



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA: Diseño e Implementación de un radio enlace con tecnología IP entre las Repetidoras COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS (COMACO) - CAYAMBE para brindar los servicios de datos y VoIP.

AUTOR: JUAN CARLOS MASAPANTA PILATASIG

TUTOR: ING. DAVID CANDO GARZON MG.

AÑO: 2016

INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL PIC

CARRERA:	Electrónica Digital y Telecomunicaciones
AUTOR:	JUAN CARLOS MASAPANTA PILATASIG
TEMA DEL TT:	Diseño e Implementación de un radio enlace con tecnología IP entre las repetidoras CAYAMBE – COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS (COMACO) para los servicios de datos y voz IP.
ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	Tecnología Aplicada a la Producción y la Sociedad
SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	Sistema de Comunicación para la Seguridad y Movilidad Ciudadana
ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA	Sistema de Comunicación vía microonda para FF.AA
FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL:	Febrero del 2016

RESUMEN

El presente proyecto de titulación: Diseño e implementación de un radioenlace con tecnología IP entre las repetidoras COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADA (COMACO) – CAYAMBE para brindar los servicios de datos y VoIP.

La Red Estratégica de Comunicaciones (MODE) es una infraestructura de telecomunicaciones desplegado a nivel nacional, que proporciona apoyo a las operaciones militares de Fuerzas Armadas.

La finalidad de este proyecto es integrar a la red de comunicaciones el destacamento militar Cayambe que se encuentra alejado geográficamente mediante tecnología IP Radwin, para lo cual, se procede al diseño y cálculo del radioenlace.

Finalmente, se realiza la implementación del radioenlace entre la repetidora COMACO – CAYAMBE, con las respectivas pruebas de conectividad y servicios.

Palabras claves: Implantación radioenlace con tecnología IP, diseño del enlace, cálculos del radioenlace.

SUMMARY

This titling project: Design and implementation of IP technology with a radio link between the relay FORCES COMMAND SET ARMADA (COMACO) - CAYAMBE to provide data services and VoIP.

Strategic Communications Network (MODE) is a telecommunications infrastructure deployed nationwide, providing support for military operations Armed Forces.

The purpose of this project is to integrate the communications network Cayambe military detachment that is geographically remote by IP Radwin technology, for which, we proceed to the design and calculation of radio link.

Finally, implementation of the radio link between the COMACO repeater is done - Cayambe, with the respective tests and connectivity services.

Keywords: Implementation radio link with IP technology, design link, radio link calculations.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL PIC	I
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Planteamiento del Problema.....	8
1.2.1 Problema Principal	8
1.2.2. Problemas Secundarios	9
1.3 Objetivos:	9
1.3.1 General:	9
1.3.2 Específicos:	9
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Propagación de las Ondas Electromagnéticas	10
2.2 Espectro de Radiofrecuencias.....	10
2.3 Propagación de Ondas de Radio.....	11
2.3.1 Propagación de onda terrestre:	11
2.3.2 Propagación en línea recta.....	12
2.3.3 Propagación de onda espacial	12
2.4 Pérdida en el espacio libre	13
2.5 Desvanecimiento.....	13
2.6 Interferencia	14
2.7 Elementos de un presupuesto de potencia de enlace.....	14
2.8 Antena.....	15
2.9 La Red IP	15
2.10 (TCP) Protocolo de Control de Transmisión	15
2.11 (UDP) Protocolo de Datagramas de Usuario	16
2.12 Voz Sobre IP	16
2.13 Características técnicas de los Radios Radwin 2000.....	16
2.14 Enlaces Punto – Punto.....	18
2.15 Modelos de propagación	18
2.16 Capa física	19
2.16.1 Técnicas de Duplexación.....	19
2.16.2 FDD (Frequency Division Duplex).....	19
2.16.3 TDD (Time Division Duplex).	20
2.17 Tipos de modulación	20

2.17.1 Modulación OFDM.....	20
2.17.2 Modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying)	20
2.17.3 Modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)	21
2.17.4 QAM (Quadrature Amplitude Modulation): 16-QAM y 64-QAM.....	21
2.17.5 Modulación adaptativa.....	21
2.18 Calidad de servicio (QoS).....	22
2.19 Corrección de errores.....	22
2.20 IDU.....	23
2.21 Software Radwin Manager	23
2.22 Configuración Radios Radwin	23
2.23 Software LBC - Radwin	24
2.24 Descripción del proceso Investigativo.....	24
2.25 Metodología de Investigación.....	24
2.25.1 Método De Análisis.....	24
2.25.2 Método de Modelación	24
2.25.3 Método Experimental.....	24
2.26 Resultados que se esperan del proyecto.....	25
3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	26
3.1 Diseño del Radio Enlace	26
3.1.1 Cálculos Aproximados.....	28
3.1.2 Pérdidas en el Espacio Libre.....	28
3.2 Ubicación del Radio Enlace.....	29
3.3 Esquema de Funcionamiento.....	29
3.4 Montaje del Sistema de Comunicación.....	30
3.4.1 Repetidora COMACO.....	30
3.4.2 Repetidora Cayambe.....	32
3.5 Instalación Software Radwin	34
3.6 Asignación de direcciones IP a los equipos finales y Radios Radwin	34
3.6.1 Conexión de red.....	35
3.7 Configuración Teléfono IP	35
3.8 Prueba de los servicios	35
3.9 Análisis de costos.....	39
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de Propagación de Ondas Electromagnéticas.....	10
Figura 2. Propagación por onda terrestre	12
Figura 3. Propagación por onda terrestre	12
Figura 4. Atenuación en el Espacio Libre.	13
Figura 5. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor	14
Figura 6: Radios Radwin 2000	17
Figura 7. Enlace Punto a Punto.....	18
Figura 8. Tráfico uplink y downlink	19
Figura 9. (FDD) en modo full-duplex	19
Figura 10. (TDD) en modo half dúplex.....	20
Figura 11. Sistema de Modulación y su SNR en el receptor.....	22
Figura 12. Elevación del terreno, de las dos estaciones	26
Figura 13: Resultados de la simulación del radioenlace	27
Figura 14: Ubicación del Radio Enlace.....	29
Figura 15: Esquema de conexión	29
Figura 16: Torre del COMACO	30
Figura 17: Materiales y equipos.....	30
Figura 18: Construcción de cables a) y terminal tipo ojo b)	31
Figura 19: Montaje del Polo a) y la ODU b)	31
Figura 20: Montaje de la antena a) y alineación b)	32
Figura 21: Torre Cayambe	32
Figura 22. Montaje del polo a) y la ODU b)	33
Figura 23: Montaje de antena a) y alineación b).....	33
Figura 24: Montaje de cable de red a) y conexión a la IDU b)	34
Figura 25: Conexión de red del radio enlace IP	35
Figura 26: Conexión de equipos.....	35
Figura 27: Ping al teléfono IP	36
Figura 28: Pruebas de telefonía	36
Figura 29: Ping a la radio IP	37
Figura 30: Ping a la radio IP	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las ondas en telecomunicaciones	11
Tabla 2. Características del protocolo IP	15
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los enlaces microondas	16
Tabla 4. Requerimientos para instalación del software Radwin manager	23
Tabla 5. Cálculos Aproximados	28
Tabla 6. Cálculo de potencia de recepción	28
Tabla 7. Direcciones IP de los equipos.....	34
Tabla 8. Cuadro de resumen de pruebas	37
Tabla 9. Detalle Gasto mano de obra	39

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El crecimiento tecnológico de las Telecomunicaciones en la sociedad actual es de vital importancia en todo el mundo, permite a la humanidad comunicarse de una manera más sencilla y así los usuarios pueden acceder a todos los servicios de Telecomunicaciones.

El flujo de información de las Fuerzas Armadas aumentó notablemente, es necesario tener una estructura de comunicación robusta que pueda tener servicios de transmisión de datos, integración de los sistemas, voz, correo electrónico, entre otras.

Conocedores de las condiciones climáticas de la Sierra Ecuatoriana, es importante considerar equipos resistentes a las inclemencias del tiempo, que garanticen los enlaces a grandes distancias, con velocidades de transmisión adecuadas a las necesidades de la red IP.

Por todo lo expuesto, se debe tener en cuenta las particularidades técnicas de los equipos acorde con el avance tecnológico en el mundo de las telecomunicaciones, es muy importante invertir en equipos de grandes capacidades que permitan ser explotados al máximo.

1.2 Planteamiento del Problema

Las instalaciones del Destacamento Militar que custodia la repetidora que se encuentra en el Cerro Cayambe, no dispone de medios de comunicación, por tanto, existe la necesidad de diseñar e implementar un sistema de enlace, para que el personal que realiza las funciones de guardia reporten las novedades al COMACO.

1.2.1 Problema Principal

No existen medios de comunicación para el personal militar que custodia los equipos de telecomunicaciones que se encuentran en la repetidora Cayambe, debido a que son bienes importantes y de gran valor económico para el Comando Conjunto de Fuerzas Armadas.

1.2.2. Problemas Secundarios

- No existe cobertura de comunicación fija y móvil de ninguna operadora que funcione en el país
- No dispone de enlaces con la Red Estratégica de Comunicaciones, Microondas Digitales del Ecuador (MODE).
- La repetidora Cayambe es un lugar de difícil acceso, pero es indispensable mantener comunicación para salvaguardar al personal militar y civil que se encuentra en dicho lugar.

1.3 Objetivos:

1.3.1 General:

Diseño e Implementación de un radio enlace con tecnología IP entre las repetidoras COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS (COMACO) – CAYAMBE para los servicios de datos y voz IP.

1.3.2 Específicos:

- Diseñar el radio enlace IP entre la repetidora Cayambe y Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas mediante el cálculo manual.
- Realizar la simulación del radioenlace, en base al software LBC Radwin.
- Implementar el radioenlace con equipamiento IP en la repetidora Cayambe y COMACO y habilitar los servicios de VoIP y datos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Propagación de las Ondas Electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio para viajar o propagarse, son ondas que pueden viajar a través del vacío del espacio exterior y se producen por la vibración de una carga eléctrica, esta vibración crea una onda eléctrica y un componente magnético, una onda electromagnética transporta su energía en el espacio a una velocidad de 300.000 Km por segundo. (Ondas, 2003).

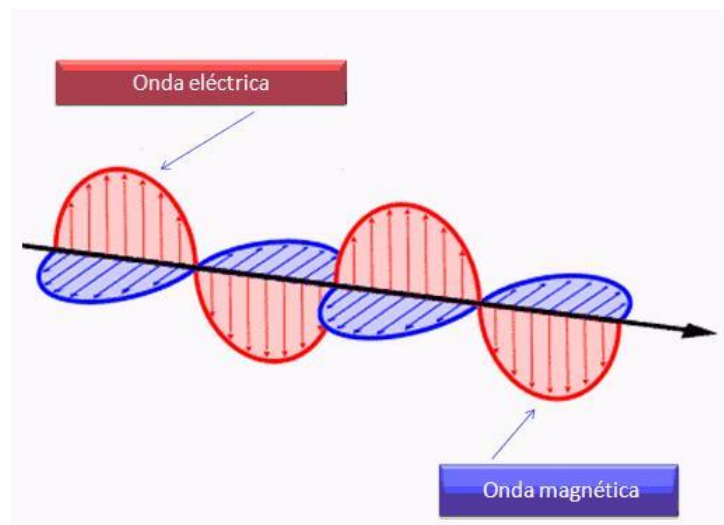


Figura 1. Gráfico de Propagación de Ondas Electromagnéticas.

Fuente: (Ondas, 2003).

2.2 Espectro de Radiofrecuencias

Es cualquier frecuencia que existe dentro del espectro electromagnético y está asociado con la propagación de ondas de radio, al suministrar una corriente alterna (AC) a una antena, se produce un campo electromagnético capaz de transmitir datos de forma inalámbrica, con la tecnología de radiofrecuencia se puede realizar redes inalámbricas para transmitir y recibir información de un origen a un destino, muchas de las tecnologías inalámbricas se basan en la propagación del campo de RF. (Gallardo, 2014)

Estas frecuencias forman parte del espectro de la radiación electromagnética; esta clasificación se muestra en la Tabla 1. (Gallardo, 2014)

Tabla 1. Clasificación de las ondas en telecomunicaciones

Sigla	Rango	Denominación	Empleo
VLF	10 kHz a 30 kHz	Muy baja frecuencia	Radio gran alcance
LF	30kHz a 300 kHz	Baja frecuencia	Radio, navegación
MF	300 kHz a 3 MHz	Frecuencia media	Radio de onda media
HF	3 MHz a 30 MHz	Alta frecuencia	Radio de onda corta
VHF	30 MHz a 300 MHz	Muy alta frecuencia	TV, radio
UHF	300 MHz a 3GHz	Ultra alta frecuencia	TV, radar
SHF	3 GHz a 30GHz	Súper alta frecuencia	Radar
EHF	30 GHz a 300 GHz	Extra alta frecuencia	Radar

Fuente: (Gallardo, 2014, pág. 50)

2.3 Propagación de Ondas de Radio

Las ondas de radio se propagan de manera rectilínea a una velocidad constante al igual que los rayos de luz por ejemplo: la comunicación de radio entre una estación terrena y un vehículo espacial o entre dos vehículos espaciales. Las ondas de RF se pueden propagar de varias maneras depende del sistema y del ambiente. (Propagación de ondas , 2012)

- Propagación onda terrestre.
- Propagación línea recta.
- Propagación onda espacial.

