

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**“DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN INTEGRAL DE
TELECOMUNICACIONES PARA LOS CENTROS DE SALUD
PERTENECIENTES AL ÁREA #24 EN EL SECTOR DEL VALLE DE
LOS CHILLOS”**

ANDRÉS ALFONSO VILLAMAR CRUZ

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Certifican que el proyecto de grado titulado “DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN INTEGRAL DE TELECOMUNICACIONES PARA LOS CENTROS DE SALUD PERTENECIENTES AL ÁREA #24 EN EL SECTOR DEL VALLE DE LOS CHILLOS”, realizado por Andrés Alfonso Villamar Cruz con CI: 171159786-2, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Ing. Danilo Corral

DIRECTOR

Ing. Darwin Aguilar

CODIRECTOR

RESUMEN

En el presente proyecto titulado “Diseño de una solución integral de telecomunicaciones para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos”. Mediante el estudio propuesto se desea realizar una red de datos que se manejará bajo el estándar 802.11 que brinde un bajo costo y que tenga todos los servicios propuestos.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó varias herramientas necesarias para el diseño de los diferentes radioenlaces de los Centros y Sub Centros de Salud propuestos como: la utilización de software de simulación e inyectores de tráfico y diferentes ecuaciones para los cálculos de todos los factores que afectan a los radioenlaces.

También se utilizó el programa Radio Mobile 10.7.2 para simular el perfil topográfico y comprobar los parámetros de diseño. Además se utilizó equipos existentes en el mercado, para la utilización de las distintas especificaciones técnicas y la propuesta económica para la ejecución del proyecto por parte del Ministerio de Salud Pública.

Finalmente se analizará la rentabilidad del diseño de la solución integral de telecomunicaciones de los Centros y Sub Centros de Salud garantizando una propuesta eficiente con respecto a los equipos comerciales disponibles en el mercado.

DEDICATORIA

Este título se lo dedico primeramente a mi Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Cecilia por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por brindarme todo su amor.

A mi padre Alfonso por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi hermano Alex por ayudarme en todo lo que estaba a su alcance, y del cual aprendí aciertos y de momentos difíciles.

A mis primos Jennifer y Brian, para que vean en mí un ejemplo a seguir y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi hermano, tíos, primos y demás familiares, que siempre están presentes a cada momento, brindándome su apoyo incondicional en mi vida.

A mi Director y Codirector por guiarme y asesorarme en la elaboración de mi tesis de grado.

Y un agradecimiento muy especial al Ministerio de Salud Pública que brindo todas la facilidades para la realización del presente proyecto.

A todos mis amigos que conocí durante el tiempo de permanencia en la ESPE, especialmente a Mario Montufar, Jorge Suárez, Miguel Solórzano por compartir excelentes momentos en la universidad.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

PROLOGO

En el presente proyecto se realiza el estudio, diseño y factibilidad en enlaces de corta distancia mediante el estándar 802.11, presentando una solución integral de telecomunicaciones a la necesidad del personal de Salud de los Centros y Sub Centros del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

Este proyecto está enfocado básicamente a brindar diferentes tipos de servicios de comunicaciones de telefonía IP, transferencia de archivos, video conferencia, acceso a Internet para el Ministerio de Salud Pública, así como optimizar recursos y reducir costos.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó varias herramientas necesarias para el diseño de los diferentes radioenlaces de los Centros y Sub Centros de Salud propuestos como: la utilización de software de simulación e inyectores de tráfico y diferentes ecuaciones para los cálculos de todos los factores que afectan a los radioenlaces.

También se utilizó el programa Radio Mobile 10.7.2 para simular el perfil topográfico y comprobar los parámetros de diseño de la red de datos. Además se utilizó catálogos de equipos existentes en el mercado, para la utilización de las distintas especificaciones técnicas y la propuesta económica para la ejecución del proyecto por parte del Ministerio de Salud Pública.

