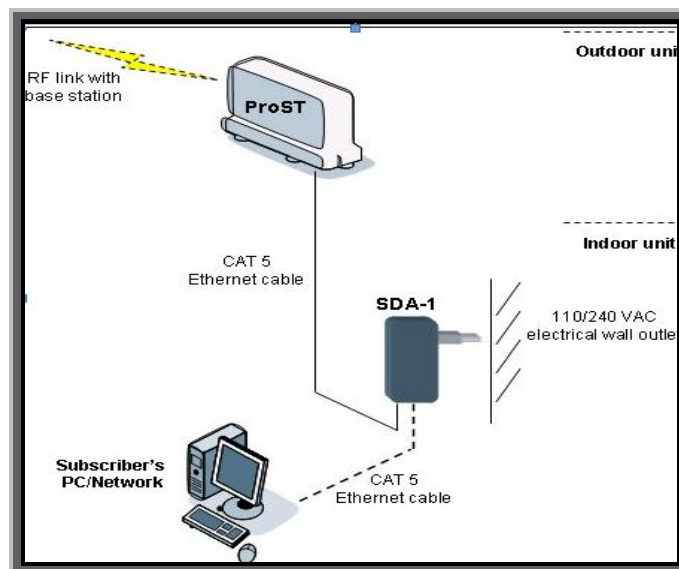


Figura 70: Descripción Del Diseño De La Instalación al Usuario Final.

4.9.- PLAN DE FRECUENCIAS

El proyecto de tesis puede trabajar en cualquiera de las seis sub-bandas AA', BB', CC', DD', EE', FF' de la banda de 3.5 GHz, esto es, en el rango 3.4-3.7GHz. La separación de los canales de subida y bajada es de 100 MHz en la subbanda 3.4GHz-3.6GHz y de 50 MHz en la subbanda 3.6GHz-3.7GHz.

Actualmente las sub bandas EE' y FF' no han sido asignadas a ningún operador por parte del Regulador.

Banda	Sub-Banda de Frecuencia	Concesionario a la empresa
A-A'	3.400-3.425 GHz y 3.500-3.525 GHz	Andinatel S.A. (CNT)
B-B'	3.425-3.450 GHz y 3.525-3.550 GHz	Setel S.A.
C-C'	3.450-3.475 GHz y 3.550-3.575 GHz	Ecutel S.A.
D-D'	3.475-3.500 GHz y 3.575-3.600 GHz	Etapa – Pacifictel (CNT)
E-E'	3.600-3.625 GHz y 3.650-3.675 GHz	-
F-F'	3.625-3.650 GHz y 3.675-3.700 GHz	-

Tabla 08: Frecuencias concesionadas a proveedores de telecomunicaciones

En este estudio se considero la disponibilidad de un ancho de banda total de 50 MHz (25 MHz de subida y 25 MHz de bajada) con multicanalización FDD, portadoras con anchura de banda de 3.5MHz, por lo que en total se dispone de 7 canales de subida en combinación con 7 de bajada (14 canales en total) con 49 MHz útiles y 1 MHz libre para banda de guarda.

El diseño puede equivalentemente aplicarse para aquellos casos en que no se disponga del total de 50 MHz (2x25MHz). Por ejemplo, para el caso en que exista disponibilidad de 30 MHz (2x15 MHz), se asumiría la aplicación de 8 canales en total (4 de subida en combinación con 4 de bajada).

4.10.- PLANIFICACIÓN DE LA RED.

Dentro de la planificación, como las ubicaciones de los usuarios son fijas, cada usuario es asignado a una estación de base predeterminada con sus antenas directivas totalmente apuntadas hacia la estación de base más cercana. La elevada ganancia de las antenas de los suscriptores (CPE) reduce las interferencias y permite su instalación a una distancia mayor.

En una planificación se debe considerar las pérdidas por propagación, el tipo de zona de servicio (rural o urbana), la variación temporal de la respuesta del canal (que en el caso de las redes BWA es un valor muy pequeño) y también las interferencias co-canal y adyacente.

En específico, la planificación de las celdas y la asignación de frecuencias son aspectos críticos en el diseño de un sistema inicial 802.16 ya que modificaciones durante las sucesivas etapas de un despliegue pueden implicar la necesidad de ajustar cada uno de los equipos terminales de los usuarios instalados en etapas previas.

4.11.- MODULACIÓN ADAPTATIVA

Este método, denominado modulación adaptativa, consisten básicamente en cambiar continuamente algún parámetro de la señal transmitida en función de las condiciones instantáneas del canal, para explotar al máximo su capacidad variable en el tiempo. Para ello se requiere poner de acuerdo a transmisor y receptor, siendo la forma habitual estimar el canal en recepción, decidir los parámetros de transmisión y enviárselos al transmisor.

Para canales variables de respuesta plana (no selectivos en frecuencia, se puede modificar la constelación transmitida manteniendo constante la potencia, de manera que se emplean constelaciones robustas en los desvanecimientos (que aseguren una calidad mínima) y constelaciones más densas en condiciones favorables. Esta técnica, de nivel de modulación adaptativo y velocidad binaria variable, proporciona mayor eficiencia espectral media que los esquemas de modulación fija sin sacrificar por ello tasa de error.

La capacidad de la red puede aumentar directamente en caso de utilizar esquemas modulación de una mayor eficiencia espectral, pero esto viene acompañado generalmente de una reducción de la zona de cobertura y de un mayor

de valores C/I (Carrier to Interference). Actualmente, las estaciones de base en cada sector, suscriptores con modulaciones digitales BPSK, QPSK y QAM dependiendo de las condiciones del enlace. Los suscriptores más cercanos generalmente se conectan con 64QAM permitiendo las velocidades más altas, mientras que los CPE's más alejados se conectan con QPSK y BPSK a menor velocidad.

4.12.- RE-USO DE FRECUENCIAS Y POLARIZACIÓN.

En razón de que las estaciones de base tienen superposición de cobertura, deben trabajar con diferentes frecuencias para reducir las interferencias co- canal (canales que operan con las mismas frecuencias). Se trata, entonces de asignar canales reduciendo al máximo el nivel de interferencia, teniendo en cuenta que la disponibilidad de canales es limitada. Algunas veces se complementa la selección de frecuencias con un cambio de polarización de la antena entre sectores adyacentes.

En la figura se muestra una posible distribución de frecuencias en los diferentes sectores con los que se proveerá acceso. Se debe considerar que los patrones de radiación de los sectores contiguos se traslapan por lo que no deben tener asignadas las mismas frecuencias para evitar interferencias.

4.13.- PREDICCIÓN DE COBERTURA.

Para mejor entendimiento y para la predicción de cobertura RF de las estaciones de base se empleó un software denominado Radio Mobile que permite visualizar gráficamente con diferentes colores los diferentes niveles de la señal alrededor de una base.

Usa primordialmente 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 radiación y altura de las antenas y otros parámetros, adjunto en los anexos

Máximo número de sectores por estación base	4
Tipo de antena	Panel plano (90°)

Altura de antenas de la Estación de base	0-30 m.
Cobertura mínima requerida por sitio	90%
Máximo número de canales por sector	2[1]
Espaciamiento de canal	3,50 MHz
Potencia de salida en antena	20 dBm (100mw)
Sensibilidad	-110 dBm
Base de datos geográfica	SRTM
Frecuencia (MHz)	DD' (3475-3500/3575-3600)

Tabla 09: Parámetros considerados en la simulación de cobertura

El patrón de irradiación del panel plano usado en cada uno de los cuatro sectores se muestra en la figura anterior.

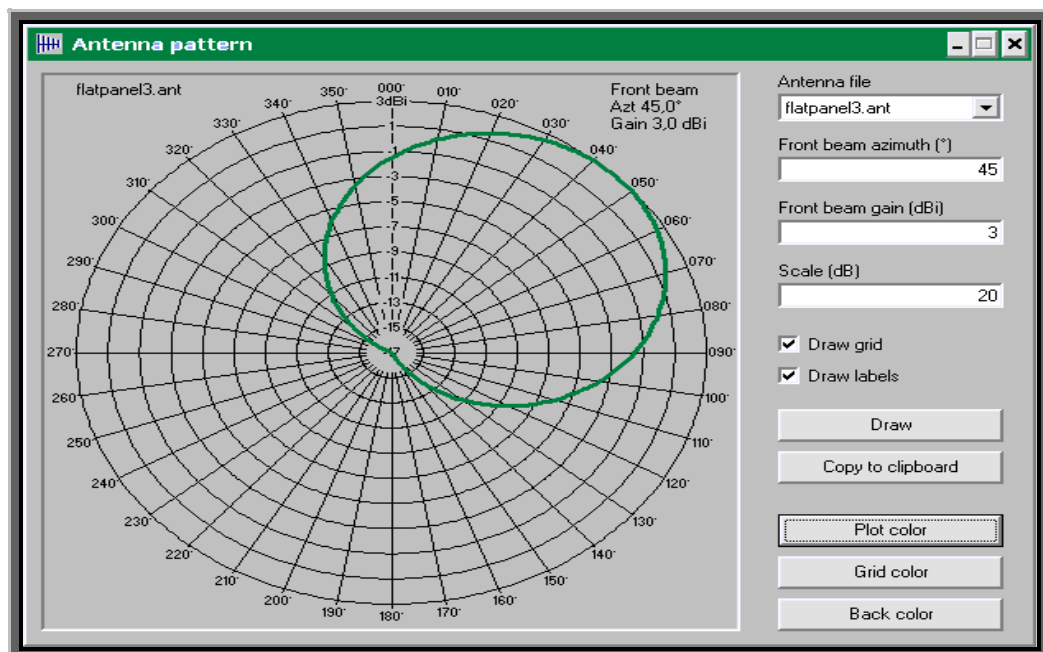


Figura 71.- Patrón de irradiación de antena

La figura muestra los parámetros ingresados en la aplicación Radio Mobile para generar el gráfico topográfico de la ciudad de Guayaquil y sus alrededores.

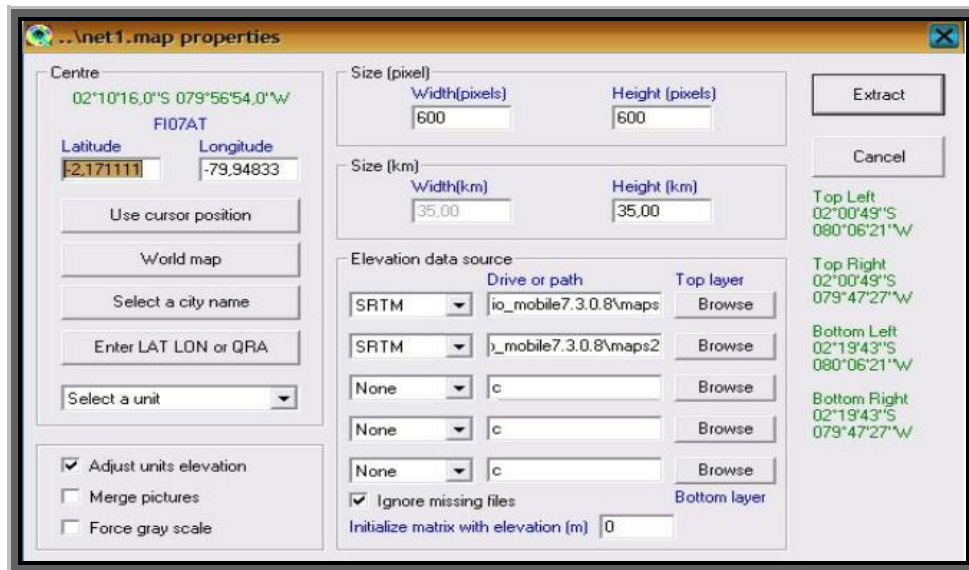


Figura 72: Parámetros configuración de la red.

CONCLUSIONES

El tiempo de implementación, 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, generalmente 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 razón de que facilita la interoperabilidad de dispositivos de diferentes fabricantes que ayuda a reducir los riesgos de inversión a los operadores de telecomunicaciones proveedores de servicios.

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. Las características del sistema que favorecen la propagación en condiciones de parcial cubrimiento de la línea de vista ayudan al éxito de esta tecnología.

Esta solución permite una fácil provisión de servicios concurrentes de telefonía, conexión de datos y acceso a Internet en una ciudad tal como Guayaquil.

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.

WiMAX es como una propuesta de solución inalámbrica constituye una tentativa interesante para ser implementada en primera instancia en aquellos sectores a los que no se está dando servicio de banda ancha, pues es una solución de rápido despliegue e implementación y con menores dificultades, pudiendo ofrecer una mayor gama de servicio.

Lo más novedoso que tiene esta tecnología radica en la posibilidad de trabajar sin línea de vista, razón por la cual se ha propuesto el diseño realizado en el presente proyecto de tesis, pues es el principal límite que se tenía con la tecnología y sistemas anteriores era la necesidad de prescindir la línea de vista, sin embargo la mayoría de sectores a los que se quiera dar servicio se encuentra en zona medianamente poblada donde existe, por ejemplo edificios que impiden que haya LOS, y con este estándar ese problema se solventa.

Las características de la tecnología WiMAX ya mencionadas y su combinación con la tecnología Wi-Fi, hacen de esta alternativa la mejor opción para el proyecto, ya que el principal problema en zonas desatendidas es la no existencia de infraestructura de última milla que permita llegar con el servicio a las localidades, este obstáculo se logra superar con esta red inalámbrica que ofrece gran alcance, gran capacidad de ancho de banda y costos convenientes en comparación a otras soluciones como los enlaces satelitales.

Finalmente, todo el desarrollo de este diseño queda totalmente justificado, pues se necesita dar solución a aquellos sectores a los cuales por razones técnicas o físicas no se los ha atendido como debería haberse hecho, teniendo la posibilidad de dar mejores servicios con un amplio abanico de posibilidades, involucrando además a empresas y a una nueva generación tecnológica.

RECOMENDACIONES

Posteriores proyectos podrían ser realizados ya no para un sector específico, sino, que se podrían aprovechar de mejor manera las potencialidades de esta tecnología utilizándola en el diseño de una red para toda la ciudad de Guayaquil, o cualquier otra ciudad del país.

Los equipos con los que se recomienda implementar la red deberían estar certificados por el Foro WiMAX, pues caso contrario se estaría dependiendo de un solo proveedor, lo cual es nocivo en un mercado competitivo.

Se recomienda hacer un estudio de demanda basado en encuestas, entrevistas, que se enfoquen en las necesidades de los usuarios potenciales, para tener datos más reales de la cantidad de suscriptores que se tendrían para la red.

Es importante señalar que para empezar a brindar este servicio, sobre todo debido a los altos costos de los CPEs, se deben buscar sectores que estén dispuestos a pagar una cuota mensual más elevada que aquella que normalmente se cancela con un servicio de banda ancha como los que tradicionalmente se han venido ofreciendo (cable módem, XDSL).

Además se podría implementar una base de datos para determinar la factibilidad de tener un acceso inalámbrico empleando WiMAX, base a la que los usuarios puedan acceder vía Internet, incluso podría servir para determinar qué sectores están interesados en este tipo de acceso, e instalar nuevos equipos.

Para tener una buena base de funcionamiento, operación y mantenimiento de un sistema que emplea WiMAX se debería tomar como base el documento relativo al estándar IEEE 802.16 con todas sus extensiones.

ANEXOS A

COBERTURA EN ESTACIÓN DE BASE CERRO MAPASINGUE.

En las figura se observan, los parámetros de ingreso en la software Radio Mobile y la predicción de cobertura RF para la estación de base denominada Cerro Mapasingue. En razón del uso eficiente del espectro, se pensó en cuatro sectores por estación de base con una utilización de 2 pares de portadoras (2 de subida y 2 de bajada).



Figura 1: Ubicación Real de Estación de Base Cerro Mapasingue.

Los datos ingresados en la aplicación Radio Mobile son los siguientes:

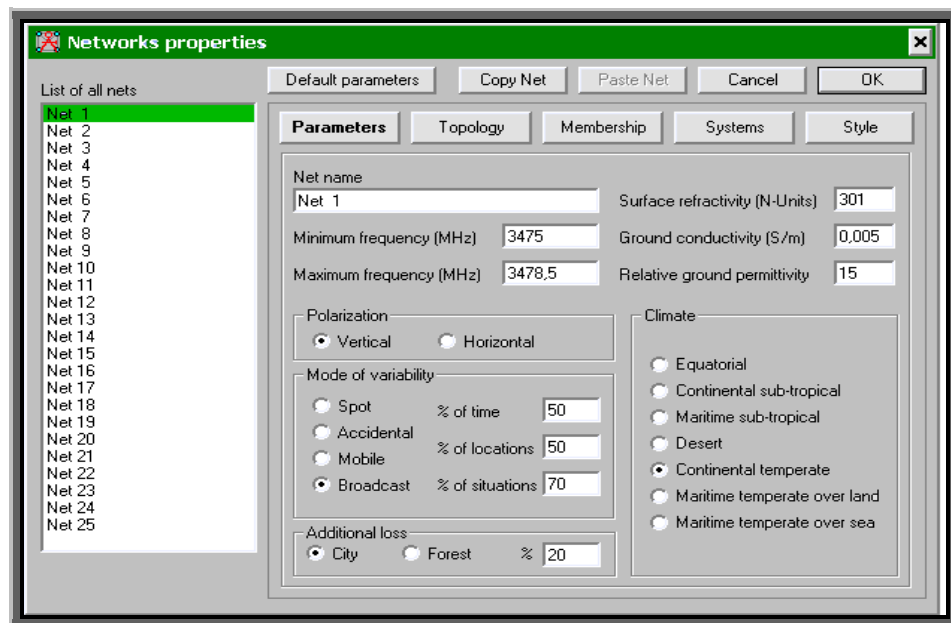


Figura 2: Parámetros de BS Mapasingue sectores A y D (1).