2.3.1 Propagación de onda terrestre:

Las ondas que se propaguen en la atmósfera terrestre se las denomina como ondas terrestres o superficiales. Las ondas superficiales se desplazan en contacto con la superficie de la tierra, este efecto tiene lugar si el campo eléctrico tiene polarización

vertical, las ondas terrestres puede viajar durante cientos o miles de kilómetros debido a la superficie de la tierra actúa como un buen conductor. (Propagación de ondas , 2012)

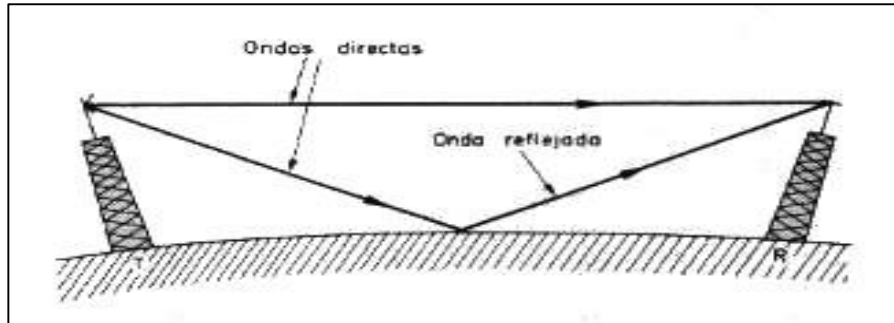


Figura 2. Propagación por onda terrestre

Fuente: (Propagación de ondas , 2012)

2.3.2 Propagación en línea recta

La propagación en línea es la onda enviada desde la antena transmisora y viaja directamente a la antena receptora sin tocar la superficie terrestre ni la ionósfera. Este tipo de radiación, se utiliza en bandas de frecuencias muy altas (VHF) y ultra altas (UHF). (Propagación de ondas , 2012)

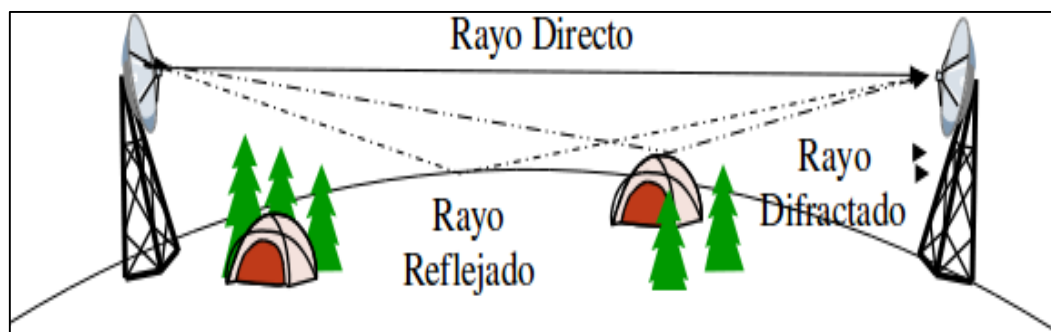


Figura 3. Propagación por onda terrestre

Fuente: (Propagación de ondas , 2012)

2.3.3 Propagación de onda espacial

Las ondas espaciales, también conocidas como ondas directas, son las ondas de radio que viajan directamente desde la antena transmisora a la antena receptora. Para que esto ocurra, las dos antenas deben ser capaces de verse entre sí; es decir que debe existir una línea de trayectoria de visión entre ellos. (Nikolski, 1976)

2.4 Pérdida en el espacio libre

La pérdida de propagación de espacio libre, es un parámetro básico esencial para muchos cálculos de RF. A menudo puede ser usado como una primera aproximación para muchos cálculos de corto alcance. Como tal, es una herramienta valiosa para muchas personas que se ocupan de los sistemas de comunicaciones de radio. (Cálculo de Presupuesto de Potencia, 2011)

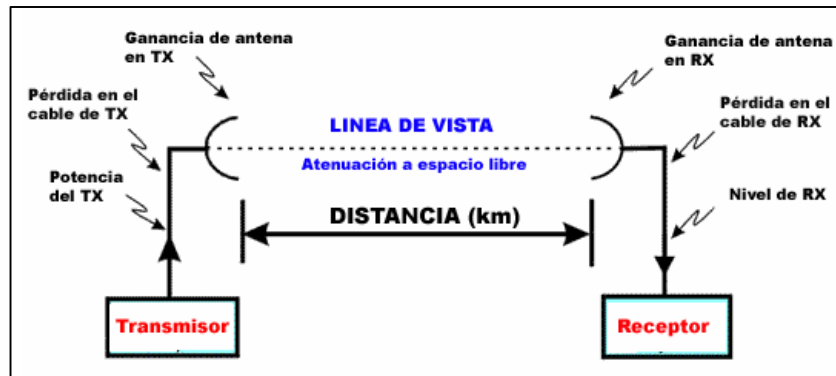


Figura 4. Atenuación en el Espacio Libre.

Fuente: (Cálculo de Presupuesto de Potencia, 2011)

Fórmula de la pérdida en el espacio libre:

$$FSL = 32,5 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{Ec 2.1}$$

Dónde:

- f = frecuencia en MHz.
- d = distancia en Km.
- Le = atenuación en espacio libre en dB.

2.5 Desvanecimiento

Se produce cuando varias partes de la onda viajan por diferentes trayectorias para llegar a un mismo destino, la diferencia está en la distancia recorrida por ende estarán fuera de fase y no llegarán al mismo tiempo, esto se conoce como desvanecimiento. (Escobar, 2012, pág. 36 a 38)

Mientras más larga es la trayectoria de radio hay más probabilidad de que exista desvanecimiento, las causas del desvanecimiento son las variaciones atmosféricas,

las reflexiones en la tierra, la presencia de agua en la trayectoria, entre otras. (Escobar, 2012, pág. 36 a 38)

2.6 Interferencia

La interferencia de ondas es el fenómeno que se produce cuando dos ondas se encuentran durante el viaje y por el mismo medio, esta interferencia puede ser constructiva si al unirse dos ondas forman una de mayor amplitud o puede ser destructiva si se tiene como resultado una de menor amplitud. (Escobar, 2012, pág. 39)

2.7 Elementos de un presupuesto de potencia de enlace

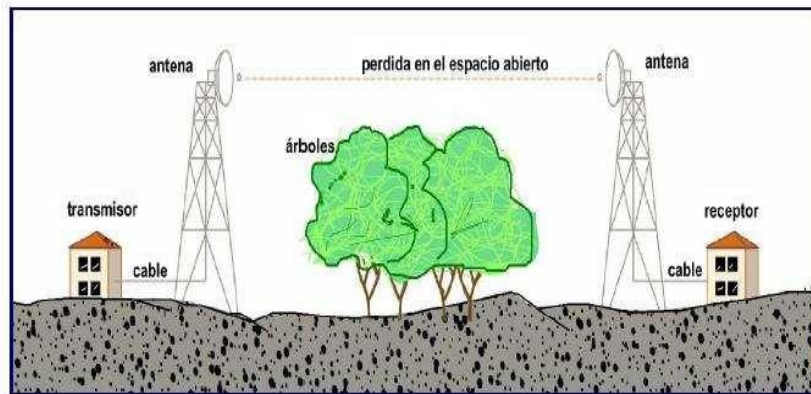


Figura 5. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

Fuente: (Buettrich, 2007)

Los elementos se dividen en tres partes principales:

- Transmisión.
- Pérdidas por propagación
- Recepción.

Un cálculo de radioenlace es la suma de todos los elementos (en dB) dentro de sus partes principales. (Buettrich, 2007)

Así:

$$PRX = Ptx - Ltx + Gtx - FSE + Grx - Lrx$$

Ec. 2.2

2.8 Antena

Este dispositivo posee un material conductor, permite la propagación de ondas electromagnéticas en diferentes direcciones del espacio libre, capaz de transmitir y recibir señales de radio, microondas y de un satélite. (Buettrich, 2007)

2.9 La Red IP

IP es un protocolo que envía un paquete desde un transmisor a un receptor a través de un sistema de redes interconectados, este protocolo no fue creado para la administración del flujo de paquetes y tiene tres características:

Tabla 2. Características del protocolo IP

Sin conexión	IP no necesita un intercambio de información inicial para realizar una conexión y transmitir datos al enviar un paquete el emisor no sabe si el receptor está presente, si el paquete llega, si el receptor puede leer el paquete y el receptor no sabe cuándo llegara.
Entrega de servicio mínimo	El protocolo IP no garantiza que se reciban todos los paquetes enviados y sin errores ya que a IP le interesa la velocidad de transmisión, otros protocolos son los encargados del aseguramiento de entrega de paquetes que se encuentran en la capa de transporte.
Independiente de los medios	Los paquetes IP pueden ser transportados mediante diferentes medios como es cables de cobre, fibra óptica, satélites y tecnología inalámbrica.

Fuente: (Kurose, Ross, & Zucchi, 2010)

2.10 (TCP) Protocolo de Control de Transmisión

A este protocolo de la capa de transporte se le considera completo y confiable ya que permite confirmar la entrega del paquete de datos, reenvía los datos que se pierden y los entrega en orden secuencial, las aplicaciones que necesitan TCP son las siguientes: páginas web, correo electrónico y mensajería instantánea. (Kurose, Ross, & Zucchi, 2010)

2.11 (UDP) Protocolo de Datagramas de Usuario

Este protocolo de la capa de transporte no es confiable, es todo lo contrario al TCP, para las aplicaciones que pueden soportar cierta pérdida UDP es la mejor opción, pero los retrasos en este protocolo son inaceptables, las aplicaciones que requieren UDP son las siguientes: transmisión de audio en vivo, voz sobre IP (VoIP) y transmisión de video en vivo. (Kurose, Ross, & Zucchi, 2010)

2.12 Voz Sobre IP

Voz sobre IP (VoIP) se trata de transmitir llamadas telefónicas sobre una red de datos, ya sea mediante Internet o de un sistema de red interconectado de una organización, la voz sobre IP reduce gastos ya que las llamadas telefónicas se transmiten por la red de datos en lugar de la Red Pública Telefónica Conmutada (PSTN). Lleva contigo tu teléfono IP y donde quiera que estés conectado a Internet podrás recibir y hacer llamadas. Para establecer un servicio de voz a través de un medio de comunicación guiada, el tiempo de retardo entre el servidor y el abonado debe oscilar en el rango de 0 ms – 250 ms; si el tiempo de respuesta es menor a 150 ms el canal de alta calidad. (Kurose, Ross, & Zucchi, 2010)

2.13 Características técnicas de los Radios Radwin 2000

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los enlaces microondas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Instalación rápida y sencilla• Conservación más económica y de actuación rápida• Supera irregularidades de terreno• Capacidad de aumentar separación entre repetidores incrementando altura de torres• Las estaciones funcionan de manera no atendida	<ul style="list-style-type: none">• Por su estructura serial si una terminal falla se cae la red, por lo que es necesario sistemas de supervisión• Las licencias de operación resultan un poco difíciles ya que las autoridades deben de asegurarse que los enlaces no causen interferencia con los ya existentes

Fuente: (COMUNICACIONES IP, 2014, pág. 24)



Figura 6: Radios Radwin 2000

Fuente: (Manual, Radwin, 2015)

Las radios operan en LOS / NLOS y entornos densos

El sistema RADWIN 2000 brinda una interfaz de aire avanzada que se basa en MIMO (Múltiple Entrada Múltiple Salida).

- Enrutamiento de adaptación automática (AAR) es un mecanismo que se adapta dinámicamente la velocidad de interfaz de aire, cambia tanto la modulación de la señal y la codificación. (Manual, Radwin, 2015)
- Solicitud de Repetición Automática (ARQ) es un mecanismo de control de errores durante la transmisión de datos, el receptor detecta un error en la información recibida, solicita automáticamente al transmisor para volver a enviar la información, este proceso se repite hasta que la transmisión está libre de error o el error continúa más allá de un número predeterminado de transmisiones máximo. (Manual, Radwin, 2015)
- Forward Error Correction (FEC) con muy bajo costo operativo y algoritmos diseñados específicamente para las condiciones variables de bandas de frecuencias exentas de licencia, lo que garantiza comunicaciones rápidas y robustas y libres de errores. (Manual, Radwin, 2015)

Posee un mecanismo de modulación automática, mediante el cual la estación base y la base suscriptora se conectan al utilizar la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio de ese momento.

Utiliza las siguientes modulaciones: BPSK, QPSK, 16QAM Y 64QAM.

Tecnología Duplex TDD.

Tiene un alcance – hasta 125 km/ 75 millas.

Los sistemas RADWIN 2000 son muy sencillos de mantener e instalar.

La aplicación RADWIN Manager posee características como gestión local y remota, la aplicación de gestión brinda una configuración completa de extremo a extremo Datasheet. (Manual, Radwin, 2015) (Anexo A)

2.14 Enlaces Punto – Punto

Los enlaces Punto-Punto permiten establecer una conexión, dedicado entre dos sitios geográficamente distantes, entre los cuales debe de existir línea de vista. Las telecomunicaciones inalámbricas brindan servicios tales como Internet o Voz sobre IP mediante radiofrecuencias. (Telecomunicaciones, 2012)

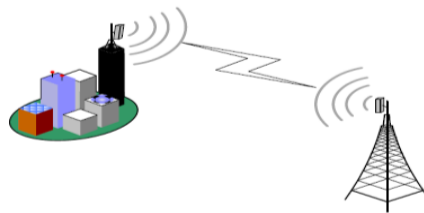


Figura 7. Enlace Punto a Punto

Fuente: (Telecomunicaciones, 2012)

2.15 Modelos de propagación

Los canales de radio tienen dos tipos de propagación y son:

- **La Línea de Visión (LOS).** Es un tipo de propagación que transmite y recibe datos sólo donde las estaciones de transmisión y recepción están a la vista el uno del otro sin ningún tipo de obstáculo entre ellos. Radio FM, microondas y transmisión por satélite son ejemplos de comunicación de la línea de visión. (Gonzalez, 2011)
- **No Línea de Visión (NLOS).** Se refiere a la trayectoria de propagación de una frecuencia de radio (RF) que está obstruida (parcial o totalmente) por obstáculos, por lo que es difícil para la señal de radio pasar a través de ella. Los obstáculos más comunes entre los transmisores y receptores de radio

son altos edificios, árboles, montañas y conductores de alta tensión. Mientras que varios obstáculos absorben y otros reflejan la señal de radio; todos ellos limitan la capacidad de transmisión de señales. (Gonzalez, 2011)

2.16 Capa física

2.16.1 Técnicas de Duplexación

Se refiere al enlace descendente y ascendente de datos, está dispuesto una transmisión inalámbrica de dos vías. El enlace descendente lleva la información desde una estación base (BS) a las estaciones suscriptoras (SS) que pueden ser una PC o un teléfono IP, downlink también se conoce como enlace directo. El enlace ascendente transporta información de una (SS) a una (BS), uplink también se le conoce como enlace inverso, hay dos tipos de sistema de duplexación como es FDD y TDD. (Gonzalez, 2011)

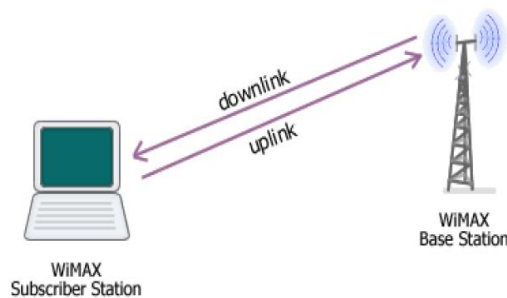


Figura 8. Tráfico uplink y downlink

Fuente: (Gonzalez, 2011)

2.16.2 FDD (Frequency Division Duplex).

FDD tiene un esquema de duplicación que necesita de dos canales de frecuencias diferentes una para transmitir y otro para recibir, el tráfico de subida (uplink) y bajada (downlink) usan diferentes frecuencias en el mismo intervalo de tiempo, este modo de operación se conoce también como modo Full Dúplex. (Gonzalez, 2011)

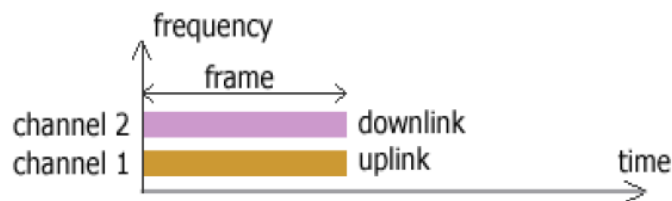


Figura 9. (FDD) en modo full-duplex

Fuente: (Gonzalez, 2011)

2.16.3 TDD (Time Division Duplex).

TDD es otro esquema de duplexación que necesita de un solo canal de frecuencia para transmitir y recibir, el tráfico de subida (uplink) y bajada (downlink) usan la misma frecuencia pero en tiempos diferentes. TDD por lo tanto permite emular una comunicación Full Duplex sobre Half Duplex. (Gonzalez, 2011)

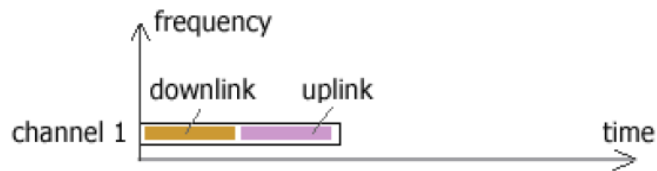


Figura 10. (TDD) en modo half dúplex

Fuente: (Gonzalez, 2011)

En la figura 11 se puede observar los datos en downlink y uplink transmitiéndose en diferentes slots de tiempo y en una solo canal de frecuencia.