Finalmente se analizará la rentabilidad del diseño de la solución integral de telecomunicaciones de los Centros y Sub Centros de Salud garantizando una propuesta eficiente con respecto a los equipos comerciales disponibles en el mercado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

DIAGNOSTICO DE ESTUDIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1.1 | TITULO DEL PROYECTO | 18 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 18 |
| 1.2.1 | Objetivo General | 18 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos..... | 19 |
| 1.3 | ANTECEDENTES DEL PROYECTO | 19 |
| 1.4 | JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO | 20 |
| 1.5 | ALCANCE DEL PROYECTO..... | 21 |

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1 | SALUD | 22 |
| 2.2 | CENTRO DE SALUD..... | 22 |
| 2.3 | REDES DE ACCESO DE DATOS | 23 |
| 2.3.1 | Topología de una red WAN. | 23 |
| 2.3.2 | Estándares de redes inalámbricas..... | 24 |
| 2.4 | EQUIPAMIENTO DE REDES | 30 |
| 2.4.1 | Router..... | 30 |
| 2.4.2 | Hub..... | 30 |
| 2.4.3 | Switch..... | 31 |
| 2.4.4 | Tarjeta de Red (NIC)..... | 32 |
| 2.4.5 | Servidores..... | 32 |
| 2.4.6 | Puntos de Acceso | 33 |
| 2.4.7 | Infraestructura Física..... | 33 |
| 2.5 | PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN..... | 36 |
| 2.5.1 | Propagación de Señales Electromagnéticas | 36 |
| 2.6 | CALIDAD DE SERVICIO..... | 46 |
| 2.6.1 | Definición..... | 46 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.6.2 | Parámetros de Calidad de Servicio | 47 |
| 2.6.3 | Medida de la calidad de servicio..... | 48 |
| 2.6.4 | Calidad de Servicio en Internet..... | 48 |
| 2.6.5 | Calidad de Servicio en una Red de Comunicación | 49 |
| 2.6.6 | Inconvenientes en la Calidad de Servicio | 50 |
| 2.7 | ESTADO DEL ARTE | 50 |
| 2.7.1 | Antecedentes sobre diseño de redes para instituciones de Salud..... | 50 |

CAPÍTULO III

LUGARES DE INTERCONEXIÓN

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y DATOS ESPECÍFICOS DE UBICACIÓN..... | 52 |
| 3.2 | CANTIDAD DE USUARIOS POR CENTRO Y SUB CENTRO..... | 53 |
| 3.3 | SERVICIOS A IMPLEMENTAR..... | 54 |
| 3.3.1 | Servicios de VoIP..... | 54 |
| 3.3.2 | Transferencia de archivos | 57 |
| 3.4 | INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE..... | 60 |
| 3.5 | NECESIDADES DE LOS USUARIOS INTERNOS Y EXTERNOS..... | 63 |

CAPÍTULO IV

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | TECNOLOGÍA A SER APLICADA | 64 |
| 4.2 | EQUIPAMIENTOS | 65 |
| 4.2.1 | Estándar Optado | 65 |
| 4.2.2 | Tipos de Radios y Antenas..... | 65 |
| 4.3 | CANALES EN LA BANDA DE 2.4 GHZ | 66 |
| 4.4 | CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA..... | 68 |
| 4.4.1 | Capacidad de los radioenlaces..... | 69 |
| 4.4.2 | Capacidad de crecimiento de los radioenlaces..... | 73 |
| 4.4.3 | Capacidad de la red de datos de Cada Centro y Sub Centro de Salud..... | 74 |
| 4.4.4 | Polarización de las antenas de los radioenlaces | 77 |
| 4.4.5 | Tipo de Modulación | 77 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.5 | ANÁLISIS DE COBERTURA..... | 78 |
| 4.5.1 | Asignación del Canal 1 para los Centros y Sub Centros de Salud..... | 78 |
| 4.5.2 | Asignación del Canal 6 para los Centros y Sub Centros de Salud..... | 79 |
| 4.5.3 | Asignación del Canal 11 para los Centros y Sub Centros de Salud..... | 80 |
| 4.6 | CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN | 82 |
| 4.6.1 | Enlace CONOCOTO – LA MERCED..... | 82 |
| 4.6.2 | Enlace CONOCOTO – GUANGOPOLO | 92 |
| 4.6.3 | Enlace CONOCOTO – EL TINGO | 92 |
| 4.6.4 | Enlace CONOCOTO – ALANGASÍ | 93 |
| 4.6.5 | Enlace CONOCOTO – TOLONTAG..... | 94 |
| 4.6.6 | Enlace CONOCOTO – PINTAG | 94 |
| 4.6.7 | Enlace CONOCOTO – Cuendina | 95 |
| 4.6.8 | Enlace CUENDINA – AMAGUAÑA | 96 |
| 4.7 | INTERFERENCIAS..... | 96 |
| 4.8 | DISEÑO DEL RADIOENLACE..... | 98 |
| 4.8.1 | Radioenlace Conocoto-Guangopolo | 104 |
| 4.8.2 | Radioenlace Conocoto- El Tingo | 106 |
| 4.9 | DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE LOS CENTROS Y SUB CENTROS DE SALUD | 107 |
| 4.9.1 | Radioenlace Guangopolo - Conocoto | 107 |
| 4.9.2 | Radioenlace El Tingo - Conocoto | 108 |
| 4.10 | LUGARES DE LA RED DE PRUEBA | 109 |
| 4.10.1 | Mapa de los Lugares y Puntos de prueba..... | 109 |
| 4.10.2 | Ubicación de los Puntos de Prueba | 111 |
| 4.10.3 | Simulaciones | 113 |
| 4.11 | ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 128 |
| 4.11.1 | Análisis de datos e información obtenida | 128 |

