

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITUALCIÓN ESPECIAL

TEMA:

“Análisis de factibilidad técnica, económica y regulatoria de una red inalámbrica para interconectar las cámaras de video vigilancia instaladas en la ciudad de Riobamba con el área de video vigilancia del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba, y éste con el ECU911 Quito”

Telmo Velasco Romero

Quito – 2016

AUTORÍA

Yo, Telmo Javier Velasco Romero, portador de la cédula de ciudadanía No.060302757-4, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Telmo Javier Velasco Romero

Contenido

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.....	1
1. Introducción.....	1
2. Justificación.....	2
3. Antecedentes.....	3
3.1. Wireless Personal Área Network (WPAN) (Derechos Seguridad Digital , 2011)	3
3.2. Wireless Lan Area Network (WLAN) (Camargo, s.f.)	4
3.3. Wireless Metropolitan Area Network.....	5
3.4. Redes WIMAX (UCACUE, s.f.)	5
3.5. Los sistemas de distribución local multipunto LMDS	6
3.6. Wireless Wide Area Network(Redes inalámbricas de área extensa).....	6
4. Objetivos.....	6
4.1. Objetivo General.....	6
4.2. Objetivos Específicos	7
5. Desarrollo Caso de Estudio	7
5.1. Situación Actual.....	7
5.1.1. Redes Wlan Estándar 802.11 (Escudero, 2007)	8
5.1.1.1. Lan Extension (Wlan como extensión de las Lan)	10
5.1.1.2. Cross-Building Interconnect (Interconexiones entre edificios)	11

5.1.1.3.	Nomadic Access (TLCLAB, 2008)	12
5.1.1.3.1.	Ad Hoc	12
5.1.1.4.	Requisitos de LAN inalámbrica (Andreu & Pellejero, 2006).....	13
5.1.2.	Tecnologías WLAN (López, 2014)	14
5.1.2.1.	Redes Infrarrojos (IR).....	14
5.1.2.2.	Redes LAN de espectro ensanchado (Olgín & Pardo, 2006).....	14
5.1.2.3.	Banda estrecha microondas.....	15
5.1.3.	Arquitectura de la Tecnología IEEE 802 (López, 2014)	15
5.1.3.1.	Capa Física (Arias, 2015) (Yunquera)	15
5.1.3.2.	La Capa Física Procedimiento de Convergencia (PLCP).....	16
5.1.3.3.	Subcapa dependiente del medio físico (PMD).....	16
5.1.3.4.	Capa Control De Acceso Al Medio (MAC)	17
5.1.3.5.	Capa Control Enlace Lógico (LLC) (Gutierrez).....	17
5.1.4.	Long Term Evolution (LTE) (Jaramillo, 2015).....	18
5.1.4.1.	Arquitectura LTE/SAE (Telecom Sharing, s.f.)	18
5.1.5.	Enlaces Microondas (Tomasi, 2006)	20
5.1.5.1.	Ventajas De Las Microondas	21
5.1.5.2.	Desventajas De Las Microondas.....	21
5.1.5.3.	Componentes De Un Sistema Microondas	22
5.2.	Estudio de factibilidad Técnica	23

5.2.1. Regulación Vigente De Las Telecomunicaciones En Ecuador (ASAMBLEA NACIONAL, 2015)	23
5.2.2. Interconexión C.O.L Ecu911 Riobamba – Ecu Quito	23
5.2.3. Interconexión C.O.L ECU-911 Riobamba – Cámaras De Video Vigilancia	24
5.2.4. Homologación Y Certificación De Los Equipos De Telecomunicaciones (ASAMBLEA NACIONAL, 2015)	24
5.2.4.1. Bandas de Frecuencias (CONATEL, 2015).....	27
5.2.4.2. Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha	27
5.2.5. Análisis De Perfil Topográfico Interconexión desde el Centro Operativo Local Ecu-911 Riobamba con las Cámaras de Video Vigilancia	28
5.2.5.1. Cerro Churo –Ecu911 Riobamba.....	29
5.2.5.2. Cerro Churo –Edificio Costales	30
5.2.5.3. Enlace Cerro CHURO – IESS	31
5.2.5.4. Enlace Edificio COSTALES – ESTACION.....	32
5.2.5.5. Enlace Edificio Costales – Calle Espejo.....	33
5.2.5.6. Enlace Veloz Y Loja – Cerro Churo.....	34
5.2.5.7. Enlace Mercado Oriental – Cerro Churo	35
5.2.6. Análisis De Perfil Topográfico de Interconexión del Centro Operativo Local Ecu-911 Riobamba con el SIS Ecu-Quito.....	37
5.2.6.1. Enlace Centro Operativo Local Riobamba – Cerro Cacha	37
5.2.6.2. Enlace Cerro Cacha – Cerro Igualata.....	38

5.2.6.3.	Enlace Cerro Igualata – Cerro Pilisurco	39
5.2.6.4.	Enlace Cerro Pilisurco – Cerro Atacazo	40
5.2.6.5.	Enlace Cerro Atacazo – Sis Ecu911 Quito	41
5.2.7.	Cálculo del presupuesto del enlace.....	43
5.2.7.1.	Zona de Fresnel.....	44
5.2.7.2.	Margen de Desvanecimiento.....	46
5.2.7.3.	Pérdidas en el espacio libre.....	48
5.2.7.4.	Potencia de recepción nominal	50
5.3.	Diseño de la Infraestructura de Telecomunicaciones	52
5.3.1.	Estudio De Factibilidad	52
5.3.1.1.	Factibilidad Técnica.....	52
5.3.1.2.	Robustez.....	53
5.3.1.3.	Red de Backbone (Red Principal).....	53
5.3.1.3.1.	Antena utilizada en el enlace Backhul	55
5.3.1.4.	Red de Interconexión cámaras de Video Vigilancia con el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba (Red Secundaria)	56
5.3.1.4.1.	Switch.....	60
5.3.1.5.	Escalabilidad.....	60
5.3.2.	Factibilidad Legal (ARCOTEL, 2016).....	60
5.3.2.1.	Documentos Necesarios Para La Solicitud De Permiso	61

5.3.2.2. Instructivos De Trabajo Y Formatos.....	62
5.3.3. Configuración de Equipos	64
5.3.3.1. MPLS (Multi – Protocol Label Switching) (UDLAP, s.f.).....	65
5.3.3.2. Calidad de Servicio QOS (Martínez) (J).....	65
5.3.3.3. Ingeniería de Tráfico (J M.).....	66
5.3.3.4. Soporte para Redes Virtuales (VPNs) (Prezi, 2014).....	67
5.3.3.5. Soporte Multiprotocolo.....	68
5.3.3.6. Virtual Private Lan Service (VPLS)	68
5.4. Análisis Financiero	69
5.4.1. Situación Actual.....	69
5.4.2. Conexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba con SIS ECU911 Quito.....	70
5.4.3. Conexión C.O.L ECU911 Riobamba con cámaras de video vigilancia	71
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	72
6.1. Conclusiones.....	72
6.2. Recomendaciones	73
Bibliografía	74
Anexos.....	79

Índice De Figuras

1. Estructura actual de conexión Sistema de Video Vigilancia.....	8
2. Wlan como extensión de las Lan	11
3. Interconexión entre edificios.....	11
4. Acceso Nómada.....	12
5. Red Lan Ad Hoc.....	13
6. Capa Modelo OSI Estándar IEEE 802.11.....	16
7. Arquitectura LTE.....	19
8. Arquitectura LTE Simplificada.....	19
9. Enlace terrestre de microondas.....	22
10. Perfil Topográfico C.O.L Riobamba-Cerro Cacha.....	29
11. Perfil topográfico Cerro Cacha – Cerro Igualata.....	30
12. Perfil topográfico Cerro Igualata – Cerro Pilisurco.....	31
13. Perfil topográfico Cerro Pilisurco – Cerro Atacazo	32
14. Perfil topográfico Cerro Atacazo– SIS ECU911 Quito.....	33
15. Ubicación Geográfica de los Enlaces.....	34
16. Conexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 Quito..	35
17. Perfil topográfico Cerro Churo– Centro Operativo Local ECU911 Riobamba.	36
18. Perfil topográfico Cerro Churo – Edificio Costales.....	36
19. Perfil topográfico Cerro Churo– Edificio IESS.....	38
20. Perfil topográfico Edificio Costales – Estación.....	39
21. Perfil topográfico Edificio Costales – Espejo.....	40
22. Perfil topográfico Cerro Churo– Veloz y Loja.....	41

23. Perfil topográfico Cerro Churo– Mercado Oriental.....	42
24. Ubicación Geográfica de los Enlaces.....	43
25. Conexión C.O.L Riobamba – Cámaras de Video Vigilancia.....	43
26. Cálculo Zona de Fresnel.....	44
27. Conexión Enlace Backhaul.....	55
28. Conexión cámaras con el centro operativo local Riobamba.....	56

Índice de Tablas

1. Bandas de Radio frecuencia para Microondas.....	20
2. Bandas de Frecuencias.....	27
3. Características técnicas de los sistemas de Modulación de banda ancha.....	28
4. Cálculo Zona de Fresnel Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO.....	45
5. Cálculo Zona de Fresnel Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – Nodos principales.....	46
6. Cálculo Desvanecimiento Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO.....	48
7. Cálculo Desvanecimiento Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – Nodos principales.....	48
8. Cálculo Perdidas en espacio libre Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO.....	49
9. Cálculo Perdidas en espacio libre Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – Nodos principales.....	49
10. Cálculo Potencia de Recepción Nominal Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO.....	51
11. Cálculo Potencia de Recepción Nominal Enlace Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – Cámaras de Video Vigilancia.....	51
12. Requisitos Legales para la Obtención de Título Habilitantes.....	61

13. Instructivos y Formatos de Otorgamiento de Título Habilitante para una Red Privada.....	62
14. Pago Interconexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – cámaras de video vigilancia.....	69
15. Pago Interconexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 Quito.....	70
16. Plan de Inversión enlace C.O.L Riobamba – SIS ECU 911 Quito.....	70
17. Plan de Inversión Red Secundaria.....	71

1. Introducción

En el presente caso de estudio se realizará un análisis técnico, económico y regulatorio que permita definir si es posible implementar la red de telecomunicaciones inalámbrica propuesta en este documento, la misma que permitirá interconectar las diferentes cámaras de video vigilancia instaladas en puntos estratégicos de la ciudad con el área de video vigilancia del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba, así como también permita interconectar el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba con el SIS ECU911 Quito, y en base a estos resultados diseñar una red de telecomunicaciones inalámbrica que cubra las necesidades tecnológicas y operativas dispuestas por la institución.

El centro Operativo local ECU911 Riobamba es una institución pública que ofrece un servicio de respuesta inmediata e integral para una determinada emergencia. Se encarga de la coordinación de la atención de los organismos de respuesta articulados en la institución para casos de accidentes, desastres y emergencias movilizando recursos disponibles para brindar atención rápida a la ciudadanía (ECU911, 2014), razón por la cual la plataforma tecnológica debe estar disponible las 24 horas del día los siete días de la semana así como también debe garantizar la transmisión de video en tiempo real.

Al momento el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba posee una infraestructura de interconexión basado en Fibra Óptica la misma que es provista por una empresa proveedora de servicios particular, al ser un servicio contratado genera grandes gastos en pagos mensuales por el consumo del servicio lo que limita el ancho de banda contratado para cada enlace.

Con el diseño de la red de telecomunicaciones inalámbrica que se propone en este caso de estudio se pretende eliminar los pagos mensuales por el servicio, así como también tener el control y administración de cada enlace.

2. Justificación

El centro operativo local ECU911 Riobamba posee una infraestructura tecnológica basada en su totalidad en enlaces de fibra óptica que permiten interconectar las cámaras de video vigilancia instaladas en puntos estratégicos de la ciudad con la sala de monitoreo del centro operativo local ECU911 Riobamba, así como también la conexión con el SIS ECU911 Quito.

Ya que el servicio de interconexión es provisto por una empresa proveedora de servicios particular se debe cancelar rubros por concepto de instalación y consumo mensual del servicio, los costos generados son elevados y esto no permite contratar el ancho de banda requerido para el trabajo óptimo de las cámaras de video vigilancia, adicional al costo las redes de fibra óptica tienen la limitante que dependen de la disponibilidad del servicio y situación geográfica para la instalación de un nuevo enlace.

El presente caso de estudio pretende determinar la mejor infraestructura tecnológica para interconectar inalámbricamente las cámaras de video vigilancia con la sala de video vigilancia del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba, así como también interconectar el centro operativo local ECU911 Riobamba con el SIS ECU911 Quito y tratar de reducir los costos por instalación y pago mensual por el consumo del servicio.

La implementación de esta infraestructura de telecomunicaciones inalámbrica permitirá cubrir lugares que son de difícil acceso para llegar con un medio de transmisión cableado ya que no depende de la geografía y por ser una infraestructura propia de la institución se podrá el control

y la administración de la misma permitiendo así gestionar de mejor manera el ancho de banda de cada enlace y así permitir aprovechar al máximo las prestaciones de los equipos periféricos.

3. Antecedentes

El centro operativo local ECU911 Riobamba es una institución pública que comienza sus actividades operativas en Marzo del 2014 y se crea con el objetivo de velar por la seguridad de la ciudadanía, para lo cual posee una infraestructura tecnológica sólida que permite llegar mediante puntos de video vigilancia a diferentes sectores de la ciudad de Riobamba (ECU911 S. I., 2014), para lo cual utiliza una infraestructura de interconexión basada en fibra óptica.

En la actualidad las redes de telecomunicaciones que más han evolucionado son las redes inalámbricas ya que facilitan la operación e instalación del servicio en lugares de difícil acceso para redes cableadas.

Las Redes inalámbricas se basan en tecnologías de espectro ensanchado y utilizan radio frecuencia para para transmitir información de forma segura de un punto a otro sin la necesidad de conectarse por medio de un enlace físico en este caso redes cableadas.

En este caso de estudio se va a estudiar diferentes métodos de transmisión inalámbrica WLAN para poder determinar cuál de estos métodos es el que nos permitirá cubrir las necesidades requeridas por la institución para la implementación de una red de comunicaciones inalámbrica.

Las redes se WLAN se clasifican de acuerdo a la cobertura teniendo así:

3.1. Wireless Personal Área Network (WPAN) (Deredes Seguridad Digital , 2011)

Son redes de corto alcance las mismas que cubren áreas pequeñas por lo general de pocos metros, se utilizan para interconectar dispositivos que se encuentran cercanos al punto de acceso,

una de las principales tecnologías de este tipo de redes es el BLUETOOTH que ofrece una velocidad máxima de 1 MBPS con un alcance máximo de 30 metros de cobertura.

Este tipo de tecnología procura hacer un uso eficiente de los recursos por lo que se han diseñado protocolos simples para cubrir las necesidades de comunicación de las aplicaciones (control y monitoreo industrial, domótica). (UDLAP, s.f.)

Existen tres tipos de redes WPAN las que se diferencian por el ancho de banda, consumo de energía y calidad de servicio, entre estas tenemos:

- WPAN con alto rango de velocidad (IEEE 802.15.3) para aplicaciones multimedia que requieran QOS
- WPAN de rango medio (IEEE 802.15.1 - BLUETOOTH) celulares PDAs poseen QOS para transmisiones de voz
- LR-WPAN baja transmisión de datos (IEEE 802.15.4)

3.2. Wireless Lan Area Network (WLAN) (Camargo, s.f.)

En estas redes se puede encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLan (high performance radio LAN) que es un estándar perteneciente al grupo ETSI (Instituto de estándares de telecomunicaciones Europeo) cuyo objetivo principal es conseguir mayor transferencia de datos que el definido en el estándar 802.11, con estas redes se cubre un rango de 50 m es de baja movilidad y soporta hasta 10 Mbps.

Hiperlan2 es una solución estándar para rangos de comunicación cortos que permiten realizar altas transferencias de datos con QOS entre las estaciones bases WLAN y los usuarios finales, permite conexiones con velocidades de transmisión de hasta 54 MBps es orientado a conexión,

permite al implementación de QOS, permite realizar el hand over entre diferentes puntos de acceso, y es compatible con 3G

3.3. Wireless Metropolitan Area Network

Para este tipos de redes se encuentran tecnologías como WIMAX que es un estándar de comunicación inalámbrica basada en la norma 802.16, y también podemos encontrar los sistemas de comunicación LMDS (Local Multipoint Distribution Service)

3.4. Redes WIMAX (UCACUE, s.f.)

Definen en el estándar 802.16, en la capa física que se basa en una sola portadora OFDM – OFDMA [1] que ofrece resistencia al multi trayecto y permite operar a WIMAX en ambientes NLOS (redes sin línea de vista).

Soporta altas tasas de transmisión de datos utilizando modulación y codificación adaptativa, permitiendo la retransmisión de datos en la capa de enlace mediante el protocolo de retransmisión de datos ARQ que es el que admite aplicaciones que no operan en tiempo real.

Antenas MIMO, aprovechan el dominio espacial para aumentar la eficiencia espectral y la fiabilidad del sistema de comunicaciones inalámbrico a través de la ganancia de multiplexación espacial y la ganancia de la antena y utilizan la codificación espacio temporal (STC) para disminuir las probabilidades de error.

Antenas ADAPTATIVAS, proveen una dirección espacial de la potencia radiada usando formadores de rayo (beamforming) fijos o adaptativos, los más comunes son los de rayo conmutado o conjuntos de entena de fase que permite el trabajo a partir de la adaptación de la fase de cada elemento de la antena en el array.

3.5. Los sistemas de distribución local multipunto LMDS

Es una tecnología de acceso inalámbrica de banda ancha que se utiliza para el conexiones de alta velocidad mediante conexión microonda, su funcionamiento es parecido al de un sistema de telefonía celular constan de un radio base que distribuyen la señal a los usuarios finales a distancias de hasta 4 Km

3.6. Wireless Wide Area Network(Redes inalámbricas de área extensa)

Estas redes permiten realizar conexiones inalámbricas a través de áreas extensas, tienen mayor alcance que cualquiera de las otras redes inalámbricas, utilizan elevadas torres de transmisión que emiten ondas de radio o utilizan microondas para su conexión, entre las conexiones WWAN tenemos:

GSM (Sistema Global para las comunicaciones móviles)

GPRS (Servicio general de paquetes vía radio).

UTMS (Sistema Universal de telecomunicaciones móviles).

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar la factibilidad técnica económica y regulatoria para implementar un sistema inalámbrico entre las instalaciones del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba y las cámaras de video vigilancia instaladas en diferentes puntos de la ciudad de Riobamba, así como también el enlace entre el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba y el SIS ECU911 Quito

4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio y análisis de las principales tecnologías de transmisión inalámbrica.
- Realizar el estudio de factibilidad técnica para determinar el método de transmisión inalámbrica que permita interconectar las cámaras de video vigilancia con la sala de video vigilancia del centro operativo local ECU911 Riobamba, y este con el ECU-911 Quito.
- Realizar el diseño de una infraestructura de telecomunicaciones inalámbrica acorde a los parámetros determinados en el estudio de factibilidad técnica para garantizar el acceso y la seguridad en los datos, respetando la normativa legal que rige las telecomunicaciones en el país.
- Realizar el Análisis Financiero considerado en la implementación de la Infraestructura de Telecomunicaciones Inalámbrica

5. Desarrollo Caso de Estudio

5.1. Situación Actual

La infraestructura que se tiene implementada actualmente en el ECU-911 Riobamba es una red basada en Fibra Óptica, la misma que interconecta la sala de video vigilancia del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba con los diferentes puntos de video vigilancia instalados en la ciudad de Riobamba ver Figura 1.

Esta red es provista por una empresa privada de telecomunicaciones, la misma que provee enlaces dedicados con un ancho de banda fijo para la conectividad, el ancho de banda promedio utilizado por cada enlace es de 2 y 3 MB dependiendo de cuantas y que tipo de cámara posee el enlace.

El costo que se paga por mega contratado es de \$ 50 dólares, en la ciudad de Riobamba se tiene instaladas 57 cámaras de video vigilancia, el costo mensual que se genera por cámara es de \$ 114 dólares en los enlaces de 2 Mb y \$ 171 dólares por los enlaces de 3Mb, al ser este un valor elevado y asumido por la institución se ha visto la necesidad de proponer este proyecto para realizar el análisis de factibilidad técnico económico y regulatorio para una red inalámbrica que nos permita interconectar las cámaras de video vigilancia con la sala operativa del centro operativo local ECU911 Riobamba (Figura 1), y así tratar de reducir los costos de operación.

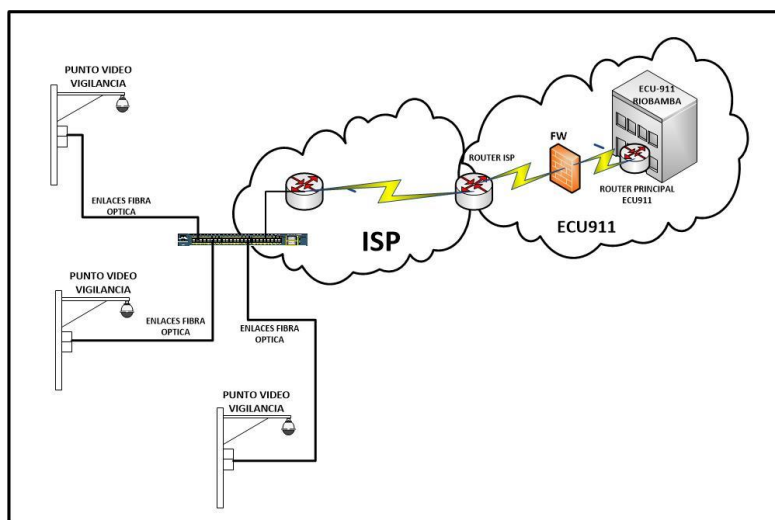


Figura 1. Estructura actual de conexión Sistema de Video Vigilancia

5.1.1. Redes Wlan Estándar 802.11 (Escudero, 2007)

Las redes inalámbricas han evolucionado durante los últimos 30 años, las primeras pruebas de transmisión fueron realizadas en los años 70 mediante enlaces infrarrojos, las cuales son consideradas el inicio de las redes inalámbricas.

Los primeros equipos WLAN que permitieron la conexión inalámbrica no causaron mucho impacto ya que permitían transmisión de datos a bajas velocidades, tenían falla en los estándares y las licencias para el funcionamiento eran de difícil acceso, esto no fue por

mucho tiempo ya que a finales de los años 80 la FCC (Federal Communication Commission) asigna una serie de bandas para el estudio e investigación de las WLAN, es así que a principios de los 90 se publican los primeros trabajos de WLAN y se logra transmitir datos a una velocidad de 1Mbps.

El estándar WIFI 802.11 fue creado para sustituir a las capas Físicas y MAC de Ethernet el mismo que permite que la comunicación entre dispositivos de diferente fabricante sea posible. Los sistemas modernos son capaces de transferir datos a velocidades aceptables al punto que soportan velocidades de transmisión como si fueran redes LAN tradicionales.

Las Redes WLAN constituye en la actualidad una de las soluciones tecnológicas que más se utilizan en el área de las telecomunicaciones inalámbricas para banda ancha, la principal característica es la de poder trabajar en bandas no licenciadas lo que le permite a este tipo de redes competir con otras tecnologías de acceso, para que estas redes puedan operar sin ningún problema las entidades de control se ven obligadas a desarrollar un marco regulatorio adecuado que permita el uso eficiente y compartido del espectro radio eléctrico.