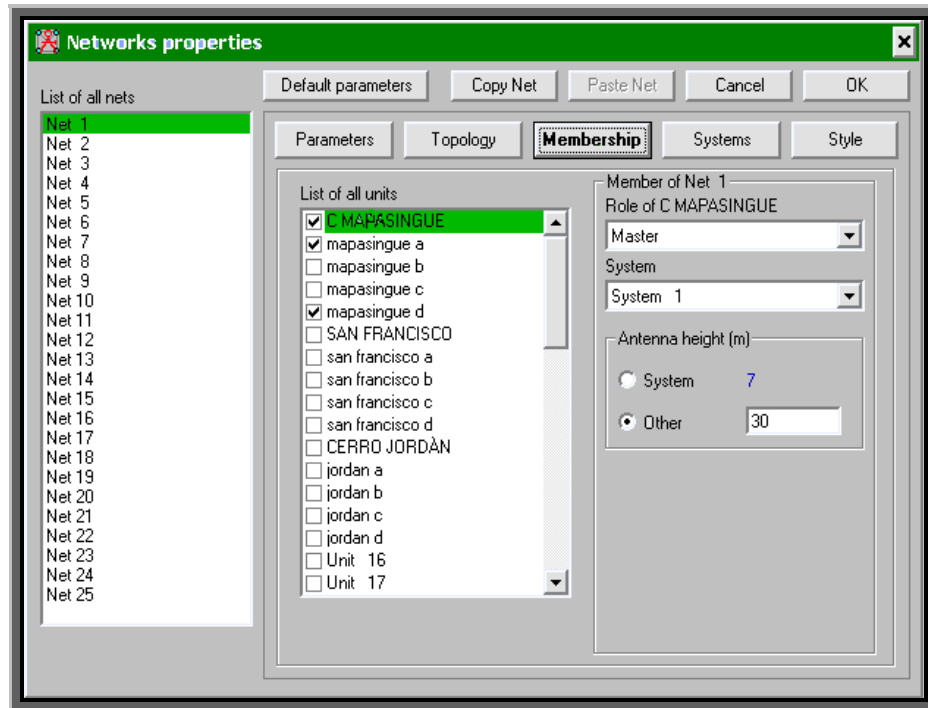


Figura 3.- Parámetros de BS Mapasingue sectores A y D (2).

Para obtener el gráfico de cobertura se configuró lo siguiente:

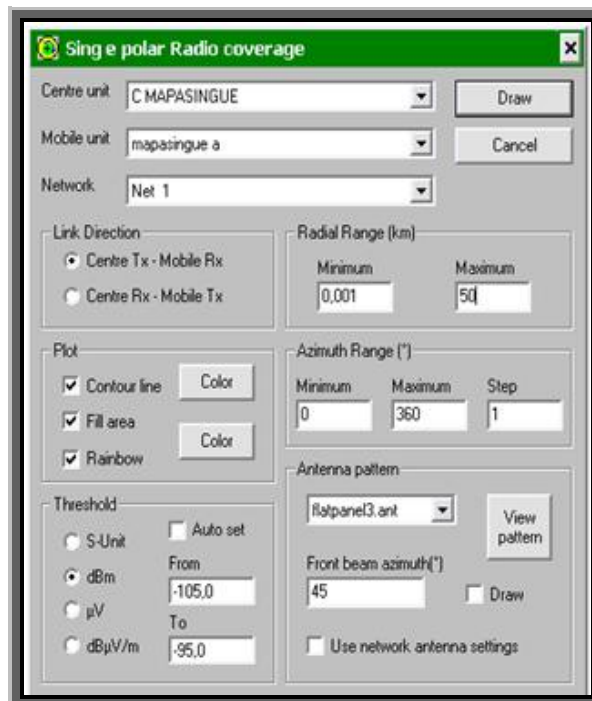


Figura 4: Parámetros de cobertura BS Mapasingue sectores A y D.

El resultado obtenido para los sectores A y D se muestra en la figura:

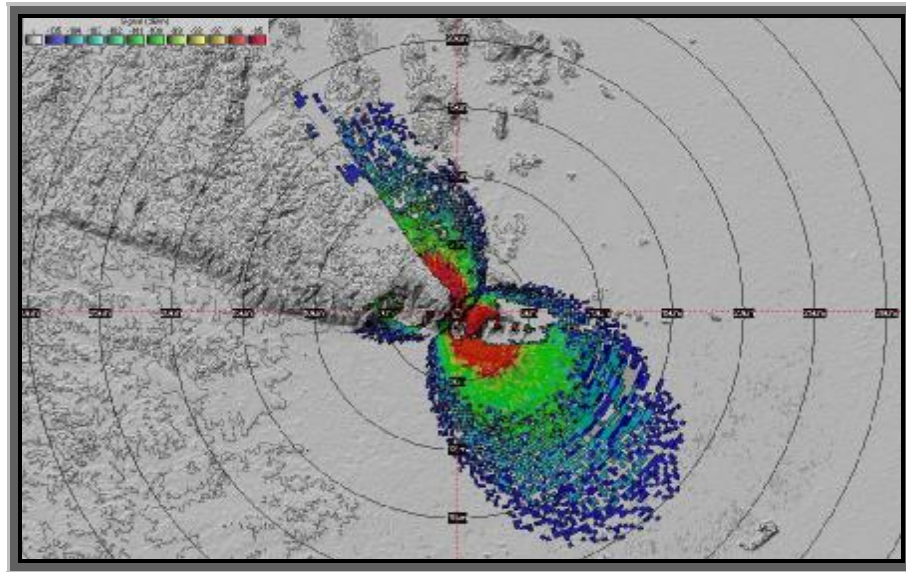


Figura 5: Estación de Base Mapasingue. Sectores A y D.

Para los sectores B y C de esta estación se ingresaron los siguientes parámetros:

Networks properties

List of all nets

- Net 1
- Net 2**
- Net 3
- Net 4
- Net 5
- Net 6
- Net 7
- Net 8
- Net 9
- Net 10
- Net 11
- Net 12
- Net 13
- Net 14
- Net 15
- Net 16
- Net 17
- Net 18
- Net 19
- Net 20
- Net 21
- Net 22
- Net 23
- Net 24
- Net 25

Default parameters Copy Net Paste Net Cancel OK

Parameters Topology Membership Systems Style

Net name: Net 2

Surface refractivity (N-Units): 301

Minimum frequency (MHz): 3478,5

Ground conductivity (S/m): 0,005

Maximum frequency (MHz): 3482

Relative ground permittivity: 15

Polarization: Vertical Horizontal

Mode of variability:

- Spot % of time: 50
- Accidental % of locations: 50
- Mobile % of situations: 70
- Broadcast % of situations: 70

Additional loss: City Forest %: 20

Climate:

- Equatorial
- Continental sub-tropical
- Maritime sub-tropical
- Desert
- Continental temperate
- Maritime temperate over land
- Maritime temperate over sea

Figura 6: Parámetros de BS Mapasingue sectores B y C (1).

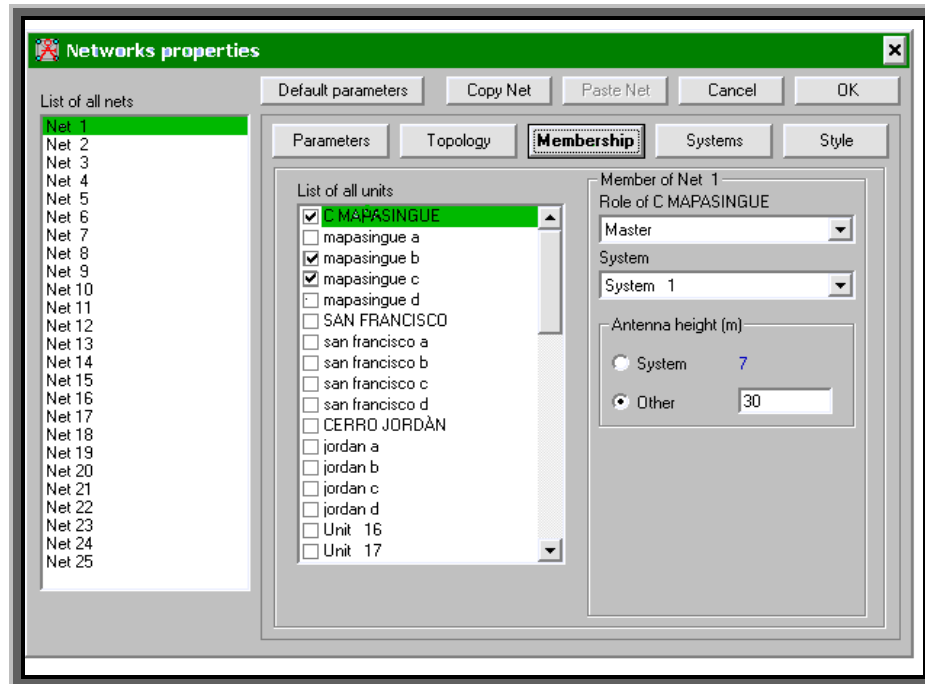


Figura 7: Parámetros de BS Mapasingue sectores B y C (2).

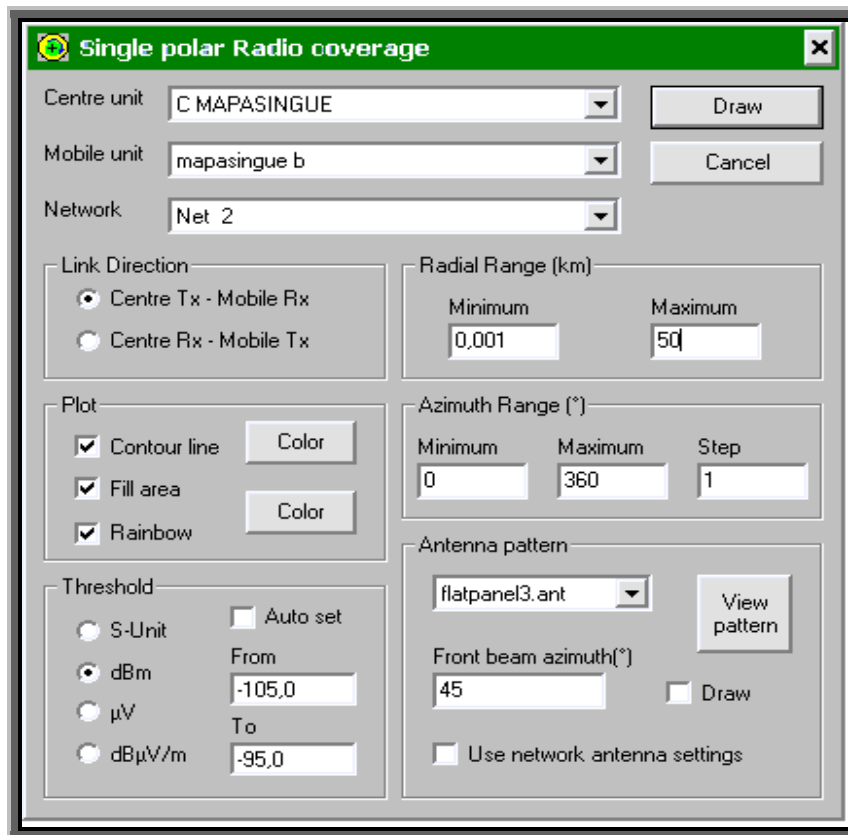


Figura 8: Parámetros de cobertura BS Mapasingue sectores B y C.

El resultado obtenido se puede apreciar en el siguiente grafico:

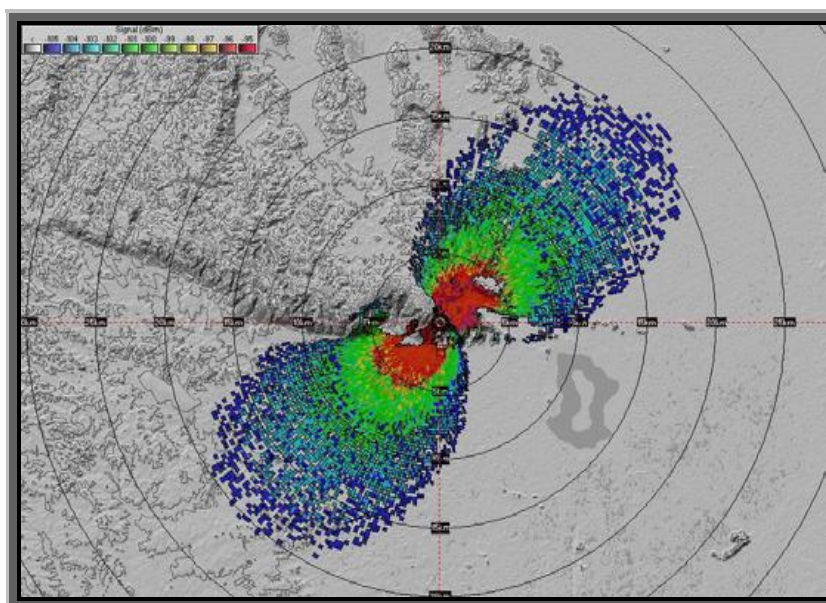


Figura 9: Estación de Base Mapasingue. Sectores B y C

La cobertura de la estación base Cerro Mapasingue con sus cuatro sectores:

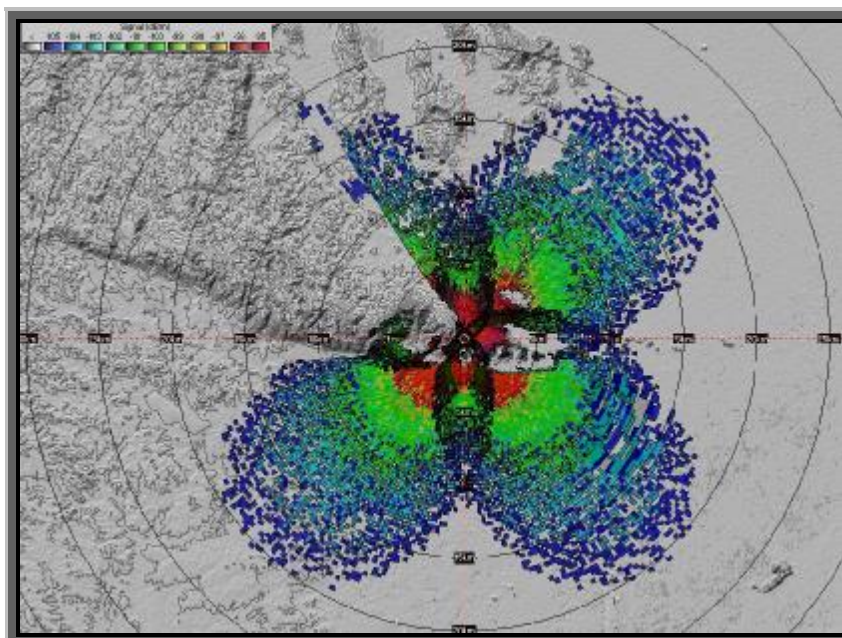


Figura 10: Patrón de irradiación de la BS Mapasingue cuatro sectores

La aplicación considera ángulos tomando el norte como la referencia de cero y ángulos positivos en la dirección de las manecillas del reloj.

Se observa en el gráfico que entre los 280 y 320 grados aproximadamente, hay partes en las que no hay cobertura. Esto se debe a que el terreno presenta obstáculos, como el propio cerro que tiene una parte más alta en ese sector.

Para determinar los niveles de recepción se ubican receptores en diferentes lugares en los alrededores de la estación de base Mapasingue y se procede a simular los enlaces.

En la figura se observa el receptor ubicado en el sector A y en la figura los resultados obtenidos en dicho enlace. A partir de los datos, se verifica que el enlace con la estación de base se establece correctamente, teniendo como distancia y nivel de recepción los valores 4.72 Km. Y -92.0 dBm respectivamente.