Las Radios Radwin en su mayoría de aplicaciones usa el esquema TDD ya que ahorra espectro de banda de frecuencia, también que es de menor complejidad implementarlo y menor costo. (Gonzalez, 2011)

2.17 Tipos de modulación

Existen varios tipos de modulación como son los siguientes.

2.17.1 Modulación OFDM

Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM): Proporciona todo el espacio de la portadora para que cada equipo cliente pueda transmitir a la vez. Es una técnica de multiplexación y modulación multiportadora. Puede verse cómo una adaptación de la modulación en frecuencia que es capaz de transmitir en banda ancha y alcanza altas velocidades de transmisión. (TOMASI, 2003)

2.17.2 Modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Es una modulación digital binaria de fase. Esto es, que cada símbolo de la modulación está representado por un bit (por sus dos posibles valores: 0 y 1), el resultado de esta modulación es una señal muy robusta e inmune al ruido al elegir entre π y $-\pi$ de acuerdo al valor del bit de información. (TOMASI, 2003).

2.17.3 Modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

Si se desea tener mayor eficiencia espectral, es decir, tener más b/s por cada Hz (b/s/Hz) de ancho de banda, se recurre a modulaciones de mayor orden y se justifica la elección de la modulación QPSK por encima de BPSK. (TAMAX, 2008)

Similar a la modulación BPSK, esta modulación consiste en dos bits para representar cuatro posibles fases con una separación de $\pi/2$ entre ellas. (TAMAX, 2008)

Por tanto la modulación QPSK presenta menor inmunidad al ruido, mientras mayor sea la modulación será más eficaz espectralmente, pero menos robusta ante el ruido. (TAMAX, 2008)

2.17.4 QAM (Quadrature Amplitude Modulation): 16-QAM y 64-QAM

La modulación QAM cambia las amplitudes de dos portadoras sinusoidales depende de la secuencia que deba ser transmitida; las portadoras se encuentran desfasadas entre sí $+\pi/2$, esta modulación de amplitud es llamada cuadratura, de acuerdo a la teoría de comunicaciones digitales, gracias al concepto de cuadratura, la modulación 4-QAM resulta ser la misma que la modulación QPSK. (TOMASI, 2003). La modulación 64-QAM es la más eficiente, se transmiten 6 bits por cada símbolo de la modulación. (TAMAX, 2008).

2.17.5 Modulación adaptativa

Las Radios Radwin utilizan técnicas de modulación adaptativa que permite ajustar el sistema de modulación depende del comportamiento de la señal de un canal de comunicación. Así, un enlace de alta calidad puede utilizar un tipo de modulación con mejor calidad para obtener más capacidad, la calidad del enlace disminuye debido a efectos multicamino de la señal, al fin de mantener la estabilidad del mismo, se puede disminuir el esquema de modulación. Cuanto más cerca se encuentre la (SS) de la (BS) más posibilidades tendrán de transmitir a una mayor velocidad. (Manual, Radwin, 2015)

La Radio Radwin cuenta con 4 esquemas de modulación diferentes, con distintas características de eficiencia espectral. Como son: QPSK, BPSK, 16 QAM Y 64 QAM. (Manual, Radwin, 2015)

La figura 12 muestra los tipos de modulación utilizados de acuerdo a la distancia que se encuentre el receptor de la (BS) y su respectivo nivel de Relación Señal Ruido (SNR).

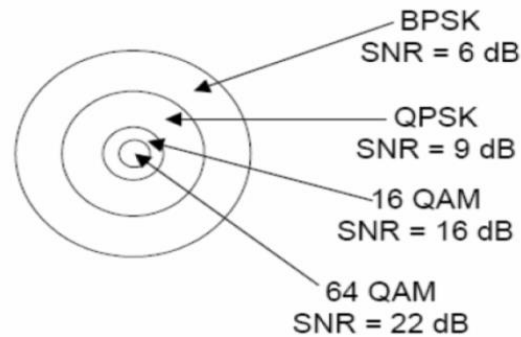


Figura 11. Sistema de Modulación y su SNR en el receptor

Fuente: (COMUNICACIONES IP, 2014)

2.18 Calidad de servicio (QoS)

Una red de comunicaciones es la columna vertebral de cualquier organización, estas redes transportan un sinnúmero de aplicaciones y datos muy sensibles al retardo tales como video conferencia y voz en tiempo real. Las redes deben ofrecer servicios seguros, predecibles, cuantificables y en ocasiones garantizados, el logro de calidad de servicio (QoS) mediante la variación de retardo, la gestión de la demora, ancho de banda y los parámetros de pérdida de paquetes en una red se convierte en la solución de extremo a extremo, calidad de servicio es el conjunto de técnicas para gestionar los recursos de red. (Manual, Radwin, 2015)

2.19 Corrección de errores

Corrección de errores hacia delante (FEC) es una técnica de procesamiento de señal digital que se utiliza para la confiabilidad de los datos, esto se realiza mediante la introducción de datos redundantes llamados también código corrector de errores, antes de la transmisión o almacenamiento de datos. FEC brinda al receptor la capacidad de corregir errores sin canal de retorno para solicitar la retransmisión de datos. (COMUNICACIONES IP, 2014)

Solicitud de Repetición Automática (ARQ) es un protocolo de control de errores que inicia automáticamente para retransmitir cualquier paquete de datos defectuoso o incorrecto, si el transmisor no recibe una señal de confirmación de los datos que recibió, este retransmite los datos después de un tiempo de espera predefinido y repite

el proceso hasta que el dispositivo de transmisión recibe el acuse de recibo. (COMUNICACIONES IP, 2014)

2.20 IDU

Es un equipo de gestión que permite administrar vía consola los elementos de transmisión y recepción de la ODU. (COMUNICACIONES IP, 2014)

Características:

- Unidad de plástico de 19"
- Posee puertos Ethernet
- Alimentación de -20 a – 60 Vdc – 2.5 a
- LED's indicadores PWR, IDU, ODU, LINK, SERVICE, HSS
- Terminal de tierra. (COMUNICACIONES IP, 2014)

2.21 Software Radwin Manager

Es un software utilizado para la configuración de radios radwin 2000, es propio de los equipos RAD. (COMUNICACIONES IP, 2014)

Tabla 4. Requerimientos para instalación del software Radwin manager

	Windows Versión		
	XP Pro	Vista/ 7	
		32 bit	64 bit
Memoria	512 Mb	1 Gb	2Gb
Procesador	P IV	P IV Dual Core	

Fuente: (COMUNICACIONES IP, 2014)

2.22 Configuración Radios Radwin

Al momento de configurar las radios hay que tener en cuenta los parámetros de configuración como se puede encontrar en el (Anexo B).

2.23 Software LBC - Radwin

Este Software se encuentra en la web es libre y propio de las radios Radwin, permite simular un enlace de radio frecuencia, se utiliza para predecir el comportamiento de sistemas de radio y representa el área geográfico que cubre una red de radiocomunicaciones.

2.24 Descripción del proceso Investigativo

Diseño e Implementación de un radio enlace con tecnología IP entre las repetidoras CAYAMBE – COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS para los servicios de datos y voz IP.

2.25 Metodología de Investigación

Para desarrollar este sistema de comunicación se realizaron varios métodos de investigación que permitieron obtener toda la información necesaria para culminar con cada etapa propuesta dentro del proyecto.

2.25.1 Método De Análisis

Este realiza la parte inicial del proyecto, recopila la información suficiente como coordenadas, infraestructura (torres, dimensión de aristas, polo), material y equipos a utilizar para la instalación del radio enlace.

2.25.2 Método de Modelación

Este realizará el diseño del radio enlace a instalarse a través del software LBC Radwin, esta es una parte esencial del proyecto a implementarse.

2.25.3 Método Experimental

Se utilizará el método experimental ya que por varios factores existentes en la repetidora Cayambe como son condiciones meteorológicas, descargas eléctricas y variaciones de voltaje por todos estos factores se realiza pruebas de laboratorio con los equipos a instalarse.

2.26 Resultados que se esperan del proyecto

Con la implementación del radio enlace, se espera proporcionar los servicios de VoIP e internet en el Destacamento Militar Cayambe.

Además con el servicio de VOZ IP podrán reportar las novedades diarias suscitadas en la repetidora Cayambe.

3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la presentación de los resultados obtenidos del proyecto se detalla el diseño, implementación del radio enlace, cálculos aproximados, montaje del sistema de comunicación, instalación software Radwin, prueba de los servicios y análisis de costos.

3.1 Diseño del Radio Enlace

Estudio de factibilidad para la implementación del Radio Enlace entre las repetidoras COMACO y CAYAMBE como se muestra en la figura 12.

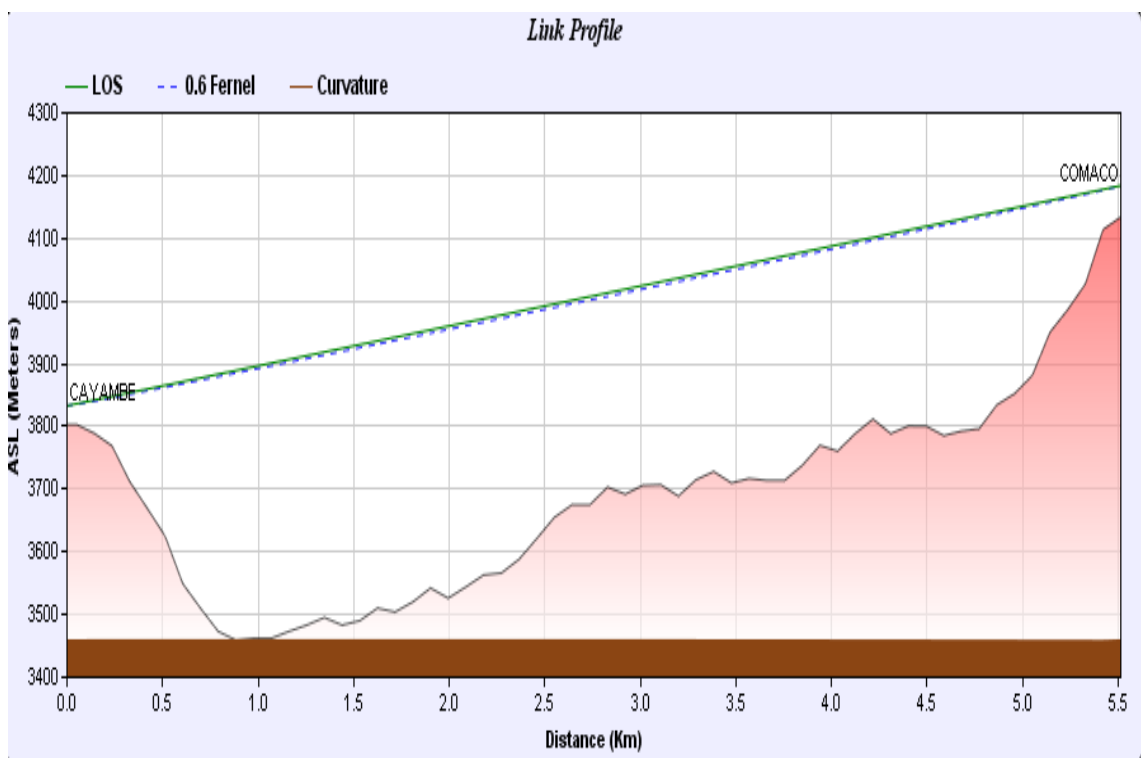


Figura 12. Elevación del terreno, de las dos estaciones

Fuente: LBC Radwin

RADWIN 2000		RADWIN 5000 HPMP		WinLink 1000	
Product	Band	4.9 GHz Universal Connectorized ▼		4.895-5.005 GHz	
	Series	RADWIN 2000 C ▼			
Radio	Channel Bandwidth	10 MHz ▼ / Auto ▼ ?			
	Tx Power	21 dBm [-8 - 21]			
	Antenna Type	Dual ▼ +3 dB			
	Antenna Gain	Site A 25	Site B 25	dBi	
	Cable Loss	Site A 1	Site B 1	dB	
	EIRP	48 dBm / 63.1 Watt			
	Fade Margin	6 dB			
	Rate	39 Mb/s (2 x 16-QAM 0.75) ▼		Adaptive <input type="checkbox"/>	
	Expected RSS / Fade Margin	-52 dBm / 28 dB			
	Range	Min	0.2 Km / 0.1 Miles		
Max		72.8 Km / 45.2 Miles			
Required/Climate		5.5	Km ▼	Coordinates	Good (C=0.25) ▼ ?
Services	Type	Ethernet Only ▼			
	Ethernet Throughput	@ 100% availability (downtime 0 min/year)			
Installation	Ethernet Throughput	22.8 Mb/s (13.6 Mb/s Full Duplex)			
	Antenna height for LOS	6 Meter / 20 Feet (0.6 Fernel)			
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Help"/>					

	Site A	Site B
Name	COMACO	CAYAMBE
Latitude	0.072625 N ▼	0.119556 N ▼
Longitude	77.990947 W ▼	78.007056 W ▼
Antenna Height (m)	30	30
<input type="button" value="Close"/> <input type="button" value="View"/> <input type="button" value="Set"/>		

Figura 13: Resultados de la simulación del radioenlace

Fuente: LBC Radwin

Nota: mediante las coordenadas del sitio A y sitio B insertadas en el software LBC Radwin, nos da como resultado que el radio enlace IP es 100% validado.

3.1.1 Cálculos Aproximados

Los cálculos necesarios para determinar la potencia de recepción, y la pérdida en el espacio libre depende de parámetros como distancia y frecuencia.

Tabla 5. Cálculos Aproximados

	CAYAMBE	COMANDO CONJUNTO
Distancia entre puntos	5.63 km	
Altura (msnm)	3475 msnm	4155 msnm
Potencia de Tx	20 dBm	20 dBm
Frecuencia de trabajo	4886 MHz	
Ancho de Banda	10 MHz	
Polaridad	Dual	Dual
Latitud	0° 7'10.40"N	0° 4'21.45"N
Longitud	78° 0'25.40"O	77°59'27.41"O

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

3.1.2 Pérdidas en el Espacio Libre

$$FSL = 32.45 + 20 \log d(\text{Km}) + 20 \log f(\text{Mhz})$$

$$FSL = 32.45 + 20 \log(5.63) + 20 \log(4886)$$

$$FSL = 121.22 \text{ dB}$$

Tabla 6. Cálculo de potencia de recepción

DATOS	ELEMENTOS	VALORES
Distancia: 5.63 Km Frecuencia: 4886 MHz	Potencia de Tx	20 dBm
	Perdida en los cables y conectores	1 dB
	Ganancia de antena en Tx	25 dBi
	FSL	121.22 dB
	Ganancia de antena en Rx	25 dBi
	Perdida en los cables y conectores	1 dB
	Total:	- 53.22 dBm

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

3.2 Ubicación del Radio Enlace

El radio enlace COMACO-CAYAMBE se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha en las faldas del volcán Cayambe cuyo cantón lleva el mismo nombre en honor a él.