Las características más destacadas de las redes WLAN se listan a continuación: (Morales & Córdova, 2010)

- **Movilidad**, permite la transmisión de información en tiempo real desde cualquier punto del área de cobertura de la red wlan
- **Facilidad de Instalación**, al no necesitar de cableado físico para interconectar los dispositivos se reducen los costos y tiempo en la instalación de estas redes

- **Flexibilidad**, al ser el medio transmisión el aire mediante ondas electromagnéticas no necesita de cables para su interconexión razón por la cual accede a lugares de difícil acceso, permitiendo la transmisión de datos a través de varios obstáculos.

Se consideran cuatro áreas de aplicación para las redes WLAN: (CISCO NETWORKING, 2010)

5.1.1.1. Lan Extension (Wlan como extensión de las Lan)

Los primeros productos de las redes WLAN se introdujeron a finales de 1980, y se comenzaron a comercializar como sustitutos de las redes LAN cableadas. Las WLAN permiten ahorrar el costo de la instalación de cableado de las redes LAN y facilita las tareas de reubicación y otras modificaciones a la estructura de red.

Debido a que la necesidad de redes de área local se hizo más grande, los arquitectos diseñaron los edificios para incluir un extenso cableado previo para aplicaciones de datos, con los avances en la tecnología de transmisión de datos existe una creciente dependencia de cableado de par trenzado para redes de área local sin blindaje. Por lo tanto, el uso de WLAN para reemplazar las redes LAN cableadas no causo el efecto esperado.

Las redes WLAN son una buena opción para edificios con grandes áreas abiertas, parques, donde las redes LAN cableadas no es económico. En todos estos casos, una LAN inalámbrica proporciona una alternativa eficaz y más atractivo.

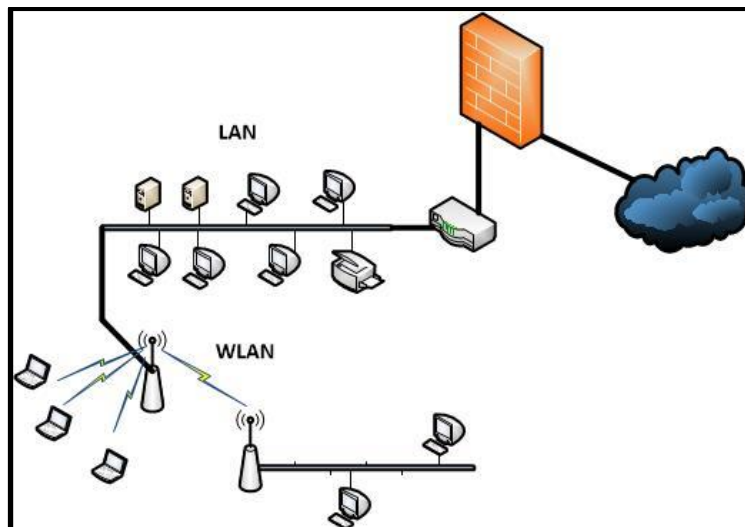


Figura 2. Wlan como extensión de las Lan

5.1.1.2. Cross-Building Interconnect (Interconexiones entre edificios)

Otro uso de la tecnología WLAN es la interconexión LAN entre edificios cercanos, ya sean cableadas o inalámbricas. Las distancias que se manejan son de hasta 40 Km.

El uso de dispositivos WLAN son más efectivos en términos de costos, que usar WANs o rentar e instalar fibra óptica.

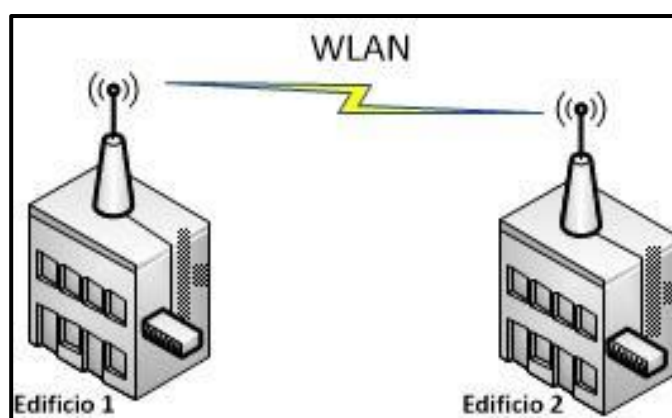


Figura 3. Interconexión entre edificios

5.1.1.3. Nomadic Access (TLCLAB, 2008)

El acceso nómada proporciona un enlace inalámbrico entre un concentrador LAN y un terminal de datos móvil equipado con una antena, tal como un ordenador portátil o un ordenador. Un ejemplo de la utilidad de una conexión de este tipo es permitir que un empleado de regresar de un viaje a transferir datos desde un ordenador personal portátil a un servidor en la oficina.



Figura 4. Acceso Nómada

5.1.1.3.1. Ad Hoc

Las redes ad hoc son redes peer-to-peer (sin servidor centralizado) que se establecen temporalmente para satisfacer necesidades inmediatas. En este tipo de redes no existe la necesidad de una infraestructura previa

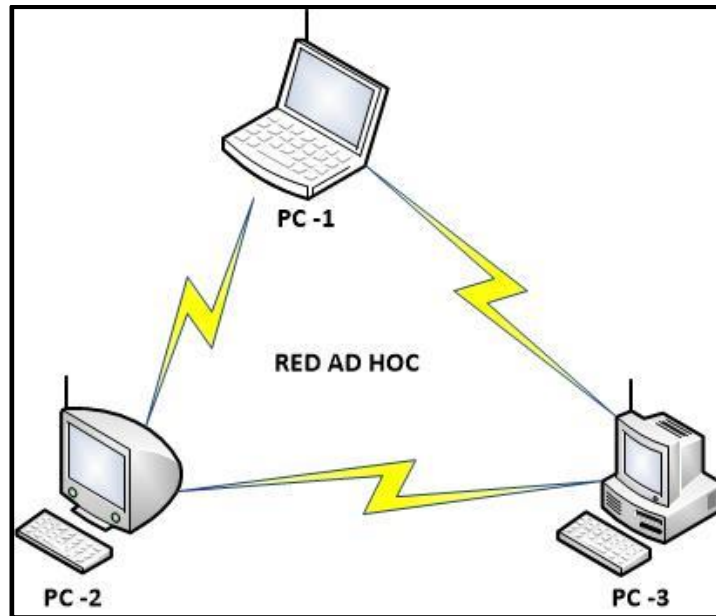


Figura 5. Red Lan Ad Hoc

5.1.1.4. Requisitos de LAN inalámbrica (Andreu & Pellejero, 2006)

Las WLAN deben cubrir los mismos requerimientos que cualquier red LAN ofrece, como por ejemplo alta capacidad de transmisión, así como también deben permitir la conectividad entre todas sus estaciones pertenecientes a un mismo dominio.

A continuación se lista varios de los requerimientos más importantes de las redes WLAN

- **Rendimiento:** Este se determina por el rendimiento del protocolo CSMA/CA, lo que nos permite maximizar la capacidad.
- **Número de clientes:** Las redes WLAN deben soportar cientos de clientes en varias celdas.
- **Conexión a la red troncal inalámbrica:** Debe permitir la interconexión entre redes troncales cableadas LAN, esto se logra fácilmente mediante el uso de módulos de control que se conectan a ambos tipos de redes de área local.

- **Área de servicio:** Las redes WLAN deben cubrir por lo menos un área de un diámetro de 100 a 300 m.
- **Transmisión robustez y seguridad:** El diseño de una WLAN debe permitir la transmisión fiable de los datos, incluso en ambientes que generan ruido y debe también proporcionar un cierto nivel de seguridad contra posibles escuchas no *permitidas*.
- **Funcionamiento sin licencia:** Una de las ventajas principales de las WLAN es la de operar sin tener que obtener una licencia para la banda de frecuencia utilizada por las redes WLAN.
- **Handoff / roaming:** Se debe permitir la movilidad de los usuarios entre celdas.

5.1.2. Tecnologías WLAN (López, 2014)

Las redes WLAN por lo general se clasifican de acuerdo con la técnica de transmisión que se utiliza

5.1.2.1. Redes Infrarrojos (IR)

Permite la comunicación entre dos puntos usando leds infrarrojos permitiendo así una comunicación punto a punto, es una conexión de corto alcance ya que no puede atravesar techos ni paredes, la distancia máxima de separación entre estos dos puntos no debe superar más de 1m.

5.1.2.2. Redes LAN de espectro ensanchado (Olgín & Pardo, 2006)

En este de redes tipo de LAN se hace uso de la tecnología de transmisión de espectro ensanchado, la misma que es una técnica por la cual la señal transmitida se ensancha a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, la señal de espectro ensanchado puede coexistir con señales en banda estrecha.

5.1.2.3. Banda estrecha microondas

Estas redes LAN operan en frecuencias de microondas, pero no utilizan espectro ensanchado. Algunos de estos productos operan en frecuencias que requieren de licencia de la FCC, mientras que otros utilizan una de las bandas ISM sin licencia.

5.1.3. Arquitectura de la Tecnología IEEE 802 (López, 2014)

Los protocolos de la tecnología IEEE 802 se definen específicamente para solventar los problemas de transmisión de las redes LAN y MAN.

En términos del modelo OSI los protocolos de capas superiores a la capa 3 son independientes de la arquitectura de red y son aplicables a las redes LAN, MAN y WAN, los protocolos de redes las redes LAN se refieren a las capas inferiores del modelo OSI.

A continuación describiremos las principales características de las diferentes capas del modelo IEEE 802.

5.1.3.1. Capa Física (Arias, 2015) (Yunquera)

En esta capa se describe las características del medio de transmisión y de la topología, también define funciones tales como:

- La codificación / decodificación de señales (por ejemplo, PSK, QAM, etc.)
- Generación de Preámbulo / extracción (para la sincronización)
- La recepción de la transmisión de bits
- En el estándar 802.11 se define para la capa física dos sub capas PLCP (Physical Layer Convergent Procedure) y PMD (Physical Medium Dependant) como se muestra en la Figura 6.

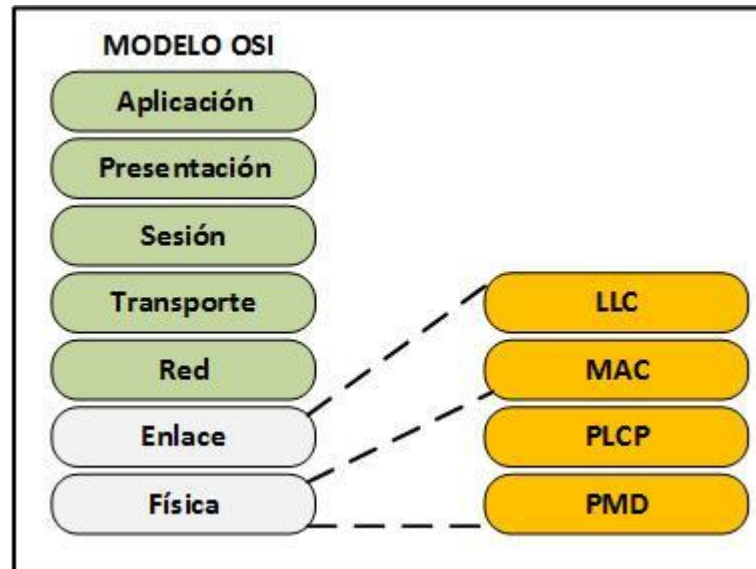


Figura 6. Capa Modelo OSI Estándar IEEE 802.11

5.1.3.2. La Capa Física Procedimiento de Convergencia (PLCP)

Se encarga de acondicionar las tramas que provienen de la capa MAC para su envío a través del medio radio añadiendo un preámbulo y una cabecera, es un método de mapeo de unidades de datos de protocolo de capa MAC (PDU) en un formato de trama adecuado para enviar y recibir datos de usuario y la información de gestión entre dos o más estaciones de uso de la subcapa PMD asociado.

5.1.3.3. Subcapa dependiente del medio físico (PMD)

Se ocupa de la modulación y de la aplicación de técnicas del espectro ensanchado de la señal y se define las características del método y de la transmisión y recepción, los datos del usuario a través de un medio inalámbrico entre dos o más estaciones.

5.1.3.4. Capa Control De Acceso Al Medio (MAC)

Esta capa se preocupa de controlar y administrar el acceso al medio físico cuando el mismo se encuentra compartido con más usuarios esto para evitar colisiones. Entre las funciones que realiza la Capa de Acceso al Medio se tiene:

- Reunir datos en la transmisión en una trama con campos de detección de error de direcciones.
- Descomponer las tramas en la recepción, y realizar el reconocimiento de la detección de errores en la dirección.
- Regular el acceso al medio de transmisión de una red LAN.

5.1.3.5. Capa Control Enlace Lógico (LLC) (Gutierrez)

Esta capa gestionará los enlaces lógicos a nivel de capa 2 y proporcionara una interfaz común para el nivel de red ocultando las diferencias relativas a las topologías y a las técnicas de acceso al canal, permite la correcta comunicación y trabajo conjunto entre las capas superiores y el medio físico de transporte de datos. Entre las funciones principales de esta capa tenemos:

- Proporcionar una interfaz para las capas superiores y realizar el control de errores.
- Sincroniza el envío de las tramas, transfiriéndolas de una forma confiable libre de errores. Para detectar y controlar los errores se añaden bits de paridad, se usan CRC (Códigos Cíclicos Redundantes) y envío de acuses de recibo positivo y negativo, y para evitar tramas repetidas se usan números de secuencia en ellas.
- Envía los paquetes de punto a punto, ya sea por medio de un circuito virtual o por datagramas.
- Permite controlar la congestión de la red

- Por medio de la subcapa de enlace lógico LLC, la capa de enlace de datos puede funcionar independientemente de la tecnología existente, esta capa es la que permite el encapsulamiento de los datos y permite transportar los datos del protocolo de red y administra la comunicación entre los dispositivos a través de un solo enlace en una red y soporta tanto los servicios orientados a conexión como los no orientados a conexión.

5.1.4. Long Term Evolution (LTE) (Jaramillo, 2015)

LTE es una tecnología de radio de alta capacidad de 4ta generación la misma que se desarrolla a partir de la necesidad de cubrir la creciente demanda de la capacidad de ancho de banda en redes móviles. LTE se estandarizada por la 3GPP como una evolución a las redes HSPA, LTE se basa en una arquitectura plana de baja latencia y con tecnología de radio de alta capacidad, que posee canales o portadoras de ancho de banda en un rango que va desde 1.4 Mhz hasta los 20 Mhz, trabajan en rangos de frecuencia en los rangos de 700Mhz, 850Mhz, 1700Mhz, 1800Mhz, 1900Mhz, 2100Mhz, 2600Mhz.

Dependiendo la tecnología y el ancho de banda de la portadora, el sistema permite un throughput de hasta 150Mbps en dowlink y hasta 50 Mbps en uplink, estas redes utilizan como método de acceso OFDM, que permite el desarrollo de funciones avanzadas como MIMO y agregación de portadoras que permiten el aumento de la capacidad.

5.1.4.1. Arquitectura LTE/SAE (Telecom Sharing, s.f.)

La arquitectura SAE nos ofrece varias características con respecto a las tecnologías desarrolladas anteriormente para la plataforma celular, se mejora la latencia, el throughput y la

capacidad de la red, el core presenta una arquitectura simple que permite optimizar el tráfico de los servicios IP.

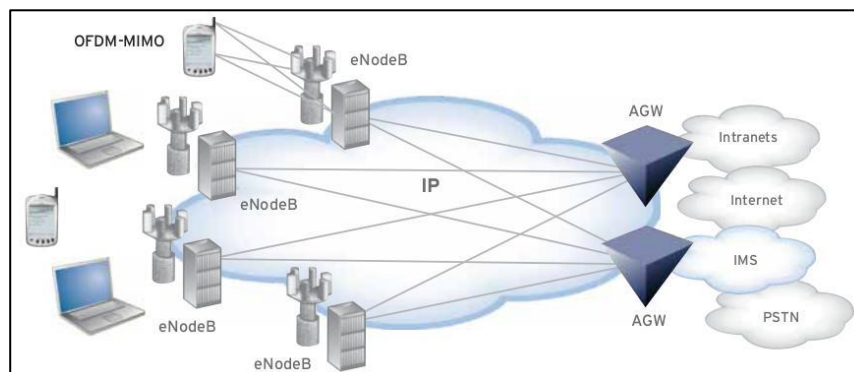


Figura7. Arquitectura LTE Fuente: <https://www.telecomsharing.com/es/biblioteca/lte-4g/item/33-caracteristicas-de-la-arquitectura-lte-sae>

La arquitectura LTE consta de dos partes el dominio de paquetes EPC y la red de acceso E-UTRAN. Los diferentes componentes han sido diseñados para soportar todo tipo de servicios de telecomunicaciones mediante conmutación de paquetes, por lo que no resulta necesario disponer de un componente adicional para la provisión de los servicios en modo circuito.

La red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC proporcionan de forma conjunta servicios de transferencia de paquetes IP entre los equipos de usuarios y redes de paquetes externas como internet.

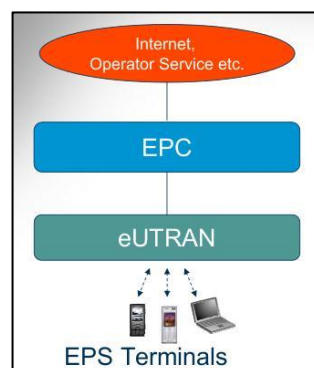


Figura 8. Arquitectura LTE Simplificada Fuente:

[https://www.telecomsharing.com/es/biblioteca/lte-4g/item/33-caracteristicas-de-la-arquitectura-lte-](https://www.telecomsharing.com/es/biblioteca/lte-4g/item/33-caracteristicas-de-la-arquitectura-lte-sae)

sae

La EUTRAN están compuestas por los eNodosB los cuales proveen aspectos de control de móviles y el manejo del medio, estos se interconectan entre ellos mediante las interfaces X2, estos eNodosB interactúan con la EPC por medio de los Mobility Management Entity con interfaces S1 para el control de la movilidad.

5.1.5. Enlaces Microondas (Tomasi, 2006)

Se denomina microondas a las ondas definidas en un rango que va desde los 300 MHz hasta los 300 GHz con una longitud de onda muy corta, se caracterizan porque se desplazan en línea recta y poseen un elevado nivel de energía.

Las ondas que se encuentran arriba de los 400 GHz se denominan ondas milimétricas por tener ondas de 1 mm de longitud de onda.

Los enlaces microondas trabajan en los rangos de frecuencia descritos en la tabla 1 que se muestra a continuación.

Tabla1. Bandas de Radio frecuencia para Microondas

BANDA	FRECUENCIA
UHF (Ultra alta frecuencia)	0.3 – 3 Ghz
SHF (súper alta frecuencia)	3 – 30 Ghz
EHF (Extremadamente alta frecuencia)	30 – 300 Ghz

5.1.5.1. Ventajas De Las Microondas

Tiene la capacidad de transmitir mayor flujo de información ya que trabaja a altas frecuencias, los enlaces por microondas propagan las señales por la atmosfera terrestre lo que permite transmitir la información sin depender de un medio de transmisión físico.

Los sistemas de transmisión basados en enlaces microondas tienen costos de construcción relativamente bajos en comparación con otras formas cableadas de transmisión de datos.

Al operar a altas frecuencias utiliza longitudes cortas de onda por esta razón se requiere de antenas de menor tamaño.

- Se tiene tiempos mínimos de retardo
- Se adapta a las irregularidades del terreno.

5.1.5.2. Desventajas De Las Microondas

- Las señales transmitidas no pasan a través de objetos por lo que se requiere que el canal esté libre de obstáculos.
- Es sensible a interferencias electromagnéticas, ya que estas interrumpen el funcionamiento de las señales microondas.
- Las condiciones atmosféricas afectan el performance del enlace ya que ocasionan desvanecimientos intensos y desviaciones en el haz.
- Las frecuencias son susceptibles al fenómeno de disminución multicanal, lo que ocasiona que la recepción de la señal disminuya.

El principal objetivo de un sistema de microondas es el de transmitir información de un punto a otro sin tener interrupciones y pérdida de datos, en la figura se presenta el diseño básico de funcionamiento de un enlace microondas.

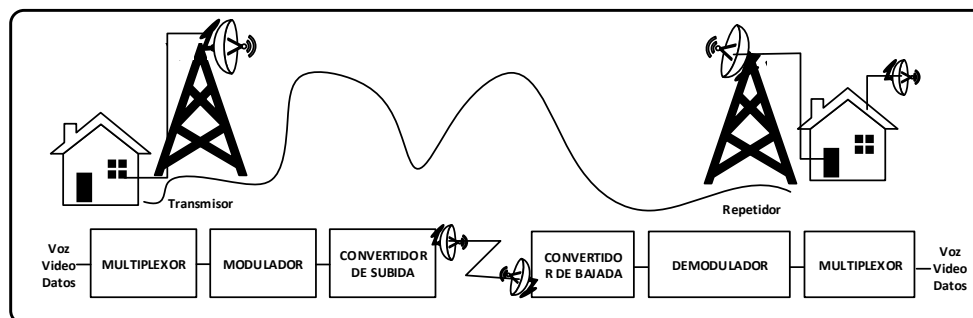


Figura 9. Enlace terrestre de microondas

Las frecuencias de microondas se encuentran en el rango aproximado de 2 GHz a 24 GHz, cada frecuencia tiene determinado un espacio de canal y una velocidad de transmisión de bits.

5.1.5.3. Componentes De Un Sistema Microondas

Un sistema de microondas está compuesto principalmente de los siguientes componentes:

- Antena con guía de onda corta y flexible
- Unidad externa de RF
- Unidad interna de RF

Generalmente las frecuencias que más se utilizan en los sistemas microondas se encuentran alrededor de los 12, 18 y 23 GHz con los cuales se puede transmitir a distancias de 1 a 25 km, los equipos que operan en el rango de frecuencias entre 2 y 6 GHz pueden transmitir a distancias entre 30 y 50 km.

5.2. Estudio de factibilidad Técnica

5.2.1. Regulación Vigente De Las Telecomunicaciones En Ecuador (ASAMBLEA NACIONAL, 2015)

Los cálculos y análisis realizados para la implementación de la red inalámbrica se basan en los reglamentos y estatutos vigentes en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y en el Reglamento de la Ley orgánica de Telecomunicaciones, los cuales definen normas, características técnicas de los sistemas de modulación digital de banda ancha por esta razón se toman en cuenta los documentos del ANEXO 1 denominados Reglamento-LOT_864 y Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en los cuales se describe las reformas a los reglamentos para la implementación de redes privadas que puede ser utilizada para la transmisión de voz, datos, imágenes o cualquier combinación de éstos. Las redes privadas están destinadas a satisfacer las necesidades propias de su titular, lo que excluye la prestación de estos servicios a terceros.

Estos documentos deben ser analizados y aplicados para la obtención del Título Habilitante de Concesión o Autorización de uso de frecuencias de Red Privada.

Una vez realizado el análisis de los sitios en los cuales se implementará la red de transmisión que nos permita interconectar el centro operativo local ECU911 Riobamba con las cámaras de video vigilancia y el SIS ECU911 Quito se determinó los siguientes escenarios:

5.2.2. Interconexión C.O.L Ecu911 Riobamba – Ecu Quito

Para la conexión entre el centro operativo local ECU911 Riobamba y el SIS ECU911 QUITO se ha considerado 5 nodos principales los cuales se van a conectar mediante enlaces de radio entre los puntos designados, cabe mencionar que se va a realizar una conexión punto a punto.