Enlace del sector A:

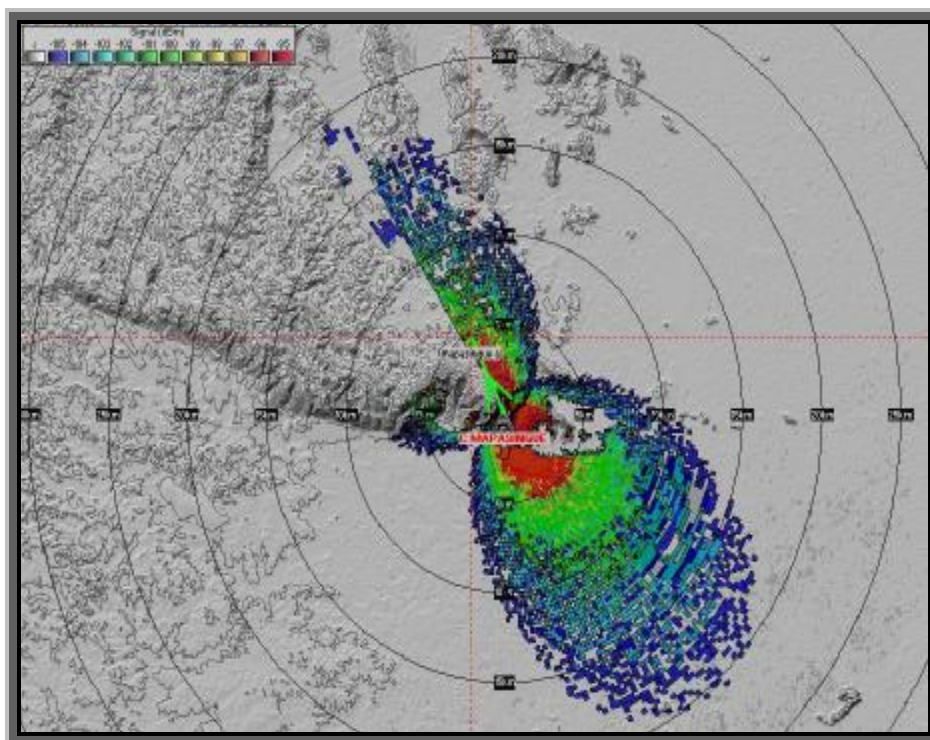


Figura 11: Ubicación de receptor en sector A de BS Mapasingue.

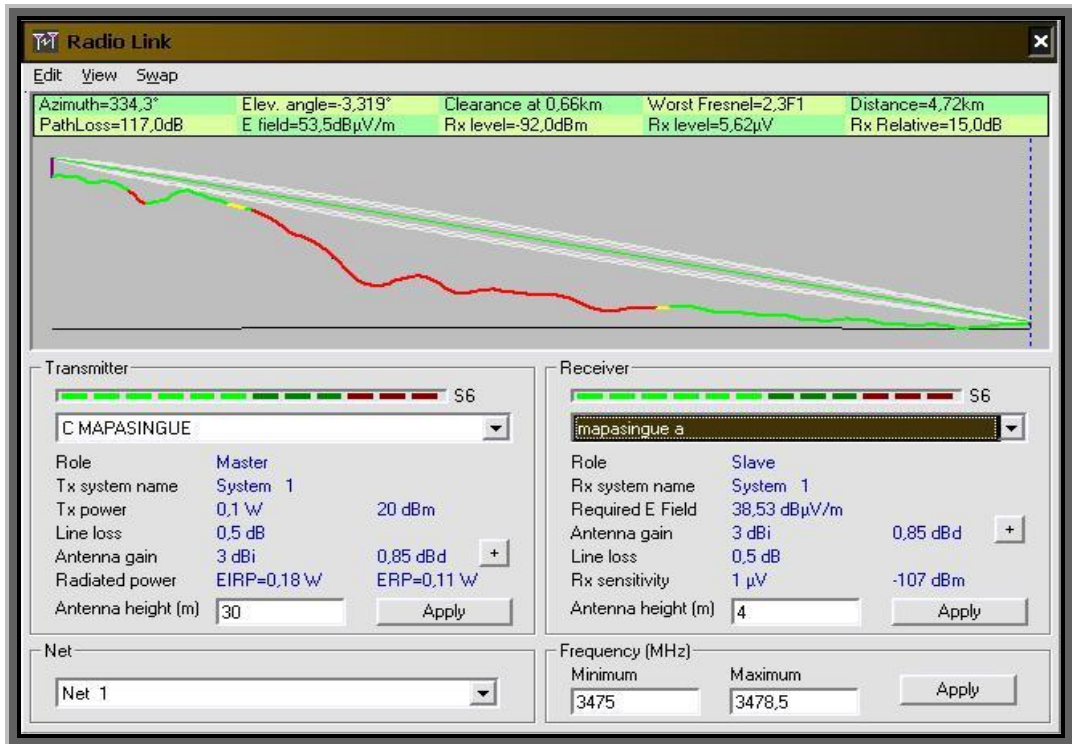


Figura 12: Resultado de simulación enlace sector A en BS Mapasingue.

Enlace del sector B:

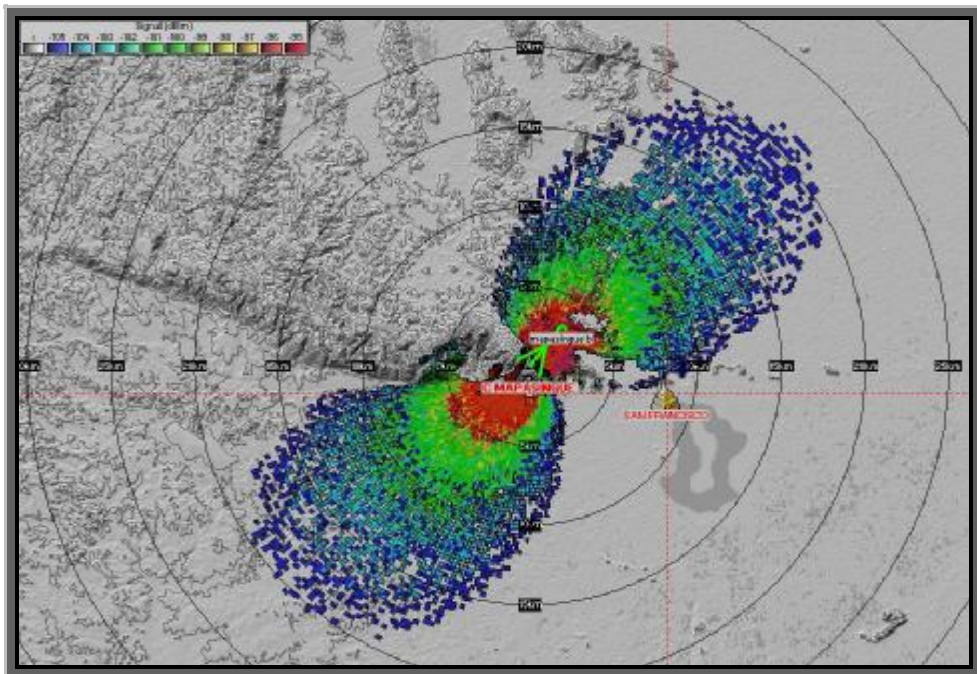


Figura 13: Ubicación de receptor en sector B de BS Mapasingue.

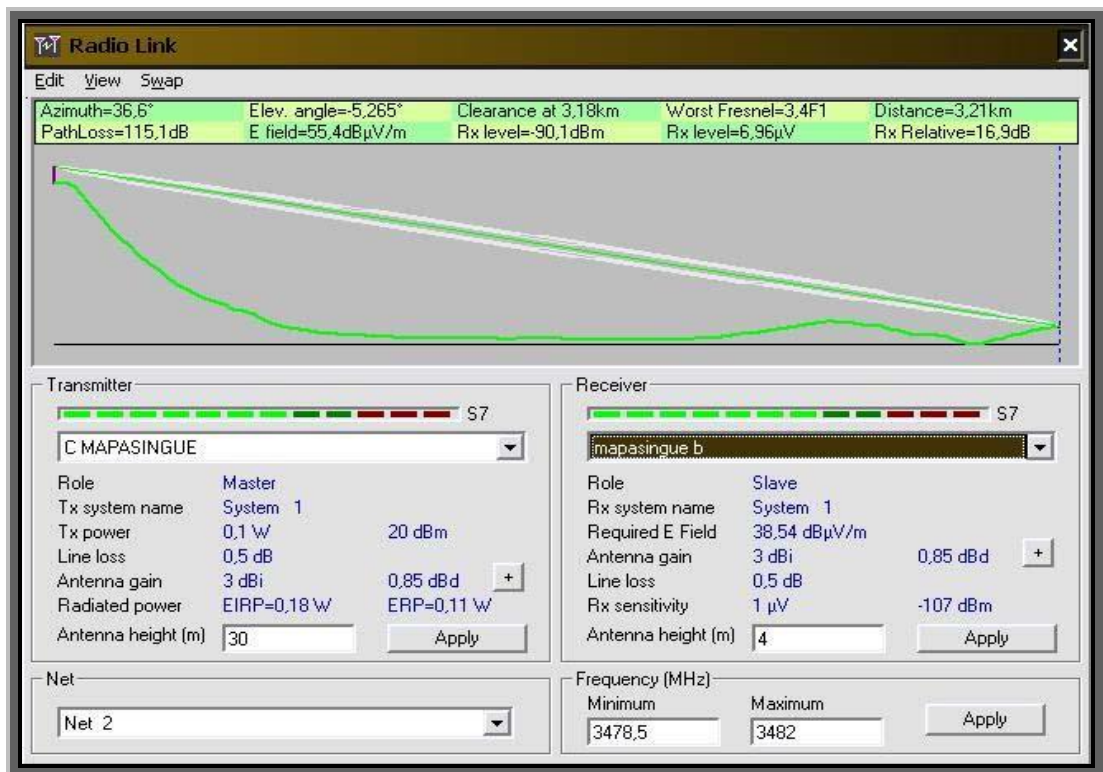


Figura 14: Resultado de simulación enlace sector B en BS Mapasingue.

Enlace del sector C:

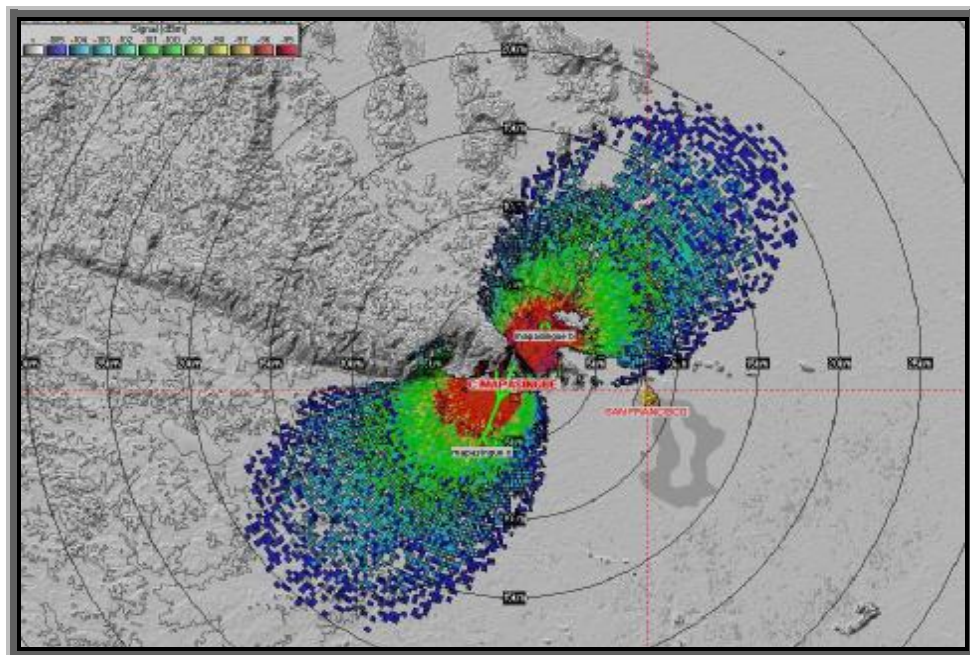


Figura 15: Ubicación de receptor en sector C de BS Mapasingue.

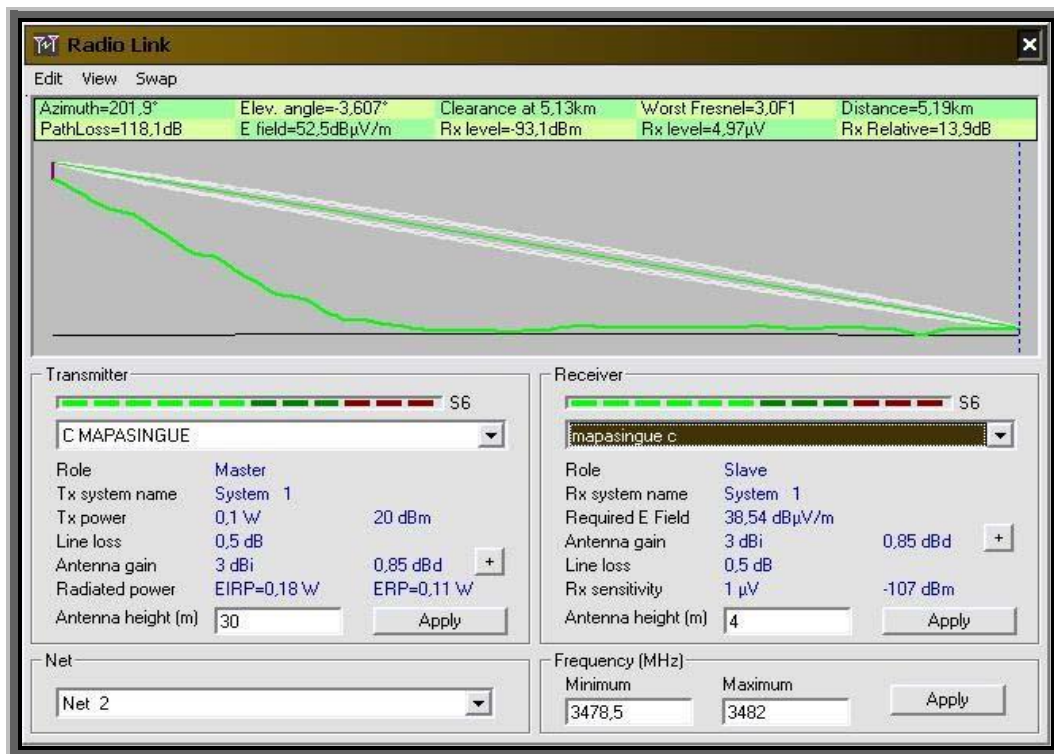


Figura 16: Resultado de simulación enlace sector C en Mapasingue

Enlace del sector D:

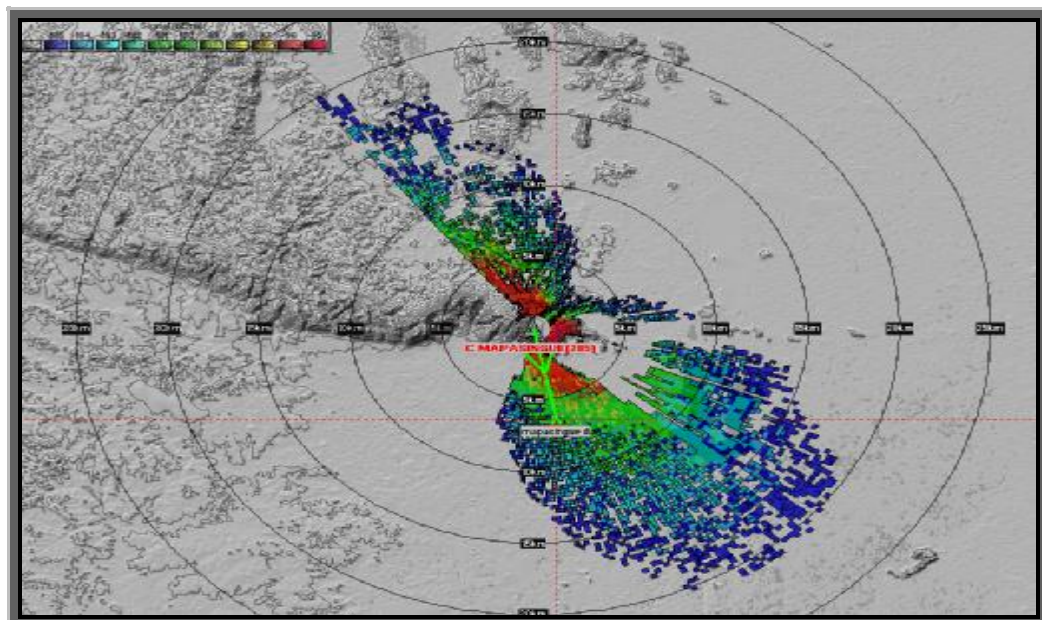


Figura 17: Ubicación de receptor en sector D de BS Mapasingue.