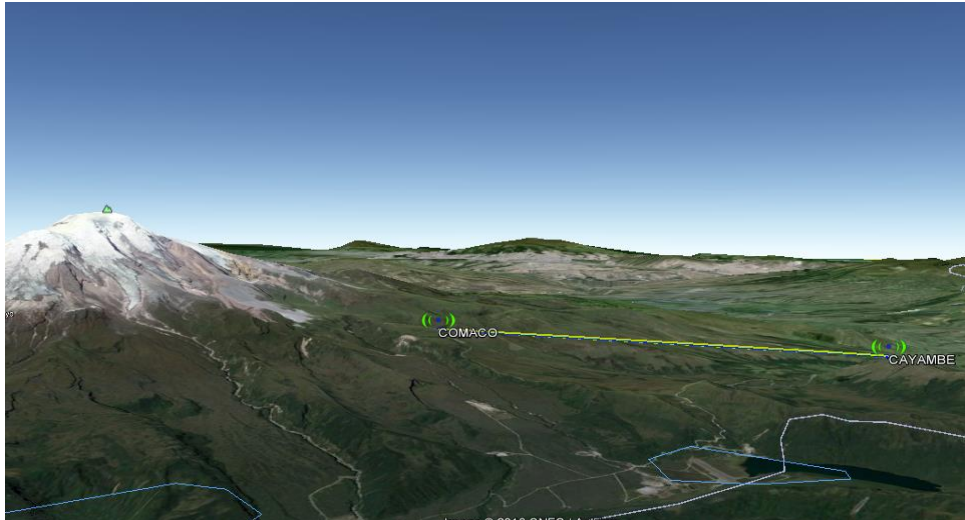


Figura 14: Ubicación del Radio Enlace

Fuente: (Elaborado por: Juan Carlos Masapanta, 2016)

3.3 Esquema de Funcionamiento

Al término de la instalación del radio enlace se tendrá los servicios de datos, internet y VoIP en la Repetidora Cayambe cuyo proveedor de servicios está ubicado en centro de gestión Quito perteneciente al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

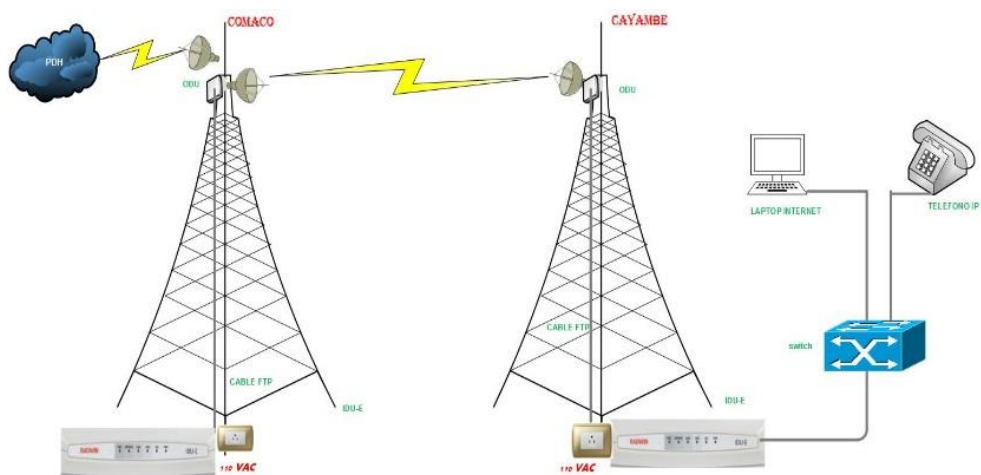


Figura 15: Esquema de conexión

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

3.4 Montaje del Sistema de Comunicación

Se procede al montaje de todo el sistema de comunicación con tecnología IP como se muestra en las siguientes figuras.

3.4.1 Repetidora COMACO

En la figura 16 se puede apreciar la torre auto soportada triangular de 50 metros.



Figura 16: Torre del COMACO

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

De igual manera se realiza la revisión de todos los elementos que intervienen dentro del enlace, por lo cual se puede observar en la figura 17 cada uno de los equipos y materiales.

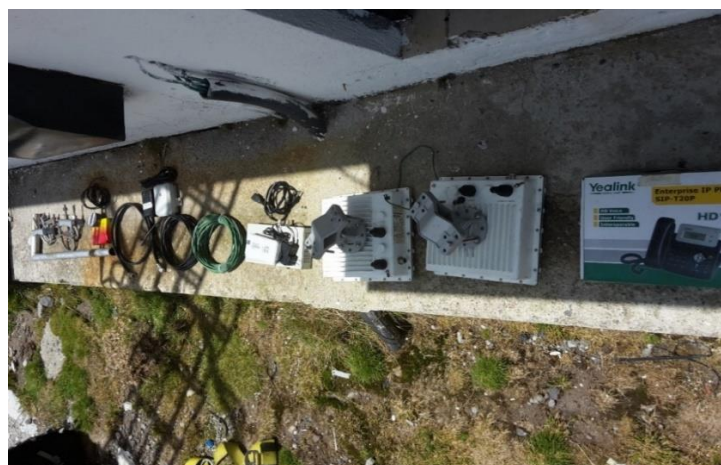


Figura 17: Materiales y equipos

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Para la construcción de los diferentes cables se utilizaron herramientas como ponchadora, conectores RJ45, cable FTP, terminal tipo ojo, cable flexible. En la figura 18 se puede observar la construcción de los cables tanto de tierra como de red.



a)

b)

Figura 18: Construcción de cables a) y terminal tipo ojo b)

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Para el montaje de la antena fue necesario la instalación de un polo a la altura que se estableció para el enlace, en la figura 19, se muestra la instalación de dicho polo, adicionalmente, una vez que se instaló el herraje y la ODU, se procede a conectar los cables de tierra y red.



a)

b)

Figura 19: Montaje del Polo a) y la ODU b)

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Una vez hecho el montaje de la ODU se procede al montaje de la antena y a su alineación como se puede apreciar en la figura 20.

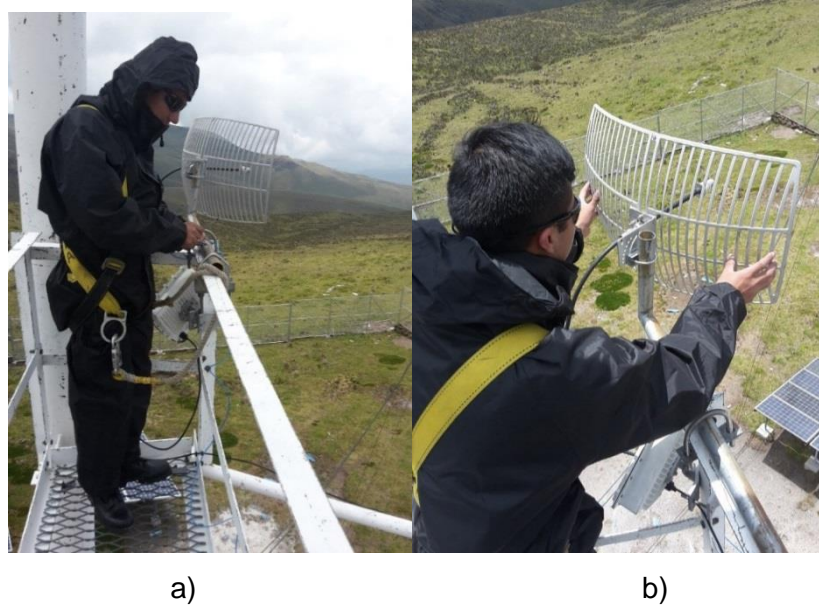


Figura 20: Montaje de la antena a) y alineación b)

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

3.4.2 Repetidora Cayambe

En la figura 21 se muestra la torre auto soportada triangular de 50 metros.



Figura 21: Torre Cayambe

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Para el montaje de la antena fue necesaria la instalación de un polo a la altura requerida del enlace, por lo cual en la figura 22 se puede observar la instalación de dicho polo adicionalmente una vez montado el herraje y la ODU se procede a conectar los cables construidos mencionados anteriormente.

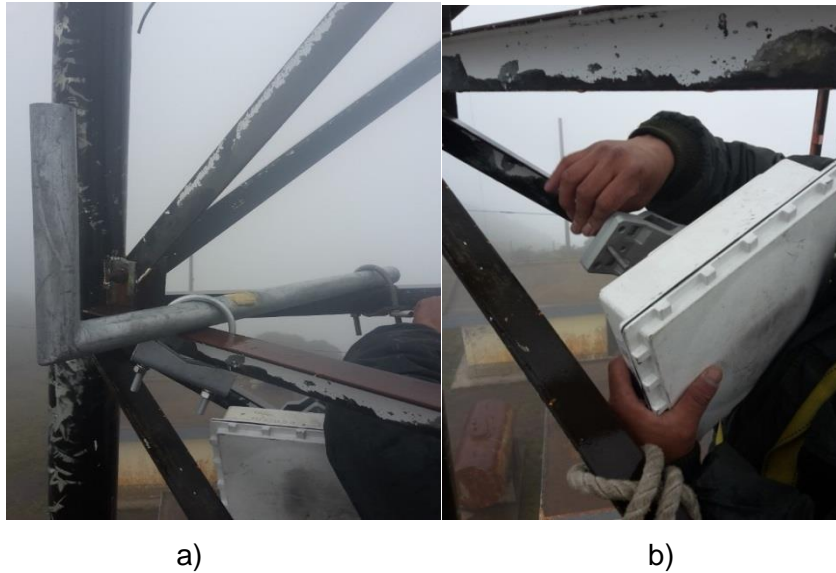


Figura 22. Montaje del polo a) y la ODU b)

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Una vez hecho el montaje de la ODU se procede al montaje de la antena y a su alineación como se puede apreciar en la figura 23.

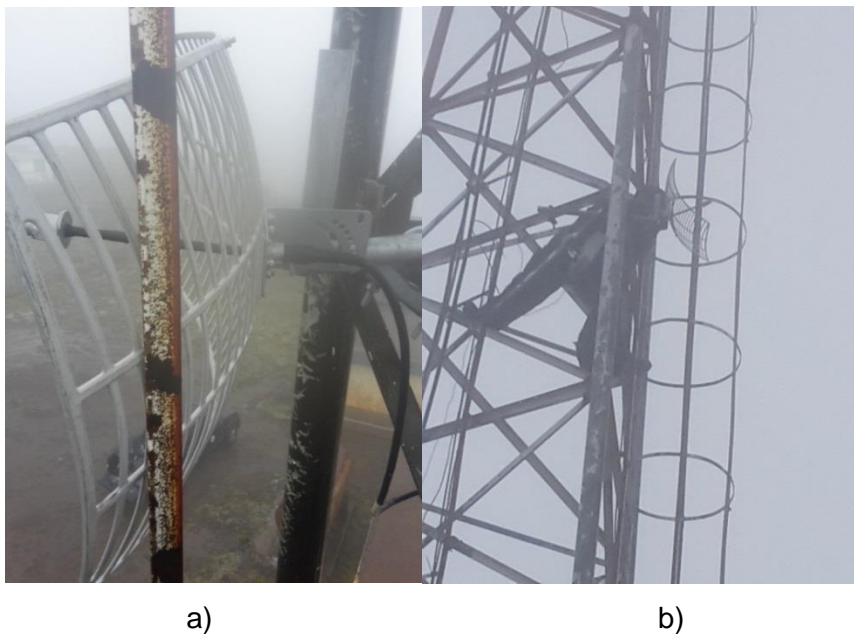
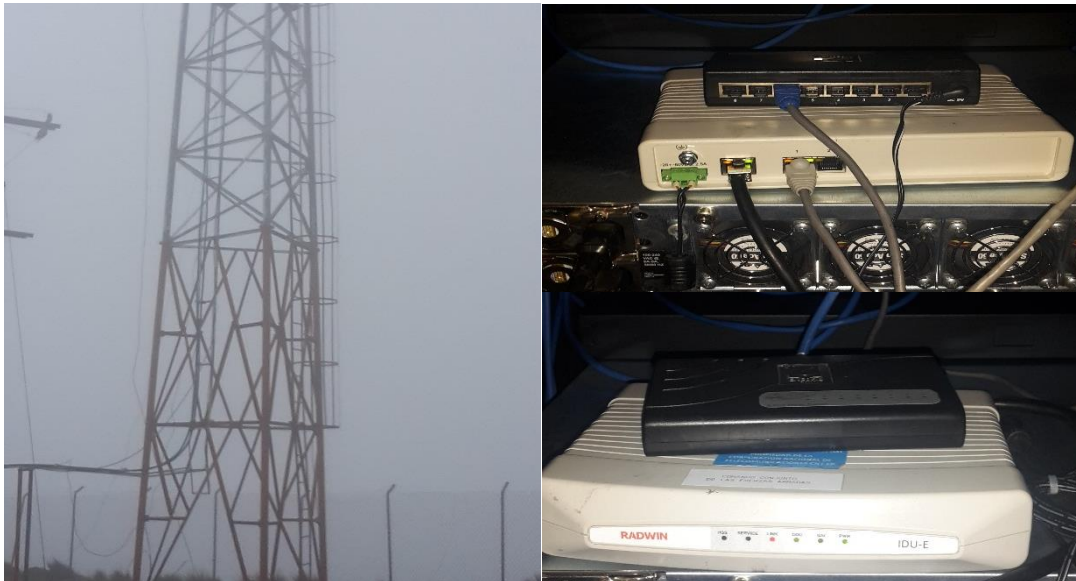


Figura 23: Montaje de antena a) y alineación b)

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

En la figura 24 se puede apreciar la conexión del cable de red a la IDU y de esta al switch.



a)

b)

Figura 24: Montaje de cable de red a) y conexión a la IDU b)

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

3.5 Instalación Software Radwin

El software Radwin permite configurar los radios de una forma remota. Ver (Anexo C)

3.6 Asignación de direcciones IP a los equipos finales y Radios Radwin

Para el proyecto la asignación de direcciones IP se parte de la red que tiene el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas con las siguientes direcciones IP privadas.

Tabla 7. Direcciones IP de los equipos.

	IP	MÁSCARA	GATEWAY
TELÉFONO IP	10.98.254.45	255.255.255.248	10.98.254.41
LAPTOP	10.98.254.42	255.255.255.248	10.98.254.41
RADIO COMACO	10.98.254.43	255.255.255.248	10.98.254.41
RADIO CAYAMBE	10.98.254.44	255.255.255.248	10.98.254.41

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

3.6.1 Conexión de red

En la figura 25 se muestra como está asignada las direcciones IP en radio enlace.