5.2.3. Interconexión C.O.L ECU-911 Riobamba – Cámaras De Video Vigilancia

Para la conexión de las cámaras de video vigilancia con el C.O.L ECU911 Riobamba se ha considerado 3 nodos principales y 5 secundarios para obtener una cobertura óptima se va a desplegar una conexión de radio enlace punto multipunto para interconectar las cámaras de video vigilancia.

Con las reformas realizadas al Reglamento y a la Ley de Telecomunicaciones se consideró como la opción más apropiada la de utilizar una Red Privada ya que con esto obtendríamos la independencia de la red ya que sería construida y administrada por el personal del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba.

El resultado obtenido del diseño realizado de la red servirá para realizar la tramitación para la obtención del Título Habilitante de Concesión o Autorización de uso de frecuencias de Red Privada.

5.2.4. Homologación Y Certificación De Los Equipos De Telecomunicaciones

(ASAMBLEA NACIONAL, 2015)

Dado que este proyecto se lo implementara a base de radio enlaces es necesario tener el conocimiento debido de las leyes, reglamentos y normas a las cuales deben regirse los equipos terminales.

El registro oficial No.439 en el Título IX Artículo 86 dicta la obligatoriedad de que todos los equipos terminales de telecomunicaciones que utilicen el espectro radioeléctrico y se conecten a redes públicas deberán contar con la homologación y certificación, realizadas de conformidad con las normas aplicables, a fin de prevenir daños a las redes, evitar la afectación de los servicios

de telecomunicaciones, evitar la generación de interferencias perjudiciales y, garantizar los derechos de los usuarios y prestadores.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá establecer adicionalmente regulación vinculada con la homologación y certificación de otros equipos de telecomunicaciones.

El artículo 4 del Reglamento para la Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones cita la Homologación como el proceso por el que un equipo terminal de telecomunicaciones de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica.

En lo que ha prohibiciones se refiere el artículo 87 dicta que queda expresamente prohibido:

- El uso y comercialización de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico, que puedan impedir o interrumpir la prestación de los servicios, degradar su calidad, causar daños a usuarios o redes, generar interferencias perjudiciales o que de cualquier forma afecten la prestación de los servicios o los derechos de los usuarios.
- La comercialización de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico y no hayan sido homologados y certificados.
- La comercialización de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico y sean incompatibles con el Plan Nacional de Frecuencias.
- La comercialización de equipos terminales que hayan sido bloqueados y no puedan ser activados o utilizados por los usuarios en las distintas redes de las y los prestadores de servicios de telecomunicaciones.

- La utilización en las redes públicas de telecomunicaciones, de equipos terminales que utilicen espectro radioeléctrico, que no hayan sido previamente homologados y certificados.
- Las demás que sean establecidas por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Los equipos que se utilizan en este sistema de radio comunicación utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), por esta razón la resolución 417-15-CONATEL-2005 define la NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA, la misma que tiene como objeto la regulación de todo lo relacionado con la instalación y operación de Sistemas de Radiocomunicación.

La norma cita que un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha se caracteriza por:

- Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de una anchura de banda mucho mayor que la convencional, y con un nivel bajo de potencia;
- La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias;
- Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias;
- Coexistir con Sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico.
- Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de Atribución de bandas de frecuencias.

5.2.4.1. Bandas de Frecuencias (CONATEL, 2015)

La norma define los rangos de operación de los sistemas de radio comunicación en las siguientes bandas de frecuencias.

Tabla 2. Bandas de Frecuencias

BANDA (MHZ)	ASIGNACION
900 – 928	ICM
2400 – 2483.5	ICM
5150 - 5250	INI
5250 - 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 – 5850	ICM,INI

La operación de los sistemas con técnicas de modulación digital de banda ancha se aprueba en las siguientes configuraciones:

- Sistemas punto – punto
- Sistemas punto – multipunto
- Sistemas móviles

5.2.4.2. Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

Los límites de potencia permitidos por las entidades de control para cada una de las bandas descritas anteriormente

Tabla 3. Características técnicas de los sistemas de Modulación de banda ancha

Tipo de configuración de Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E (mW)	Densidad de P.I.R.E(mW/Mhz)
Punto – punto	902 – 928	250	-	-
Punto - multipunto				
móviles				
Punto – punto	2400 – 2483.5	1000	-	-
Punto - multipunto				
móviles				
Punto – punto	5150 – 5250	50	-	-
Punto - multipunto				
móviles				
Punto – punto	5250 – 5350	-	200	10
Punto - multipunto		250	1000	50
móviles				
Punto – punto	5470 – 5725	250	1000	50
Punto - multipunto				
móviles				
Punto – punto	5725 – 5850	1000	-	-
Punto - multipunto				
móviles				

5.2.5. Análisis De Perfil Topográfico Interconexión desde el Centro Operativo

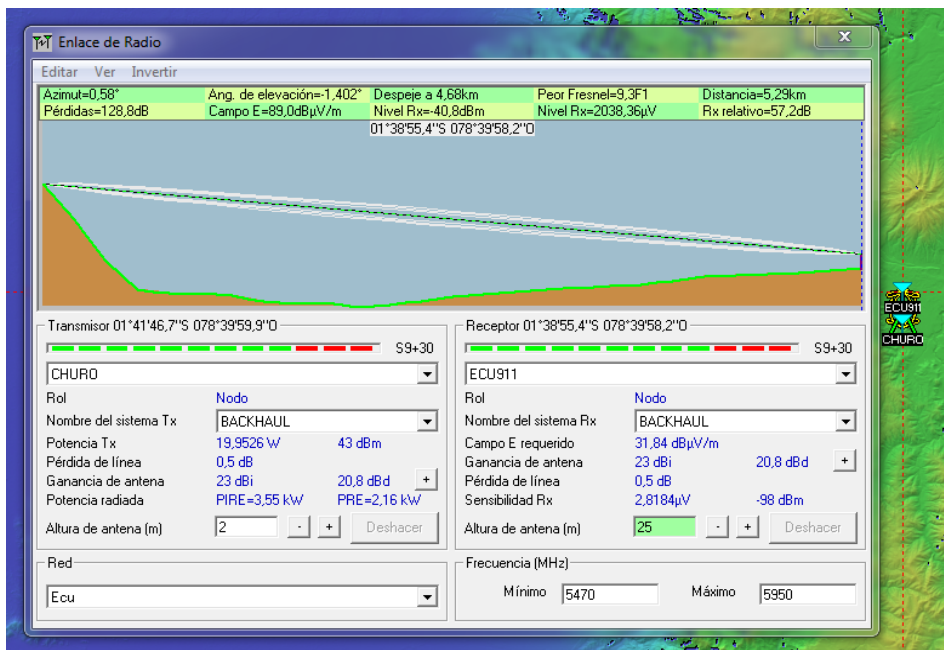
Local Ecu-911 Riobamba con las Cámaras de Video Vigilancia

En esta sección vamos a realizar el estudio de perfil topográfico para realizar la interconexión de la sala de video vigilancia del C.O.L Ecu911 Riobamba y las cámaras de video vigilancia, cabe recalcar se ha tomado en consideración los puntos principales para realizar el estudio topográfico.

5.2.5.1. Cerro Churo –Ecu911 Riobamba

Coordenadas Cerro Churo: Latitud: 01°41'46,70" S Longitud: 78°39'59,91"O

Coordenadas C.O.L Riobamba: Latitud: 01°38'55,4" S Longitud: 78°39'58,2"O



La distancia entre CHURO y ECU911 es 5,3 km (3,3 miles)
 Azimut norte verdadero = 0,58°, Azimut Norte Magnético = 3,10°, Angulo de elevación = -1,4025°
 Variación de altitud de 166,0 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9,3F1 a 4,7km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 122,0 dB, Obstrucción = 0,1 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 128,8 dB
 Ganancia del sistema de CHURO a ECU911 es de 186,0 dB (yagi.ant a 0,6 °-1,40° ganancia = 23,0 dBi)
 Ganancia del sistema de ECU911 a CHURO es de 186,0 dB (yagi.ant a 180,6 °-1,35° ganancia = 23,0 dBi)
 Peor recepción es 57,2 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

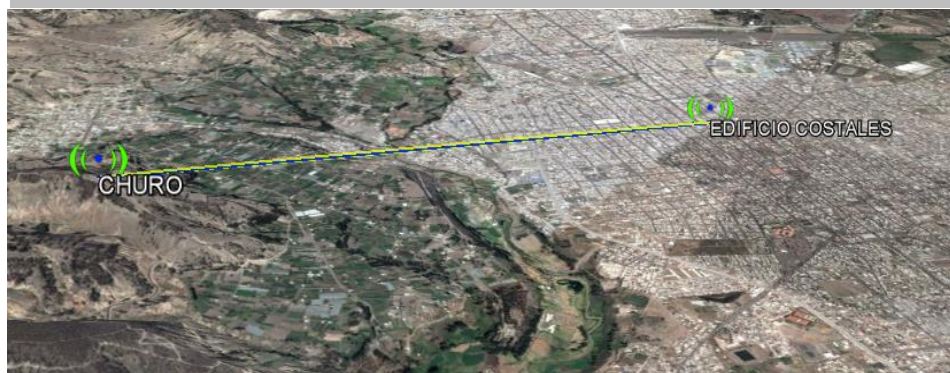
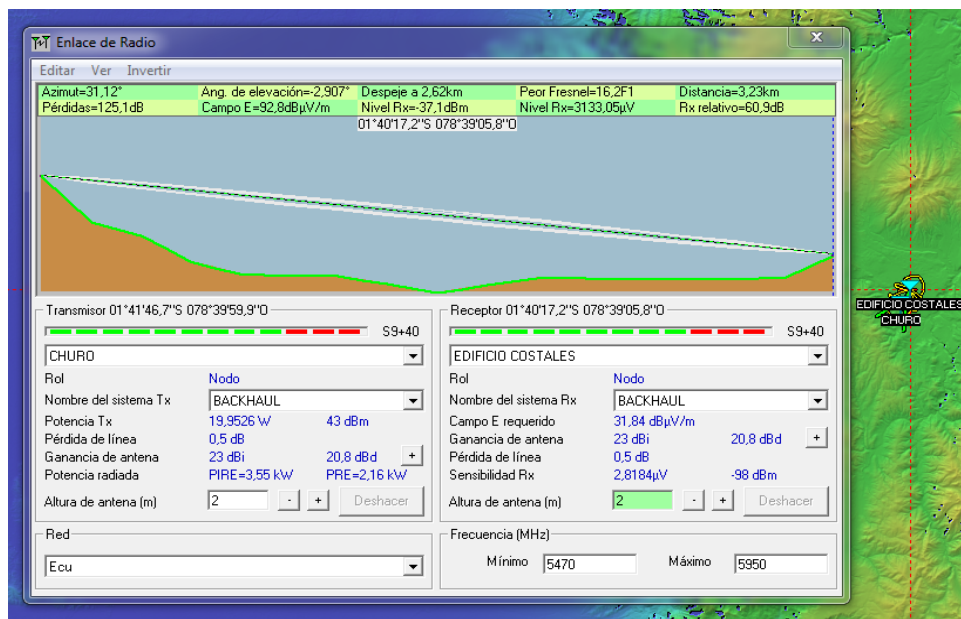


Figura 10. Perfil topográfico Cerro Churo– Centro Operativo Local ECU911 Riobamba

5.2.5.2. Cerro Churo –Edificio Costales

Coordenadas Cerro Churo :Latitud: 01°41'46,70" S Longitud: 78°39'59,91"O

Coordenadas Ef. Costales: Latitud: 01°40'17,17" S Longitud: 78°39'5,83"O



La distancia entre CHURO y EDIFICIO COSTALES es 3,2 km (2,0 miles)
 Azimut norte verdadero = 31,12°, Azimut Norte Magnético = 33,64°, Ángulo de elevación = -2,9066°
 Variación de altitud de 185,7 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 16,2F1 a 2,6km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 117,7 dB, Obstrucción = 0,7 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 125,1 dB
 Ganancia del sistema de CHURO a EDIFICIO COSTALES es de 186,0 dB (yagi.ant a 31,1 °-2,91° ganancia = 23,0 dBi)
 Ganancia del sistema de EDIFICIO COSTALES a CHURO es de 186,0 dB (yagi.ant a 211,1 °-2,88° ganancia = 23,0 dBi)
 Peor recepción es 60,9 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

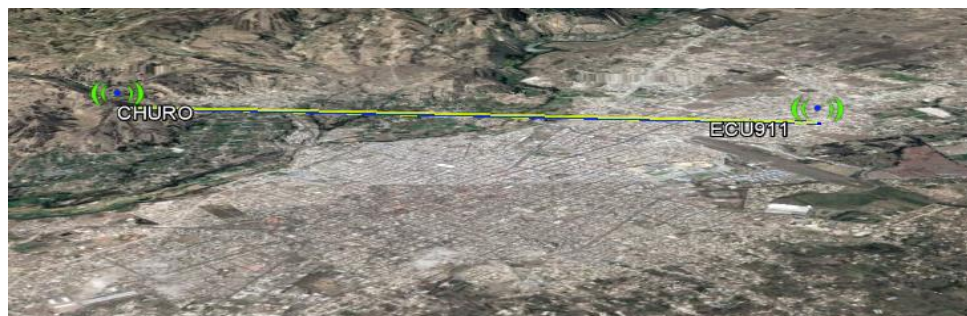


Figura 11. Perfil topográfico Cerro Churo – Edificio Costales

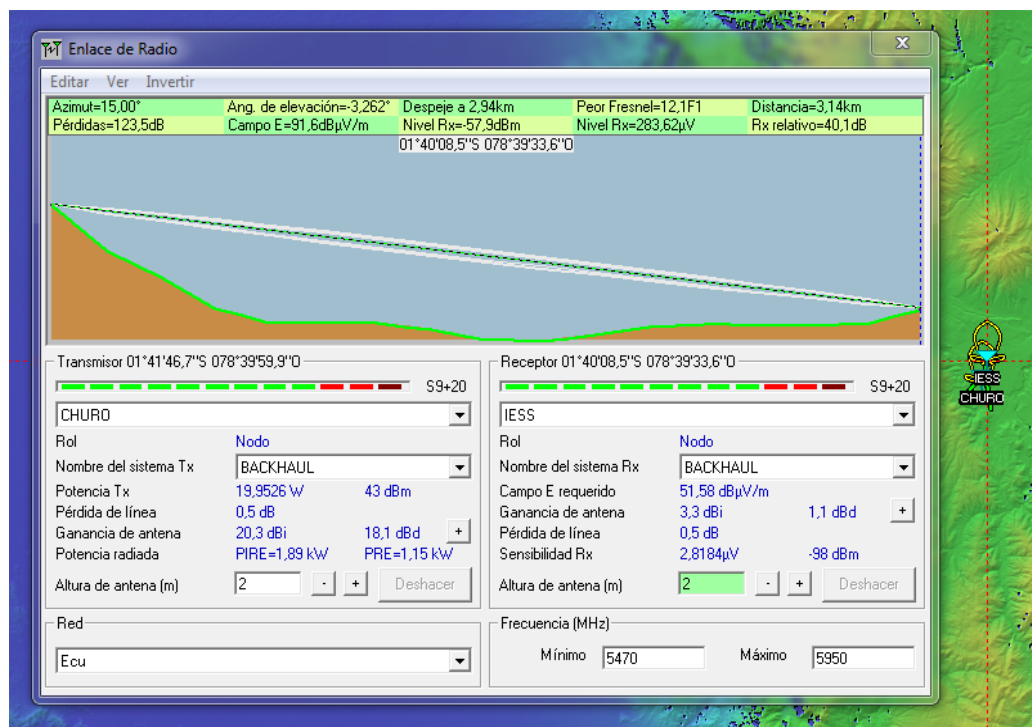
5.2.5.3. Enlace Cerro CHURO – IESS

Coordenadas Cerro: Latitud: 01°41'46,70" S

Longitud: 78°39'59,91"O

Coordenadas IESS: Latitud: 01°40'8,53" S

Longitud: 78°39'53,23"O



La distancia entre CHURO y IESS es 3,1 km (1,9 miles)
 Azimet norte verdadero = 15,00°, Azimet Norte Magnético = 17,52°, Angulo de elevación = -3,2617°
 Variación de altitud de 178,5 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 12,1F1 a 2,9km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 117,5 dB, Obstrucción = -0,7 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 123,5 dB
 Ganancia del sistema de CHURO a IESS es de 163,5 dB (yagi.ant a 15,0 °-3,26° ganancia = 20,3 dBi)
 Ganancia del sistema de IESS a CHURO es de 163,5 dB (yagi.ant a 195,0 °3,23° ganancia = 3,3 dBi)
 Peor recepción es 40,0 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

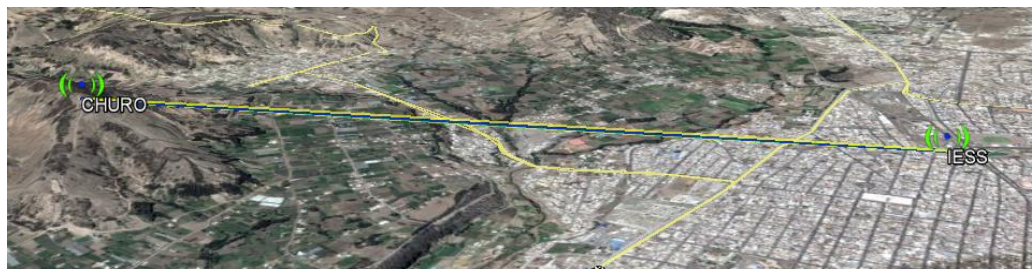
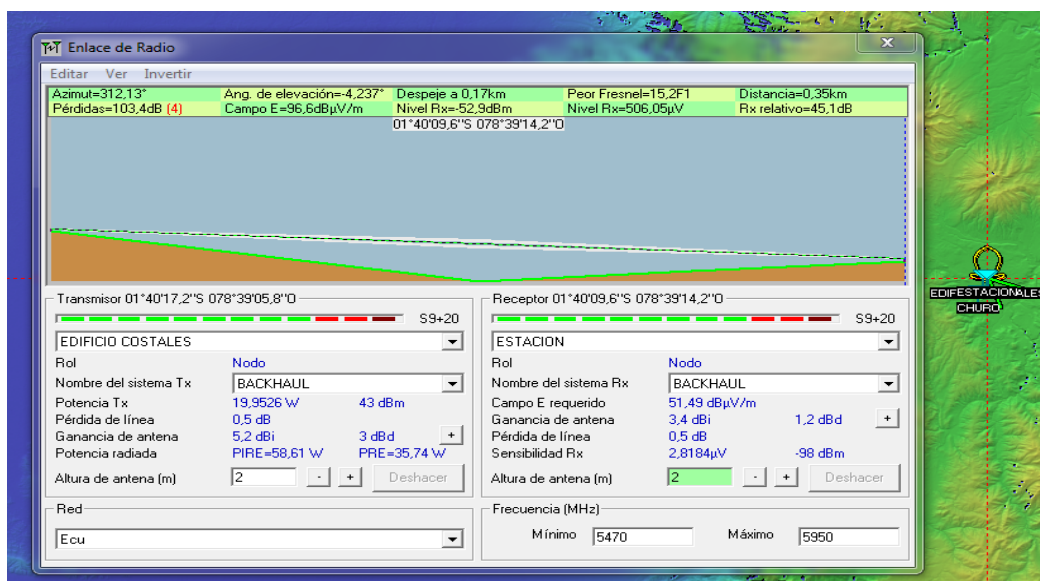


Figura12. Perfil topográfico Cerro Churo– Edificio IESS fuente

5.2.5.4. Enlace Edificio COSTALES – ESTACION

Coordenadas Estación: Latitud: 01°40'9,57" S Longitud: 78°39'14,23"O

Coordenadas Ef. Costales: Latitud: 01°40'17,17" S Longitud: 78°39'5,83"O



La distancia entre EDIFICIO COSTALES y ESTACION es 0,3 km (0,2 miles)
 Azimut norte verdadero = 312,13°, Azimut Norte Magnético = 314,67°, Ángulo de elevación = -4,2371°
 Variación de altitud de 4,0 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 15,2F1 a 0,2km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 98,4 dB, Obstrucción = 0,8 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 4,2 dB
 La pérdida de propagación total es 103,4 dB
 Ganancia del sistema de EDIFICIO COSTALES a ESTACION es de 148,5 dB (yagi.ant a 312,1 °-4,24° ganancia = 5,2 dBi)
 Ganancia del sistema de ESTACION a EDIFICIO COSTALES es de 148,5 dB (yagi.ant a 132,1 °4,23° ganancia = 3,4 dBi)
 Peor recepción es 45,1 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones
 Advertencia 4

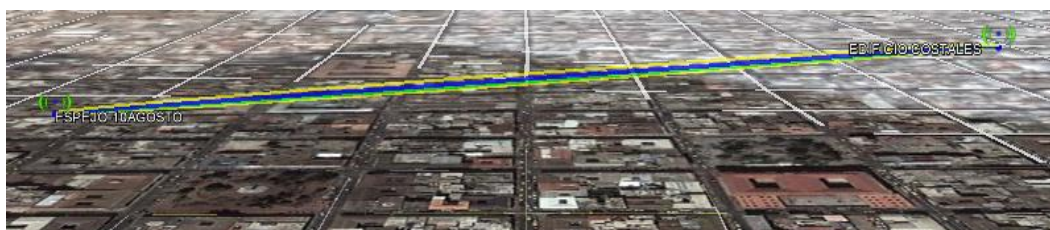
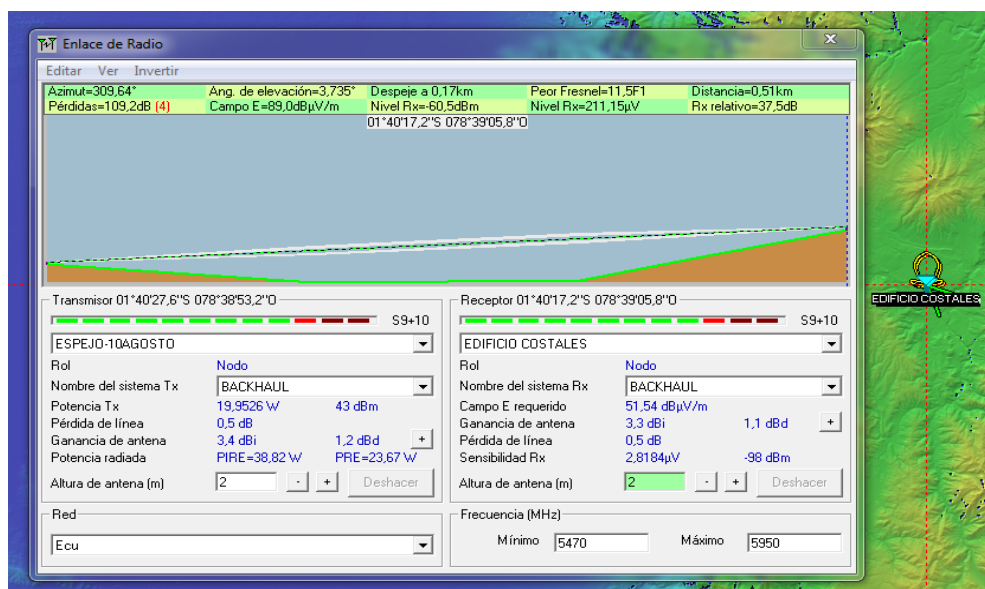