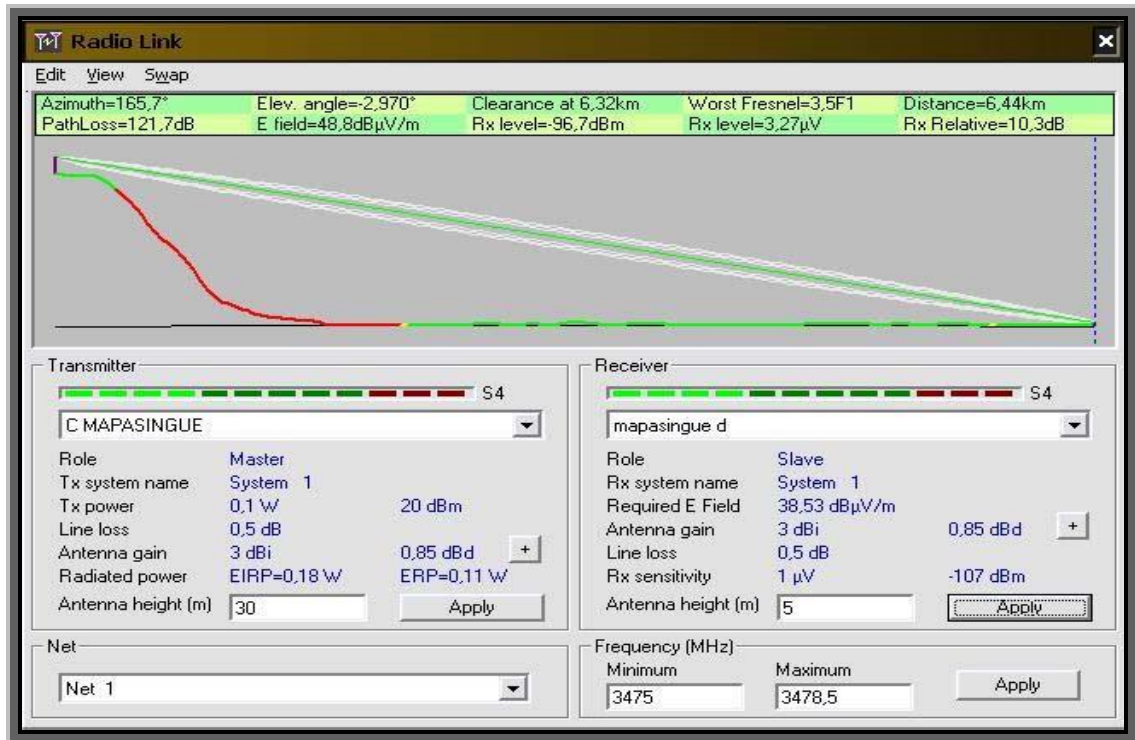


Figura 18: Resultado de simulación enlace sector D en Mapasingue.

ANEXSO B

COBERTURA EN ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO 300.

En los siguientes gráficos se observaran, parámetros de ingreso en la aplicación Radio Mobile, predicción de cobertura RF para la estación de base denominada San Francisco y la ubicación real de la estación base.



Figura 1: Ubicación real de la estación base San Francisco

Los parámetros son relacionados a los de la primera estación base pero se debe considerar una frecuencia diferente para el canal. La predicción de cobertura para esta estación de base se muestra en las siguientes figuras:

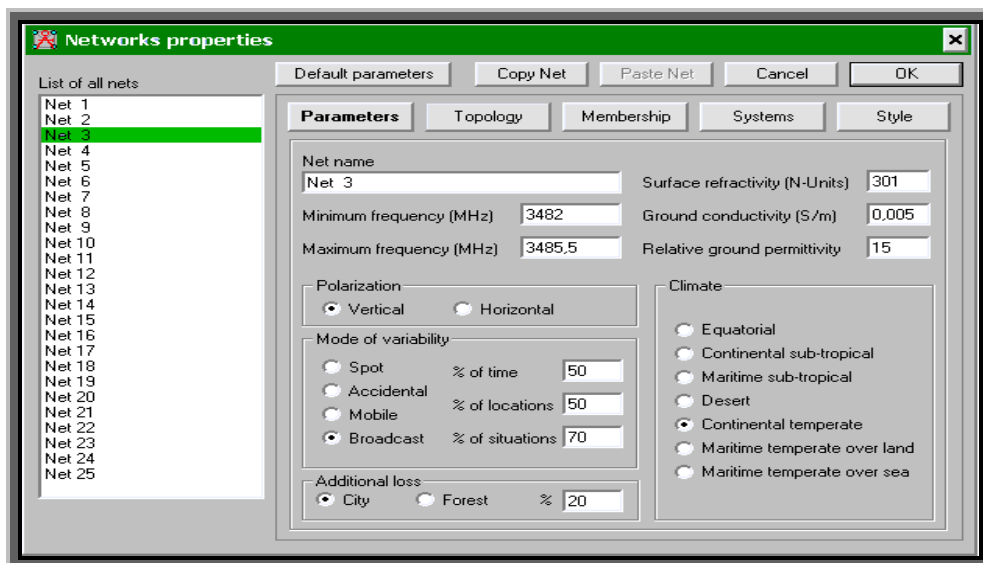


Figura 2: Parámetros de BS San Francisco 300 sectores A y D (1).

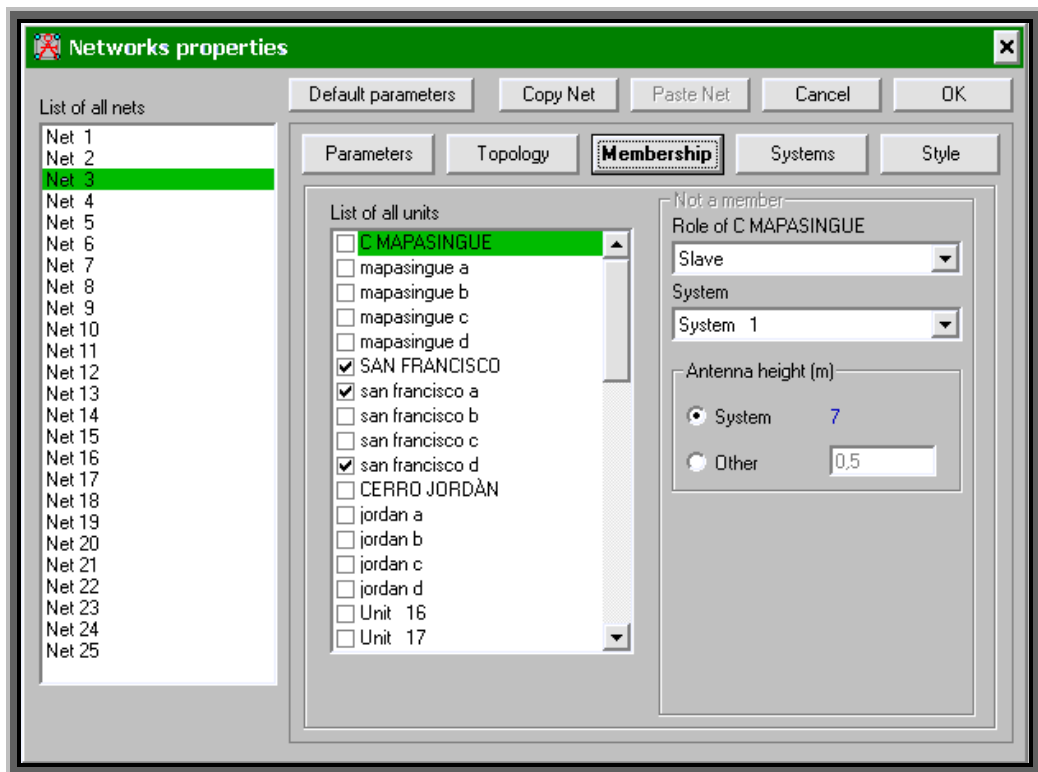


Figura 3: Parámetros de BS San Francisco 300 sectores A y D (2).



Figura 4: Parámetros de cobertura BS San Francisco 300 sectores A y D

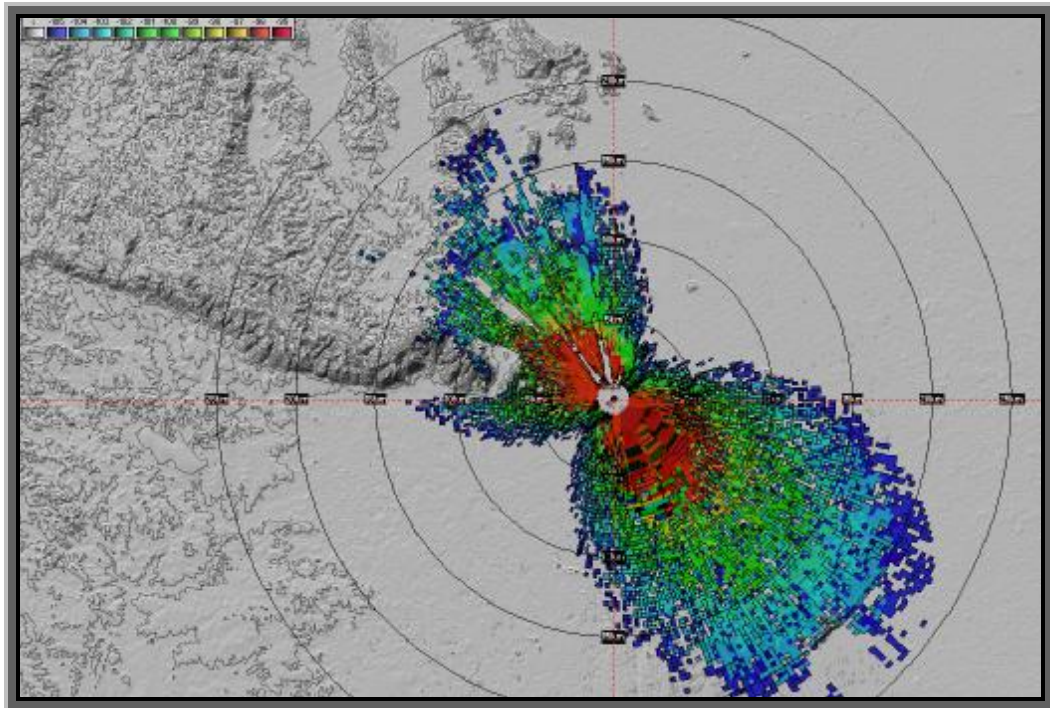


Figura 5: Estación de Base San Francisco 300 Sectores A y D

Para los sectores B y C de esta estación tenemos:

Networks properties

List of all nets

- Net 1
- Net 2
- Net 3
- Net 4**
- Net 5
- Net 6
- Net 7
- Net 8
- Net 9
- Net 10
- Net 11
- Net 12
- Net 13
- Net 14
- Net 15
- Net 16
- Net 17
- Net 18
- Net 19
- Net 20
- Net 21
- Net 22
- Net 23
- Net 24
- Net 25

Default parameters Copy Net Paste Net Cancel OK

Parameters Topology Membership Systems Style

Net name: Net 4

Minimum frequency (MHz): 3485,5

Maximum frequency (MHz): 3489

Surface refractivity (N-Units): 301

Ground conductivity (S/m): 0,005

Relative ground permittivity: 15

Polarization: Vertical Horizontal

Mode of variability:

- Spot % of time: 50
- Accidental % of locations: 50
- Mobile % of situations: 70
- Broadcast

Additional loss: City Forest %: 20

Climate:

- Equatorial
- Continental sub-tropical
- Maritime sub-tropical
- Desert
- Continental temperate
- Maritime temperate over land
- Maritime temperate over sea

Figura 6: Parámetros de BS San Francisco 300 sectores B y C (1).

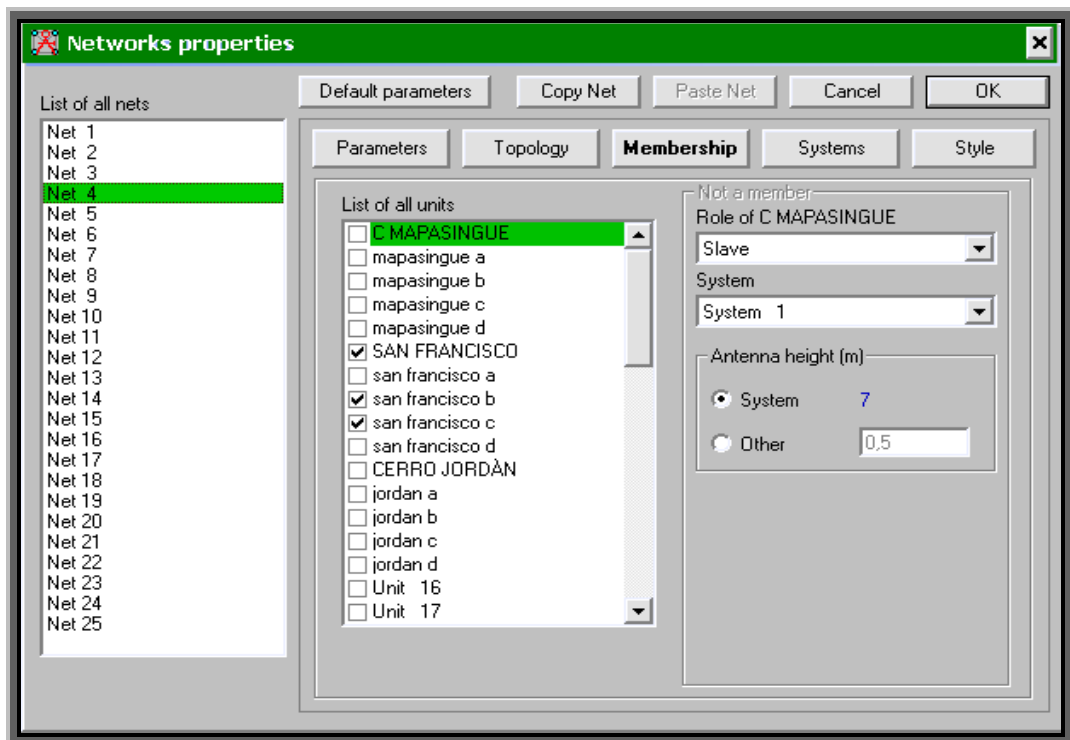


Figura 7: Parámetros de BS San Francisco 300 sectores B y C (2).

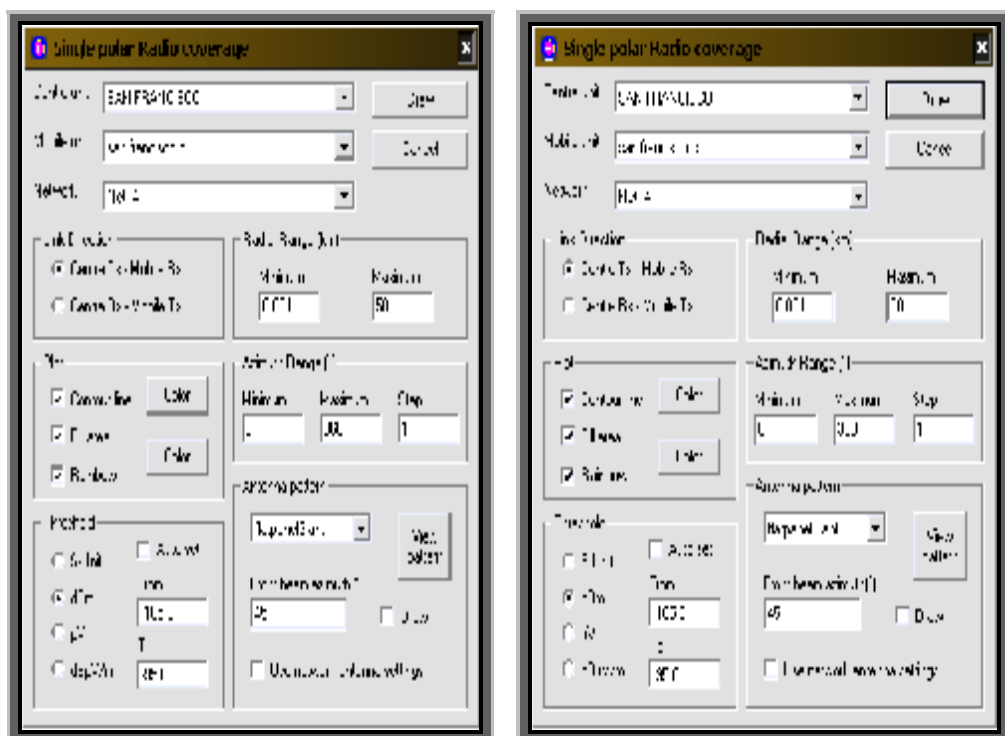


Figura 8: Parámetros de cobertura BS San Francisco 300 sectores B y C.