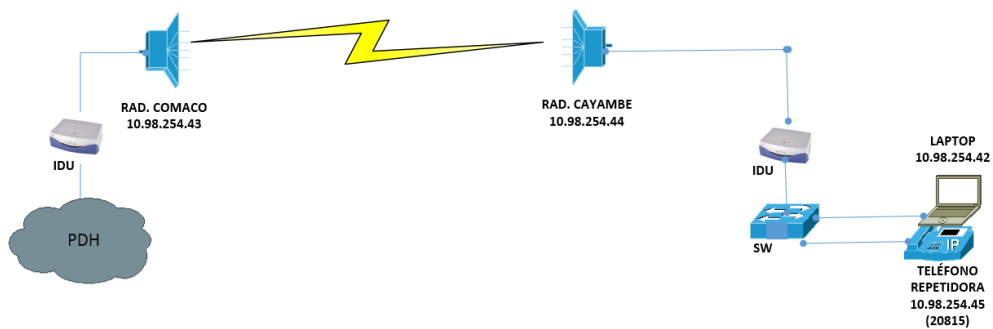


Figura 25: Conexión de red del radio enlace IP

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

3.7 Configuración Teléfono IP

La configuración de teléfono IP permitirá la comunicación con las diferentes unidades Militares (Ver anexo D)

3.8 Prueba de los servicios

Una vez instalado el radio enlace en la estación suscriptora se conectan los equipos terminales como son el teléfono IP y laptop en un switch plano, luego está a la IDU tal como se puede apreciar en la figura 26.

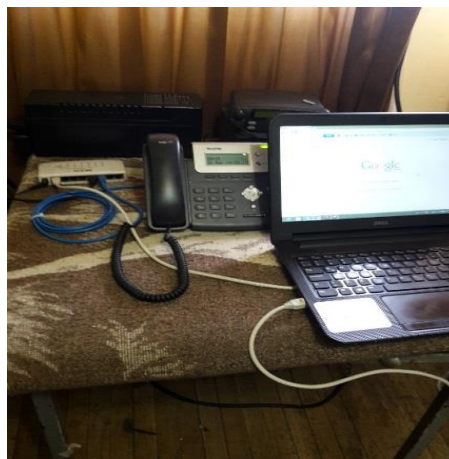


Figura 26: Conexión de equipos

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

En la figura 27 se realiza el testeo de ping de un lugar a otro al teléfono IP.

```
Símbolo del sistema - ping 10.98.254.45 -t
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=14ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=16ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=17ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=18ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=18ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=12ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=13ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=15ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=18ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=17ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=14ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=17ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=14ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=15ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=16ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=14ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=15ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=75ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=133ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=66ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=57ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=97ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=24ms TTL=250
Respuesta desde 10.98.254.45: bytes=32 tiempo=14ms TTL=250
```

Figura 27: Ping al teléfono IP

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Como se puede observar en la figura 28 se realiza una llamada al Centro de Apoyo Electrónico Quito y se comprueba el servicio de voz.



Figura 28: Pruebas de telefonía

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

En la figura 29 se realiza el testeo de ping de un lugar a otro al Radio IP de Cayambe

```

c:\ Símbolo del sistema - PING 10.98.254.44 -t
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=60ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=22ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=52ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=15ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=19ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=19ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=12ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=8ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=12ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=24ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=15ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=11ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=15ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=14ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=18ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=12ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=29ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=17ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=22ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=13ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=146ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=24ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.44: bytes=32 tiempo=53ms TTL=26
  
```

Figura 29: Ping a la radio IP

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

En la figura 30 se realiza el testeo de ping de un lugar a otro al Radio IP de COMACO.

```

c:\ Símbolo del sistema - PING 10.98.254.43 -t
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=12ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=8ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=61ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=6ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=8ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=11ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=6ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=8ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=7ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=8ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
Respuesta desde 10.98.254.43: bytes=32 tiempo=9ms TTL=26
  
```

Figura 30: Ping a la radio IP

Fuente: Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas

Tabla 8. Cuadro de resumen de pruebas

ORDEN	TRABAJO REALIZADO
1	Una vez instalado el radio enlace en la estación suscriptora se conectan los equipos terminales como son el teléfono IP y laptop en un switch plano, luego está a la IDU tal como se puede apreciar en la

	figura 26.
2	En la figura 27 se realiza el testeo de ping de un lugar a otro al teléfono IP.
3	En la figura 28 se realiza una llamada al Centro de Apoyo Electrónico Quito y se comprueba el servicio de voz.
4	En la figura 29 se realiza el testeo de ping de un lugar a otro al Radio IP de Cayambe
5	En la figura 30 se realiza el testeo de ping de un lugar a otro al Radio IP de COMACO.

3.9 Análisis de costos

El enlace como tal comprende de equipos pertenecientes a las Fuerzas Armadas, la adquisición y compra no es responsabilidad de la Dirección, por lo que dificulta realizar un análisis de costo sin cuantificar el retorno de la inversión; únicamente se puede considerar el costo de mano de obra y el beneficio de la implementación del mismo, ya que la mencionada estación se encontraba aislada e incomunicada, al momento dispone de un comunicación a nivel nacional dentro de la Red Estratégica de Telecomunicaciones del Comando Conjunto de Fuerzas Armadas.

Tabla 9. Detalle Gasto mano de obra

DETALLE GASTO MANO DE OBRA						
Equipos y materiales	Unidad	Estación COMACO	Estación CAYAMBE	Total	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Mano de obra						
Montaje de polo, antena y apuntamiento	u.	1	1	2	560	1120
Montaje de la ODU						
Tendido de cable UTP						
Conexión y crimpado de conector RJ-45						
Montaje de IDU						
Conexión de puesta a tierra						
Configuración de las radios						
					Sub total	1120
					IVA 12%	134,4
					Total	1254,4

Fuente: Equipo Técnico de Trabajo

Este valor de mano de obra es un valor aproximado de un grupo de profesionales que realizan este trabajo, sin embargo el trabajo fue efectuado por los técnicos pertenecientes al Grupo de Telecomunicaciones de Fuerzas Armadas, por lo tanto no se puede cuantificar el costo real de la instalación.

CONCLUSIONES

- Se determinó que mediante el cálculo manual para el radio enlace IP entre la repetidora Cayambe y COMACO, tiene un margen de error del 1,14 % entre los dos métodos.
- Mediante la simulación que se realizó con el software LBC Radwin, se pudo determinar que tiene una factibilidad del 100% para implementar el radio enlace.
- A través de la implementación del radioenlace IP COMACO – CAYAMBE, se pudo determinar que las pruebas de conectividad permiten establecer los servicios de voz y datos.

RECOMENDACIONES

- Dado que los radios IP se encuentra en una banda abierta, se recomienda tomar todas las precauciones necesarias de seguridad en la configuración, de tal manera que ninguna persona pueda acceder al equipo si esta no tiene conocimiento de la clave del software de configuración.
- Es importante realizar un estudio del sistema de tierras que sirve de protección a los equipos para evitar daños por descargas eléctricas.
- Capacitar al personal que custodia los equipos instalados en la Repetidora Cayambe, a fin de tener un apoyo en el sitio para verificar alarmas debido a que la Repetidora es de difícil acceso y así tener la comunicación de forma permanente.
- Analizar la posibilidad de mejorar la capacidad de transmisión de datos en ancho de banda del radio enlace IP para aprovechar de mejor manera los servicios de voz, datos y video, ya que en la actualidad es necesario una comunicación muy eficiente.
- Realizar el mantenimiento preventivo de las estaciones COMACO Y CAYAMBE fin evitar daños en los equipos de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, P. (18 de 05 de 2011). *Zonas de Fresnel*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/55774691/zonas-de-fresnel#scribd>
- Ayala, V. (20 de Octubre de 2014). *COMUNICACIONES IP*. Quito: ESPE.
- Buettrich, S. (12 de Octubre de 2007). *Dimensionamiento de Radioenlaces*. Obtenido de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- Cálculo de Presupuesto de Potencia*. (09 de 10 de 2011). Obtenido de http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/07-Presupuesto_de_potencia-es-v1.14-Notes.pdf
- Comer, D., & Soto, H. (1997). Red IP. En D. E. Comer, *Redes globales de información con Internet y TCP/IP (Vol. 1)*. (pág. 55). Prentice hall.
- Correa, C. G. (2005). Evaluación de enlaces inalámbricos urbanos usando protocolo IEEE 802.11 b. . *Revista de la Facultad de Ingeniería-Universidad de Tarapacá*, 38-44.
- D'Alessio, J. (19 de Junio de 2003). *Ondas*. New York: McGraw-Hill. Obtenido de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/medidoresdeqentuberias/medidoresdeqentuberias.html>
- Escobar, L. (12 de 11 de 2012). *Propagación de Ondas* . Obtenido de <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/margen-de-desvanecimiento.html>
- Freddy Escobar, C. G. (15 de Enero de 2011). *Diseño de una red inalámbrica de datos usando tecnología wimax*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2677/1/CD-3362.pdf>
- Gallardo, S. (2014). *Elementos de sistemas de telecomunicaciones* . Madrid: Paraninfo.

- Gonzalez, C. &. (15 de enero de 2011). *Diseño de una red inalámbrica de datos usando la tecnología Wimax*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2677/1/CD-3362.pdf>
- Kurose, J., Ross, K., & Zucchi, W. (2010). Protocolo de Internet. En J. F. Kurose, *Redes de computadores ea Internet* (pág. 245). New York: Uma abordagem.
- Lazcano, I., & Galaguer, K. (2012). zona de fresnel. En I. &. LAZCANO, *Calculo y Simulacion para enlaces de Microondas punto a punto* (pág. 542). Texas: UPM.
- Martinez, V. A. (7 de Marzo de 2012). *Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://teleprospero.blogspot.com/2012/03/investigacion-transmision-punto-punto.html>
- Masapanta, E. p. (2016). *Elaborado por: Juan Carlos Masapanta*. Obtenido de <http://www.googleearth.com>
- Nikolski, V. V. (1976). Propagacion de ondas de radio. En V. V. Nikolski, *Electrodinámica y propagación de ondas de radio*. (pág. 671). Moscú: URSS, Moscú.
- Propagación de ondas* . (13 de 11 de 2012). Obtenido de <http://propagaciondeondascom1.blogspot.com/2012/11/propagacion-terrestre-de-las-ondas.html>
- Radwin, M. (2015). *Manual Radwin*. Europa: Rad.
- TAMAX. (11 de Noviembre de 2008). *Calculo de la Zona de Fresnel*. Obtenido de <http://tamax.com.ar/blog/?p=517>
- TOMASI, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Prentice Hall.
- TRICALCAR. (2009). *Calculo de Radioenlace, Unidad 06*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/12785791/Calculo-y-Dimensionamiento-de-Radioenlaces>
- TRIPOD. (12 de 02 de 2007). *Introducción a la Radioescucha el Espectro Radioescucha* . Obtenido de <http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/bandas.htm>

ANEXOS

Anexo A

RADWIN 2000 Specifications

Configuración

Arquitectura	ODU: Unidad de Exteriores con Antena Integrada, Antena empotrada o Unidad con Conectores para Antena Externa IDU: Unidad de Interior o dispositivo PoE			
Interfaz IDU a ODU	Cable de uso externo CAT-5e; Longitud máxima del cable: 100m para 100BaseT y 75m para 1000BaseT			
	C-Plus Series	C-Series	B-Series	A-Series

Throughput Máximo

Ethernet	250Mbps	200Mbps	50Mbps	10Mbps, 25Mbps, 50Mbps
TDM E1 / T1 Trunks	-	16	8	- 4 8

Radio

Rango	Hasta 40km / 25 miles	Hasta 120km/75 miles		
	3.300-3.800 / 3.65GHz 4.900-6.060 GHz	2.297-2.482 GHz 2.489-2.700 GHz 3.300-3.800 / 3.65 GHz 4.390-5.010 GHz 4.900-6.060 GHz 5.890-6.410 GHz	2.402-2.482 GHz 2.489-2.700 GHz 4.900-6.060 GHz 5.890-6.410 GHz	2.402-2.482 GHz 4.890-5.960 GHz
Ancho de banda de canal	5/10/20/40 MHz	5/10/20/40 MHz	5/10/20 MHz	5/10/20 MHz
Potencia Tx Máximo	25 dBm @ 2.49-2.7 GHz, 3.3-3.8 GHz, 4.4-6.4GHz 25 dBm @ 2.3-2.47 GHz			
Modulación y codificación adaptativa	Soporta			
Selección Automática de Canal	Soportada			
Asignación de ancho de banda	Configurable Asymmetric TDD	Simétrica o asimétrica		
Diversidad	Polarización y Diversidad Espacial soportada			
Visor de espectro	Analizador de Espectro Integrado			
Tecnología Dúplex	TDD			
Modos de Radio	Auto MIMO/Diversity selection	MIMO/Diversidad/Un solo puerto		
Encriptación, Seguridad EE.UU.	AES 128, AES 256, FIPS-197	AES 128, FIPS-197		
Sincronización TDD	Intrasisio e intersio , usando GPS (Serie C y Serie B)			Intrasisio e intersio
Máxima Tasa de Información (MIR)	Configurable en pasos de 1 Kbps			

Radio Parameters at 20 MHz Channel Bandwidth

Modulación	2x2 MIMO-OFDM							
	BPSK	QPSK		16QAM		64QAM		
Tasa de Corrección de Errores Hacia Adelante (FEC)	1/2	1/2	3/4	1/2	3/4	2/3	3/4	5/6
Tasa Aérea [Mbps]	13	25	39	52	78	104	117	130
Sensibilidad (dBm) @ BER <10E-11, 20MHz Chbw	-88	-86	-83	-81	-80	-72	-70	-67

Anexo B

CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS RADWIN

Parametros de configuración de las radios.

	REPETIDORA COMACO	REPETIDORA CAYAMBE
FRECUENCIA	4886 MHz	4886 MHz
CANAL	10 MHz	10MHz
IP	10.98.254.43	10.98.254.44
POTENCIA DE TX	20 dBm	20 dBm
POTENCIA DE RX	- 52 dBm	- 52 dBm
GANANCIA DE ANTENA	25 dB	25 dB

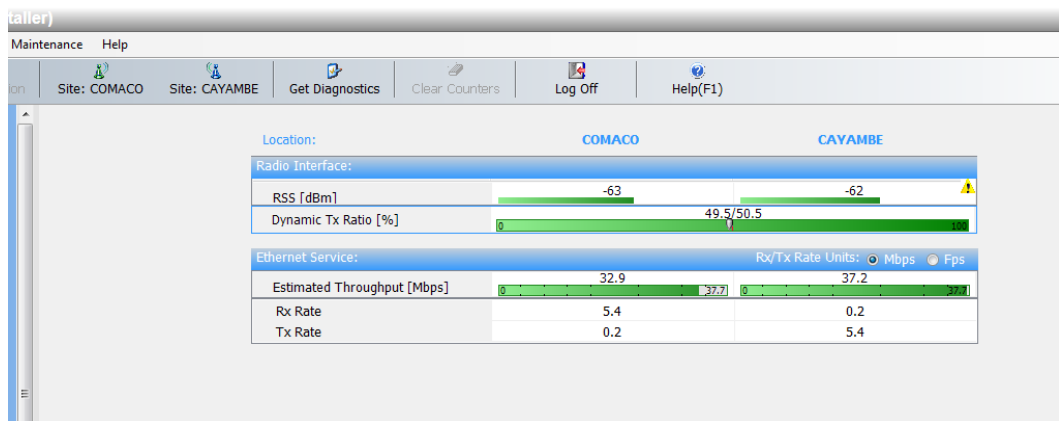
Ingresar a la aplicación.