CAPÍTULO V
ANÁLISIS ECONÓMICO

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.1 | ANÁLISIS DE COSTOS..... | 130 |
| 5.2 | EQUIPAMIENTO DE RED..... | 131 |
| 5.3 | COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS..... | 132 |
| 5.4 | PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO..... | 133 |
| 5.5 | INFORME TÉCNICO-ECONÓMICO SOBRE EL ESTUDIO REALIZADO..... | 134 |
| 5.5.1 | Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)..... | 135 |

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | | |
|-----|------------------------|-----|
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 140 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES..... | 143 |
| 6.3 | TRABAJOS A FUTURO..... | 144 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Figura. 2.1 Topología de una Red WAN [3]. | 23 |
| Figura. 2.2 Funcionamiento del Router en la Topología [A]. | 30 |
| Figura. 2.3 Hub de 4 puertos Ethernet [6]. | 31 |
| Figura. 2.4 Switch [8]. | 31 |
| Figura. 2.5 Tarjeta NIC [10]. | 32 |
| Figura. 2.6 Torre de Telecomunicaciones [A]. | 34 |
| Figura. 2.7 Antenas de teléfonos móviles y salud [A]. | 36 |
| Figura. 2.8 Zona de difracción | 43 |
| Figura. 2.9 Zona de Fresnel | 45 |
| Figura. 2.10 Perspectiva de la Calidad de Servicio [15]. | 46 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| Figura. 3.1 Mapa de Vías en Radio Mobile de los Centros y Sub Centros de Salud del Área #24 en el Sector del Valle de los Chillos [A]. | 53 |
| Figura. 3.2 Red de Comunicaciones con VoIP [A]. | 56 |
| Figura. 3.3 Modelo de Transferencia de Archivos Cliente-Servidor [A]. | 58 |
| Figura. 3.4 Topología de Acceso A Internet [21]. | 59 |
| Figura. 3.5 Sub Centro de Salud “CONOCOTO” [A]. | 61 |
| Figura. 3.6 Sub Centro de Salud “GUANGOPOLO” [A]. | 62 |
| Figura. 3.7 Sub Centro de Salud “AMAGUAÑA” [A]. | 62 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|-----|
| Figura. 4.1 Ocupación del espectro de los canales Wi-Fi [A]. | 68 |
| Figura. 4.2 Asignación del Canal 1 para la subred de datos | 79 |
| Figura. 4.3 Asignación del Canal 6 para la subred de datos | 79 |
| Figura. 4.4 Asignación del Canal 11 para la subred de datos | 80 |
| Figura. 4.5 Captura con Network Stumbler de Redes Inalámbricas en el Centro de Salud de Conocoto [A] | 97 |
| Figura. 4.6 Enlace Centro de Salud Conocoto – El Tingo [A]. | 98 |
| Figura. 4.7 Ubicación de los Sitios [A]. | 99 |
| Figura. 4.8 Ingreso de Coordenadas [A]. | 99 |
| Figura. 4.9 Diseño de la Red de Datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos. [A] | 100 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Figura. 4.10 | Parámetros de Configuración de la Red [A]. | 101 |
| Figura. 4.11 | Configuración del Tipo de Topología [A]. | 101 |
| Figura. 4.12 | Configuración de los Miembros de la Red de Datos [A]. | 102 |
| Figura. 4.13 | Características del Sistema de Comunicación [A]. | 103 |
| Figura. 4.14 | Color de las líneas de acuerdo al nivel de recepción [A]. | 103 |