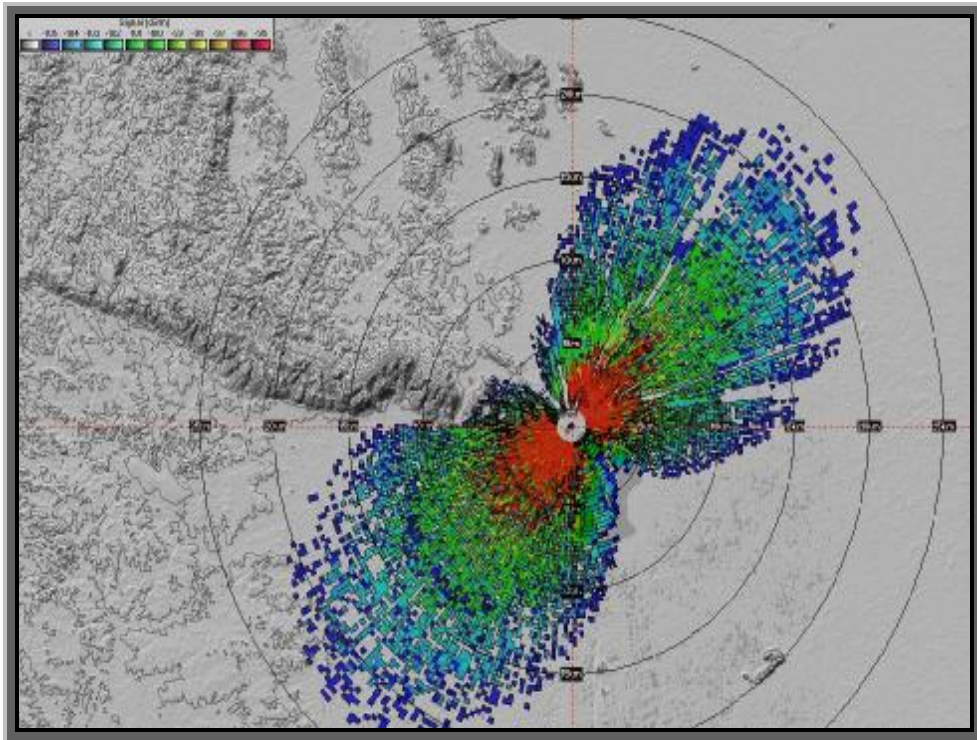


Figura 9: Estación de San Francisco 300. Sectores B y C

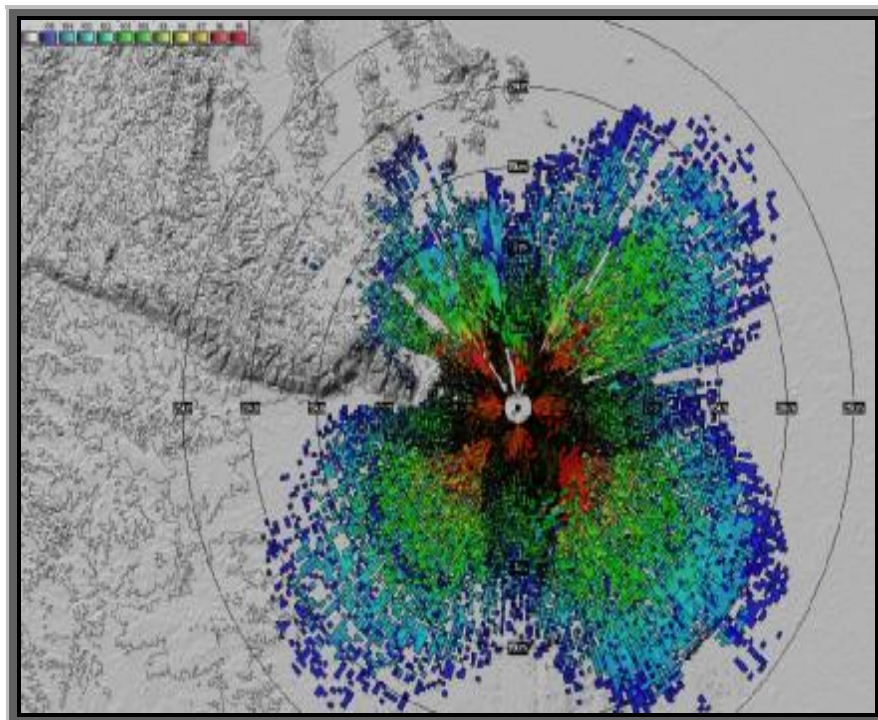


Figura 10: Patrón de irradiación de la BS San Francisco cuatro sectores.

De la misma manera que para el caso de la estación de base Mapasingue, se ubican receptores para analizar los niveles de recepción.

Sector A:

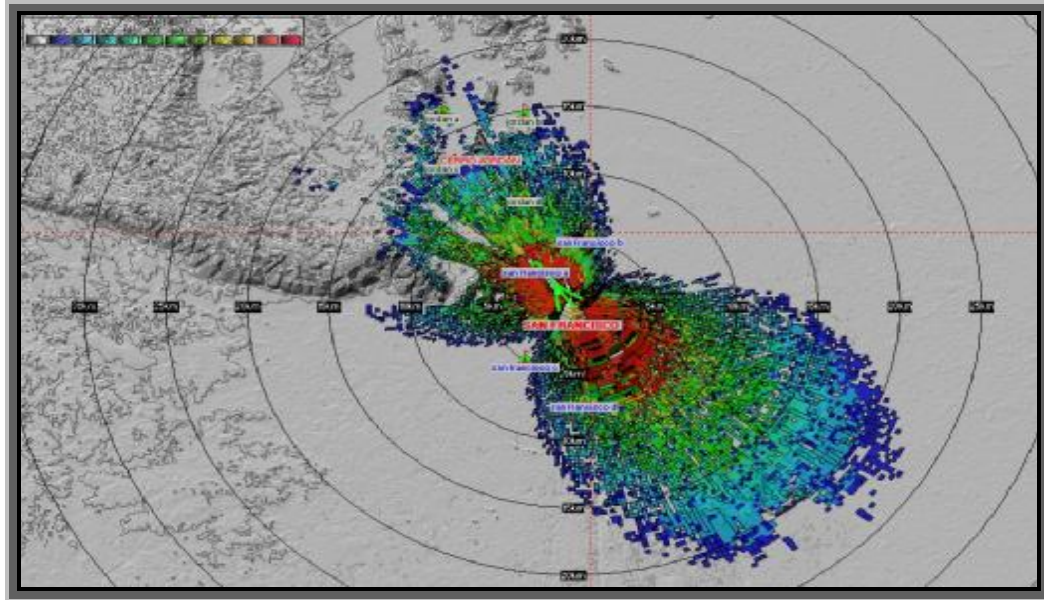


Figura 11: Ubicación de receptor en sector A de BS San Francisco

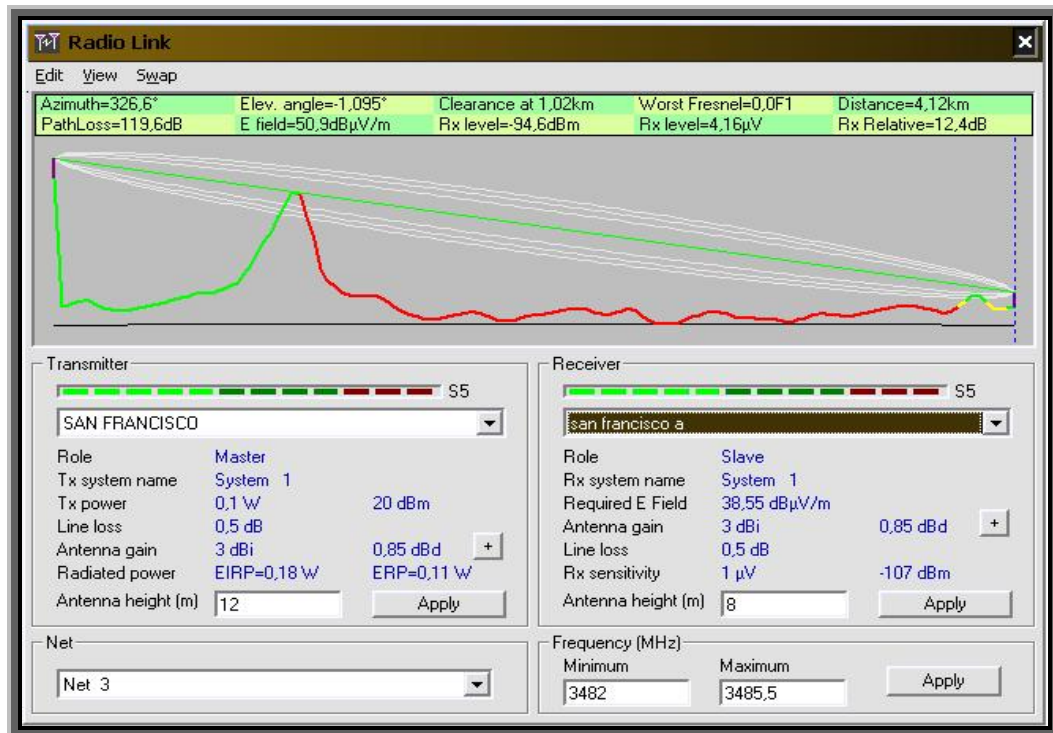


Figura 12: Resultado de simulación enlace sector A en BS San Francisco

Sector B:

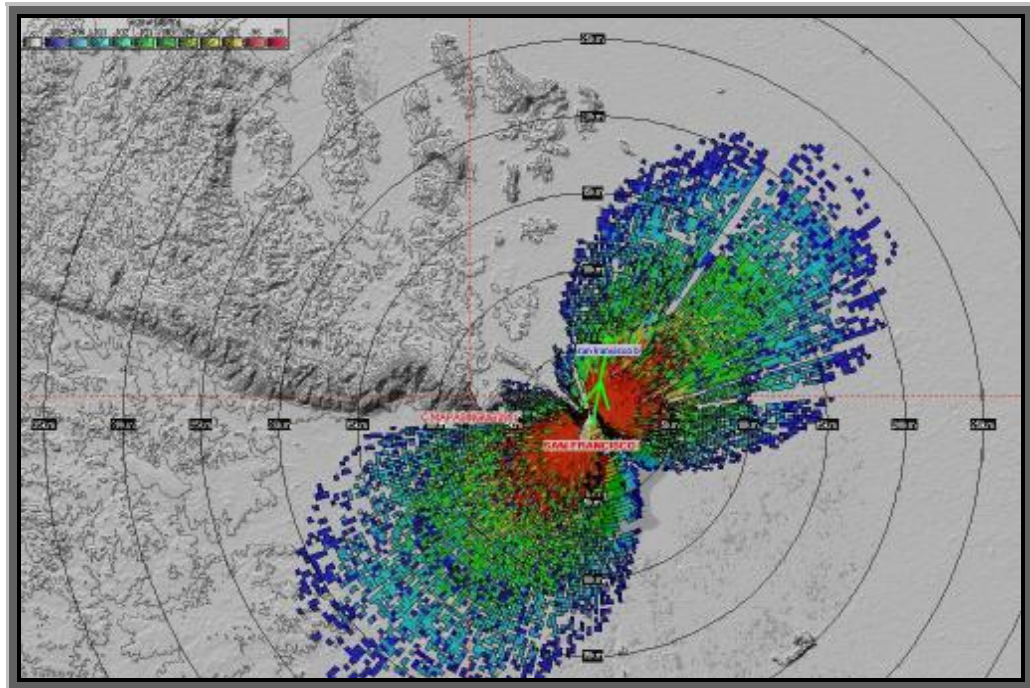


Figura 13: Ubicación de receptor en sector B de BS San Francisco.

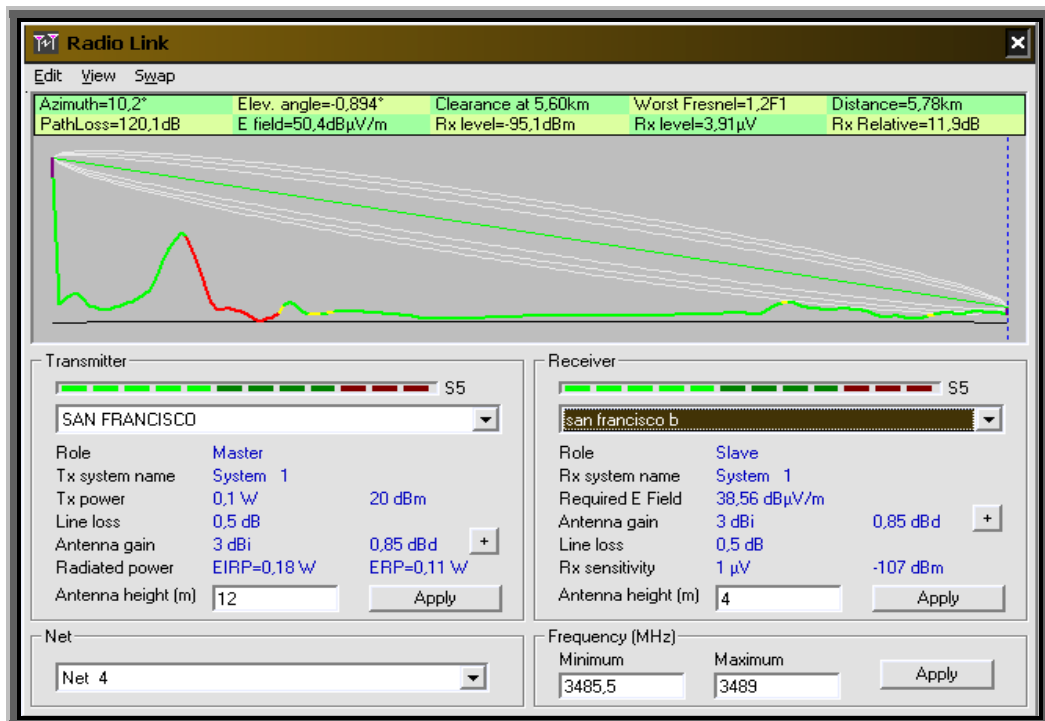


Figura 14: Resultado de simulación enlace sector B en BS San Francisco.

Sector C:

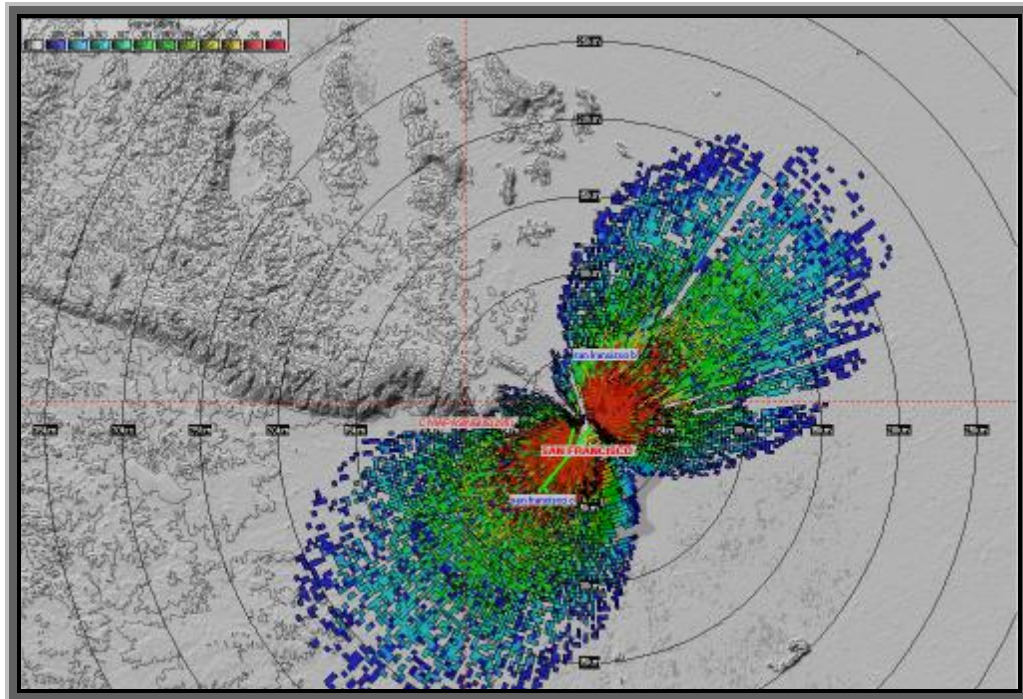


Figura 15: Ubicación de receptor en sector C de BS San Francisco.