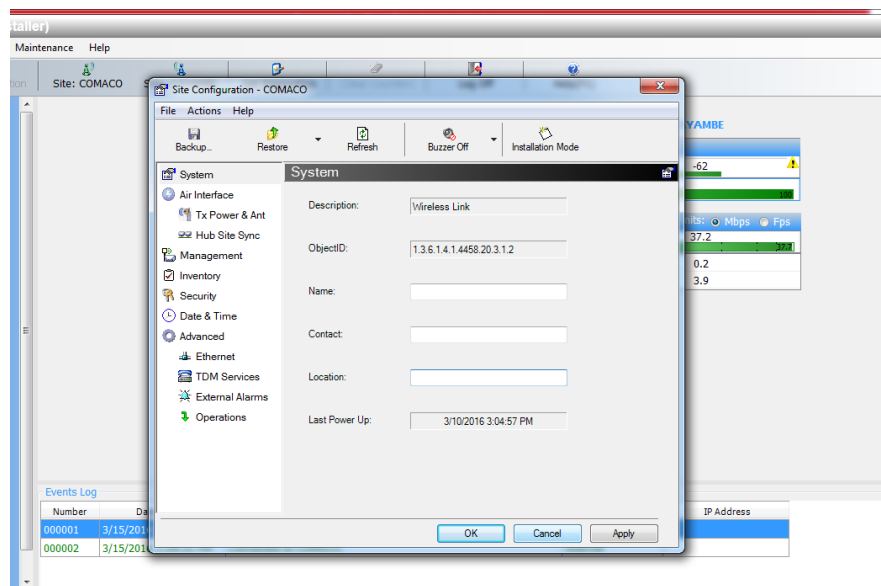
Ingresar la IP que corresponda al radio y la clave por default (admin).



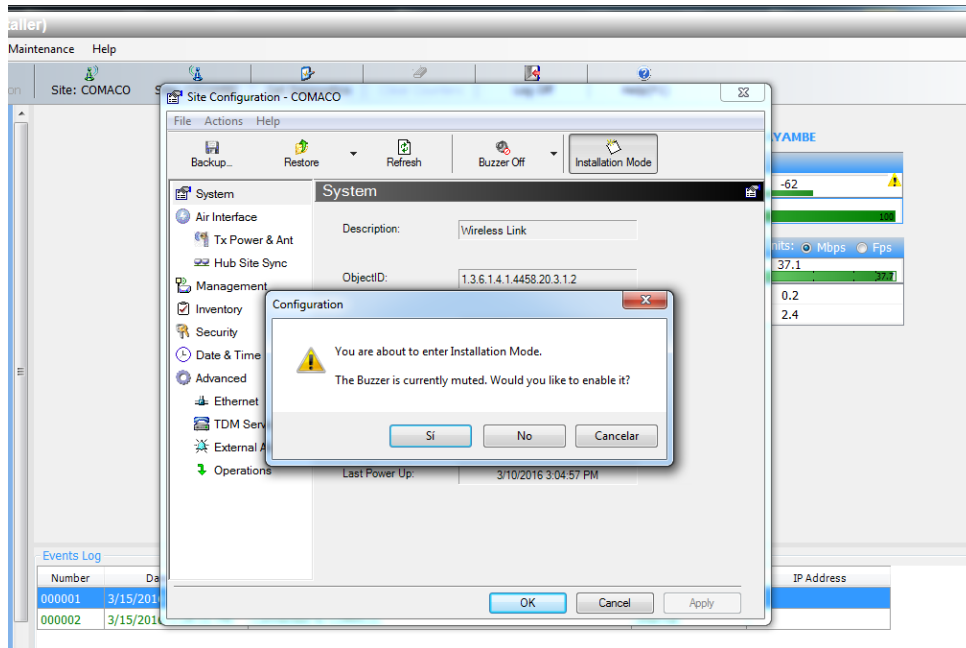
Ingresas al modo de configuración.



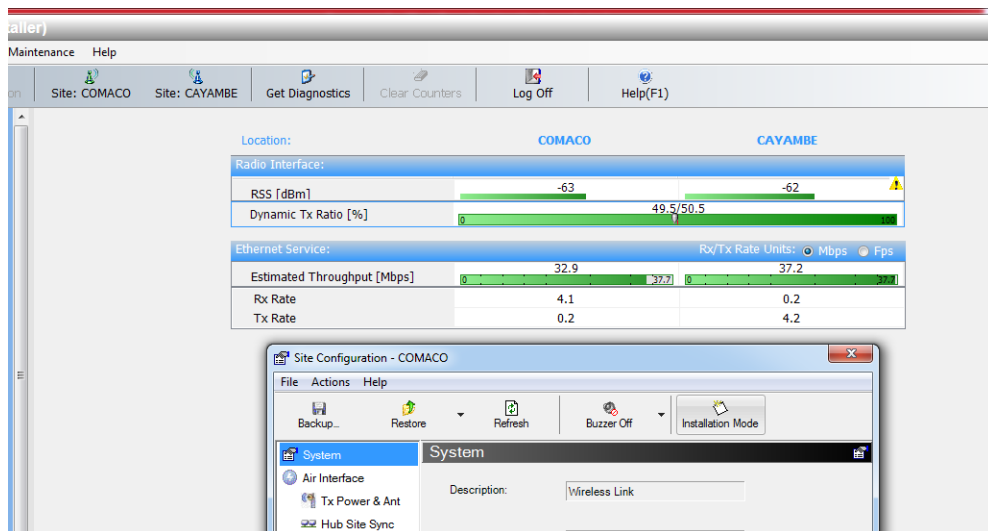
Clic en menú configuración y elegir el sitio 1.



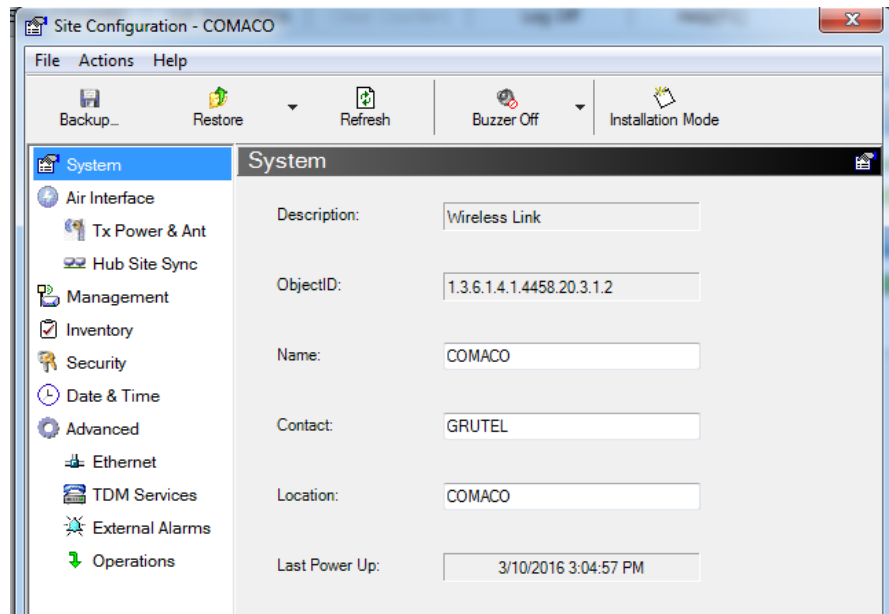
Colocar las radios en instalación mode para obtener la máxima potencia al alinear el enlace.



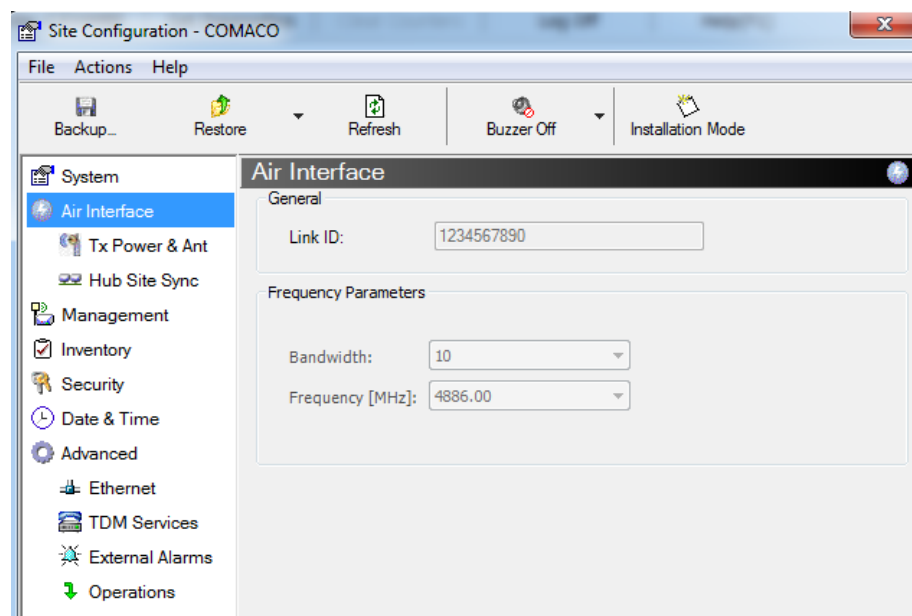
Alinear el enlace para tener un nivel de Tx y Rx en un aproximado de -63 a -62 dBm como se muestra la imagen.



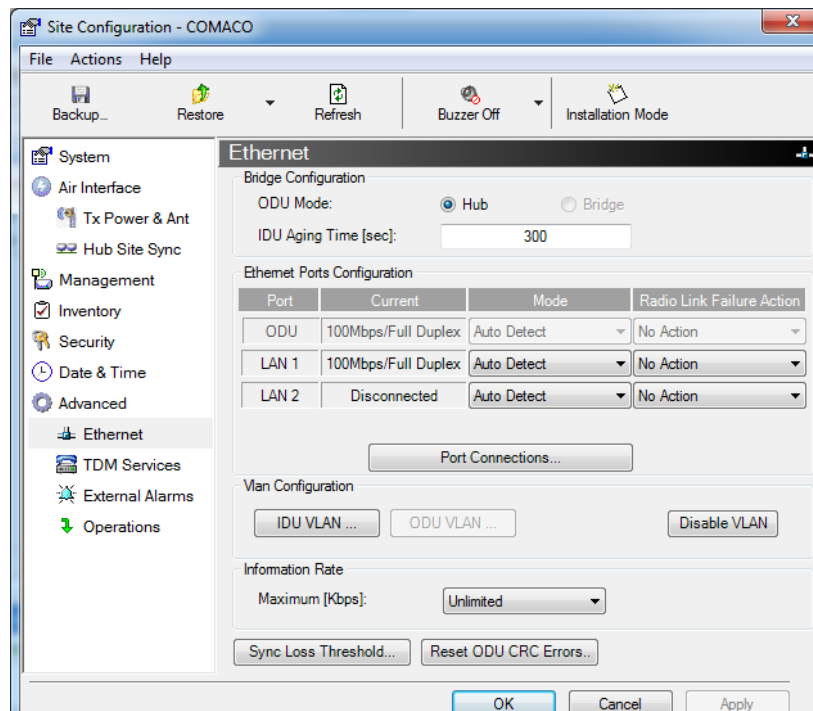
Configurar el sitio 1 (Repetidora COMACO) con los datos (nombres, contactos, entre otros).



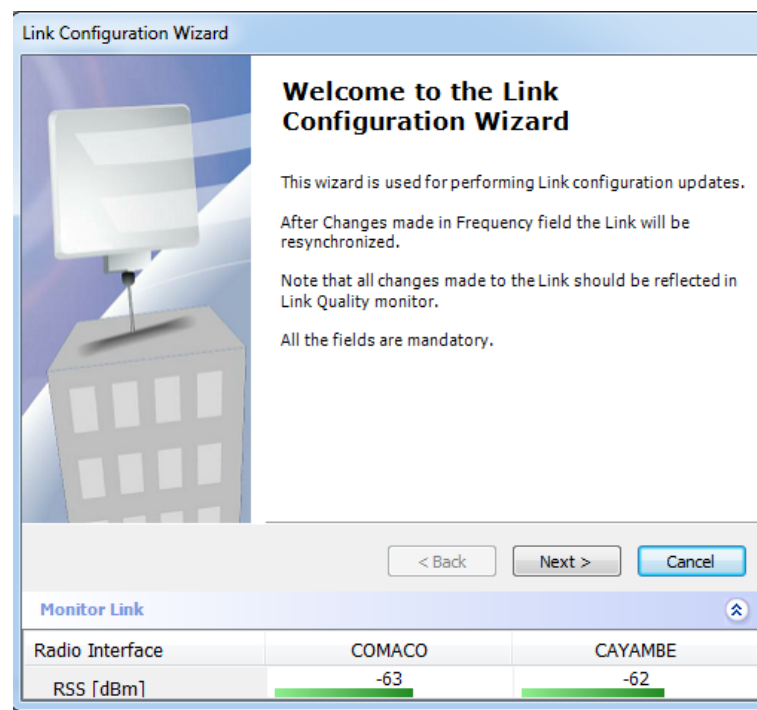
Datos del enlace sitio 1 (SSID, ancho de banda, frecuencia).



Configuración de puertos LAN-ETH recomendable (100 Mbps/full-duplex).



Configuración link instalación.



Clic en next y verificar que el nivel de calidad se encuentre en Ethernet + Tdm.

The screenshot shows the 'System' step of the Link Configuration Wizard. The title bar reads 'Link Configuration Wizard'. Below the title, the section is labeled 'System' with the instruction 'Fill in the attribute fields below.' and a small icon of a computer monitor. The form contains the following fields:

- Link ID: 1234567890
- Link Name: Link
- Site1: COMACO
- Site2: CAYAMBE
- Link Password: A field with 10 dots, followed by a 'Change...' button.

At the bottom of the form, there are three buttons: '< Back', 'Next >', and 'Cancel'. Below the form is a 'Monitor Link' section with a refresh icon. It contains a table with the following data:

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en next.

The screenshot shows the 'Channel Settings' step of the Link Configuration Wizard. The title bar reads 'Link Configuration Wizard'. Below the title, the section is labeled 'Channel Settings' with the instruction 'Any changes to the Channel field may result in a Link re-synchronization.' and a small icon of a computer monitor. The form contains the following fields:

- Configuration (a large empty box):
 - Bandwidth: 10
 - Frequency [MHz]: 4886.00

At the bottom of the form, there are three buttons: '< Back', 'Next >', and 'Cancel'. Below the form is a 'Monitor Link' section with a refresh icon. It contains a table with the following data:

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Configurar el tipo dual antenna modo MIMO.

Link Configuration Wizard


Tx Power and Antenna parameters
Fill the Tx Power and Antenna fields of local and remote sites.

	COMACO	CAYAMBE
Antenna Type	Dual	Dual
Antenna Gain [dBi]	25	25
Tx Power (per radio) [dBm]	20	19
Tx Power (system) [dBm]	23	22
EIRP [dBm]	48	47

Configure... Configure...