Figura 13. Perfil topográfico Edificio Costales – Estación

5.2.5.5. Enlace Edificio Costales – Calle Espejo

Coordenadas Estación: Latitud: 01°40'27,61" S Longitud: 78°38'53,23" O

Coordenadas Ef. Costales: Latitud: 01°40'17,17" S Longitud: 78°39'5,83" O



La distancia entre ESPEJO-10AGOSTO y EDIFICIO COSTALES es 0,5 km (0,3 miles)
 Azimet norte verdadero = 309,64°, Azimet Norte Magnético = 312,18°, Angulo de elevación = 3,7345°
 Variación de altitud de 4,5 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 11,5F1 a 0,2km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 101,6 dB, Obstrucción = 0,9 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 109,2 dB
 Ganancia del sistema de ESPEJO-10AGOSTO a EDIFICIO COSTALES es de 146,7 dB (yagi.ant a 309,6° *3,73° ganancia = 3,4 dBi)
 Ganancia del sistema de EDIFICIO COSTALES a ESPEJO-10AGOSTO es de 146,7 dB (yagi.ant a 129,6° *3,74° ganancia = 3,3 dBi)
 Peor recepción es 37,5 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones
 Advertencia 4

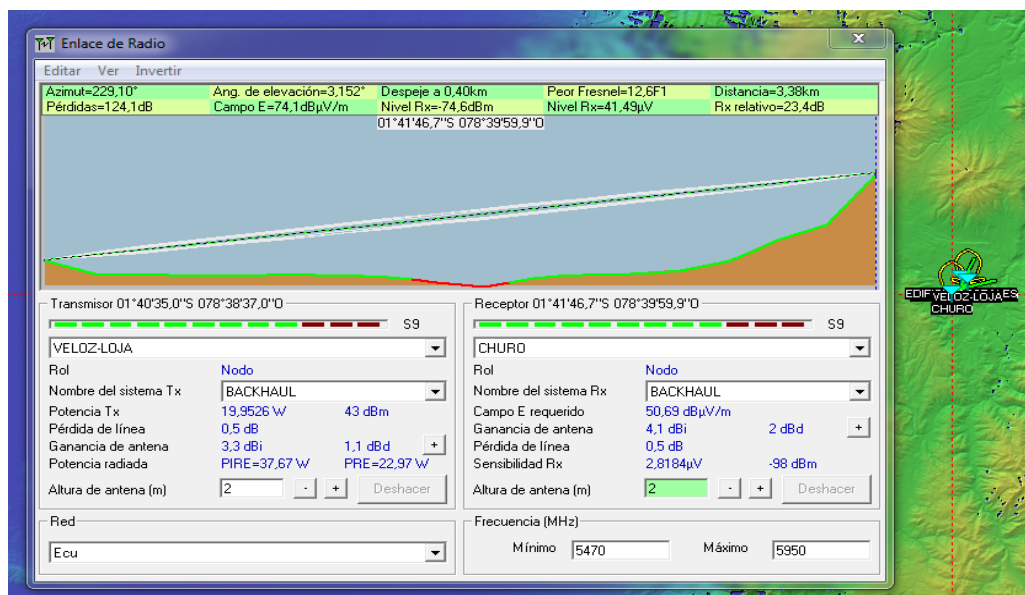


Figura 14. Perfil topográfico Edificio Costales – Espejo

5.2.5.6. Enlace Veloz Y Loja – Cerro Churo

Coordenadas Cerro Churo: Latitud: 01°41'46,70" S Longitud: 78°39'59,91"O

Coordenadas Veloz Loja: Latitud: 01°40'34,96" S Longitud: 78°38'37,04"O



La distancia entre VELOZ-LOJA y CHURO es 3,4 km (2,1 miles)
 Azimut norte verdadero = 229,10°, Azimut Norte Magnético = 231,64°, Angulo de elevación = 3,1517°
 Variación de altitud de 188,4 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 12,6F1 a 0,4km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 118,1 dB, Obstrucción = -0,8 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 124,1 dB
 Ganancia del sistema de VELOZ-LOJA a CHURO es de 147,4 dB (yagi.ant a 229,1° * 3,15° ganancia = 3,3 dBi)
 Ganancia del sistema de CHURO a VELOZ-LOJA es de 147,4 dB (yagi.ant a 49,1° * 3,18° ganancia = 4,1 dBi)
 Peor recepción es 23,4 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

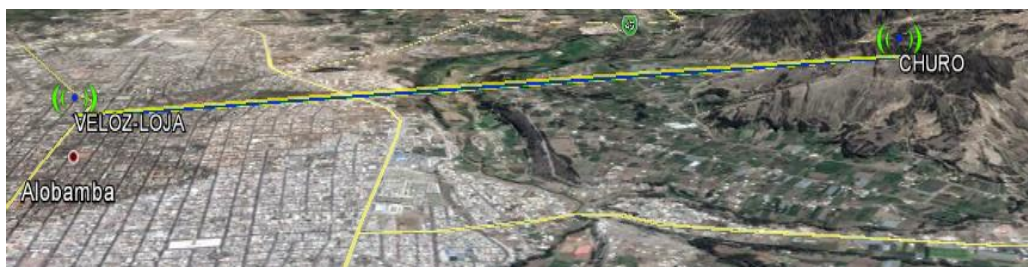
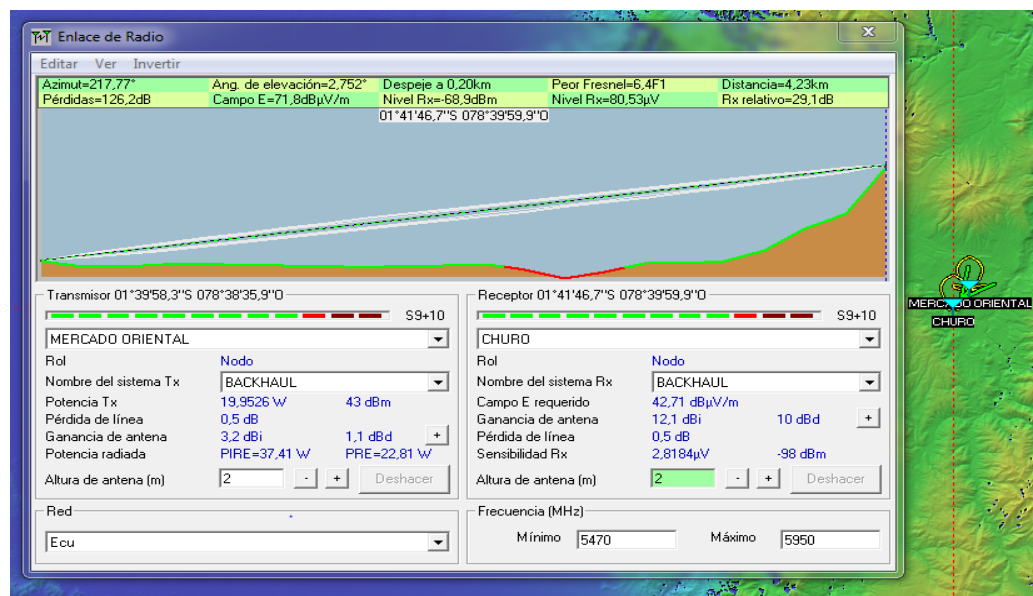


Figura 15. Perfil topográfico Cerro Churo– Veloz y Loja

5.2.5.7. Enlace Mercado Oriental – Cerro Churo

Coordenadas Cerro Churo: Latitud: 01°41'46,70" S Longitud: 78°39'59,91"O

Coordenadas Mercado Oriental: Latitud: 01°39'58,27" S Longitud: 78°38'35,91"O



La distancia entre MERCADO ORIENTAL y CHURO es 4,2 km (2,6 miles)
 Azimut norte verdadero = 217,77°, Azimut Norte Magnético = 220,31°, Angulo de elevación = 2,7522°
 Variación de altitud de 185,7 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 6,4F1 a 0,2km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 120,1 dB, Obstrucción = -0,5 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 126,2 dB
 Ganancia del sistema de MERCADO ORIENTAL a CHURO es de 155,4 dB (yagi.ant a 217,8 °2,75° ganancia = 3,2 dBi)
 Ganancia del sistema de CHURO a MERCADO ORIENTAL es de 155,4 dB (yagi.ant a 37,8 °-2,79° ganancia = 12,1 dBi)
 Peor recepción es 29,1 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

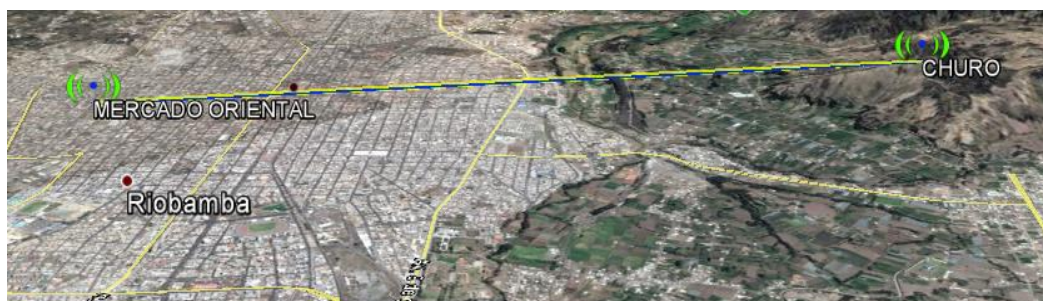


Figura 16. Perfil topográfico Cerro Churo– Mercado Oriental fuente

Con lo expuesto anteriormente se presenta la ubicación de los puntos considerados para realizar la interconexión de los enlaces

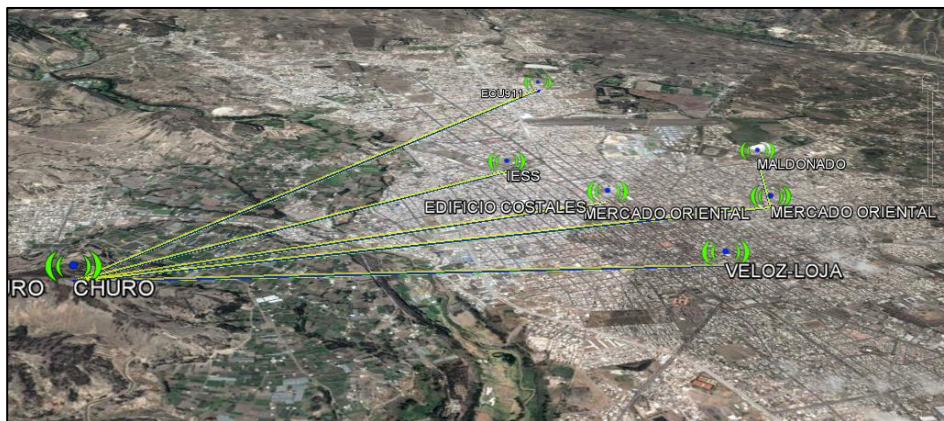


Figura 17. Ubicación Geográfica de los Enlaces

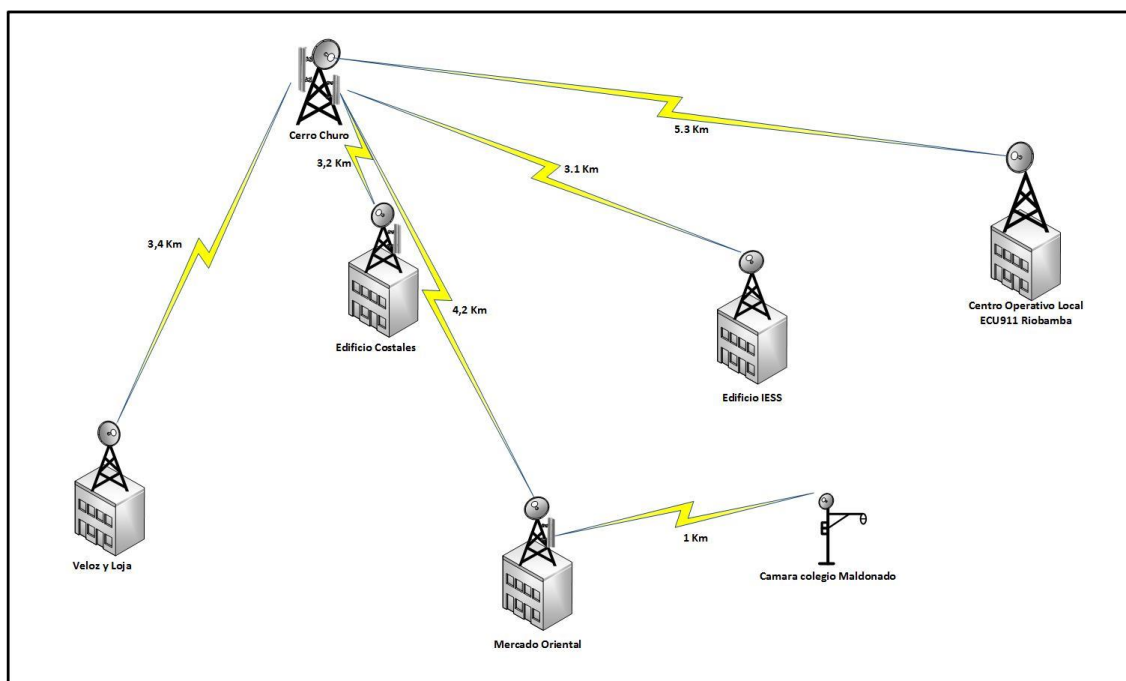


Figura 18. Conexión C.O.L Riobamba – Cámaras de Video Vigilancia

5.2.6. Análisis De Perfil Topográfico de Interconexión del Centro Operativo Local

Ecu-911 Riobamba con el SIS Ecu-Quito

En esta sección vamos a realizar el estudio de perfil topográfico para determinar cuál es la ruta más idónea para interconectar el Centro Operativo Local ECU9111 Riobamba con el SIS ECU911 Quito, se describen los requerimientos tanto de hardware e infraestructura.

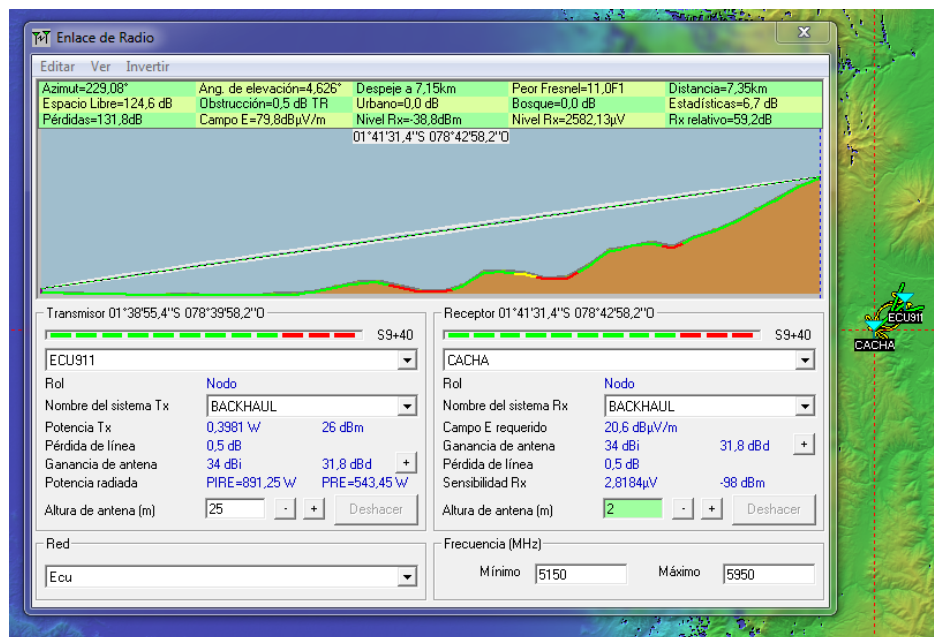
La ubicación de los equipos de transmisión (Tx) y recepción (Rx) debe ajustarse la situación actual de la infraestructura que se tiene disponible en el centro operativo local ECU911 Riobamba, que nos permitirán cumplir con la cobertura planteada.

A continuación se da a conocer las coordenadas de los puntos considerados para cumplir con la interconexión entre el centro operativo local ecu911 Riobamba y el SIS ECU911 Quito, se realiza la simulación de los enlaces con las características de los equipos a utilizar, con esto se puede determinar si en los puntos específicos existe las condiciones para la instalación de los enlaces.

5.2.6.1. Enlace Centro Operativo Local Riobamba – Cerro Cacha

Coordenadas Cerro Cacha: Latitud: 01°41'31,4" S Longitud: 78°42'58,2"O

Coordenadas C.O.L Riobamba: Latitud: 01°38'55,4" S Longitud: 78°39'58,2"O



La distancia entre ECU911 y CACHA es 7,4 km (4,6 miles)
 Azimut norte verdadero = 229,08°, Azimut Norte Magnético = 231,60°, Angulo de elevación = 4,6264°
 Variación de altitud de 644,7 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 11,0F1 a 7,2km
 La frecuencia promedio es 5550,000 MHz
 Espacio Libre = 124,6 dB, Obstrucción = 0,5 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
 La pérdida de propagación total es 131,8 dB
 Ganancia del sistema de ECU911 a CACHA es de 191,0 dB (yagi.ant a 229,1 °4,63° ganancia = 34,0 dBi)
 Ganancia del sistema de CACHA a ECU911 es de 191,0 dB (yagi.ant a 49,1 °-4,69° ganancia = 34,0 dBi)
 Peor recepción es 59,2 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

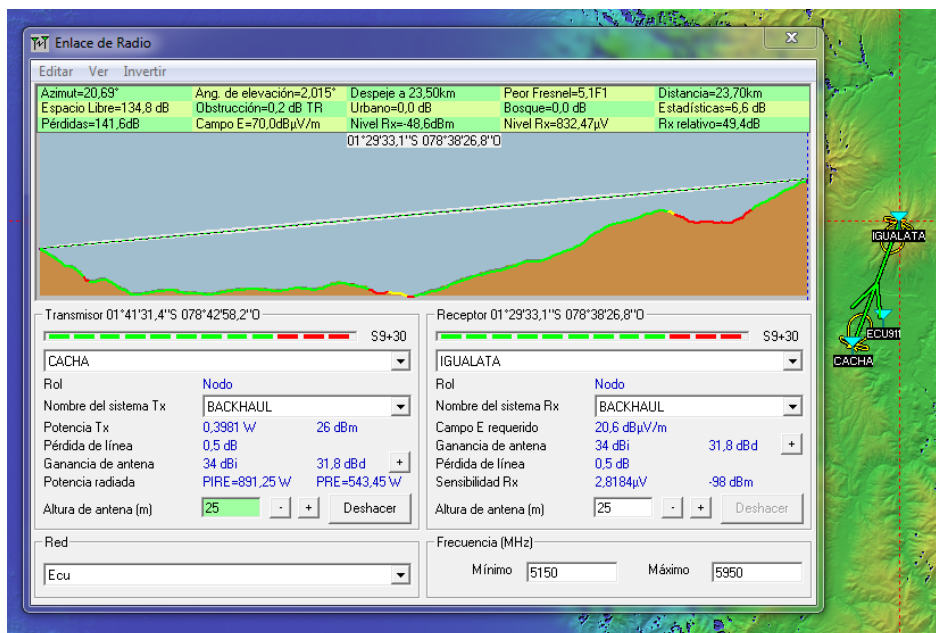


Figura 19. Perfil Topográfico C.O.L Riobamba-Cerro Cacha

5.2.6.2. Enlace Cerro Cacha – Cerro Igualata

Coordenadas Cerro Cacha: Latitud: 01°41'31,4" S Longitud: 78°42'58,2"O

Coordenadas Cerro Igualata: Latitud: 01°29'33,1" S Longitud: 78°38'26,8"O



La distancia entre CACHA y IGUALATA es 23,7 km (14,7 miles)
Azimut norte verdadero = 20,69°, Azimut Norte Magnético = 23,17°, Angulo de elevación = 2,0150°
Variación de altitud de 1469,2 m
El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 5,1F1 a 23,5km
La frecuencia promedio es 5550,000 MHz
Espacio Libre = 134,8 dB, Obstrucción = 0,2 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,6 dB
La pérdida de propagación total es 141,6 dB
Ganancia del sistema de CACHA a IGUALATA es de 191,0 dB (yagi.ant a 20,7 °2,02° ganancia = 34,0 dBi)
Ganancia del sistema de IGUALATA a CACHA es de 191,0 dB (yagi.ant a 200,7 °-2,23° ganancia = 34,0 dBi)
Peor recepción es 49,4 dB sobre el señal requerida a encontrar
50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

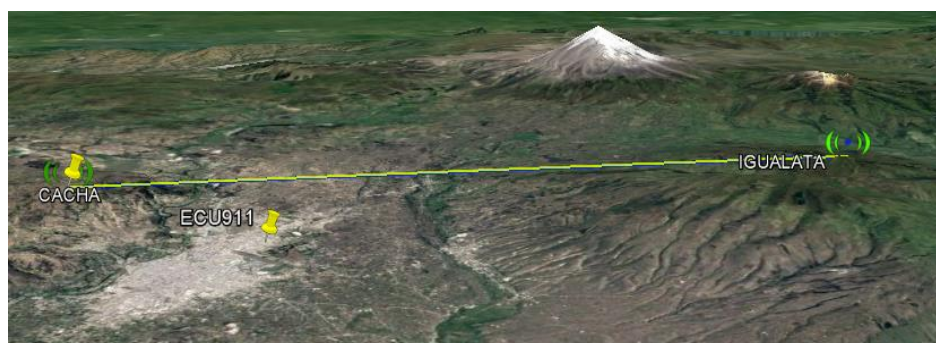
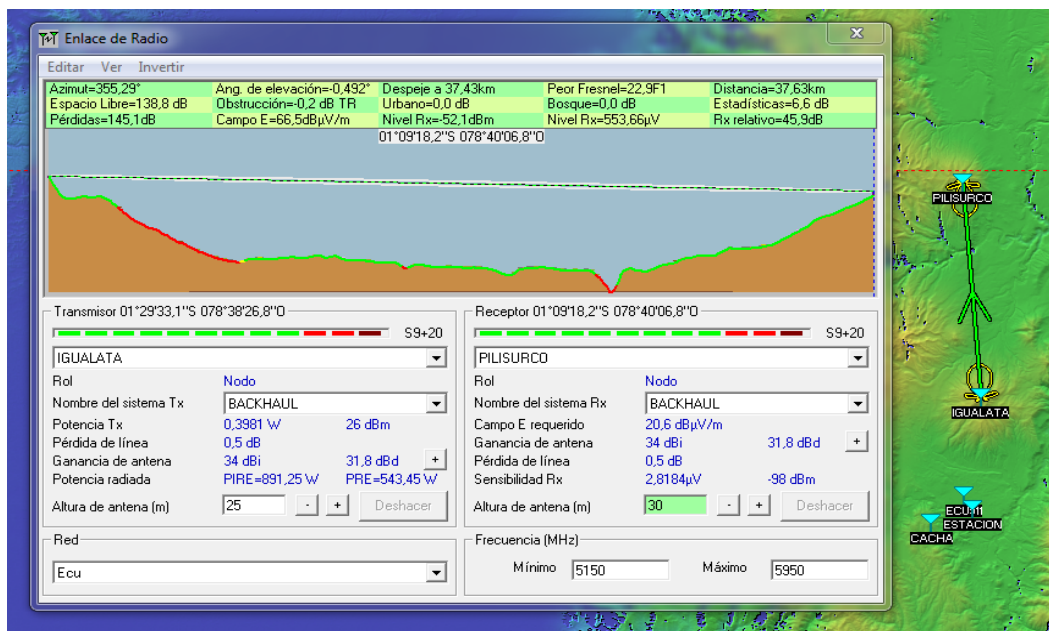