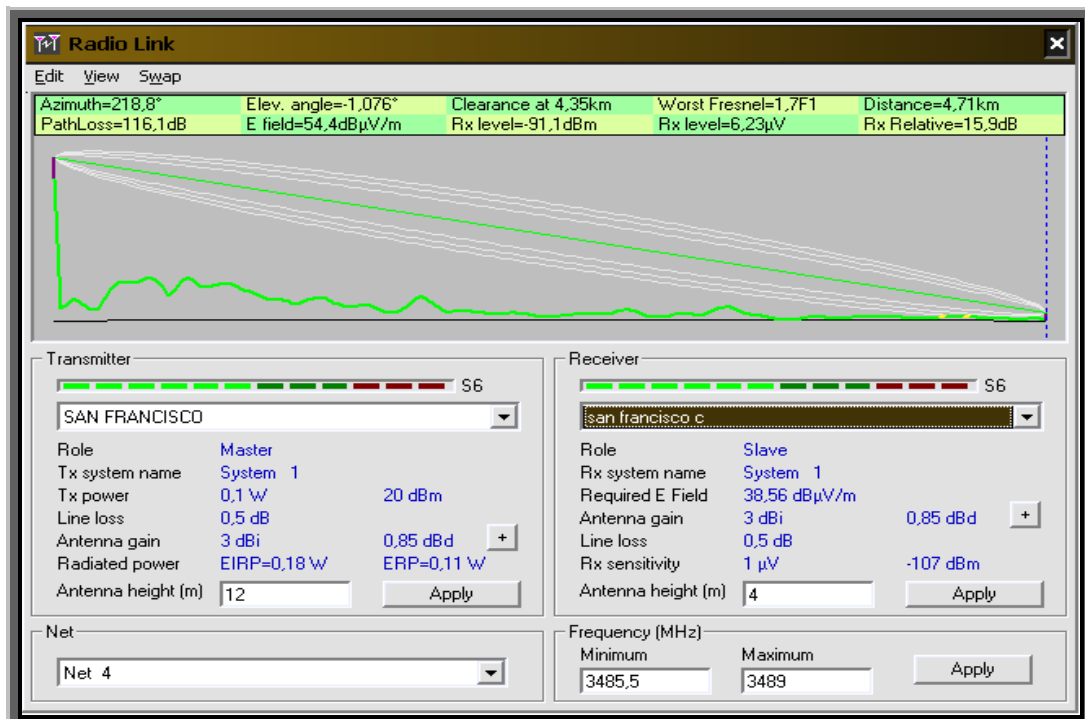


Figura 16: Resultado de simulación enlace sector C en BS San Francisco.

Sector D:

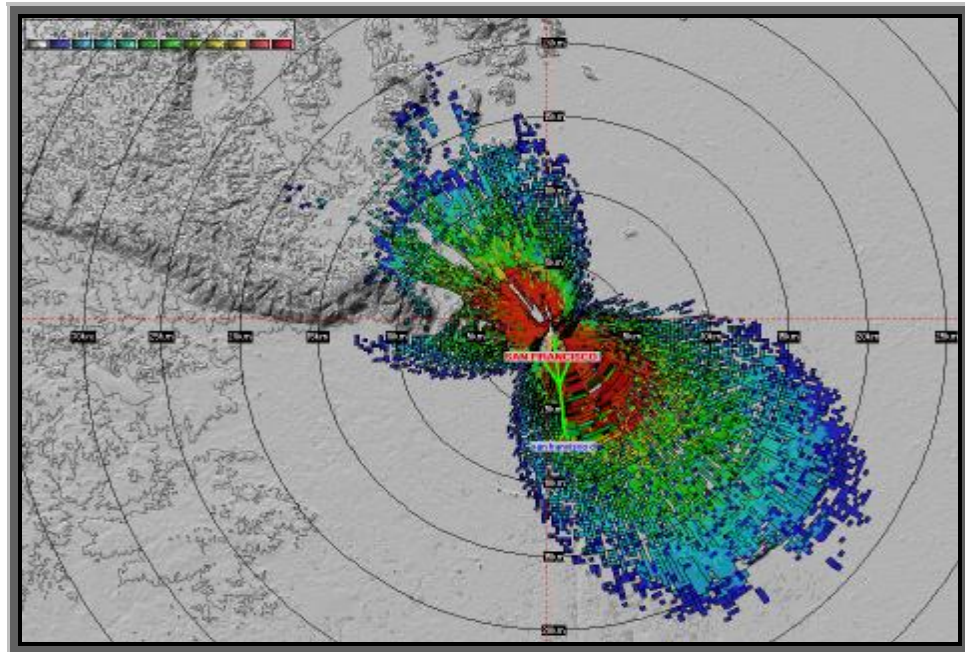


Figura 17: Ubicación de receptor en sector D de BS San Francisco.

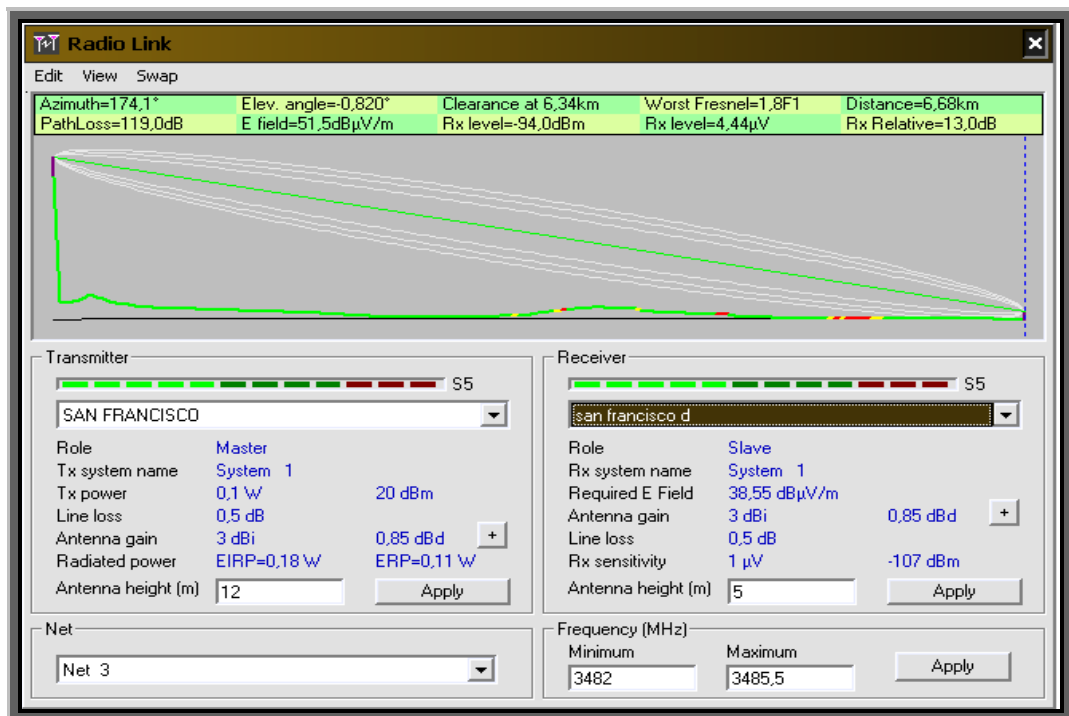


Figura 18: Resultado de simulación enlace sector D en BS San Francisco

ANEXSO C

COBERTURA EN ESTACIÓN DE BASE CERRO JORDÁN.

En los gráficos se observan, parámetros de ingreso en la aplicación Radio Mobile y la predicción de cobertura RF para la estación de base denominada Cerro Jordán.

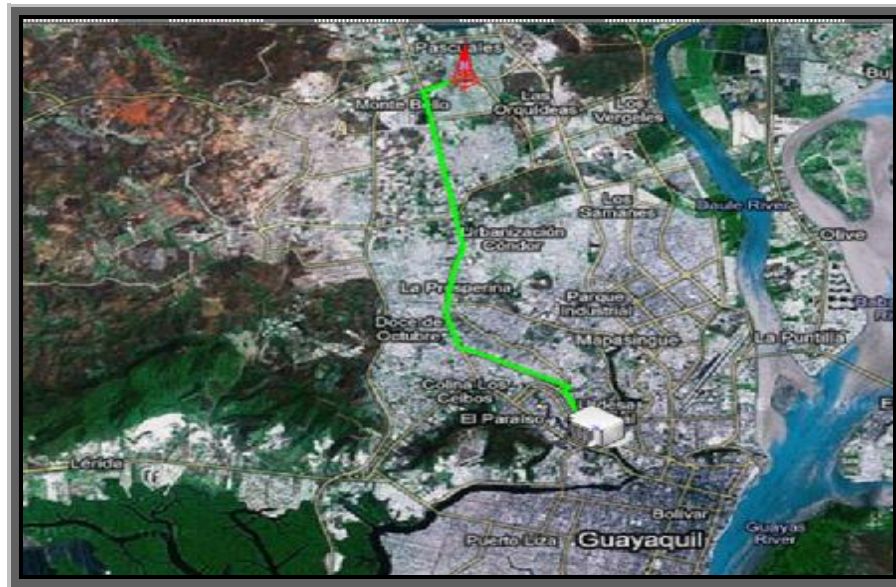


Figura 1: Ubicación real de BS Jordán.

Al igual que en los casos anteriores se configuran los parámetros respectivos.

Para los sectores A y D:

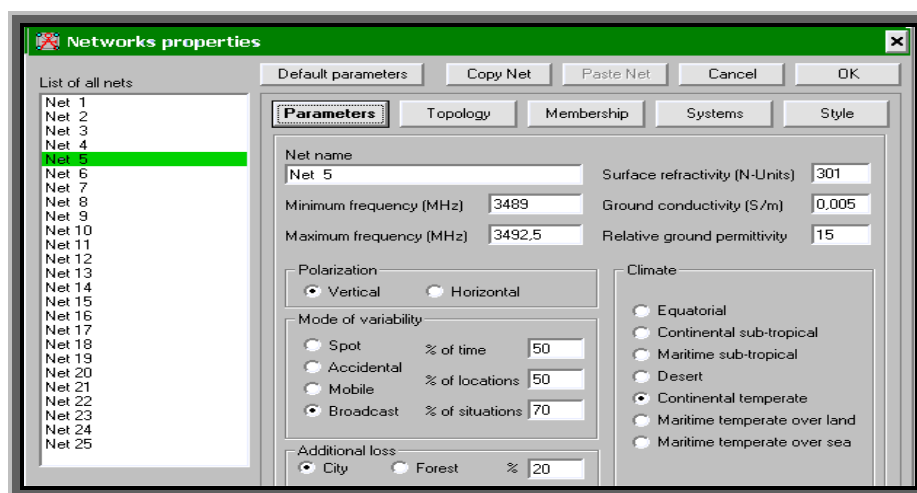


Figura 2: Parámetros de BS C. Jordán sectores A y D (1).

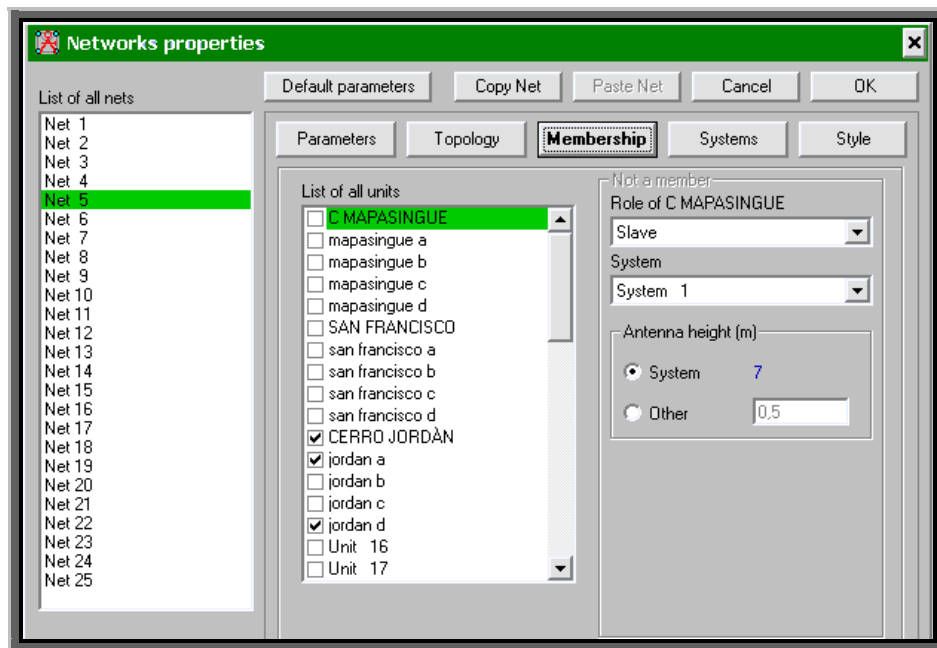


Figura 3: Parámetros de BS Jordán sectores A y D (2).

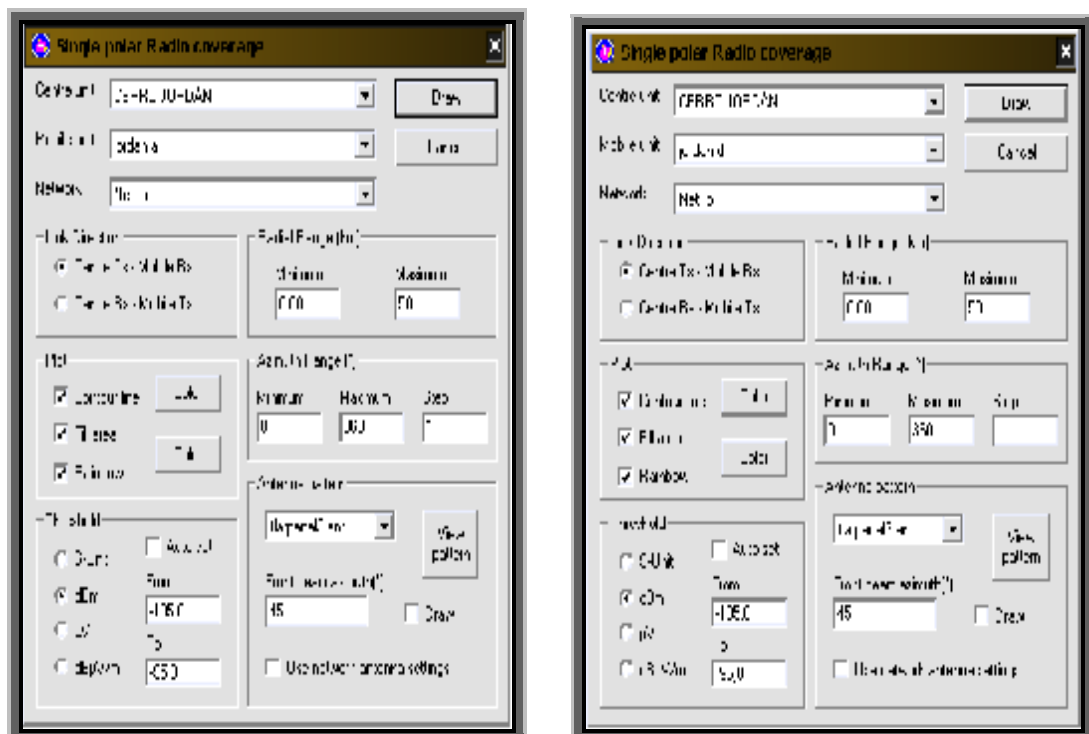


Figura 4: Parámetros de cobertura BS C Jordán sectores A y D

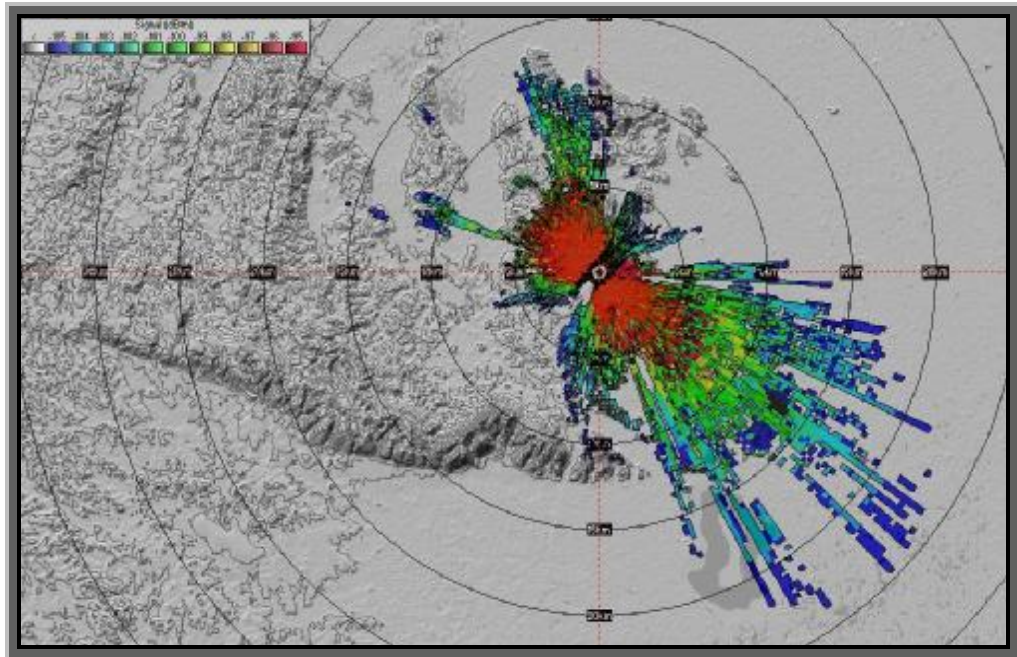


Figura 5: Estación Base Jordá

Para los sectores B y C:

Figura 6: Parámetros de BS Jordán sectores B y C (1).