| Figura. 4.15 | Enlace Conocoto – Guangopolo (Radio Link) [A]. | 104 |
| Figura. 4.16 | Enlace Conocoto – Guangopolo (Mapa STRM) [A]. | 105 |
| Figura. 4.17 | Enlace Conocoto – Guangopolo (Radio Link) [A]. | 105 |
| Figura. 4.18 | Enlace Conocoto – El Tingo (Radio Link) [A]. | 106 |
| Figura. 4.19 | Enlace Conocoto – El Tingo (Mapa STRM) [A]. | 106 |
| Figura. 4.20 | Enlace Conocoto – El Tingo (Radio Link) [A]. | 107 |
| Figura. 4.21 | Infraestructura Enlace Guangopolo – Conocoto [A]. | 107 |
| Figura. 4.22 | Cuarto de Comunicaciones Enlace Guangopolo – Conocoto [A]. | 108 |
| Figura. 4.23 | Infraestructura Enlace “El Tingo” – Conocoto [A]. | 108 |
| Figura. 4.24 | Cuarto de Comunicaciones Enlace “El Tingo” – Conocoto [A]. | 109 |
| Figura. 4.25 | Lugar Geográfico Sub Centro de Salud “Conocoto” [A]. | 109 |
| Figura. 4.26 | Lugar Geográfico Sub Centro de Salud “Alangasi” [A]. | 110 |
| Figura. 4.27 | Lugar Geográfico Sub Centro de Salud “Amaguaña” [A]. | 110 |
| Figura. 4.28 | Infraestructura en el Centro de Salud “Conocoto” [A]. | 111 |
| Figura. 4.29 | Infraestructura en el Centro de Salud “El Tingo” [A]. | 112 |
| Figura. 4.30 | Topología de Red [A]. | 113 |
| Figura. 4.31 | Prueba 1: Throughput LAN vs. WLAN [A]. | 114 |
| Figura. 4.32 | Prueba 2: Throughput LAN vs. WLAN [A]. | 114 |
| Figura. 4.33 | Ping al equipo: Punto de Acceso (AP) [A]. | 115 |
| Figura. 4.34 | Prueba 1: Fuerza de la Señal -77 dBm | 116 |
| Figura. 4.35 | Prueba 2: Fuerza de la Señal -77 dBm | 116 |
| Figura. 4.36 | Prueba 3: Fuerza de la Señal -79 dBm | 117 |
| Figura. 4.37 | Prueba 4: Fuerza de la Señal -79 dBm | 117 |
| Figura. 4.38 | Prueba 5: Fuerza de la Señal -73 dBm | 118 |
| Figura. 4.39 | Topología de Inyección de Tráfico JPerf [A] | 119 |
| Figura. 4.40 | Prueba 1: Ancho de Banda en el Centro de Salud “Conocoto” | 119 |
| Figura. 4.41 | Prueba 2: Ancho de Banda en el Centro de Salud “Conocoto” | 119 |
| Figura. 4.42 | Prueba 1: Ancho de Banda y Jitter en el Sub Centro de Salud “El Tingo” | 120 |
| Figura. 4.43 | Prueba 2: Ancho de Banda y Jitter en el Sub Centro de Salud “El Tingo” | 120 |
| Figura. 4.44 | Software EXata / Cyber de Qualnet | 121 |
| Figura. 4.45 | Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo en 3D | 122 |
| Figura. 4.46 | Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo en 2D | 122 |
| Figura. 4.47 | Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo vista Lateral en 3D | 123 |
| Figura. 4.48 | Simulación en 3D de la red inalámbrica del Enlace Conocoto – El Tingo | 123 |
| Figura. 4.49 | Inyección de Tráfico al Enlace Conocoto – El Tingo | 124 |
| Figura. 4.50 | CBR Client | 124 |

| | |
|--|-----|
| Figura. 4.51 Paquetes Enviados..... | 125 |
| Figura. 4.52 Throughput CBR Client | 125 |
| Figura. 4.53 CBR Server | 126 |
| Figura. 4.54 Paquetes Recibidos | 126 |
| Figura. 4.55 Throughput CBR Server | 127 |
| Figura. 4.56 Jitter CBR Server | 127 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabla. 2.1 Descripción de la Capa de Enlace y Física en el 802.11 | 27 |
|---|----|