Figura 20.... Perfil topográfico Cerro Cacha – Cerro Igualata

5.2.6.3. Enlace Cerro Igualata – Cerro Pilisurco

Coordenadas Cerro Igualata: Latitud: 01°29'33,1" S Longitud: 78°38'26,8"O

Coordenadas Cerro Pilisurco: Latitud: 01°09'18,2" S Longitud: 78°40'06,8"O



La distancia entre IGUALATA y PILISURCO es 37,6 km (23,4 miles)
 Azimut norte verdadero = 355,29°, Azimut Norte Magnético = 357,87°, Angulo de elevación = -0,4922°
 Variación de altitud de 1621,5 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 22,9F1 a 37,4km
 La frecuencia promedio es 5550,000 MHz
 Espacio Libre = 138,8 dB, Obstrucción = -0,2 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,6 dB
 La pérdida de propagación total es 145,1 dB
 Ganancia del sistema de IGUALATA a PILISURCO es de 191,0 dB (yagi.ant a 355,3 °-0,49° ganancia = 34,0 dBi)
 Ganancia del sistema de PILISURCO a IGUALATA es de 191,0 dB (yagi.ant a 175,3 °0,15° ganancia = 34,0 dBi)
 Peor recepción es 45,9 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

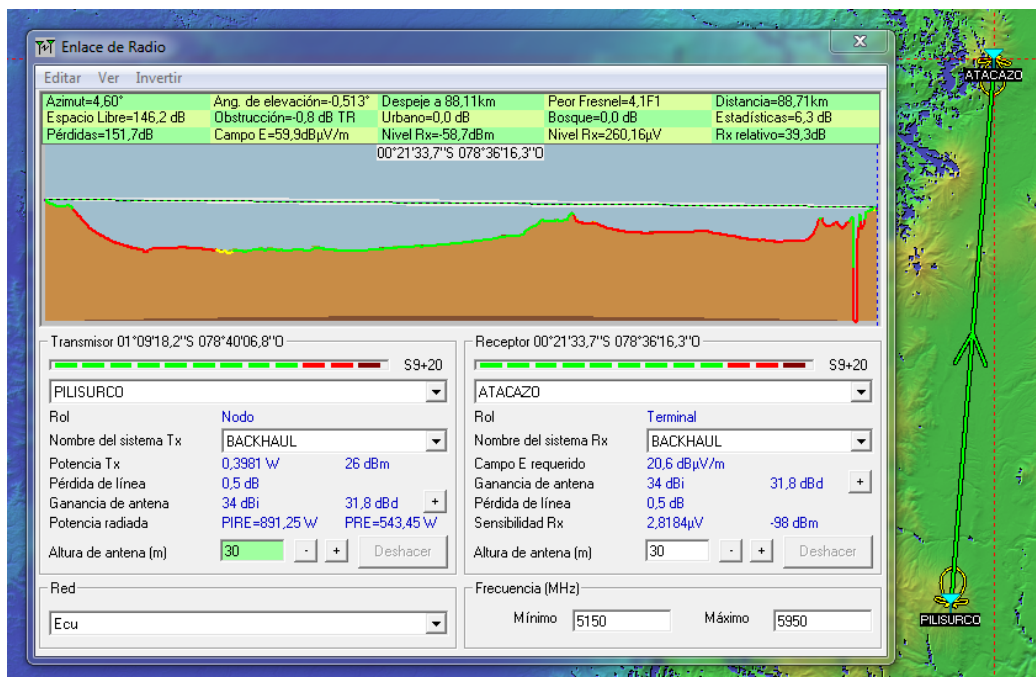


Figura 21. Perfil topográfico Cerro Igualata – Cerro Pilisurco

5.2.6.4. Enlace Cerro Pilisurco – Cerro Atacazo

Coordenadas Atacazo: Latitud: 00°21'33,7" S Longitud: 78°36'16,3"O

Coordenadas Pilisurco: Latitud: 01°09'18,2" S Longitud: 78°40'06,8"O



La distancia entre PILISURCO y ATACAZO es 88,7 km (55,1 miles)
 Azimut norte verdadero = 4,60°, Azimut Norte Magnético = 7,22°, Angulo de elevación = -0,5126°
 Variación de altitud de 2750,3 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4,1F1 a 88,1km
 La frecuencia promedio es 5550,000 MHz
 Espacio Libre = 146,2 dB, Obstrucción = -0,8 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,3 dB
 La pérdida de propagación total es 151,7 dB
 Ganancia del sistema de PILISURCO a ATACAZO es de 191,0 dB (yagi.ant a 4,6 °-0,51° ganancia = 34,0 dBi)
 Ganancia del sistema de ATACAZO a PILISURCO es de 191,0 dB (yagi.ant a 184,6 °-0,29° ganancia = 34,0 dBi)
 Peor recepción es 39,3 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

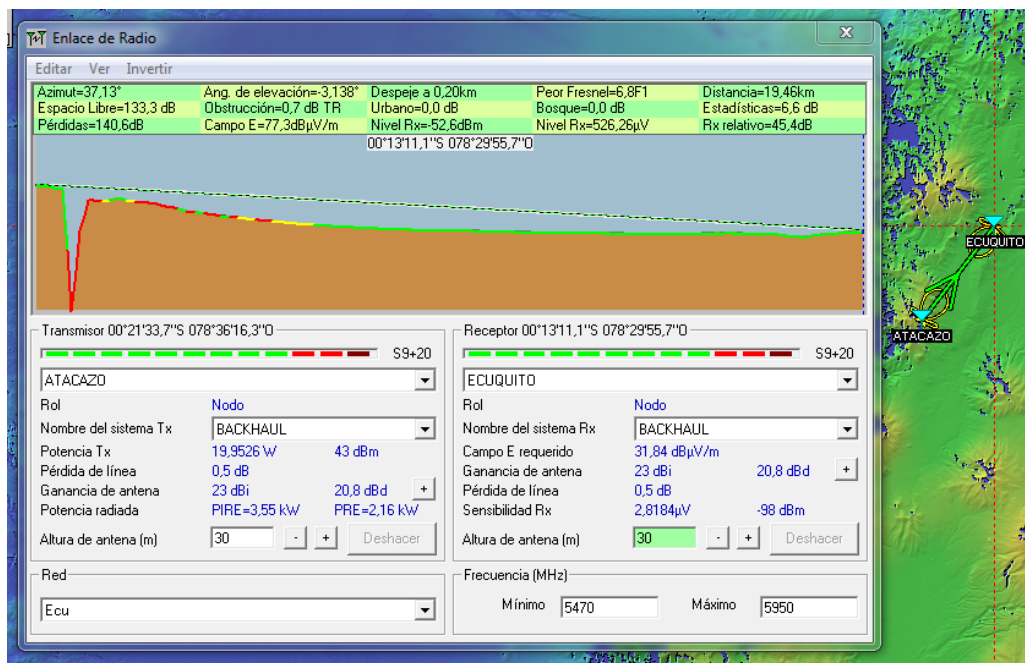


Figura 22. Perfil topográfico Cerro Pilisurco – Cerro Atacazo

5.2.6.5. Enlace Cerro Atacazo – Sis Ecu911 Quito

Coordenadas Cerro Atacazo: Latitud: 00°21'33,7" S Longitud: 78°36'16,3" O

Coordenadas ECU911 Quito: Latitud: 00°13'11,1" S Longitud: 78°29'55,7" O



La distancia entre ATACAZO y ECUQUITO es 19,5 km (12,1 miles)
 Azimut norte verdadero = 37,13°, Azimut Norte Magnético = 39,91°, Angulo de elevación = -3,1393°
 Variación de altitud de 2817,3 m
 El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 5,4F1 a 0,2km
 La frecuencia promedio es 5710,000 MHz
 Espacio Libre = 133,3 dB, Obstrucción = -0,7 dB TR, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,6 dB
 La pérdida de propagación total es 139,2 dB
 Ganancia del sistema de ATACAZO a ECUQUITO es de 186,0 dB (yagi.ant a 37,1 °-3,14° ganancia = 23,0 dBi)
 Ganancia del sistema de ECUQUITO a ATACAZO es de 186,0 dB (yagi.ant a 217,1 °2,96° ganancia = 23,0 dBi)
 Peor recepción es 46,8 dB sobre el señal requerida a encontrar
 50,000% de tiempo, 70,000% de situaciones

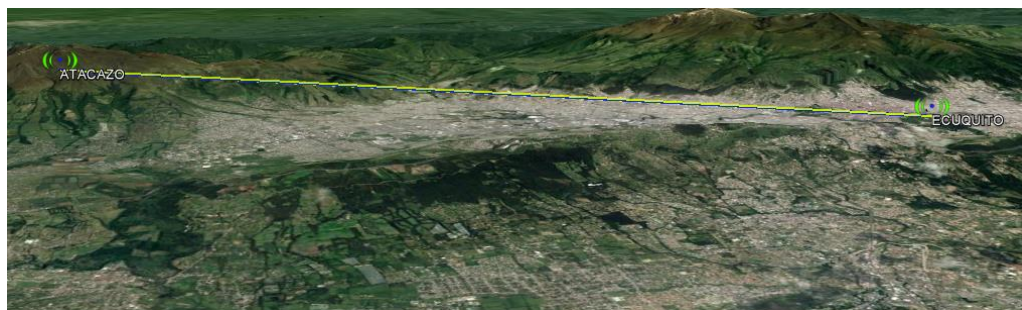


Figura 23. Perfil topográfico Cerro Atacazo– SIS ECU911 Quito

Con lo expuesto anteriormente se presenta la ubicación de los puntos considerados para realizar la interconexión de los enlaces

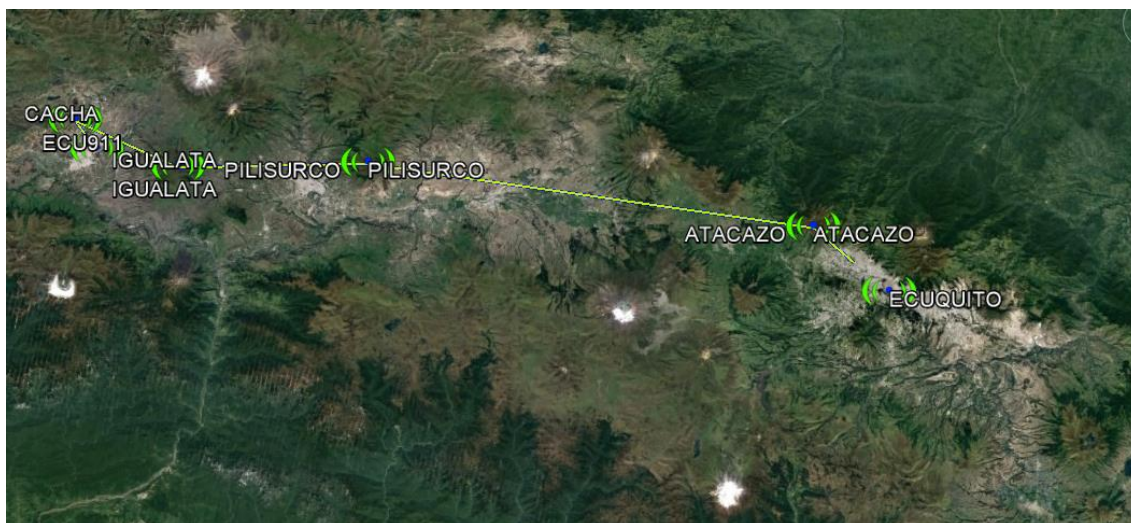


Figura 24. Ubicación Geográfica de los Enlaces

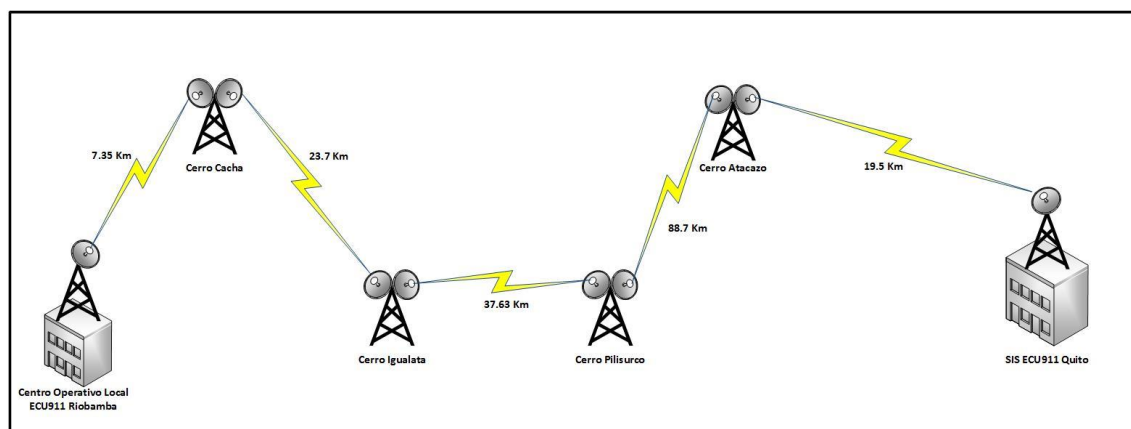


Figura 16. Conexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 Quito

Una vez que hemos realizado el análisis del perfil topográfico de los lugares seleccionados para la instalación de los puntos de interconexión realizamos el análisis de los parámetros necesarios para tener una conexión óptima.

5.2.7. Cálculo del presupuesto del enlace

Para el cálculo del presupuesto del enlace se toma en cuenta los valores referenciales que se utilizó para realizar los cálculos de perfil topográfico

5.2.7.1. Zona de Fresnel

La zona de Fresnel determina la distancia máxima que debe existir entre el enlace y el obstáculo más cercano al enlace. La obstrucción recomendada del enlace es del 20% y como máximo el 40%, es decir se debe tener el 60% de la primera zona de fresnel despejada.

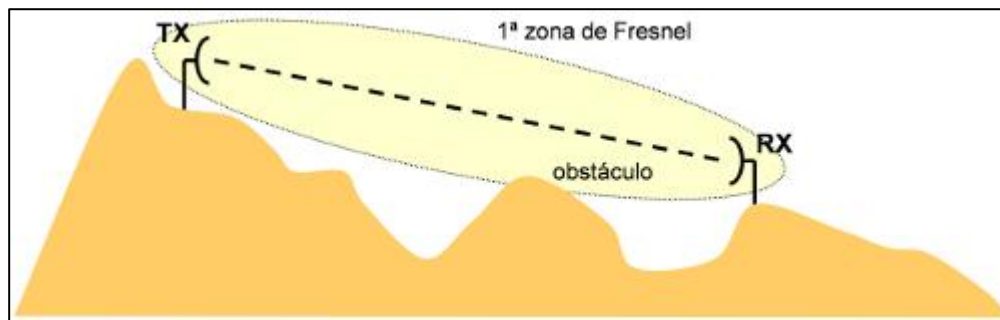


Figura 26. Cálculo Zona de Fresnel fuente <http://www.radioenlaces.es/wp-content/uploads/2011/05/vision1.png>

Para calcular el valor de la primera zona de fresnel permitida se utilizan las siguientes formulas:

$$\text{A.} \quad R = 17,32 \sqrt{\frac{D}{4 \cdot F}}$$

Dónde: R : Primera zonal de FRESNEL se mide en metros

D: Distancia Total del enlace

F: Frecuencia

17.32 y 4: Constantes

$$\text{B.} \quad h_o = \sqrt{\frac{\lambda(d_1 \cdot d_2)}{d}}$$

Dónde: h_o: Primera zona de Fresnel

λ : Longitud de Onda

d1: Distancia hacia el obstáculo más pronunciado del enlace

d2: Distancia total menos d1

d: Distancia Total

Por ejemplo vamos a calcular la zona de fresnel para el enlace entre el cerro Plisurco y Atacazo, el mismo que posee los siguientes datos

Distancia= 88.7 km

Frecuencia de Operación= 5.4Ghz

Donde tenemos

$$R = 17,32 \sqrt{\frac{D}{4 * F}}$$

$$R = 17,32 \sqrt{\frac{88.7 \text{ km}}{4 * 5.4 \text{ Ghz}}}$$

$$R = 35 \text{ metros}$$

Con los resultados obtenidos se tiene que la distancia mínima que se necesita de espacio libre para que el enlace funcione correctamente es de 35 metros.

Tabla 4. Cálculo Zona de Fresnel Enlace C.O.Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO

Enlace ecu911 riobamba-ecu911 quito	Valor zona de fresnel
Ecu911 Riobamba – Cacha	10,10 metros
Cacha – Igualata	18.14 metros

Igualata – Pilisurco	22,86 metros
Pilisurco – Atacazo	35,09 metros
Atacazo – Ecu911 Quito	16,45 metros

Tabla 5. Cálculo Zona de Fresnel Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – Nodos principales

Enlace ecu911 riobamba-camaras video vigilancia	Valor zona de fresnel
Ecu911 Riobamba – Cerro Churo	8,57 metros
Cerro Churo – Edificio Costales	6,66 metros
Cerro Churo – Edificio IESS	6,56 metros
Cerro Churo – Veloz y Loja	6,87 metros
Cerro Churo – Mercado Oriental	7,63 metros

5.2.7.2. Margen de Desvanecimiento

Aquí se debe analizar los aspectos no ideales y menos predecibles de los radio enlaces así como la propagación multitrayectoria y la sensibilidad a las superficies rocosas.

La ecuación para calcular el margen de desvanecimiento es la siguiente:

$$Fm = 30 \log D + 10 \log(6ABF) - 10 \log(1 - R) - 70$$

En donde:

Fm = Margen de desvanecimiento medido en dB

D = Distancia total medido en Km

F = Frecuencia medido en Ghz

R = Confiabilidad expresada en decimal (99.99% = 0.9999)

A = Factor de Rigurosidad

= 4, sobre el agua o terreno parejo

= 3, sembrados, pastizales, arenales

= 2, cuando el enlace pasa por encima de un bosque

= 1, sobre un terreno normal

= 0.25, terreno montañoso y disperejo

B = Factor para convertir una probabilidad del peor mes a una anual

= 1 disponibilidad anual para el peor mes

= 0.5 áreas calientes y húmedas

= 0.25 áreas normales tierra adentro

= 0.125 áreas montañosas o muy secas.

Siguiendo con el ejemplo del enlace entre el cerro Pilisurco – Atacazo, realizamos el cálculo del margen de desvanecimiento.

Distancia = 88.7 km

Frecuencia de Operación = 5.4Ghz

$$Fm = 30 \log D + 10 \log(6ABF) - 10 \log(1 - R) - 70$$

$$Fm = 30 \log(88.7 \text{ km}) + 10 \log(6 * 0.25 * 0.125 * 5.4 \text{Ghz}) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$Fm = 28.5 \text{ dB}$$

Tabla 6. Cálculo Desvanecimiento Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO

Enlace ecu911 riobamba-ecu911 quito	Margen de desvanecimiento
Ecu911 Riobamba – Cacha	-3,9 dB
Cacha – Igualata	11,29 dB
Igualata – Pilisurco	17,31 dB
Pilisurco – Atacazo	28,5 dB
Atacazo – Ecu911 Quito	8,75 dB

Tabla 7. Cálculo Desvanecimiento Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – Nodos principales

Enlace ecu911 Riobamba- cámaras video vigilancia	Margen de desvanecimiento
Ecu911 Riobamba – Cerro Churo	-8,21 dB
Cerro Churo – Edificio Costales	-14,79 dB
Cerro Churo – Edificio IESS	-15,2 dB
Cerro Churo – Veloz y Loja	-14 dB
Cerro Churo – Mercado Oriental	-11,24 dB

5.2.7.3. Pérdidas en el espacio libre

En los enlaces es importante considerar las pérdidas de señal en la trayectoria en el espacio libre que no es otra cosa que la degradación que sufre la onda electromagnética conforme se desplaza en el vacío.

La Pérdida del espacio libre se calcula con la siguiente fórmula

$$L_o = 20 \log(D) + 20 \log(f) + 32.5$$

Donde:

D = distancia total medida en Km

f= frecuencia medida en Mhz

Lo= Pérdidas en el espacio libre.

Utilizando los datos del enlace entre Pilisurco y Atacazo, tenemos:

$$L_o = 20 \log(D) + 20 \log(f) + 32.5$$

$$L_o = 20 \log(88.5 \text{ Km}) + 20 \log(5400 \text{ Mhz}) + 32.5$$

$$L_o = 146 \text{ dB}$$

Tabla 8. Cálculo de pérdidas en espacio libre Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – SIS ECU911 QUITO

Enlace ecu911 Riobamba-ecu911 Quito	Perdidas en Espacio Libre
Ecu911 Riobamba – Cacha	124,47 dB
Cacha – Igualata	134,64 dB
Igualata – Pilisurco	138,65 dB
Pilisurco – Atacazo	146 dB
Atacazo – Ecu911 Quito	132,94 dB

Tabla 9. Cálculo de pérdidas en espacio libre Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – Nodos principales

Enlace ecu911 Riobamba - Cámaras Video Vigilancia	Perdidas en espacio libre
Ecu911 Riobamba – Cerro Churo	121 dB
Cerro Churo – Edificio Costales	117,25 dB
Cerro Churo – Edificio IESS	116,97 dB
Cerro Churo – Veloz y Loja	117,77 dB
Cerro Churo – Mercado Oriental	119,61 dB

5.2.7.4. Potencia de recepción nominal

Es la potencia que se espera tener en el receptor y se calcula mediante la siguiente fórmula

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Lo - Lt - Lr - Fm$$

Donde:

Pr= Potencia de recepción nominal [dBm]

Pt= Potencia de transmisión emitida por el transmisor [dBm]

Gr=Ganancia de la antena de recepción [dBi]

Gt= Ganancia de la antena de transmisión [dBi]

Lo= Pérdidas en el espacio libre [dB]

Lt= Pérdidas en la guía de onda del transmisor [dB]

Lr= Pérdidas en la guía de onda del receptor [dB]

Fm= Margen de desvanecimiento [dB]

Si reemplazamos los datos del enlace entre los cerros de Pilisurco – Atacazo

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Lo - Lt - Lr - Fm$$

$$Pr = 26 \text{ dBm} + 30 \text{ dBi} + 30 \text{ dBi} - 146 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 28.46 \text{ dB}$$

$$Pr = -90.46 \text{ dBm}$$

Tabla 10. Cálculo Potencia de Recepción Nominal Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – SIS ECU911**QUITO**

Enlace ecu911 Riobamba-ecu911 quito	Potencia de Recepción nominal
Ecu911 Riobamba – Cacha	-36,51 dB
Cacha – Igualata	-61,94 dB
Igualata – Pilisurco	-71,97 dB
Pilisurco – Atacazo	-90,6 dB
Atacazo – Ecu911 Quito	-57,7 dB

Tabla 11. Cálculo Potencia de Recepción Nominal Enlace C.O.L ECU911 Riobamba – Cámaras de Video**Vigilancia**

Enlace Ecu911 Riobamba - Cámaras Video Vigilancia	Potencia de Recepción nominal
Ecu911 Riobamba – Cerro Churo	-29,41 dB
Cerro Churo – Edificio Costales	-18,45 dB
Cerro Churo – Edificio IESS	-17,77 dB
Cerro Churo – Veloz y Loja	-19,77 dB
Cerro Churo – Mercado Oriental	-24,36 dB

Luego de realizado el análisis topográfico de los diferentes puntos en donde se van a colocar los enlaces de radio se realizará el análisis de diferentes tecnologías de transmisión para así determinar la manera más óptima de interconectar el ECU 911 Riobamba con el ECU911 QUITO.