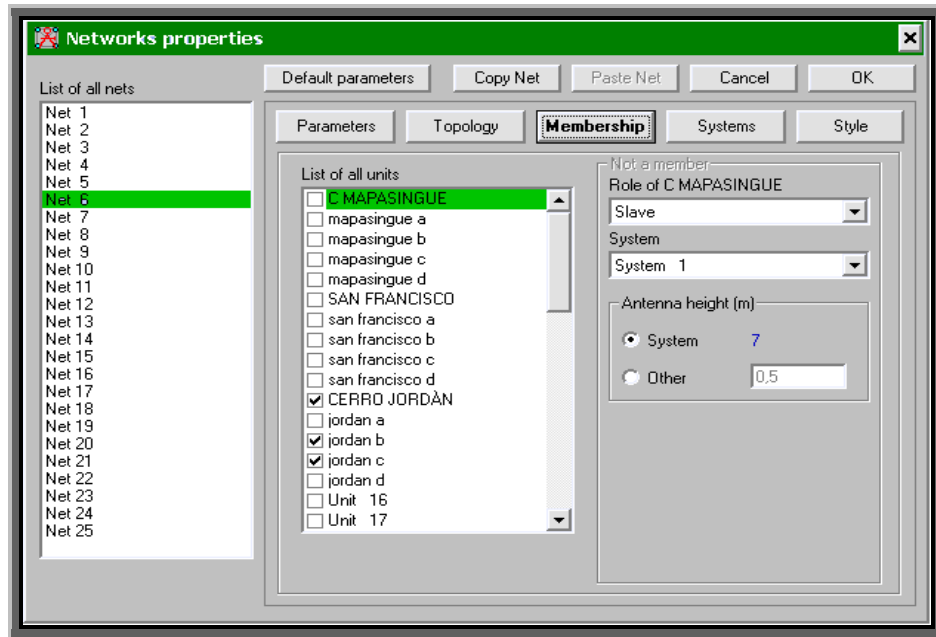


Figura 7: Parámetros de BS Jordán sectores B y C (2).

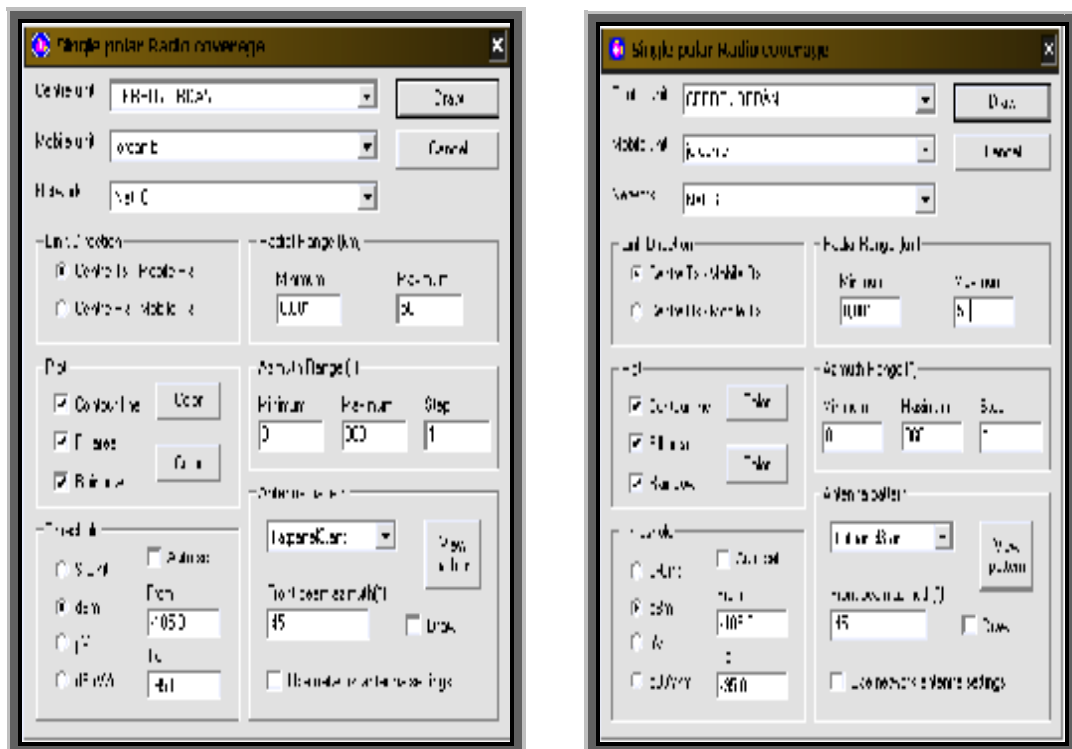


Figura 8: Parámetros de cobertura BS C Jordán sectores B y C.

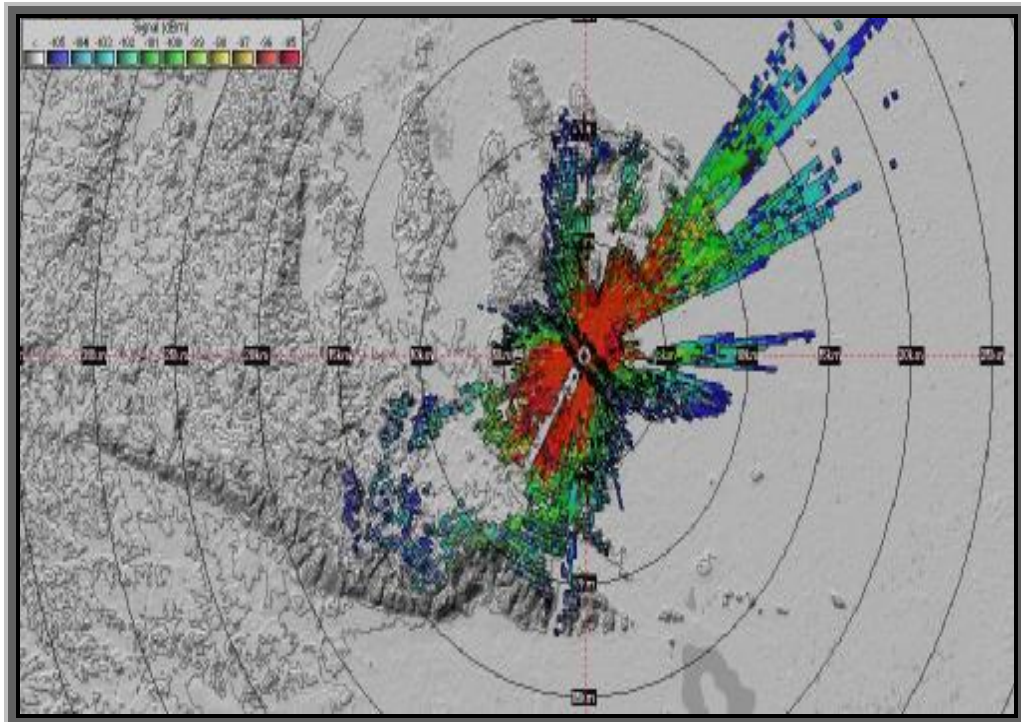


Figura 9: Parámetros de cobertura BS C Jordán sectores B y C.

Con los cuatro sectores se obtiene:

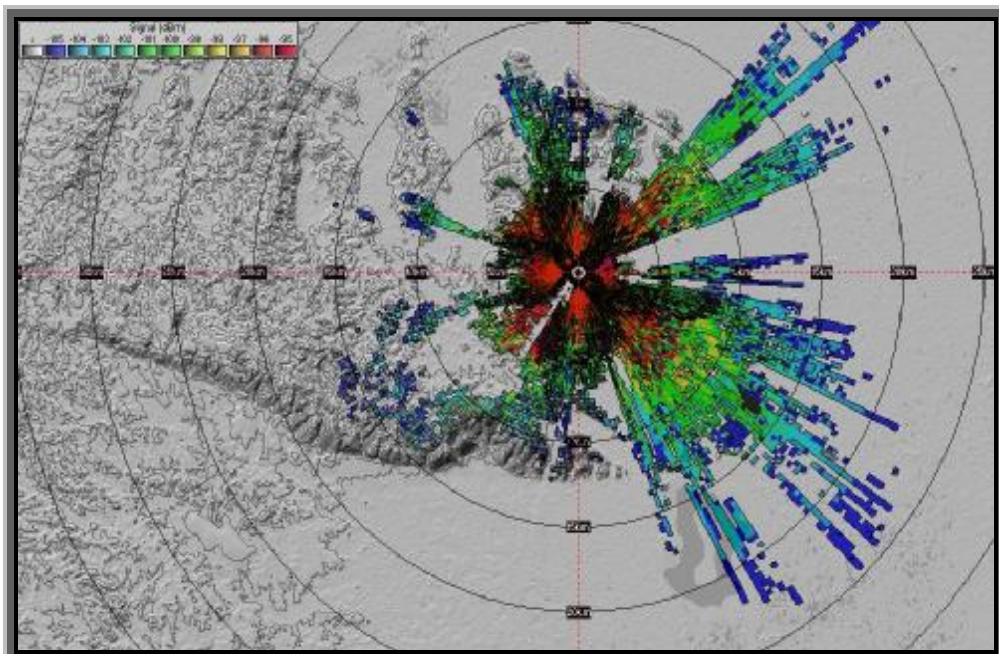


Figura 10: Patrón de irradiación de la BS Jordán cuatro sectores.

Para observar los resultados se utilizan receptores arbitrarios

Sector A:

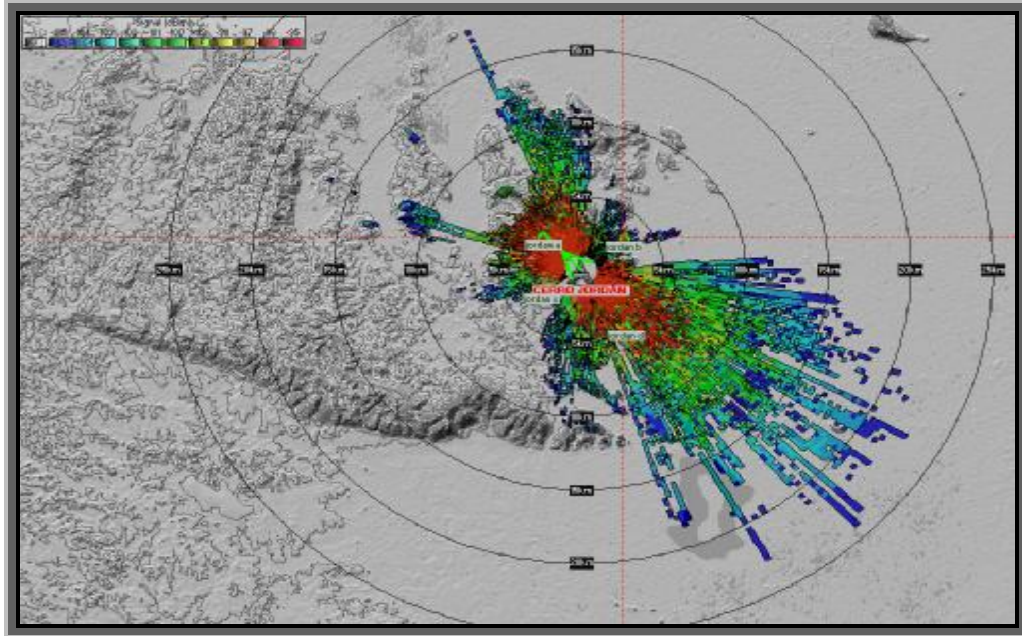


Figura 11: Ubicación de receptor en sector A de BS C. Jordán.

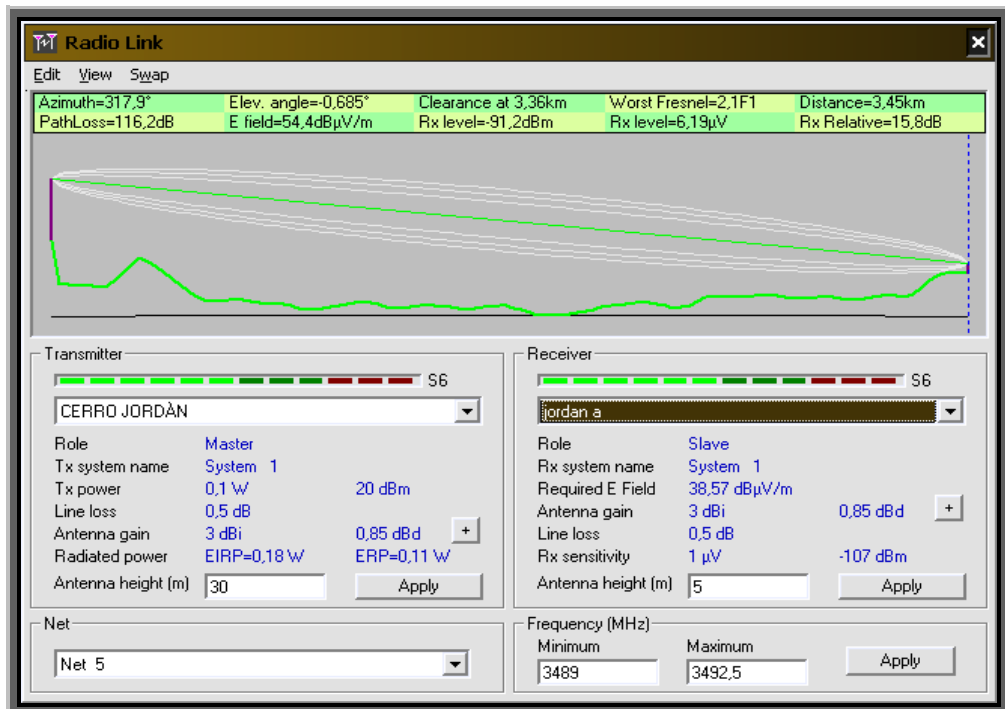


Figura 12: Resultado de simulación enlace sector A en BS Jordán.

Sector B:

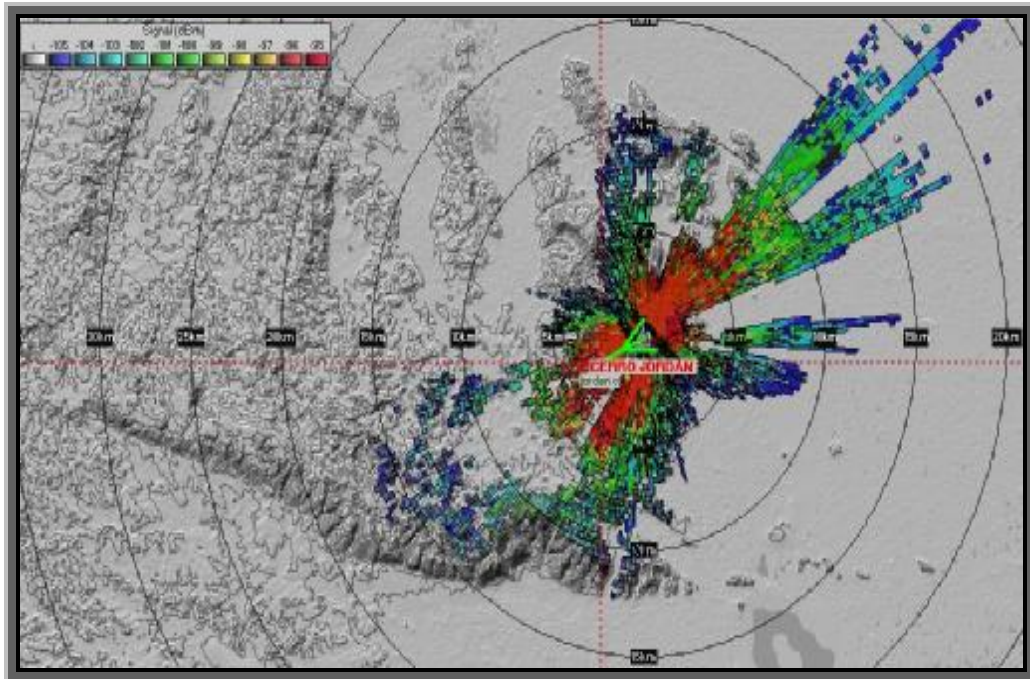


Figura 13: Ubicación de receptor en sector B de BS C. Jordán.