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Tabla. 3.1 Coordenadas Geográficas de los Centros de Salud en el Área #24 en el Valle de los Chillos..... | 52 |
| Tabla. 3.2 Estadísticas de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud..... | 54 |

CAPÍTULO IV

| | |
|---|----|
| Tabla. 4.1 Especificaciones Técnicas del Radio Ubiquiti [A]..... | 66 |
| Tabla. 4.2 Canales designados en el rango 2.4 GHz [A]..... | 67 |
| Tabla. 4.3 Canales sin solapamiento en la banda de 2.4 GHz [A]. | 67 |
| Tabla. 4.4 Estimación de ancho de banda para el servicio de telefonía IP..... | 71 |
| Tabla. 4.5 Estimación de ancho de banda para el servicio de video conferencia..... | 72 |
| Tabla. 4.6 Estimación de ancho de ancho de banda para el servicio de transferencia de archivos..... | 73 |
| Tabla. 4.7 Capacidad de cada Centro y Sub Centro de Salud | 75 |
| Tabla. 4.8 Tipo de Modulación a ser utilizada en los Centros y Sub Centros de Salud..... | 78 |
| Tabla. 4.9 Coeficientes de k y α para estimar la atenuación específica [A]. | 87 |
| Tabla. 4.10 Pérdidas adicionales. | 89 |
| Tabla. 4.11 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Guangopolo. | 92 |
| Tabla. 4.12 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto - Guangopolo..... | 92 |
| Tabla. 4.13 Pérdidas del Radioenlace Conocoto – El Tingo. | 92 |
| Tabla. 4.14 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – El Tingo..... | 93 |
| Tabla. 4.15 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Alangasí..... | 93 |
| Tabla. 4.16 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – Alangasí..... | 93 |
| Tabla. 4.17 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Tolontag. | 94 |
| Tabla. 4.18 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – Tolontag..... | 94 |
| Tabla. 4.19 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Pintag..... | 94 |
| Tabla. 4.20 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – Pintag..... | 95 |
| Tabla. 4.21 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Cuendina. | 95 |
| Tabla. 4.22 Disponibilidad para el Radioenlace Conocoto – Cuendina..... | 95 |
| Tabla. 4.23 Pérdidas del Radioenlace Cuendina – Amaguaña. | 96 |
| Tabla. 4.24 Disponibilidad del Radioenlace Cuendina – Amaguaña..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Tabla. 4.25 Valores Obtenidos en JPerf vs QualNet | 128 |
|---|-----|

CAPÍTULO V

| | |
|---|-----|
| Tabla. 5.1 Análisis de Costos por los Centros y Sub Centros de Salud | 131 |
| Tabla. 5.2 Costos de Infraestructura para los Centros y Sub Centros de Salud | 131 |
| Tabla. 5.3 Costos de Equipos activos y pasivos para los Centros y Sub Centros de Salud | 132 |
| Tabla. 5.4 Costo de implementación de servicio propuesto para telefonía IP | 132 |
| Tabla. 5.5 Costo de implementación de servicio propuesto para transferencia de archivos ... | 133 |
| Tabla. 5.6 Costo de implementación de servicio propuesto para Internet..... | 133 |
| Tabla. 5.7 Presupuesto total del Proyecto | 133 |
| Tabla. 5.8 Presupuesto total del proyecto con equipos Ubiquiti | 134 |
| Tabla. 5.9 Presupuesto total del proyecto con equipos Canopy - Motorola..... | 135 |
| Tabla. 5.10 Egreso mensual y anual de la red de datos | 136 |
| Tabla. 5.11 Ingreso mensual y anual de la red de datos | 136 |
| Tabla. 5.12 Ingresos y egresos para la red de datos | 137 |

GLOSARIO

WAN.- Red de Área Amplia

MAN.- Red de Área Metropolitana

ANSI.- Instituto Nacional Americano de Normalización

NBS.- Oficina Nacional de Normas

ISO.- Organización internacional de Normas

Wi-Fi.- Fidelidad Inalámbrica

Bluetooth.- Posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda de los 2,4 GHz.