5.3. Diseño de la Infraestructura de Telecomunicaciones

5.3.1. Estudio De Factibilidad

Una vez que se ha realizado el diseño de implementación tanto de la red principal (backbone) para interconectar el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba con el SIS ECU911 Quito, así como también con las cámaras de video vigilancia instaladas en la ciudad de Riobamba (red Secundaria), es necesario realizar un estudio de factibilidad técnico, económico y legal que nos permita operar de manera eficiente y cumpliendo con las normas dictadas por los entes de control.

A continuación se detalla los términos que se deben cumplir desde el punto de vista técnico para obtener una red que nos permita obtener robustez, escalabilidad y seguridad.

En la parte legal se analizará los aspectos legales y regulatorios que se debe cumplir para poder iniciar con la operación de esta red privada de interconexión, aquí se deberá desarrollar el anteproyecto técnico que se debe presentar en la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones como requisito principal para comenzar con los trámites del permiso que nos autorice implementar y trabajar con los equipos propuestos en este proyecto.

5.3.1.1. Factibilidad Técnica

El estudio de factibilidad técnica nos ayudará a seleccionar los equipos que permitirá a la red ofrecer robustez, escalabilidad, confiabilidad y que permita una fácil administración y mantenimiento de la plataforma.

5.3.1.2. Robustez

La robustez de la red se define por los equipos que se utilizarán para la implementación de este proyecto los mismos que ofrecen un alto performance en la transmisión y conectividad, para esto se ha considerado dividir la red en dos partes:

5.3.1.3. Red de Backbone (Red Principal)

Para la red de backbone se propone utilizar equipos que permita trabajar a la red ofreciendo un alto grado de robustez por lo que se utilizará los equipos Airfiber X ya que por ser equipos de altas prestaciones técnicas nos permiten cumplir con los requerimientos de disponibilidad solicitados para mantener los servicios utilizados para la atención de emergencias disponibles las 24 horas del día los siete días a la semana.

Los equipos Airfiber X son sistemas de radio modulares que funcionan con una amplia gama de frecuencias y están diseñados para ser compatibles con una variedad extensas de antenas.

AirFiber X permite personalizar enlaces backhaul AirFiber o actualizar enlaces existentes con equipos Rocket Punto-a-Punto (PTP). El primer modelo AirFiber X es el modelo AF-5X para su uso en la banda de frecuencia de 5 GHz, el mismo que es diseñado con una arquitectura propietaria basado en silicio personalizado conocida como INVICTUS que posee la arquitectura de radio diseñados específicamente para larga distancia, aplicaciones inalámbricas al aire libre.

El AF-5X permite trabajar con una eficiencia espectral de 10,6 bps/Hz, lo que permite una línea de procesamiento de paquetes para un máximo de 500 Mbps de rendimiento de datos reales, y posee con la tecnología propietaria Xtreme (XRT) para enlaces de largo alcance permite enlaces de hasta 200 km.

Posee certificación Full-banda DFS que permite a los AF-5X cubrir todo el espectro de 5 GHz, sin necesidad de licencia, el funcionamiento óptimo en bandas sin licencia permite flexibilidad del canal, el mismo que puede ser (10/20/30/40/50 MHz) y permite TX independiente.

A continuación se describen algunas características en las que se puede apreciar las ventajas y las altas prestaciones que nos ofrecen los equipos a ser utilizados:

- **Ultra-baja latencia con tecnología HDD**

El AF-5X está diseñado para proporcionar el máximo rendimiento en el procesamiento (TDD) disponible y está diseñado con tecnología propietaria División de duplexión híbrida HDD.

En un enlace de backhaul, dos radios AF-5X utilizan tecnología HDD para calcular el retardo de propagación y saber cuándo cada radio puede transmitir y recibir, por lo que envían paquetes de sincronización precisa, los paquetes de la latencia de transmisión se eliminan virtualmente.

- **Salida de energía limpia**

Permite el uso de la compensación previa de distorsión digital y procesamiento multi-IFFT, el innovador diseño de RF proporciona una salida de potencia ultra-limpia que mejora el rendimiento de la inmunidad al ruido y la co-localización. Esto reduce el impacto potencial sobre el medio ambiente del ruido RF y permite el uso de modulación de orden superior, tales como 256QAM.

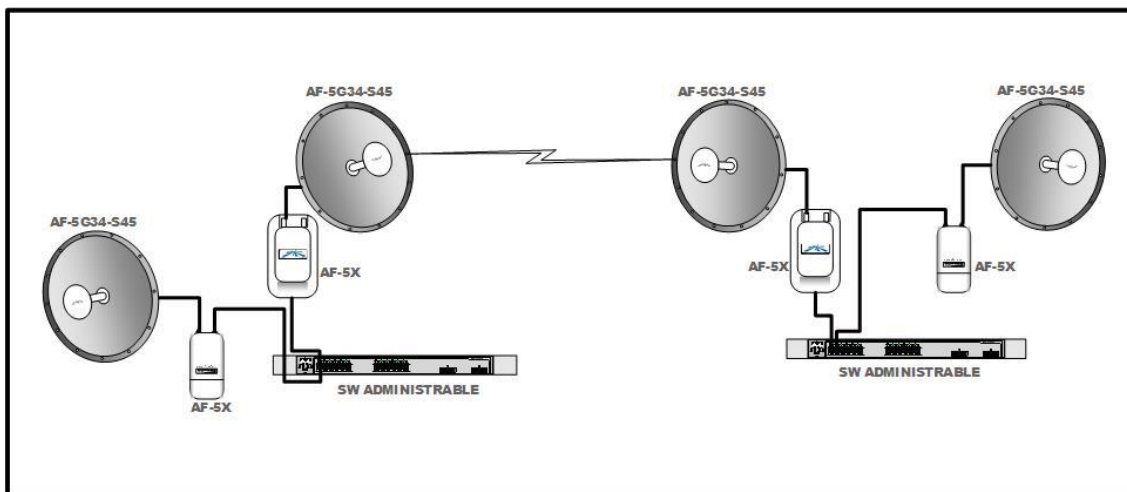


Figura 27. Conexión Enlace Backhaul

5.3.1.3.1. Antena utilizada en el enlace Backhaul

Para la interconexión de los enlaces troncales se utilizará la antena modelo AF-5G34-S45 la misma que permitirá obtener un rendimiento estable y robusto de acuerdo a su alta eficiencia de construcción y funcionamiento.

Estas antenas trabajan en el rango de 5GHz y están disponibles para las siguientes bandas de frecuencias: 2.4 – 3 – 4 GHz, ofrecen un rendimiento 2X2 de doble polaridad lo que nos permite trabajar con un gran ancho de banda en los enlaces backhaul.

A continuación se describe las características principales de la antena a utilizar las mismas que nos permite apreciar las ventajas al trabajar con estos equipos a ser utilizados en la implementación del proyecto:

- **Carrier-Class**

Con la incorporación de un plato reflector en el diseño permitirá obtener una excelente directividad del haz, las antenas AirFiber X cuentan con un diseño mecánico robusto que permite el uso de los equipos al aire libre.

- **Integración**

Las antenas y radios AirFiberX han sido diseñados para trabajar conjuntamente sin problemas. Cada antena AirFiberX tiene un montaje incorporado para la radio AirFiber X, así que la instalación no requiere herramientas especiales. Simplemente se debe montar la radio AirFiber X de forma segura en la antena.

- **Latencia**

El innovador diseño industrial de la antena mejora el aislamiento de RF y reduce significativamente la interferencia con lo cual se obtiene ganancias superiores las que nos permiten trabajar a altas capacidades en las redes multipunto.

5.3.1.4. Red de Interconexión cámaras de Video Vigilancia con el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba (Red Secundaria)

Para la interconexión de las cámaras de video vigilancia y el centro operativo local Riobamba se utilizarán los equipos Mikrotik BaseBox 5 con antenas sectoriales AM-5AC2160 y antenas LBE-5AC-23.

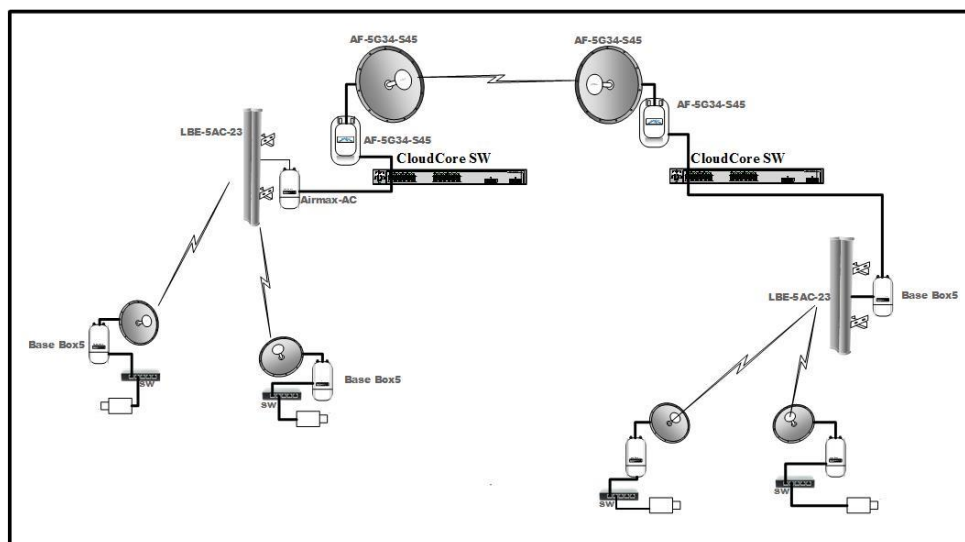


Figura 28. Conexión cámaras con el centro operativo local Riobamba

El Basebox es un dispositivo sólido e impermeable construido específicamente para exteriores que se basa en un modelo de Router inalámbrico.

Está construido con la capacidad de proveer una alta potencia inalámbrica, posee un conector Gigabit Ethernet, que admite la detección automática MDI-X. El dispositivo tiene dos conectores RP-SMA para conectar antenas externas, está equipado con un adaptador de alimentación de 24V, un inyector PoE y dos bucles de montaje (MIKROTIK, 2016).

El equipo dispone de una radio de 5Ghz que se puede configurar en modo 802.11n, en 802.11a o en modo mixto A/N. También permite los modos propietarios de Mikrotik nstreme y nv2.

En su configuración por defecto viene como modo WISP que es un modo cliente en la parte WiFi realizando NAT para la parte LAN y con servidor DHCP activado en la selección de opciones en Mikrotik llaman a este modo CPE.

En el modo de configuración CPE es el método que deberemos elegir cuando queramos poner el equipo en modo cliente, ya sea en modo cliente Bridge o cliente router (Cliente WiFi + NAT). Desde el asistente nos permite seleccionar los siguientes valores sin salir de la configuración:

- Opción modo Router o Bridge.
- Dirección IP, puerta de enlace.
- Opcionalmente servidor DHCP para la LAN en caso de que esté en modo Router.
- Wireless (SSID, banda, seguridad,...).

Cuando necesitemos que el equipo opere como un AP. Al igual que la opción anterior, podemos configurarlo en modo Bridge como si fuera un punto de acceso normal con ambos

interfaces puenteados o también en modo Router si queremos el equipo se comporte como un router neutro entre la parte cableada y la inalámbrica.

Permite realizar la configuración PTP Bridge que es la que enlaza a nivel de capa 2 dos o más equipos. Desde el Quick Set podemos seleccionar entre estas opciones:

- Modo del Wireless Bridge como Cliente/CPE o Servidor/AP.
- Dirección IP, puerta de enlace.
- Control de ancho de banda

Cuando tenemos la configuración de modo Cliente/CPE en Router, el asistente Quick Set nos permite controlar el ancho de subida y bajada con las opciones Upload y Download, el valor está indicado en bits/s. Podemos poner valores de, por ejemplo, 64k o 1M para simplificar a la hora de escribir kilobits o Megabits.

El router base box se utiliza comúnmente como:

- cliente WISP, para conectar a una red externa en 5 Ghz y dar acceso a una vivienda conectándolas a una antena planar direccional.
- Para realizar enlaces punto a punto.
- Punto de acceso para dar servicio con un modem 3G.

Mediante la configuración avanzada de Mikrotik que nos proporciona el tener el RouterOS con nivel 4, podemos utilizar funciones como HotSpot, lo cual nos permite tener una lista de acceso de hasta 200 usuarios mediante un portal cautivo. Por ejemplo:

Queremos ofrecer internet a usuarios en 5 Ghz, de tal manera que el acceso queda limitado por usuario y contraseña a la hora de tener acceso a internet. El equipo RB/912UAG-5HPnD-

OUT podrá realizar las siguientes funciones sin necesidad de equipos adicionales (ForoWifi, 2014):

- Controlar el acceso con un portal cautivo.
- Guardar una base de datos interna de usuarios y contraseñas.
- Dar acceso a internet una vez autenticado el usuario.
- Proporcionar red inalámbrica en 5Ghz.
- Asignar direcciones IP dinámicas a los clientes WiFi.

Las Antenas Sectoriales AIRMAX AC presentan avances significativos en escalabilidad, aislamiento de ruido y rendimiento de haz para complementar los radios Base Box 5.

Las antenas sectoriales AIRMAX AC son altamente resistentes a la interferencia de ruido en los despliegues de co-localización. El diseño innovador del deflector, junto con los lóbulos laterales y los lóbulos traseros reducidos, rechazan la interferencia de otros transmisores en el área - potencialmente en la misma torre.

La relación señal / ruido mejorada (S / N o SNR) permite utilizar una modulación de orden superior, por ejemplo 256QAM en lugar de 16QAM. Esto aumenta el número de bits por segundo para un ancho de banda fijo (o velocidad de datos).

Debido al diseño innovador, las antenas sectoriales AIRMAX AC proporcionan una ganancia superior y un rendimiento de haz superior para redes multipunto de alta capacidad.

Las antenas sectoriales AIRMAX AC están diseñadas para proporcionar un rendimiento de aislamiento de ruido avanzado que permite la inmunidad al ruido y un alto rendimiento del haz.

5.3.1.4.1. Switch

Los switch fueron dimensionados tomando en cuenta la capacidad de los mismos en referencia al throughput que pueden procesar ya que con el tiempo se tiene planificado el incremento de conexión de cámaras de video vigilancia, y teniendo en cuenta que se va a implementar la tecnología MPLS se ha considerado el procesamiento de los equipos ya que la información debe transmitirse en tiempo real y sin pérdida de datos, razón por la cual se ha considerado utilizar para los enlaces troncales los switch de capa 3 cloud router switch mikrotick CRS226-24G-2S+RM. Para la conexión interna en los puntos de video vigilancia se ha considerado utilizar un switch normal de capa2 de 8 puertos

5.3.1.5. Escalabilidad

Para considerar que una red sea escalable debe permitir el aumento de la demanda en enlaces y aplicaciones sin afectar el rendimiento ni la capacidad de la red.

Los Radios utilizados en los enlaces troncales nos permiten la conexión de 120 suscriptores lo cual me permite trabajar de manera óptima considerando el posible incremento anual de puntos de video vigilancia.

5.3.2. Factibilidad Legal (ARCOTEL, 2016)

El Centro Operativo Local ECU911 Riobamba en el proceso de implementación de la red inalámbrica para interconectar las cámaras de video vigilancia instaladas en la ciudad de Riobamba con el área de video vigilancia del Centro Operativo Local ECU911 Riobamba, y éste con el ECU911 Quito, debe cumplir con los requisitos legales , técnicos y económicos según los formatos establecidos, el proceso termina con la recepción de los derechos de concesión y la

suscripción del acta con la que se acepta las condiciones estipuladas en el título habilitante y la aplicación del ordenamiento jurídico vigente.

El Centro Operativo Local ECU911 Riobamba tendrá que solicitar un permiso para persona jurídica ya que es una institución legalmente formada y que además forma parte del estado Ecuatoriano con el propósito de interconectar enlaces de radio para su uso exclusivo o bajo su control, es decir una red privada que está destinada a satisfacer las necesidades propias del titular, razón por la cual queda totalmente prohibido la prestación de estos servicios a terceros.

5.3.2.1. Documentos Necesarios Para La Solicitud De Permiso

A continuación detallaremos la documentación necesaria para solicitar el permiso de funcionamiento para una red privada, la misma que se debe entregar en las oficinas de ARCOTEL para su tramitación.

Tabla 12. Requisitos Legales para la Obtención de Título Habilitantes

N°	Documento	Formulario
1	Solicitud General	IT-CTR-01, FO-CTR-01
2	Escritura de constitución de la institución, debidamente inscrita	
3	Copia del título de propiedad o contrato (convenio) de arrendamiento del lugar donde se ubicarán los puntos de red fijos (repetidor y fija).	
4	Decreto Ejecutivo; acto normativo; escritura pública o la resolución de creación de la Institución o Empresa Pública, según corresponda;	IT-CTR-01, FO-CTR-01
5	Denominación de la empresa pública, Institución Pública o razón social o denominación, y datos de identificación de su representante legal; para personas jurídicas de derecho privado, se indicarán los datos de constitución, objeto, y socios;	IT-CTR-01, FO-CTR-01

6	Copia del documento de designación del representante legal debidamente inscrito ante la autoridad correspondiente, para personas jurídicas.	
INFRAESTRUCTURA FISICA		
7	Proyecto técnico	IT-DRS-04, FO-DRS-26 al FO-DRS-28
INFRAESTRUCTURA INALAMBRICA		
8	Proyecto técnico: MDBA Enlaces Radioeléctricos	IT-DRE-02, FO-DRE-01 al FO-DRE-10 IT-DRE-03, FO-DRE-01 al FO-DRE-07
9	Certificado de no afectar a los sistemas de radionavegación aeronáutica emitido por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).	

5.3.2.2. Instructivos De Trabajo Y Formatos

Para la obtención del título habilitante de concesión de uso de frecuencias y funcionamiento de la red privada se debe realizar el proceso de llenado de formatos siguiendo los instructivos proporcionados por el ente control ARCOTEL.

A continuación se presenta los formatos e instructivos que se debe seguir para solicitar el título habilitante.

Tabla 13. Instructivos y Formatos de Otorgamiento de Título Habilitante para una Red Privada

NOMBRE	CÓDIGO	INSTRUCTIVO DE TRABAJO O FORMATO
SOLICITUD GENERAL	IT-CTR-01	Instructivo de trabajo del formato de solicitud para el otorgamiento de títulos habilitantes para servicios del régimen general de

		telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico
	FO-CTR-01	Solicitud para el otorgamiento de títulos habilitantes para servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico
INFRAESTRUCTURA INALÁMBRICA	IT-DRE-01	Instructivo de trabajo para el uso de la interface web del sistema de formularios de radiocomunicaciones en línea
	IT-DRE-02	Instructivo de trabajo para el uso del aplicativo para validación de información (avis)
	FO-DRE-01 – FO-DRE-04,FO-DRE-10,FO-DRE-11,FO-DRE-16	Sistemas de modulación digital de banda ancha (avis): información de la estructura, antenas, patrones de radiación, equipamiento y estudio técnico de emisiones de RNI
	IT-DRE-03	Instructivo de trabajo de los formatos técnicos para el otorgamiento de títulos habilitantes del espectro radioeléctrico
	FO-DRE-01 – FO-DRE-04;FO-DRE-07;FO-DRE-16	Enlaces radioeléctricos: información de la estructura, antenas, patrones de radiación, equipamiento, y perfil topográfico de los enlaces y estudio técnico de emisiones de RNI.
	FO-DRE-01 – FO-DRE-04;FO-DRE-13,FO-DRE-16	Servicio fijo por satélite: información de la estructura, antenas, patrones de radiación,

		equipamiento y estudio técnico de emisiones de RNI
	FO-DRE-01 – FO-DRE-04;FO-DRE-12,FO-DRE-16	Sistemas troncalizado: información de la estructura, antenas, patrones de radiación, equipamiento y estudio técnico de emisiones de RNI
	FO-DRE-01 – FO-DRE-05;FO-DRE-15,FO-DRE-16,FO-DRE-17	Sistemas radio de dos vías: información de la estructura, antenas, patrones de radiación, equipamiento y estudio técnico de emisiones de RNI
	FO-DRE-01 – FO-DRE-05;FO-DRE-15,FO-DRE-16,FO-DRE-17	Radiolocalización – radares: información de la estructura, antenas, equipamiento y estudio técnico de emisiones de RNI
INFRAESTRUCTURA FÍSICA	IT-DRS-04	Instructivo de trabajo de los formatos técnicos para el otorgamiento del título habilitante de operación de red privada
	FO-DRS-26 al FO-DRS-28	Datos de información general para el otorgamiento del título habilitante de operación de red privada; descripción técnica de área de cobertura y ubicación geográfica de las instalaciones a conectar; descripción de enlaces de las instalaciones a conectar.

5.3.3. Configuración de Equipos

En esta sección se va a detallar la configuración de los equipos para la implementación de la red de telecomunicaciones inalámbrica que me permita interconectar el centro operativo local ecu911 Riobamba con las cámaras de Video Vigilancia instaladas en diferentes puntos de la ciudad de Riobamba.

Cabe mencionar que luego de varias pruebas realizadas con los equipos de transmisión (Radio enlaces) conectados directamente a los dispositivos finales (cámaras de video vigilancia) se tuvo problemas en la transmisión del video, al momento de transmitir la señal de varias cámaras la red se caía y dejaba de funcionar, luego de verificar diferentes métodos de transmisión se decidió implementar MPLS con lo cual se podrá implementar Ingeniería de tráfico en la red.

5.3.3.1. MPLS (Multi – Protocol Label Switching) (UDLAP, s.f.)

El protocolo MPLS es una tecnología de reenvío de paquetes que trabaja entre la capa 2 y la capa 3 del modelo OSI que utiliza las etiquetas para tomar las decisiones de reenvío de datos, puede utilizar las características de las dos capas haciendo uso de la velocidad del forwarding y del control del ruteo.

El MPLS reduce significativamente el procesamiento de paquetes cada vez que un paquete ingresa a un router en la red esto permite mejorar considerablemente el desempeño de la red.

Las características más importantes de este protocolo son:

- Calidad de Servicio (QOS)
- Ingeniería de Tráfico
- Soporte para Redes Privadas Virtuales (VPNs)
- Soporte Multiprotocolo

5.3.3.2. Calidad de Servicio QOS (Martínez) (J)

En la actualidad redes totalmente distintas se fusionan en una misma red IP, por lo que es necesario controlar a forma de compartir los recursos utilizados por cada aplicación, QOS permite el uso eficiente de los recursos de red garantizando la asignación de estos a las aplicaciones que lo necesiten principalmente en la asignación del ancho de banda, para asignar

los recursos la configuración de QOS se basa en prioridades lo que permite garantizar a todas las aplicaciones los recursos necesarios para completar las transacciones sin consumir el ancho de banda y recursos de las otras.