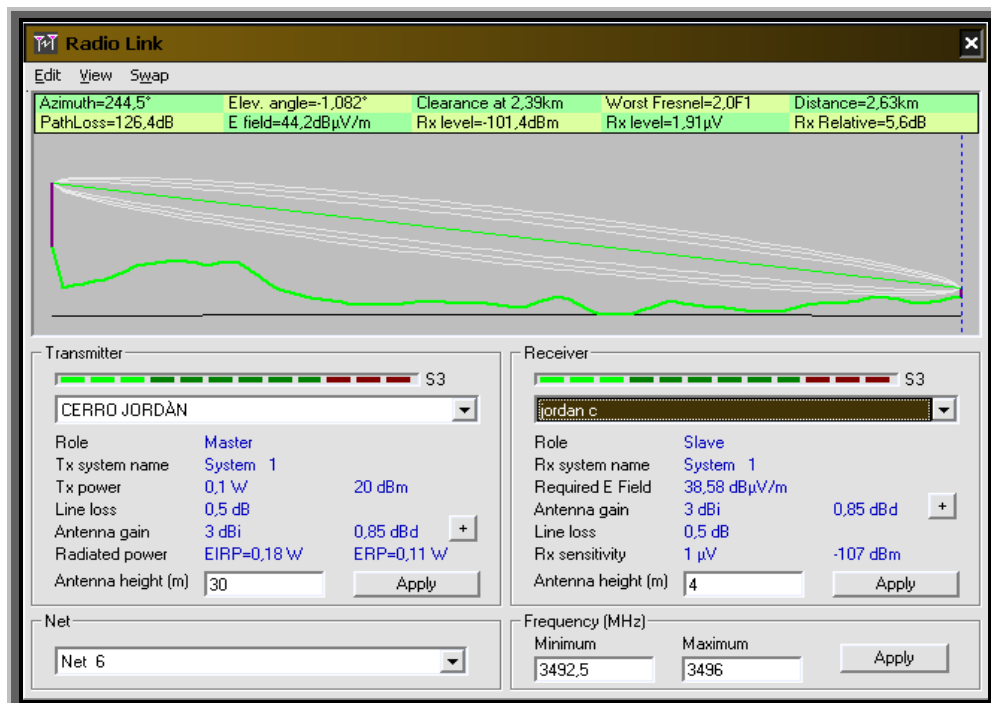


Figura 14: Resultado de simulación enlace sector B en BS C. Jordán.

Sector C:

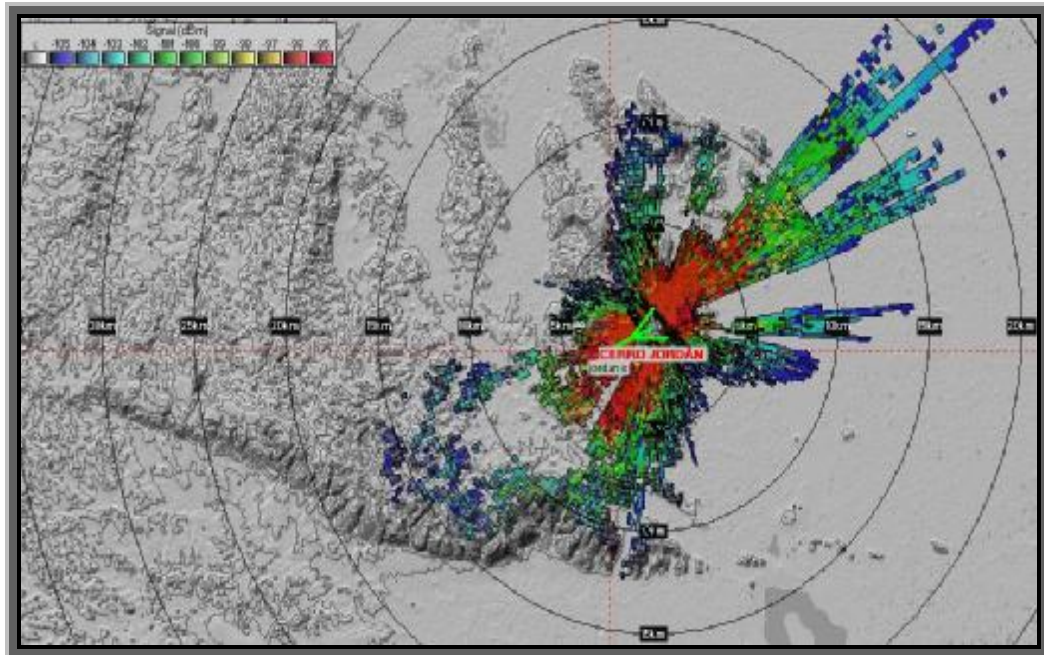


Figura 15: Ubicación de receptor en sector C de BS C. Jordán.

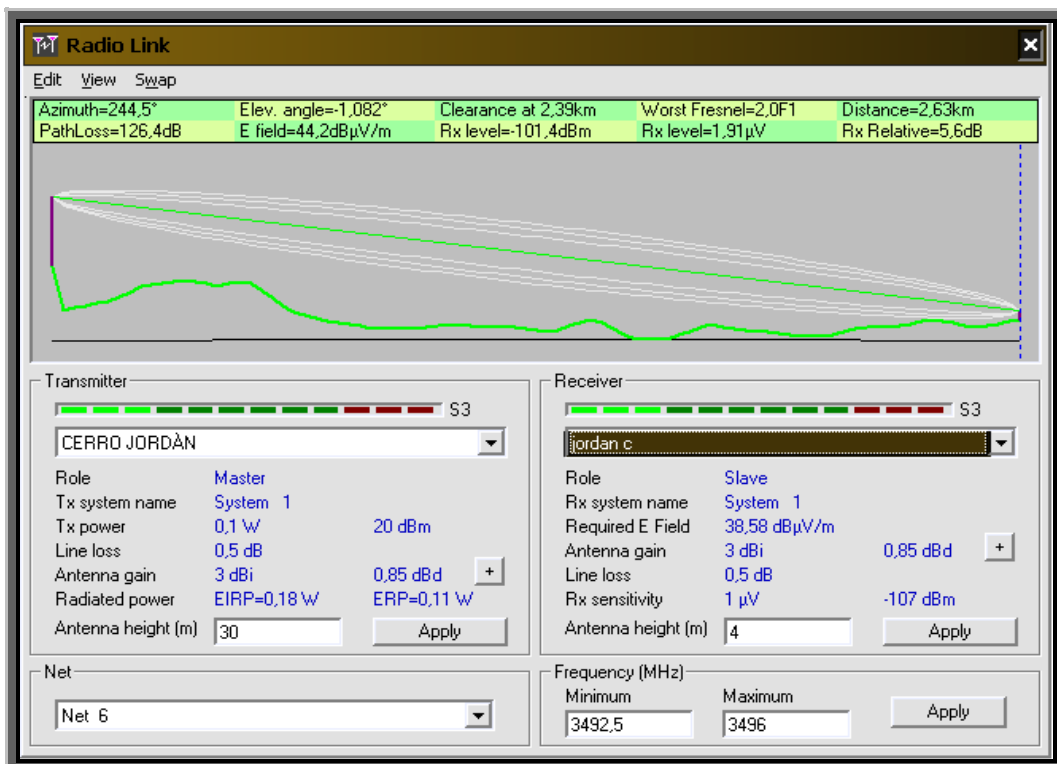


Figura 16: Resultado de simulación enlace sector C en BS C. Jordán.

Sector D:

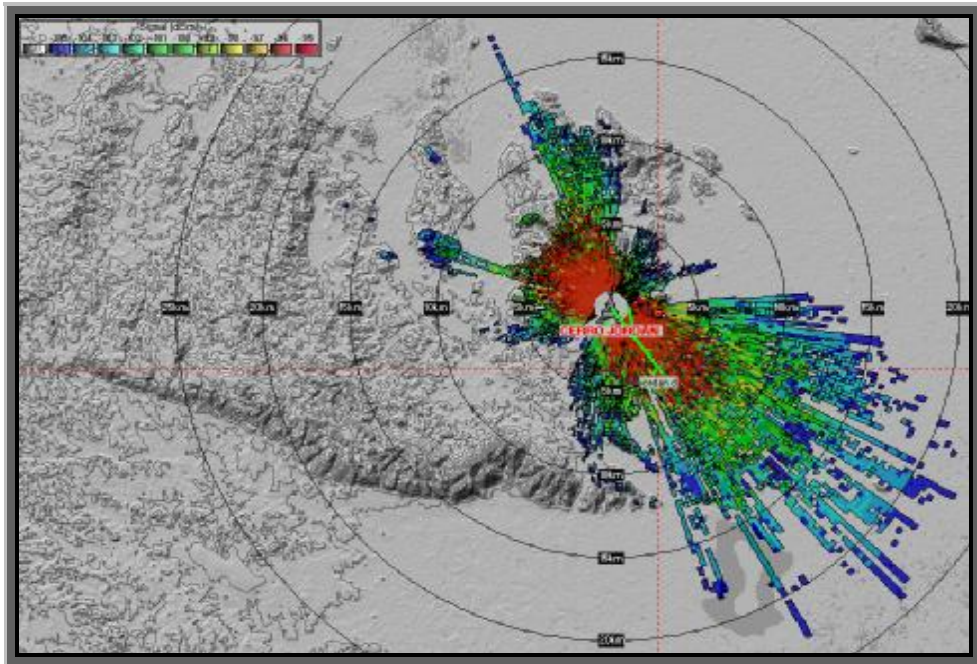


Figura 17: Ubicación de receptor en sector D de BS C. Jordán.

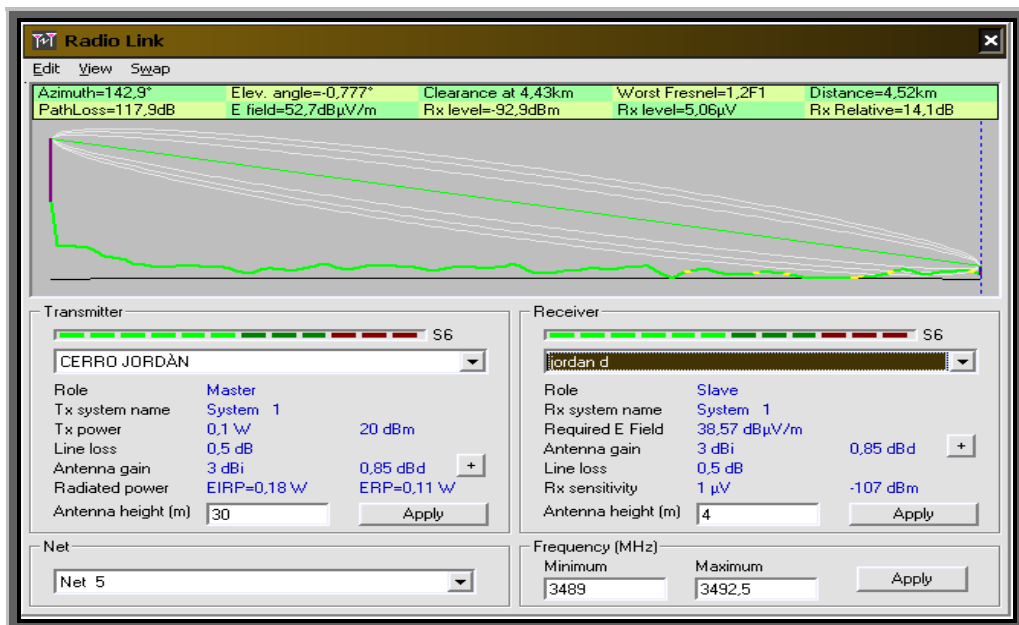


Figura 18: Resultado de simulación enlace sector D en BS C. Jordán.

A continuación se muestra el patrón de irradiación en la ciudad de Guayaquil, tomando en cuenta las tres estaciones bases con sus cuatro sectores cada una.

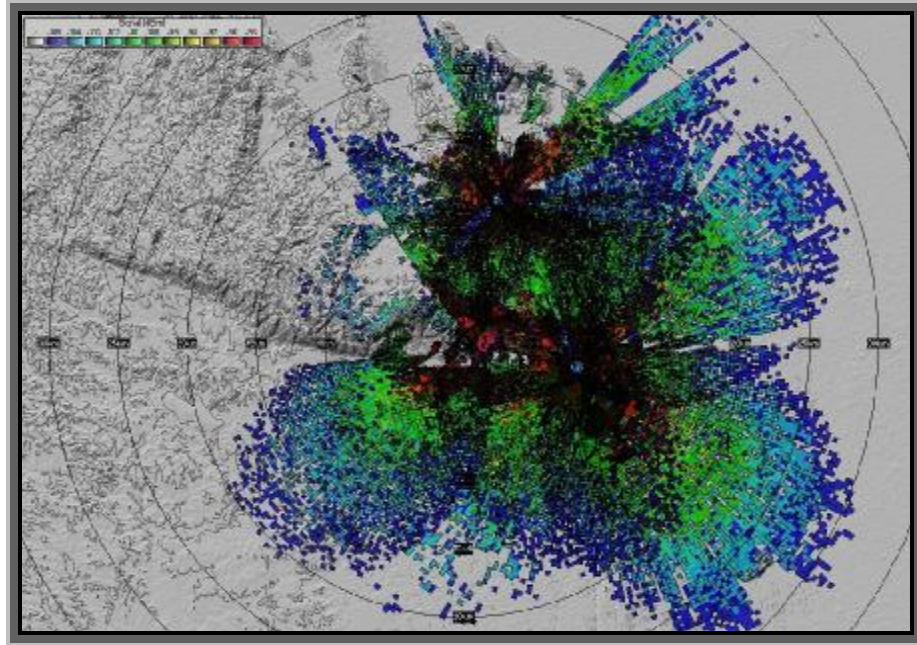


Figura 19: Patrón de irradiación de las tres BS con cuatro sectores.

La culminación de las nuevas estaciones de base serán concordante con la necesidades de ampliación de cobertura y principalmente para satisfacer la demanda de tráfico. Es importante mencionar que cada estación de base tiene una máxima capacidad de manejo de tráfico, por lo que es posible de que las nuevas estaciones base deban ser ubicadas, en los sitios existentes escogiendo las portadoras apropiadamente para evitar la interferencia de canal adyacente.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Redes de Próxima Generación (1), estándares UIT.T. UIT. (libro)
- (2) Unión Internacional de Telecomunicaciones. Voz y Telefonía sobre IP.
- (3) http://wireless-bfioptilas.com/objects/77_9_974307813/wimax_1.pdf
- (4) http://www.airspan.com/products_home_wimax.html
- (5) http://www.borrmart.es/articulo_redseguridad.php?id=1088
- (6) <http://malzar.freehostia.com/seguridad.html>
- (7) <http://www.wimaxtotum.org/documents>.
- (8) <http://www.cisco.com/en/US/products/ps368/index.html>
- (9) http://www.cisco.com/en/US/docs/routers/7200/technical_references/7200_mib_guid
- (10) http://www.airspan.com/products_sub_st.htm
- (11) http://www.huawei.com/core_network/products/ngn/umg8900_universal_media_gateway.do
- (12) <http://www.cisco.com/en/US/products/ps9590/index.html>
- (13) http://www.huawei.com/core_network/products/ngn/softx3000_softswitc_h.do
- (14) Las tecnologías de la Nueva generación.
- (15) http://4.bp.blogspot.com/_7kYE7ZmJFSc/R69OJSCFemI/AAAAAAAAAAo/f_ivegzxe2M/s320/ptp3.jpg
- (16) <http://www.conniq.com/images/PTP-WiMAX-backhaul.gif>
- (17) http://globeholidays.net/sout_america/maps3.htm
- (18) <http://www.theinquirer.net/img/11763/WiMax.jpg>

- (19) Redes y servicios digitales
- (20) http://www.globeholidays.net/South_America/Maps3.htm
- (21) <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6032/ps6094/ps6120/prdbrochure0900aecd80402ef4.html>
- (22) http://www.huawei.com/core_network/products/ngn/softx3000_softswitch.do
- (23) http://www.airspan.com/products_wimax_macromax.aspx
- (24) <http://www.supertel.gov.ec/index.php/component/content/article/132>
- (25) http://www.supertel.gov.ec/pdf/estadisticas/historico_telefonia_fija.pdf
- (26) <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7635/1/An%C3%A1lisis%20de%20los%20niveles%20de%20penetraci%C3%B3n%20de%20los%20servicios%20de%20Telecomunicaciones.pdf>
- (27) http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/?option=com_content&view=category&id=41&Itemid=167
- (28) http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=41%3Aestadisticas&id=492%3Aservicios-de-telefoniamovil&option=com_content&Itemid=167