Dual Antenna Mode
 MIMO Diversity

Antenna Configuration



< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en next.

Link Configuration Wizard

Hub Site Synchronization Settings
Settings for reducing mutual interference between multiple units at the Hub Site.

Synchronization Status

Status	COMACO	CAYAMBE
Operation	Independent Unit	Independent Unit
Serial Sync	N/A	N/A
Serial Pulses	Not Detected	Not Detected

Configure Operational States

Enabled (These settings will apply to both sites)

Expected Operational States

< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en next (visualiza la modulación y calidad de enlace adaptativa).

Services
Select the Services and Rate from the lists below.

Service: Ring | Ethernet QoS

Services: Ethernet

Rate [Mbps]: Adaptive

Distance: 4.5 Km / 2.8 Miles

Transmission Ratio
COMACO CAYAMBE
0 100%
50.0% / 50.0%

< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en done (finaliza el link instalación).

Completing the Link Configuration Wizard

You have successfully completed the Link Configuration Wizard.

Services: Ethernet
Channel [MHz]: 4886.00
Channel BW [MHz]: 10
Rate [Mbps]: Adaptive
Link ID: 1234567890

To close this wizard, click Done.

Done Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Finalización de la configuración de los equipos Radwin en sitio 1 y sitio 2.

RADWIN Manager (Installer)

File Configuration Tools Maintenance Help

Link Configuration Link Installation Site: COMACO Site: CAYAMBE Get Diagnostics Clear Counters Log Off Help(F1)

Link: Link
 Link ID: 1234567890
 Services: Ethernet
 Frequency [MHz]: 4886.00
 Band: 4.395-5.005 GHz Universa
 Channel BW [MHz]: 10
 Rate [Mbps]: Adaptive
 Status: Link Active

Site: COMACO
 IP Address: 10.98.254.43
 Subnet Mask: 255.255.255.248
 Trap Destination: 0.0.0.0

Site: CAYAMBE
 IP Address: 10.98.254.44
 Subnet Mask: 255.255.255.248
 Trap Destination: 0.0.0.0

Updates
 NEW JET Beamforming base stati
 750 Mbps capacity, 250 Mbps per us

Location: **COMACO** **CAYAMBE**

Radio Interface:

RSS [dBm]	-63	-62
Dynamic Tx Ratio [%]	49.5/50.5	

Ethernet Service: Rx/Tx Rate Units: Mbps Fps

Estimated Throughput [Mbps]	32.9	37.4
Rx Rate	3.8	0.2
Tx Rate	0.2	3.8

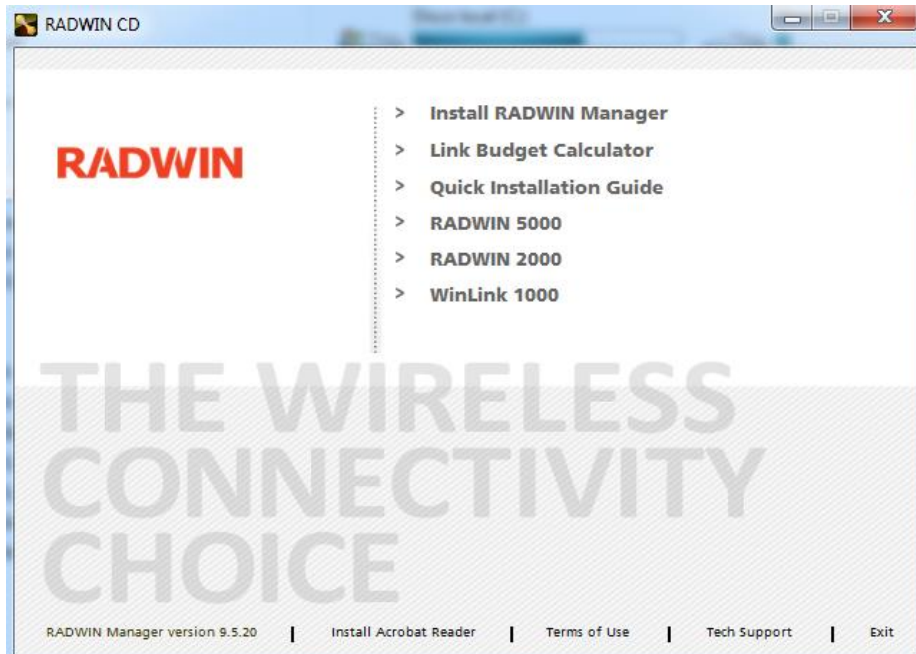
Frequency: 4886.00 MHz

Events Log

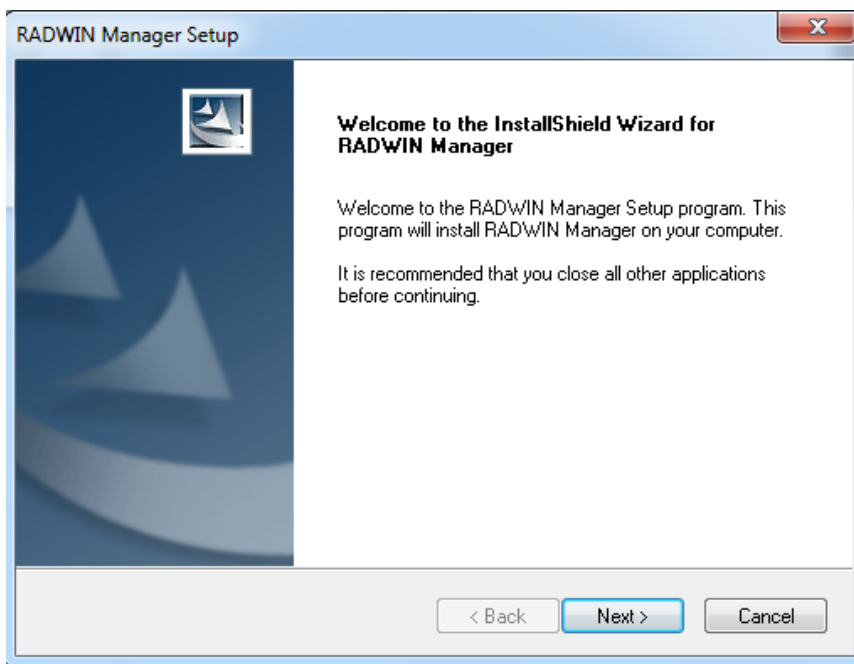
Number	Date & Time	Message	Trap Source	IP Address
000001	3/15/2016 1:29:31 PM	Cannot bind to trap service port. Port 162 already in use by crserv...	Internal	
000002	3/15/2016 1:29:31 PM	Connected to COMACO.	Internal	

ANEXO C

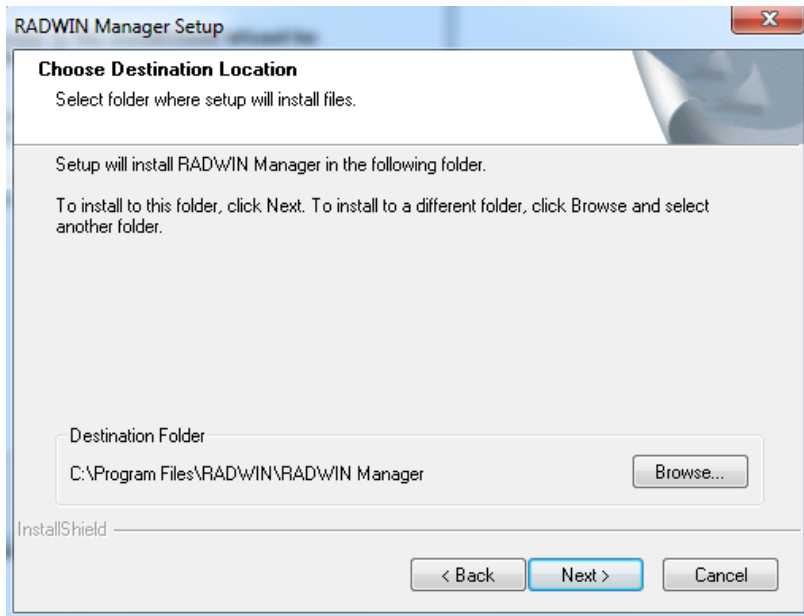
Insertamos el cd del software radwin en la máquina que vayamos a instalar y damos clic en la opción install RADWIN Manager.



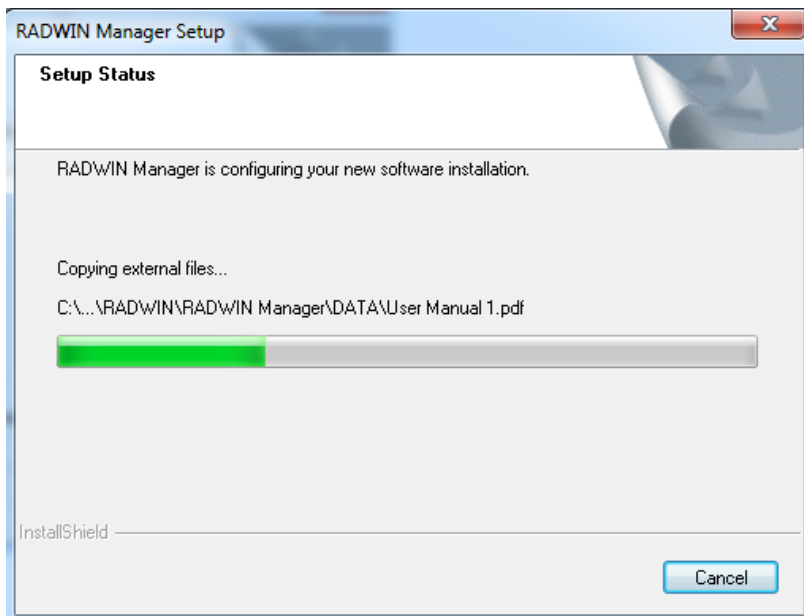
Clic en siguiente



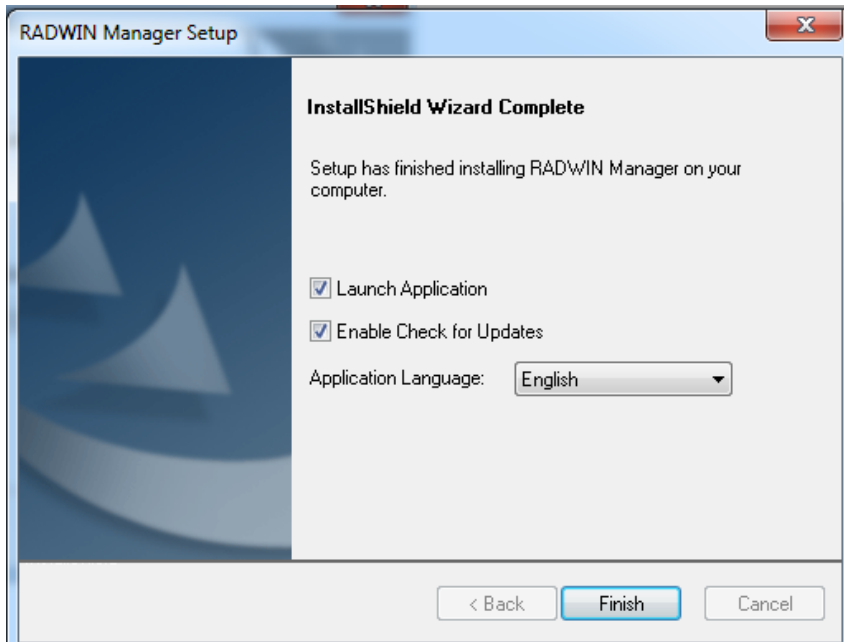
Clic en siguiente.



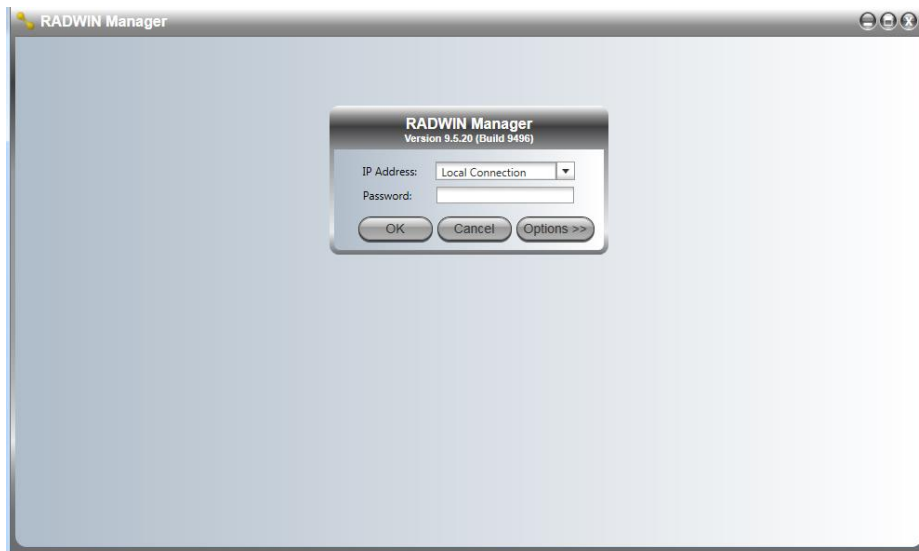
Esperamos que se cargue la instalación.



Seleccionamos el idioma y clic en finalizar.



Software radwin instalado.



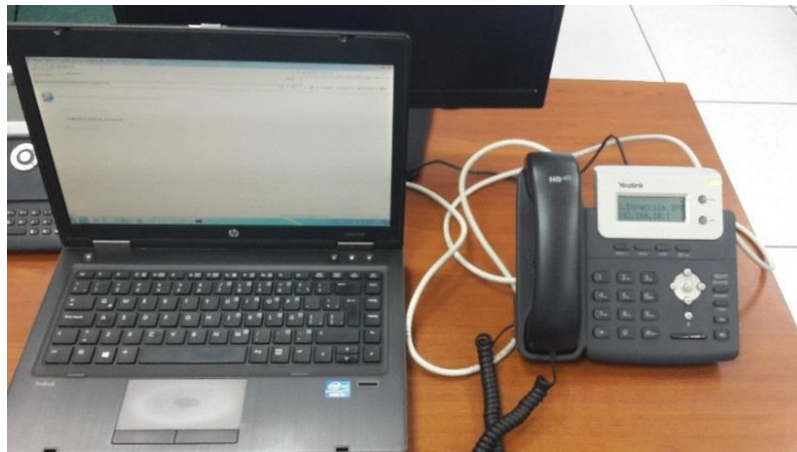
ANEXO D

CONFIGURACION DE TELEFONO IP

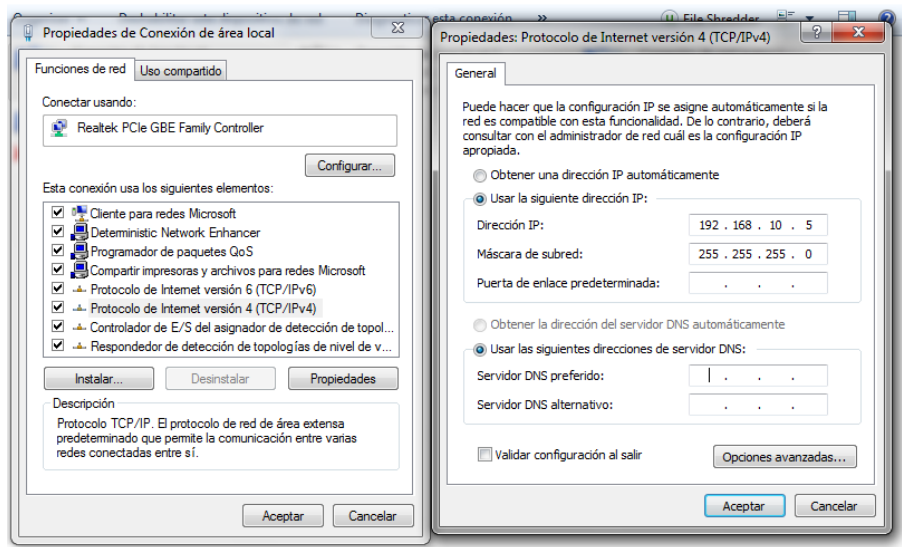
IP de fábrica 192.168.10.1



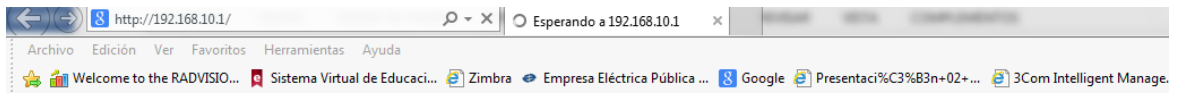
Configuración por browser.