El término calidad de servicio hace referencia a las diversas tecnologías que garantizan una cierta calidad para los distintos servicios de red, las ventajas principales de una red que aplica QOS son:

- Capacidad de priorizar el tráfico
- Mayor fiabilidad en la red

Los estándares utilizados por QOS publicados por el grupo de trabajo de inteligencia de Internet (IETF) son:

- RFC (Request For Comments) 2011: Specification of the Controlled-Load Network Element Service
- RFC 2212: Specification of Guaranteed Quality of Service

5.3.3.3. Ingeniería de Tráfico (J M.)

La Ingeniería de tráfico busca adaptar los flujos generados de tráfico a recursos físicos de la red, de manera que exista un equilibrio entre estos recursos. Uno de los más grandes problemas de la redes IP actuales es la dificultad de ajustar todo el tráfico para así obtener un mejor uso del ancho de banda, permitiéndonos seguir caminos más cortos y permite descongestionar enlaces subutilizados

Utilizando MPLS las capacidades de la ingeniería de tráfico se integran a la capa 3 del modelo OSI lo que permite optimizar el tráfico de ruteo gracias a las pautas establecidas por la topología y las capacidades de la troncal.

La Ingeniería de Tráfico se divide en dos:

- La orientada a tráfico la que tiene como objetivo minimizar las pérdidas, minimizar el retardo y maximizar el rendimiento.
- La orientada a recursos cuyo objetivo es el de optimizar los recursos de la red es decir se centra en el ancho de banda.

La Ingeniería de tráfico tiene la capacidad de:

- Mapear caminos primarios alrededor de cuellos de botella o puntos detectados con congestión de red.
- Permitir el uso ms eficiente del ancho de banda
- Re-enrutar el tráfico en caso de existir una falla en la red

5.3.3.4. Soporte para Redes Virtuales (VPNs) (Prezi, 2014)

MPLS provee un mecanismo eficiente para el manejo de redes privadas virtuales de esta manera el tráfico de una red privada atraviesa el Internet eficazmente y de manera transparente para el usuario eliminando cualquier tráfico externo y protegiendo la información.

Las VPN creadas con tecnología MPLS tienen la capacidad de expansión y son más flexibles en cualquier red IP, MPLS se encarga de reenviar los paquetes a través de túneles privados utilizando etiquetas que actúan como códigos posibles.

Las ventajas de implementar MPLS en VPN son:

- Maximizar la capacidad de ampliación
- Actualización transparente para el usuario
- Optimización de los recursos de red
- Diferenciación entre servicios
- Reducción de costos
- Seguridad y rapidez de transmisión de la información

5.3.3.5. Soporte Multiprotocolo

MPLS puede ser utilizado con diversas tecnologías, es decir no es necesario actualizar los routers IP existentes. Los routers MPLS pueden trabajar con otros routers a la par lo que facilita la introducción de esta tecnología a redes existentes y que están diseñadas para trabajar en redes ATM y Frame Relay, los switches MPLS de igual manera pueden trabajar con switches normales.

Esta tecnología puede trabajar con tecnologías puras como son IP-Internet, ATM y Frame Relay esto con la ventaja de tener redes mixtas que al añadir QOS a la configuración de red permite optimizar y expandir los recursos.

5.3.3.6. Virtual Private Lan Service (VPLS)

Es un método para crear túneles transparentes en capa 2 basados en MPLS, se presenta al router como una interfaz separada, el túnel VPLS agrega una etiqueta adicional al frame MPLS.

VPLS se puede considerar como un tipo de VPN basada en el proveedor en lugar que en el usuario final.

Las ventajas de una VPLS son:

- La transmisión es más rápida ya que no encripta ni encapsula

- Agrega al frame Ethernet 2 etiquetas
- Cada nuevo sitio solamente necesita la configuración del router
- Conecta dos o más locaciones empleando las técnicas de bridging y encapsulación
- Simula el funcionamiento de un conmutador Ethernet donde están conectadas las locaciones

En el Anexo 3 se adjunta las configuraciones de los equipos a utilizar

5.4. Análisis Financiero

En esta sección se realizará el estudio económico para calcular el capital necesario para realizar la interconexión de las cámaras de video vigilancia mediante radio enlaces.

5.4.1. Situación Actual

Al momento el Centro Operativo Local paga \$40 dólares por mega considerando que existe enlaces que utilizan 2 y 3 megas para la conexión se tiene:

Tabla 14. Pago Interconexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – cámaras de video vigilancia

# de Enlaces	AB (Megas)	Precio por Megas	Total Pagado
40	2	80,00	3200
2	3	120,00	240
Subtotal			3440
IVA			481,6
Total			3921.6

Para la interconexión entre el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba y el SIS ECU911 QUITO se paga un enlace de 30 megas por lo que se tiene:

Tabla 15. Pago Interconexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba – SIS ECU911 Quito

Enlace	AB (Megas)	Precio por Megas	Total Pagado
Interconexión Rbba – UIO	30	40,00	1200
		Subtotal	1200
		IVA	168
		Total	1368

El valor que se paga mensual por el enlace de interconexión es de \$ 1200 dólares es decir que incluido los impuestos se paga \$1368 dólares en un año se pagaría 16416 dólares.

A continuación se presenta el plan de inversión, como se va a realizar el reemplazo del enlace que permite la conectividad se prevé la recuperación del capital en tres años.

5.4.2. Conexión Centro Operativo Local ECU911 Riobamba con SIS ECU911

Quito.

Tabla 16. Plan de Inversión enlace C.O.L Riobamba – SIS ECU 911 Quito

Rubro	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
CloudCore SW CRS226-24G- 2S+RM	7	500	3500
Air Fiber 5X	12	815	9780

Poe Air fiber	12	24	288
Antena AF-5G34-S45	12	629	7548
Switch 8 puertos	6	110	660
Power Source surge protector	6	140	840
Network surge protector	6	140	840
Kit pararrayo	6	700	4200
Gabinete	6	240	1440
Batería de respaldo	6	250	1500
			30596,00

5.4.3. Conexión C.O.L ECU911 Riobamba con cámaras de video vigilancia

Tabla 17. Plan de Inversión Red Secundaria

Rubro	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
R5ACPTMTP	12	410	4920
Poe Airmax	12	24	288
Antena AM-5AC2160	8	380	3040
Antena PBE-5AC-300	8	200	1600
Switch 8 puertos	6	110	660
Mikrotik Base Box 5	6	250	1500
Batería de respaldo	6	250	1500
			13508,00

El valor cancelado por mes por cada cámara es de 80 dólares, al año se cancelaría \$1094,40 y la inversión realizada por cámara para la instalación del enlace inalámbrico es de \$1500 por lo que la inversión se considera recuperar en año y medio.

No se considera los rubros por mano de obra ya que la instalación la realizara el personal que labora en el departamento de tecnología del Centro Operativo local ECU911 Riobamba.

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Una vez realizado el diseño técnico de la infraestructura de telecomunicaciones inalámbrica, y analizado los resultados se ha determinado que es factible tanto técnica económica y regulatoria la interconexión inalámbrica de las cámaras de video vigilancia instaladas en diferentes lugares de la ciudad de Riobamba con el Centro Operativo Local Riobamba ciudadano la integridad de los datos y respetando los niveles de calidad requeridos por la institución para el monitoreo de las cámaras en tiempo real.
- Las pruebas realizadas mediante software de simulación me permite determinar la factibilidad de conexión entre el Centro Operativo Local ECU911 Riobamba con el SIS ECU911 Quito con niveles óptimos de transmisión, recepción y ancho de bando con los equipos propuestos en el diseño técnico de la red.
- La inversión realizada para implementar la red de telecomunicaciones propuesta en este caso de estudio se recuperara a partir del tercer año y medio de funcionamiento.
- La solución propuesta de implementar la red utilizando la técnica de marcado de paquetes MPLS para aplicar QOS y VPLS permitirá crear un túnel entre la cámara y el servidor de video vigilancia y con esto se obtiene un alto porcentaje de disponibilidad de los enlaces.

- El diseño de la red propuesta se basa en los estándares y leyes permitidos por las entidades de control de la República del Ecuador, y se realiza las respectivas solicitudes para la obtención de los permisos de operación.
- Una vez que se implemente la red de telecomunicaciones inalámbrica se tendrá la administración total de la red con lo que se podrá administrar de manera óptima el ancho de banda de cada enlace con lo que se mejorara considerablemente la calidad en el video lo que permitirá dar un mejor servicio ya que no se tendrá el limitante del ancho banda por el costo que se genera por el consumo.

6.2. Recomendaciones

- Una vez realizado el estudio y análisis de las principales tecnologías de transmisión inalámbrica se recomienda para la implementación de la red utilizar los equipos con las últimas actualizaciones tanto en software como hardware publicadas por el fabricante, para de esta manera obtener un mayor performance en la red.
- Al momento de realizar el estudio de factibilidad técnico, en el análisis de los perfiles topográficos para cada punto de transmisión se recomienda considerar un lugar en el cual nos permita obtener los niveles óptimos en los parámetros de transmisión.
- Al momento de diseñar la red se recomienda utilizar equipos que posean las características técnicas que fueron utilizadas para realizar los cálculos y estudios de perfil para de esta manera garantizar la robustez y calidad de los enlaces
- Con el análisis realizado se recomienda al Centro Operativo Local ECU911 Riobamba que para la inversión inicial se considere los costos de la implementación de los sistemas de respaldos y redundancia en los puntos que no se tiene infraestructura para así garantizar la conectividad de los enlaces en casos fortuitos.

- Para cumplir con la normativa que rige las Telecomunicaciones en el país se recomienda obtener los permisos de funcionamiento y operación de una red de telecomunicaciones privada.

Bibliografía

Andreu, & Pellejero. (2006). *Fundamentos Y Aplicaciones de Seguridad en Redes WLAN*.

MARCOMBO,S.A.

ARCOTEL. (2016). *Arcotel*. Obtenido de arcotel.gob.ec: <http://www.arcotel.gob.ec/redes-privadas-3/>

Arias, D. (2015). *Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de docplayer.es:

<http://docplayer.es/8275523-Facultad-de-ingenieria-en-ciencias-aplicadas.html>

ASAMBLEA NACIONAL. (18 de Febrero de 2015). *Registro Oficial Suplement 439*.

Camargo, J. (s.f.). *e-REding*. Obtenido de

[http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+)

[Cap%C3%ADtulo3+](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+)

[+Redes+inal%C3%A1mbricas+de+%C3%A1rea+local+\(WLAN\).pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+)

CISCO NETWORKING. (2010). *Academy Program, CCNA 1 and 2*. Obtenido de

<http://ciscocna.pbworks.com/f/CCNA-1-2.pdf>

CONATEL. (2015). *Arcotel*. Obtenido de arcotel.gob.ec: Resolución 417-1CONATEL-2015,

Artículo 6

Derechos Seguridad Digital . (2011). *Redes Inalámbricas*. Obtenido de <http://derechos.net/redes-inalambricas-principales-protocolos/>

ECU911, S. I. (2014). Obtenido de SIS ECU911: <http://www.ecu911.gob.ec/la-institucion/>

ECU911, S. I. (2014). *SIS ECU911*. Obtenido de <http://www.ecu911.gob.ec/mision-vision-y-valores-del-ecu-911/>

Escudero, A. (Octubre de 2007). *Estándares en Tecnologías Inalámbricas*. Obtenido de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02.pdf

ForoWifi. (2014). *Análisis del equipo Mikrotik*. Obtenido de <http://www.forowifi.com/forum/showthread.php?p=34148>

Gutierrez, F. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de Scribd.com: <https://es.scribd.com/doc/21146436/Estandares-IEEE-802>

J, M. (s.f.). *Universidad Javeriana de Cali*. Obtenido de [cic.javerianacali.edu.co](http://www.cic.javerianacali.edu.co): , http://www.cic.javerianacali.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:daysenr:daysenr_-_ingenieria_de_trafico.pdf

J, M. (s.f.). *Universidad Javeriana de Cali*. Obtenido de [cic.javerianacali.edu.co](http://www.cic.javerianacali.edu.co): , http://www.cic.javerianacali.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:daysenr:daysenr_-_ingenieria_de_trafico.pdf

Jaramillo, M. (2015). *ESPOL*. Obtenido de [dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec): <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/30349/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20Red%20M%C3%B3vil%20con%20Tecnolog%C3%ADa%204G%20LTE.pdf>

López, F. (2014). *datatec.unad.edu.ec*. Obtenido de

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301120/2014_II_LECCION_EVALUATIVA1.pdf

Martínez, J. (s.f.). *Pontificia Universidad Javeriana de Cali*. Obtenido de cic.puj.edu.co:

http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:daysenr:daysenr_-_calidad_de_servicio_qos_.pdf

MIKROTIK. (2016). *Router Board*. Obtenido de [Microtik.com](http://microtik.com):

<http://i.mt.lv/routerboard/files/Basebox-series2.pdf>

Morales, E., & Córdova, E. (2010). *Interconexión de las Redes Inalámbricas*. Obtenido de

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34>

Olgín, E., & Pardo, A. (2006). *Instituto Politecnico Nacional de México*. Obtenido de

https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKewjth7fh_e_QAhXI2SYKHT8cAbEQFghGMAg&url=http%3A%2F%2Fwww.icicm.com%2Ffiles%2FComunicaciones_Inalambricas.doc&usg=AFQjCNGTDhclG8gl80jCvrO4U7Ks36GT1A&bvm=bv.141320020,d.eWE

Prezi. (2014). *PREZI*. Obtenido de prezi.com: <https://prezi.com/uldm9habjzi2/mpls/>

Telecom Sharing. (s.f.). *TelecomSharing*. Obtenido de telecomsharing.com:

<https://www.telecomsharing.com/es/biblioteca/lte-4g/item/33-caracteristicas-de-la-arquitectura-lte-sae>

TLCLAB. (Mayo de 2008). *teclab.unipv.it*. Obtenido de

http://tlclab.unipv.it/downloads/Sistemi%20di%20Trasmissione%20Radio/20080528/18_WLAN.pdf

Tomasi, W. (2006). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. En Tomasi,
Radiocomunicaciones por Microondas y Ganancia del Sistema (págs. 761 - 780).
México: Pearson Educación.

UCACUE. (s.f.). *Ucacue.edu.ec*. Obtenido de

<http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/4181/4/Tecnolog%C3%ADas%20Wimax.pdf>

UDLAP. (s.f.). *catarina*. Obtenido de catarina.udlap.mx:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/morales_d_l/capitulo2.pdf

UDLAP. (s.f.). *WPAN Red Inalámbrica de Area Personal*. Obtenido de

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/valle_i_lf/capitulo2.pdf

Yunquera, J. (s.f.). *Bibing*. Obtenido de Bibing.us.es:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11138/fichero/memoria%252FCap%C3%ADtulo+4.pdf>

Redes de Datos, Redes WWAN/WMAN, Tema XII Obtenido de

http://www.mfbarcell.es/redes_de_datos/tema_12/redes_t12_wireless_wan_clase.pdf

Tecnologías de Redes Informáticas CAPITULO I

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/485/1/T-UTC-1041.pdf>

Lardiés, F & Santos, A.(2009) *Redes Inalámbricas de Acceso, comparativa de IEEE 802.11 e IEEE 802.16: capas física y de enlace*. Universidad de Vigo

<http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/ria-comparativa-de-ieee-80211-ieee80216-francisco-y-alberto.pdf>

Anexos

Documentos Habilitantes ARCOTEL

**SOLICITUD PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS
HABILITANTES PARA SERVICIOS DEL RÉGIMEN
GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y FRECUENCIAS
DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**



**Fecha de
presentación:**

Señor(a)
DIRECTOR(A) EJECUTIVO(A)
ARCOTEL
Presente.-

De mi consideración:

Por medio del presente, me permito solicitarle el/la del título habilitante para la operación del/la con infraestructura para lo cual describo la siguiente información conforme a los requisitos establecidos en el Reglamento para Otorgar Títulos Habilitantes para Servicios del Régimen General de Telecomunicaciones y Frecuencias del Espectro Radioeléctrico:

ASOCIADA A:	Prestación de Servicio de Telecomunicaciones	TIPO DE RED:	Inalámbrica
--------------------	--	---------------------	-------------

REGISTRO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES:		CONCESIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES:	Servicio Móvil Avanzado bajo la Modalidad de Operador Móvil Virtual
--	--	--	---

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION:	Sistemas de radios de dos vías HF, VHF y UHF
---------------------------------------	--

**1. DATOS GENERALES DEL
PETICIONARIO(A):**

APELLIDO:			
NOMBRES:			
N°. CÉDULA DE CIUDADANÍA / PASAPORTE:		No.CERTIFICADO DE VOTACIÓN:	
N°. DE RUC		FECHA PROCESO ELECTORAL:	

2. DATOS DEL NOMBRAMIENTO DEL REPRESENTANTE**LEGAL:**

CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL:			
FECHA DE NOMBRAMIENTO:		PERÍODO DEL CARGO:	
FECHA DE REGISTRO:			

3. DATOS DE LA PERSONA JURÍDICA:

RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN OBJETIVA:			
OBJETO O FINALIDAD DE LA PERSONA JURÍDICA:			
FECHA DE CONSTITUCIÓN:		FECHA DE INSCRIPCIÓN:	
PLAZO DE DURACIÓN:		N°. DE RUC	

4. DATOS DE LA ÚLTIMA(S) REFORMA(S) DE LA PERSONA JURÍDICA:

TIPO DE LA REFORMA:			
LUGAR Y FECHA DE LA REFORMA:			
LUGAR Y FECHA DE LA INSCRIPCIÓN:			

5. DATOS DE LA ENTIDAD, EMPRESAS PÚBLICAS:

RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN OBJETIVA:			
OBJETO O FINALIDAD (ACTIVIDAD):			
CREADO MEDIANTE (DECRETO EJECUTIVO, ACTO NORMATIVO, ESCRITURA PÚBLICA, RESOLUCIÓN...):			
N°. REGISTRO OFICIAL DE CREACIÓN:		FECHA DE REGISTRO OFICIAL:	
N°. DE RUC			

6. DATOS DE CONTACTO O ENVÍO DE COMUNICACIONES

CALLE PRINCIPAL:			
CALLE SECUNDARIA:			
OTRAS REFERENCIAS:		CÓDIGO POSTAL:	
PROVINCIA:		PARROQUIA:	

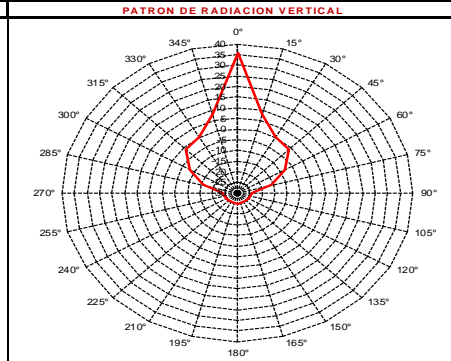
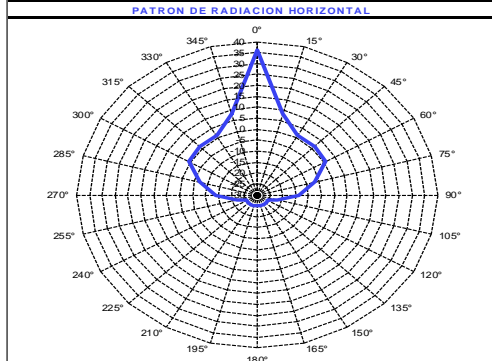
Código: FO-DRE-03 Versión: 01	FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS	
--	---	---

1) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																										
HORIZONTAL		36	8,5	1,5	1,5	0,5	-7	-14	-22	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-22	-14	-7	0,5	1,5	1,5	8,5	36
VERTICAL		36	8,5	0,5	-1	-8	-16	-24	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-24	-16	-8	-1	0,5	8,5	36	

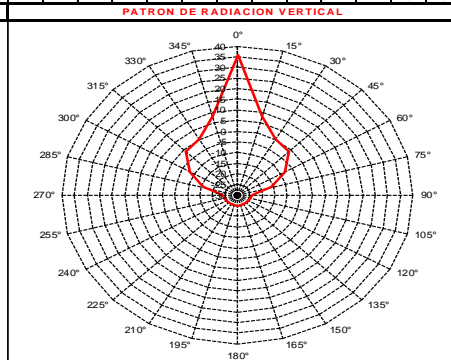
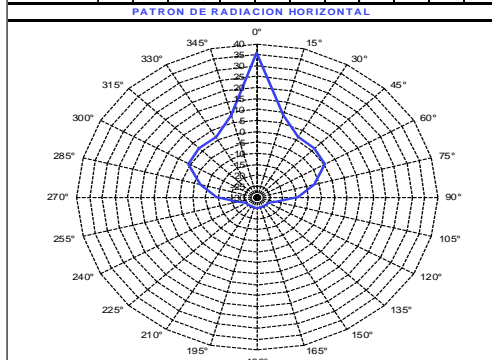


1) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																										
HORIZONTAL		36	8,5	1,5	1,5	0,5	-7	-14	-22	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-22	-14	-7	0,5	1,5	1,5	8,5	36
VERTICAL		36	8,5	0,5	-1	-8	-16	-24	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-24	-16	-8	-1	0,5	8,5	36	

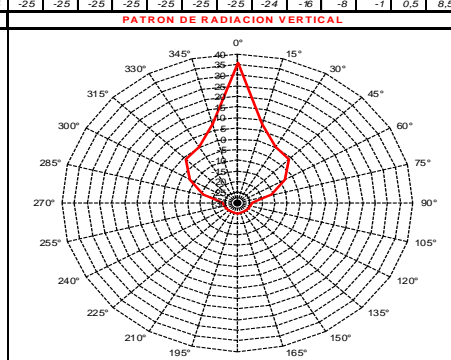
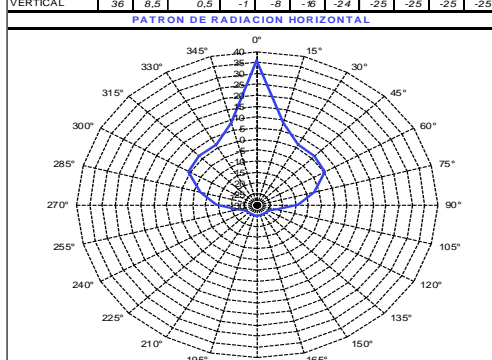


2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA


MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																										
HORIZONTAL		36	8,5	1,5	1,5	0,5	-7	-14	-22	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-22	-14	-7	0,5	1,5	1,5	8,5	36
VERTICAL		36	8,5	0,5	-1	-8	-16	-24	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-24	-16	-8	-1	0,5	8,5	36	



Código: FO-DRE-04 Versión: 01		FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPOS								
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10
CODIGO DEL EQUIPO	TIPO DE ESTACION	MARCA	MODELO	SEPARACION ENTRE Tx Y Rx [MHz]	POTENCIA MAXIMA DE SALIDA [W/dBm]	RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]		TIPO DE MODULACION	SENSIBILIDAD [dBm]	MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA [KHz]
						FREC. INICIAL	FREC. FINAL			
E1	FIJA	NOKIA	FLEXHOPPER	420	20	14500	15350	64QAM	±150	±150

Código: FO-DRE-07 Versión: 01		FORMULARIO PARA EL SERVICIO FIJO TERRESTRE (PERFIL TOPOGRAFICO DE LOS ENLACES PUNTO-PUNTO)								
1) CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ENLACE										
NOMBRE DEL SITIO TX				NOMBRE DEL SITIO RX						
No.	AZIM UT Tx (°):	AZIM UT Rx (°):	ANGULO ELEV. Tx (°):	ANGULO ELEV. Rx (°):	DISTANCIA. (Km):	SENSIBILIDAD. (dBm):	MARGEN DE DESV. (dB):	CONFIABILIDAD (%):		
2) GRAFICO DEL PERFIL TOPOGRAFICO:										
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>										

DATOS DE INFORMACIÓN GENERAL PARA EL OTORGAMIENTO DEL TÍTULO HABILITANTE DE OPERACIÓN DE RED PRIVADA



1. DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE

TIPO DE PERSONA JURÍDICA

1.1. DATOS GENERALES PERSONA NATURAL O JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO

PERSONA NATURAL	
NOMBRES Y APELLIDOS	
CEDULA DE CIUDADANÍA	
R.U.C.	