Se coloca en red la laptop y el teléfono IP.



Se digita la IP 192.168.10.1 en el navegador, el usuario y la clave es admin.



Esta página no

- Asegúrate de que la dirección web http://192.168.10.1/ es correcta.
- Busca la página con tu motor de búsqueda.
- Actualiza la página en unos minutos.

Solucionar problemas de conexión



Configuración de la cuenta / guardar.

The screenshot shows the 'Cuenta' (Account) configuration page in the Yealink Easy VOP interface. The 'Cuenta' tab is selected, and 'Cuenta 1' is chosen from a dropdown menu. Under the 'Basico >>' section, the following fields are visible:

Status Registros	Desconocido
Línea Activa	<input checked="" type="radio"/> Encendido <input type="radio"/> Apagado
Etiqueta	20815
Visor de identificación:	CAYAMBE
Nombre de registro:	20815
Nombre de usuario:	20815
Contraseña	
Servidor SIP:	10.101.50.3 x Puerto 5060

Configuración de la red, se ingresa la nueva dirección IP, mascara de subred y gateway / guardar.

The screenshot shows the 'Redes' (Network) configuration page in the Yealink Easy VOP interface. The 'Redes' tab is selected, and the 'Puerto LAN' sub-tab is active. The configuration options are as follows:

- Obten una dirección de IP automáticamente.**
- Use la siguiente dirección IP:**
 - Dirección IP: 10.98.254.41
 - Máscara de subred: 255.255.255.248
 - Default Gateway: 10.98.254.41
 - DNS Primario: 0.0.0.0
 - DNS Secundario: 0.0.0.0
- Detrás del Modem xDSL (PPPoE):**
 - Usuario: [Empty field]
 - Contraseña: [Empty field]

Buttons for 'Confirmar' and 'Cancelar' are located at the bottom of the form.

MANUAL DE OPERACIÓN

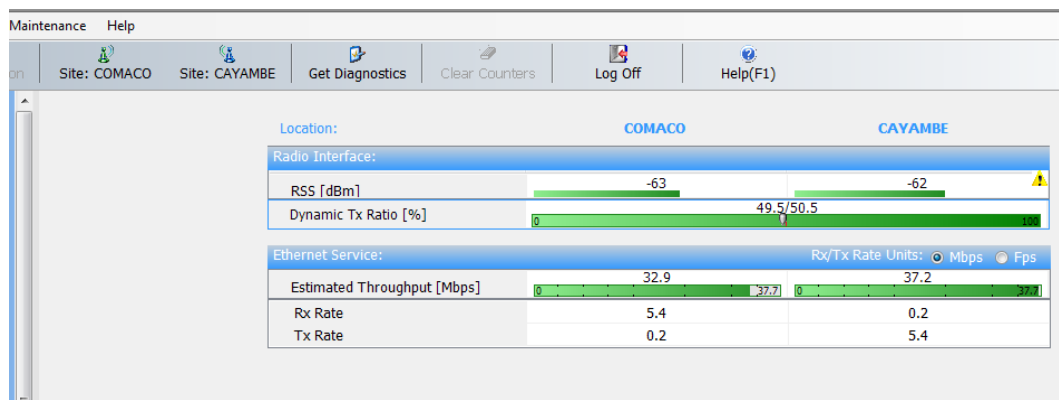
Ingresar a la aplicación de las radios Radwin.



Ingresar la ip que corresponda al radio ya sea Cayambe o Comaco y la clave por default (admin).

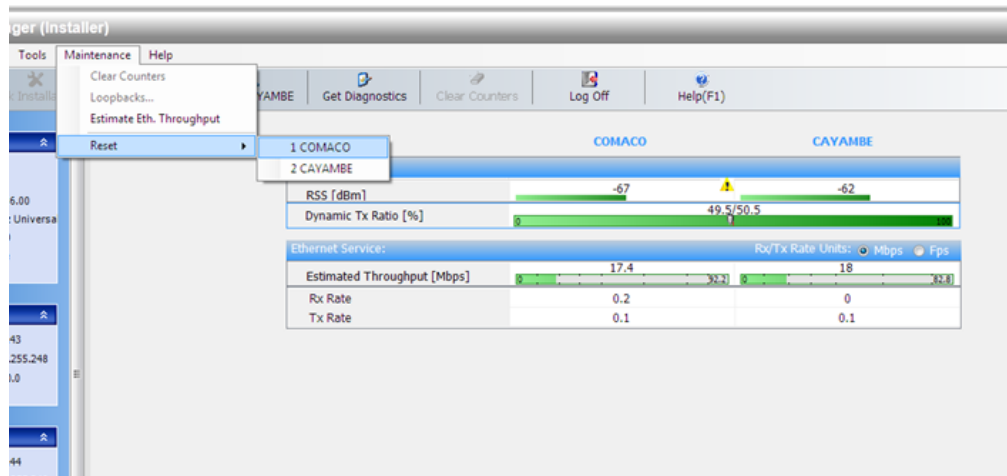


Una vez en el modo de configuración se verifica los niveles de Tx y Rx en un aproximado de -63 a -62 dBm.

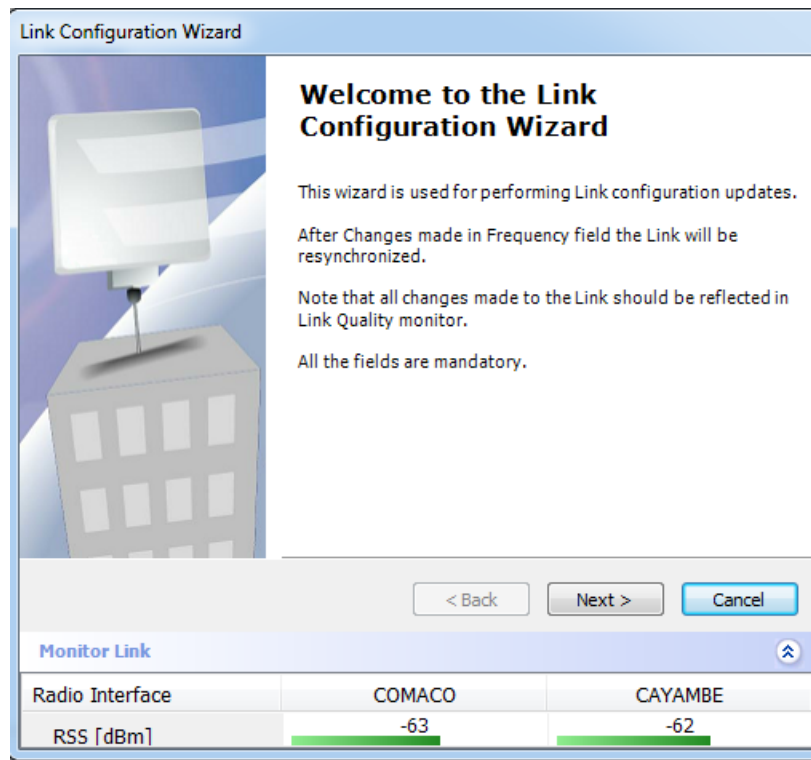


Para resetear una de las radios se realiza los siguientes pasos:

- Maintenance
- Reset
- COMACO o CAYAMBE



Para realizar la configuración primero se ingresa a link instalación.



Clic en next y verificar que el nivel de calidad se encuentre en Ethernet + TDM.

Link Configuration Wizard

System
Fill in the attribute fields below.

Link ID: 1234567890

Link Name: Link

Site 1: COMACO

Site 2: CAYAMBE

Link Password: [Redacted] Change...

< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en next.

Link Configuration Wizard

Channel Settings
Any changes to the Channel field may result in a Link re-synchronization.

Configuration

Bandwidth: 10

Frequency [MHz]: 4886.00

< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Configurar el tipo dual antenna mode mimo.

Link Configuration Wizard

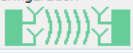
Tx Power and Antenna parameters
Fill the Tx Power and Antenna fields of local and remote sites.

	COMACO	CAYAMBE
Antenna Type	Dual	Dual
Antenna Gain [dBi]	25	25
Tx Power (per radio) [dBm]	20	19
Tx Power (system) [dBm]	23	22
EIRP [dBm]	48	47

Configure... Configure...

Dual Antenna Mode
 MIMO Diversity

Antenna Configuration



< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en next.

Link Configuration Wizard

Hub Site Synchronization Settings
Settings for reducing mutual interference between multiple units at the Hub Site.

Synchronization Status

Status	COMACO	CAYAMBE
Operation	Independent Unit	Independent Unit
Serial Sync	N/A	N/A
Serial Pulses	Not Detected	Not Detected

Configure Operational States

Enabled (These settings will apply to both sites)

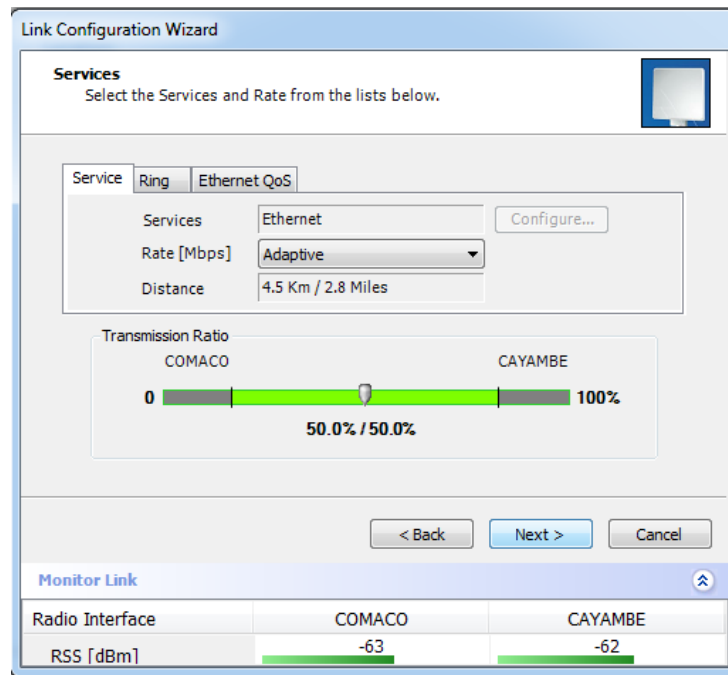
Expected Operational States

< Back Next > Cancel

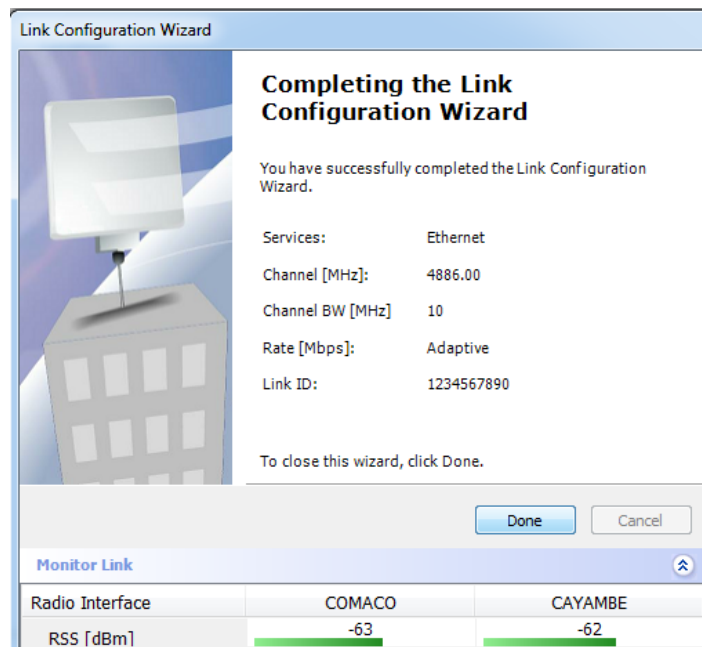
Monitor Link

Radio Interface	COMACO	CAYAMBE
RSS [dBm]	-63	-62

Clic en next (visualiza la modulación y calidad de enlace adaptativa).



Clic en done (finaliza el link instalación).



Finalización de la configuración de los equipos Radwin en sitio 1 y sitio 2.

RADWIN Manager (Installer)

File Configuration Tools Maintenance Help

Link Configuration Link Installation Site: COMACO Site: CAYAMBE Get Diagnostics Clear Counters Log Off Help(F1)

Link: Link
 Link ID: 1234567890
 Services: Ethernet
 Frequency [MHz]: 4886.00
 Band: 4.395-5.005 GHz Universal
 Channel BW [MHz]: 10
 Rate [Mbps]: Adaptive
 Status: Link Active

Site: COMACO
 IP Address: 10.98.254.43
 Subnet Mask: 255.255.255.248
 Trap Destination: 0.0.0.0

Site: CAYAMBE
 IP Address: 10.98.254.44
 Subnet Mask: 255.255.255.248
 Trap Destination: 0.0.0.0

Updates
 NEW JET Beamforming base station
 750 Mbps capacity, 250 Mbps per user

Location: **COMACO** **CAYAMBE**

Radio Interface:

RSS [dBm]	-63	-62
Dynamic Tx Ratio [%]	49.5/50.5	

Ethernet Service: Rx/Tx Rate Units: Mbps Fps

Estimated Throughput [Mbps]	32.9	37.4
Rx Rate	3.8	0.2
Tx Rate	0.2	3.8

Frequency: 4886.00 MHz

Events Log

Number	Date & Time	Message	Trap Source	IP Address
000001	3/15/2016 1:29:31 PM	Cannot bind to trap service port. Port 162 already in use by crserv...	Internal	
000002	3/15/2016 1:29:31 PM	Connected to COMACO.	Internal	