PERSONA JURÍDICA DE DERECHO PRIVADO	
NOMBRE DE LA PERSONA JURÍDICA	
R.U.C.	
NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL	
CEDULA DE CIUDADANÍA	

1.2. DATOS GENERALES PERSONA JURÍDICA (EMPRESA PÚBLICA O INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO)

PERSONA JURÍDICA (EMPRESA PÚBLICA O INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO)	
NOMBRE DE LA PERSONA JURÍDICA	
R.U.C.	
NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL	
CEDULA DE CIUDADANÍA	

Nota: El Proyecto Técnico deberá elaborar un ingeniero en Electrónica y/o Telecomunicaciones

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE ÁREA DE COBERTURA Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INSTALACIONES A CONECTAR.

1. ÁREA DE COBERTURA

PROVINCIA DONDE SE INSTALA LA RED PRIVADA							
#	Provincia / Ciudad	SI	#	Provincia / Ciudad	SI	#	Provincia / Ciudad
1	Bolivar		13	Santo Domingo			
2	Carchi		14	Guzayas			
3	Cotopaxi		15	Manabi			
4	Chimborazo		16	Los Rios			
5	Esmeraldas		17	El Oro			
6	Imbabura		18	Galapagos			
7	Napo		19	Santa Elena			
8	Pastaza		20	Azuay			
9	Pichincha		21	Cañar			
10	Tungurahua		22	Loja			
11	Sucumbios		23	Morona Santiago			
12	Orellana		24	Zamora Chínchipe			

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INSTALACIONES (NODOS) A CONECTAR

ITEM	NOMBRE DEL NODO	REPETIDOR (R) / ESTACIÓN (E)	UBICACIÓN GEOGRÁFICA				LATITUD				LONGITUD				OBSERVACIONES			
			PROVINCIA	CANTÓN / CIUDAD	PARROQUIA	DIRECCIÓN	g	m	s	NS	g	m	s	O	ESTADO	PROPIEDAD	TIPO DE NODO	OBSERVACIONES

Notas:

ITEM: Enumeración de las instalaciones a conectar. (Secuencial)
NOMBRE DEL NODO: Se colocará el nombre con el que se denominará a dicha estación.
REPETIDOR (R) / ESTACIÓN (E): Se identificará con R o E en el caso que sea Repetidor o Estación física
PROVINCIA: Nombre de la provincia donde se ubica la estación y/o repetidor
CANTÓN / CIUDAD: Nombre del cantón y ciudad donde se ubica la estación y/o repetidor.
PARROQUIA: Nombre de la parroquia donde se ubica la estación y/o repetidor
DIRECCIÓN: Calles, Número y Referencia de ubicación de la estación y/o repetidor
LATITUD Y LONGITUD: Coordenadas Geográficas en el Sistema WGS84 Zona 17Sur
 g: Grados
 m: Minutos
 s: Segundos
 NS: Norte o Sur
 O: Oeste
ESTADO: Indicar si la estación y/o repetidor es nueva, se encuentra registrada, se modifica o se elimina.
PROPIEDAD: Indicar en la casilla correspondiente si el nodo se encuentra en infraestructura Propia o Arrendada.
 Se deberá adjuntar los contratos de arrendamiento de las instalaciones y/o escritura o documento que demuestre propiedad de dicha instalación.
TIPO DE NODO: Indicar en la casilla correspondiente si el nodo se encuentra en infraestructura fija o móvil.
OBSERVACIONES: En este campo se debe adjuntar alguna notificación o aclaración que se requiera enviar.

DESCRIPCIÓN DE ENLACES

1. ENLACES ENTRE INSTALACIONES Y/O REPETIDORES

Enlaces físicos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Propios		Provisos por una empresa portadora legalmente autorizada	
Nombre de empresa Portadora:			

Enlaces Inalámbricos			
Inicialmente si requiere		Inicialmente no requiere	
Propios		Provisos por una empresa legalmente autorizada	
Nombre de empresa Legalmente Autorizada:			

Nota: Adjuntar Carta de compromiso actualizada con la empresa Portadora legalmente autorizada que proveera los Enlaces.

Nota: En caso de requerir enlaces inalámbricos, se deberá adjuntar los formularios correspondientes

2. DESCRIPCIÓN DE ENLACES:

ITEM	MEDIO DE TRANSMISIÓN	NODO ORIGEN	NODO DESTINO	VELOCIDAD DEL ENLACE(Mbps)	LONGITUD DEL ENLACE (Km)	PROVEEDOR	ESTADO	OBSERVACIONES

<p>Nota:</p> <p>Item: Enumeración de los enlaces de la Red</p> <p>Medio de Transmisión: Medio físico de transmisión: cobre, par trenzado, fibra óptica, coaxial, etc.</p> <p>NODO ORIGEN: Indicar el nombre del nodo origen del enlace, de acuerdo a la denominación declarada en el formulario FO-DRS-27.</p> <p>NODO DESTINO: Indicar el nombre del nodo destino del enlace, de acuerdo a la denominación declarada en el formulario FO-DRS-27.</p> <p>VELOCIDAD DEL ENLACE: Ancho de banda mínimo que se transmite por el enlace en Mbps</p> <p>Distancia (Km): Distancia del enlace en Km</p> <p>Proveedor: Indicar por cada enlace si el mismo es "Propio" o caso contrario indicar el Nombre del Proveedor. Se debe adjuntar las cartas de provisión de los enlaces con el portador autorizado en caso de no tener infraestructura</p>
--

3. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED:

Descripción	Debe incluir un diagrama esquemático de la red que indique claramente cada uno de los nodos, enlaces físicos y/o inalámbricos de la red declarados en los formatos técnicos, así como ubicaciones de cada una de las estaciones y/o repetidores y velocidad de los enlaces.
-------------	---

Caraterísticas Técnicas Cloud Router Switch CRS226-24G-2S



Cloud Router Switch

CRS226-24G-2S+

Cloud Router Switch is our new member of our Smart Switch series. It combines the best features of a fully functional router and a Layer 3 switch, is powered by the familiar RouterOS. All the specific Switch configuration options are available in a special Switch menu, but if you want, ports can be removed from the switch configuration, and used for routing purposes

The CRS226 uses a new class of switch chips, which allows us to have two SFP+ ports for 10G connectivity.

- Fully manageable L3 switch, full wire speed switching
- Configure ports as switch, or for routing
- If required, full RouterOS power right there
- SFP+ ports for 10G connectivity

Two models are available:

- CRS226-24G-2S+IN - desktop enclosure
- CRS226-24G-2S+RM - 1U rackmount enclosure

CPU	Qualcomm Atheros QCA8519 400 MHz
Memory	64MB
Ethernet	24x 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDIX
SFP	Two 10G Ethernet SFP+ cages (Mini-GBIC; SFP module not included), DDM1 support. First port supports 1.25G/10G modules, second port only 10G modules.
Storage	128MB Onboard NAND with multiple OS partition support
Serial port	One RJ45 serial port
Extras	Reset switch; beeper; voltage and temperature monitoring, touchscreen LCD
Power options	8-28V, 24V 1.2A PSU Included, PoE In: 8-30V on Ether1
Case dimensions	285x145x45mm (-IN model), 443x145x45mm (-RM model)
Temperature	-35C to +65C tested
OS	MikroTik RouterOS v6, Level 5 license
Included	CRS switch, power adapter

Características Técnicas BaseBox



BaseBox

The BaseBox is an outdoor wireless device, based on our popular RB912 model, fitted with two SMA connectors for antennas, and a cable hood for protection against moisture. Also available are three additional places for antenna connectors, in case you wish to use the BaseBox miniPCIe slot for one more wireless interface to make a dual band device, or a 3G/4G modem.

The case can be opened with one hand, and is protected against the elements. USB, Ethernet and a Grounding wire exits are provided on the bottom, behind a protective door. Two models are available - BaseBox 2 and BaseBox 5 (2 or 5GHz wireless, respectively).

Comes with a mounting loop for tower/pole mounting, and a separate DIN rail mount is also provided. Package also includes a PoE injector and power supply unit.

Model	BaseBox 5	BaseBox 2
Order code	RB912UAG-5HPnD-OUT	RB912UAG-2HPnD-OUT
Features	1 Ethernet, 1 miniPCIe, USB, Additional memory, Gigabit, High power, Dual chain, Outdoor case	
CPU	Altera AR3342 600MHz network processor	
Memory	64MB DDR onboard memory	
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDIX	
Wireless	Built in 5GHz 802.11a/n, 2x RP-SMA connectors	Built in 2GHz 802.11b/g/n, 2x RP-SMA connectors
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)	
Extras	beeper, signal and status LEDs, SIM slot (requires 3g miniPCIe card), voltage and temperature sensors	
Expansion	miniPCIe slot for 802.11 or 3G (using 3G disables the USB port), USB 2.0 port	
Power options	PoE: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af), Consumption: 14W at 24V	
Dimensions	246x135x50mm, Weight: 350g	
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license (supports wireless AP mode)	
Kit includes	RB912 outdoor unit, PSU, PoE injector, mounting loop, DIN rail mount, mounting ring	
	RB912UAG-5HPnD-OUT	RB912UAG-2HPnD-OUT
TX/RX at MCS0	30dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	24dBm / -78dBm	24dBm / -78dBm
TX/RX at 6Mbit	30dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	27dBm / -80dBm	27dBm / -80dBm
Frequency range	4900-5820MHz	2400MHz-2500MHz

MikroTik

BaseBox

Archivos de Programación

Cámara Domo

```
# dec/05/2016 07:45:26 by RouterOS 6.35rc49
# software id = PR2M-IJY5
#
/interface bridge
add mtu=1500 name=bridge1
/interface vpls
add disabled=no l2mtu=1500 mac-address=02:46:60:50:5D:54 name=vpls1 \
    remote-peer=10.25.110.7 vpls-id=4:1
/interface vlan
add interface=bridge1 name=vlan1_3510 vlan-id=3510
/interface wireless security-profiles
set [ find default=yes ] authentication-types="" eap-methods=passthrough \
    group-ciphers=aes-ccm group-key-update=5m interim-update=0s \
    management-protection=disabled management-protection-key="" mode=none \
    mschapv2-password="" mschapv2-username="" radius-eap-accounting=no \
    radius-mac-accounting=no radius-mac-authentication=no radius-mac-caching=\
    disabled radius-mac-format=XX:XX:XX:XX:XX:XX radius-mac-mode=as-username \
    static-algo-0=none static-algo-1=none static-algo-2=none static-algo-3=\
    none static-key-0="" static-key-1="" static-key-2="" static-key-3="" \
    static-sta-private-algo=none static-sta-private-key="" \
    static-transmit-key=key-0 supplicant-identity=MikroTik tls-certificate=\
    none tls-mode=no-certificates unicast-ciphers=aes-ccm wpa-pre-shared-key=\
    "" wpa2-pre-shared-key=""
```

```
add authentication-types=wpa-psk eap-methods="" management-protection=allowed \  
    mode=dynamic-keys name=key_1 supplicant-identity="" wpa-pre-shared-key=\  
    password01  
add authentication-types=wpa2-psk eap-methods="" management-protection=\  
    allowed mode=dynamic-keys name=key_2 supplicant-identity="" \  
    wpa2-pre-shared-key=password01  
/interface wireless  
set [ find default-name=wlan1 ] ampdu-priorities=0,1,2,3,4 antenna-gain=23 \  
    band=5ghz-a/n disabled=no frequency=5220 frequency-mode=superchannel \  
    mode=station-bridge scan-list=5220 security-profile=key_2 ssid=AP1 \  
    wireless-protocol=802.11  
/ip hotspot profile  
set [ find default=yes ] dns-name="" hotspot-address=0.0.0.0 html-directory=\  
    hotspot html-directory-override="" http-cookie-lifetime=3d http-proxy=\  
    0.0.0.0:0 login-by=cookie,http-chap rate-limit="" smtp-server=0.0.0.0 \  
    split-user-domain=no use-radius=no  
/ip hotspot user profile  
set [ find default=yes ] add-mac-cookie=yes address-list="" idle-timeout=none \  
    keepalive-timeout=2m mac-cookie-timeout=3d shared-users=1 \  
    status-autorefresh=1m transparent-proxy=no  
/ip ipsec mode-config  
set  
/ip ipsec proposal  
set [ find default=yes ] auth-algorithms=sha1 disabled=no enc-algorithms=\  
    aes-128-cbc lifetime=30m pfs-group=modp1024  
/ppp profile  
set *0 address-list="" on-down="" on-up="" only-one=default use-compression=\  
    default use-encryption=default use-mpls=default use-upnp=default  
set *FFFFFFFE address-list="" on-down="" on-up="" only-one=default \  
    use-compression=default use-mpls=default use-upnp=default  
/queue type
```

```
set 0 pfifo-limit=50
set 1 pfifo-limit=50
set 2 sfq-allot=1514 sfq-perturb=5
set 3 red-avg-packet=1000 red-burst=20 red-limit=60 red-max-threshold=50 \
  red-min-threshold=10
set 4 sfq-allot=1514 sfq-perturb=5
set 5 pcq-burst-rate=0 pcq-burst-threshold=0 pcq-burst-time=10s \
  pcq-dst-address-mask=32 pcq-dst-address6-mask=128 pcq-limit=50KiB \
  pcq-rate=0 pcq-src-address-mask=32 pcq-src-address6-mask=128 \
  pcq-total-limit=2000KiB
set 6 pcq-burst-rate=0 pcq-burst-threshold=0 pcq-burst-time=10s \
  pcq-dst-address-mask=32 pcq-dst-address6-mask=128 pcq-limit=50KiB \
  pcq-rate=0 pcq-src-address-mask=32 pcq-src-address6-mask=128 \
  pcq-total-limit=2000KiB
set 8 mq-pfifo-limit=50
/routing bgp instance
set default as=65530 client-to-client-reflection=yes disabled=no \
  ignore-as-path-len=no out-filter="" redistribute-connected=no \
  redistribute-ospf=no redistribute-other-bgp=no redistribute-rip=no \
  redistribute-static=no router-id=0.0.0.0 routing-table=""
/routing ospf instance
set [ find default=yes ] disabled=no distribute-default=never in-filter=\
  ospf-in metric-bgp=auto metric-connected=20 metric-default=1 \
  metric-other-ospf=auto metric-rip=20 metric-static=20 out-filter=ospf-out \
  redistribute-bgp=no redistribute-connected=no redistribute-other-ospf=no \
  redistribute-rip=no redistribute-static=no router-id=0.0.0.0
/routing ospf area
set [ find default=yes ] area-id=0.0.0.0 disabled=no instance=default type=\
  default
/snmp community
set [ find default=yes ] authentication-password="" authentication-protocol=\
```

```
MD5 encryption-password="" encryption-protocol=DES read-access=yes \  
security=none write-access=no  
/system logging action  
set 0 memory-lines=1000 memory-stop-on-full=no  
set 1 disk-file-count=2 disk-file-name=log disk-lines-per-file=1000 \  
disk-stop-on-full=no  
set 2 remember=yes  
set 3 bsd-syslog=no remote=0.0.0.0 remote-port=514 src-address=0.0.0.0 \  
syslog-facility=daemon syslog-severity=auto syslog-time-format=bsd-syslog  
/user group  
set read skin=default  
set write skin=default  
set full skin=default  
/interface bridge port  
add bridge=bridge1 interface=ether1  
add bridge=bridge1 interface=vpls1  
/interface bridge settings  
set use-ip-firewall=yes  
/ip address  
add address=10.25.110.110/24 interface=wlan1 network=10.25.110.0  
add address=10.134.104.242/29 interface=ether1 network=10.134.104.240  
/ip hotspot service-port  
set ftp disabled=no  
/ip hotspot user  
set [ find default=yes ] disabled=no  
/ip ipsec policy  
set 0 disabled=no dst-address=0.0.0.0/0 group=default proposal=default \  
protocol=all src-address=0.0.0.0/0  
/ip smb shares  
set [ find default=yes ] disabled=no max-sessions=10  
/ip smb users
```

```

set [ find default=yes ] disabled=no password="" read-only=yes
/mpls ldp
set enabled=yes lsr-id=10.25.110.110 transport-address=10.25.110.110
/system clock
set time-zone-autodetect=no time-zone-name=America/Guayaquil
/system identity
set name="CHURO"
/system leds
set 0 disabled=no interface=wlan1
/system logging
set 0 action=memory disabled=no prefix=""
set 1 action=memory disabled=no prefix=""
set 2 action=memory disabled=no prefix=""
set 3 disabled=no prefix=""
/system routerboard settings
set cpu-frequency=600MHz
/tool mac-server
set [ find default=yes ] interface=all
/tool romon port
set [ find default=yes ] cost=100 forbid=no interface=all secrets=""

```

Router Cloudcore

```

# nov/05/2016 19:08:36 by RouterOS 6.23
# software id = XLHK-A7J8
#
/interface bridge
add name=bridge1
/interface ethernet
set [ find default-name=ether1 ] comment=TRONCAL
set [ find default-name=ether2 ] comment="AP CENTRO 2"

```

```
set [ find default-name=ether3 ] comment="AP CENTRO 4"
set [ find default-name=ether4 ] comment="AP CENTRO 1"
set [ find default-name=ether5 ] comment="AP CENTRO 3"
set [ find default-name=ether6 ] comment="AP CENTRO 5"
/ip neighbor discovery
set ether1 comment=TRONCAL
set ether2 comment="AP CENTRO 2"
set ether3 comment="AP CENTRO 4"
set ether4 comment="AP CENTRO 1"
set ether5 comment="AP CENTRO 3"
set ether6 comment="AP CENTRO 5"
/port
set 0 name=serial0
set 1 name=serial1
/interface bridge port
add bridge=bridge1 interface=ether12
add bridge=bridge1 interface=ether11
add bridge=bridge1 interface=ether10
add bridge=bridge1 interface=ether9
add bridge=bridge1 interface=ether8
add bridge=bridge1 interface=ether7
add bridge=bridge1 interface=ether6
add bridge=bridge1 interface=ether5
add bridge=bridge1 interface=ether4
add bridge=bridge1 interface=ether3
add bridge=bridge1 interface=ether2
add bridge=bridge1 interface=ether1
/interface bridge settings
set use-ip-firewall=yes use-ip-firewall-for-pppoe=yes \
    use-ip-firewall-for-vlan=yes
/ip address
```

```

add address=10.25.110.97/24 disabled=yes interface=bridge1 network=\
  10.25.110.0
add address=10.25.110.96/24 interface=bridge1 network=10.25.110.0
add address=10.134.104.171/29 interface=bridge1 network=10.134.104.168
/lcd
set time-interval=weekly
/system clock
set time-zone-name=America/Guayaquil
/system identity
set name="CLOUDCORE KILAMO"
/system routerboard settings
set cpu-frequency=1200MHz memory-frequency=1066DDR
/tool bandwidth-server
set authenticate=no

```

Configuración de la Antena Sectorial

```

# software id = UINH-6ZZZ
#
/interface bridge
add name=bridge1
/interface vpls
add disabled=no l2mtu=1500 mac-address=02:29:5F:AA:CE:7B name=vpls1_3503 \
  remote-peer=10.25.110.103 vpls-id=4:3
add disabled=no l2mtu=1500 mac-address=02:29:5F:AA:CE:7B name=vpls2_3502 \
  remote-peer=10.25.110.102 vpls-id=4:2
add disabled=no l2mtu=1500 mac-address=02:29:5F:AA:CE:7B name=vpls3_3510 \
  remote-peer=10.25.110.110 vpls-id=4:1
add disabled=no l2mtu=1500 mac-address=02:29:5F:AA:CE:7B name=vpls4_3515 \
  remote-peer=10.25.110.115 vpls-id=4:4
/interface vlan

```

```
add interface=bridge1 name=vlan1_3503 vlan-id=3503
add interface=bridge1 name=vlan2_3502 vlan-id=3502
add interface=bridge1 name=vlan3_3510 vlan-id=3510
add interface=bridge1 name=vlan4_3515 vlan-id=3515
/interface wireless security-profiles
set [ find default=yes ] supplicant-identity=MikroTik
add authentication-types=wpa2-psk eap-methods="" management-protection=\
    allowed mode=dynamic-keys name=key_1 supplicant-identity="" \
    wpa2-pre-shared-key=password01
add authentication-types=wpa2-psk eap-methods="" management-protection=\
    allowed mode=dynamic-keys name=key_2 supplicant-identity="" \
    wpa2-pre-shared-key=password01
/interface wireless
set [ find default-name=wlan1 ] ampdu-priorities=0,1,2,3,4 antenna-gain=20 \
    band=5ghz-a/n disabled=no frequency=5220 frequency-mode=superchannel \
    mode=ap-bridge rx-chains=0,1 scan-list=default,5220 security-profile=\
    key_2 ssid=AP1 tx-chains=0,1 wireless-protocol=802.11
/ip ipsec proposal
set [ find default=yes ] enc-algorithms=aes-128-cbc
/queue simple
add max-limit=4M/4M name=TRES-ESQUINAS target=vpls3_3510
add max-limit=2M/2M name=BARBACOA target=vpls2_3502
add max-limit=3M/3M name=PISCINAS target=vpls1_3503
add max-limit=2M/2M name="ESC-29 DE MAYO" target=vpls4_3515
/interface bridge port
add bridge=bridge1 interface=ether1
add bridge=bridge1 interface=vpls1_3503
add bridge=bridge1 interface=vpls2_3502
add bridge=bridge1 interface=vpls3_3510
add bridge=bridge1 interface=vpls4_3515
/interface bridge settings
```

```
set use-ip-firewall=yes use-ip-firewall-for-pppoe=yes \  
  use-ip-firewall-for-vlan=yes  
/ip address  
add address=10.25.110.7/24 interface=wlan1 network=10.25.110.0  
add address=10.134.104.187/29 interface=ether1 network=10.134.104.184  
add address=10.134.104.179/29 interface=ether1 network=10.134.104.176  
add address=10.134.104.243/29 interface=ether1 network=10.134.104.240  
add address=10.134.104.99/29 interface=ether1 network=10.134.104.96  
/mpls ldp  
set enabled=yes lsr-id=10.25.110.7 transport-address=10.25.110.7  
/system clock  
set time-zone-autodetect=no time-zone-name=America/Guayaquil  
/system identity  
set name="CENTRO 1"  
/system leds  
set 0 interface=wlan1  
/system routerboard settings  
set cpu-frequency=720MHz
```