ZigBee.- Es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo.

IEEE.- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

WLAN.- Red de Área Local Inalámbrica

WPAN.- Red de Área Personal Inalámbrica.

PDA.- Organizador personal o una agenda electrónica.

Domótica.- Es el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda.

ADSI.- Interface de Servicios de Directorio Activo

DSSS.- Espectro ensanchado de secuencia directa

MAC.- Control de Acceso al Medio.

Router.- Dispositivo para la interconexión de Redes Informáticas.

Hub.- Dispositivo que permite centralizar el cableado de una red

Switch.- Es un dispositivo digital para interconexión de redes

NIC.- Tarjeta de Interfaz de Red

HTTP.- Protocolo de Transferencia de Hipertexto

WAP.- Punto de Acceso Inalámbrico

ATM.- Modo de Transferencia Asíncronica

SLA.- Acuerdo de Nivel de Servicio

RER.- Tasa de Error Residual

Best Effort.- Mejor Esfuerzo

IntServ.- Servicios Integrados

RSVP.- *Protocolo* de Reserva de Recursos

DiffServ.- Servicios Diferenciados

CAPÍTULO I

DIAGNOSTICO DE ESTUDIO

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño de una solución integral de Telecomunicaciones para los Centros de salud pertenecientes al área #24 en el sector del Valle de los Chillos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar una solución integral de telecomunicaciones para los Centros de Salud del Área #24 en el sector del Valle de los Chillos, analizando las necesidades de los usuarios, las características técnicas, capacidades y limitaciones de los equipos y estándares disponibles, a fin de permitir y garantizar una conectividad, transferencia de datos y archivos en apoyo de la actividades de salud en el Cantón Quito.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Presentar el proyecto a ser desarrollado en los Centros de Salud del Área #24.
- Establecer el marco teórico que permita definir los parámetros de diseño de la red de datos de los Centros de Salud del Área #24.
- Levantar información de los centros y sub centros de salud, y parroquias a interconectar, así como las necesidades de cada uno y tecnologías aplicables.
- Diseñar la solución de telecomunicaciones y aplicaciones que interconecte los nueve centros y sub centros del Área #24.
- Presentar el análisis de costos, equipamiento de la red de comunicaciones diseñada para los Centros de Salud del Área #24 en el Sector del Valle de los Chillos.
- Presentar las conclusiones, recomendaciones y trabajo a futuro.

1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Para satisfacer la necesidad de comunicación que está creciendo en la actualidad, las redes de voz y datos han llegado a constituir una necesidad básica en el funcionamiento de cualquier Institución del Estado, Empresa Privada o Pública, debido a que mediante la interconexión de equipos de última generación que proporcionan varios beneficios como son la compartición de información, software, hardware y soporte administrativo, que nos lleva a optimizar los recursos en las telecomunicaciones y obtener una mayor cobertura geográfica. Estos beneficios ayudan a incrementar la productividad, disminuir los costos de infraestructura y mejorar el desempeño de las aplicaciones en tiempo real.

El Ministerio De Salud Publica, no puede ser la excepción por lo cual no pueden quedarse al margen del desarrollo tecnológico en la actualidad, por lo que dentro de su Plan Estratégico Institucional, contempla disponer de un diseño de una solución integral de telecomunicaciones para los Centros de salud pertenecientes al Área #24 en el Sector del Valle de los Chillos, con acceso a diferentes tipos de servicios para cada uno de los Sub Centros de Salud, con la finalidad de disponer de información veraz, coherente y oportuna para la toma de decisiones del Ministerio de Salud.

Mediante el diseño de un sistema que permita realizar una comunicación, intercambio e implementación de nuevas tecnologías a futuro para obtener un intercambio de información en forma eficiente. Los Centros de Salud necesitan operar en forma eficiente y segura la red de comunicación de datos, complementada con una red redundante o de respaldo que permitan sostener el tráfico de información y que proporcione una comunicación confiable, robusta y permanente entre los diferentes usuarios de la red.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

En la actualidad nuestro país se encuentra en vías de desarrollo, el Plan Nacional del Buen Vivir, en el numeral “6.6 Conectividad y telecomunicaciones para la sociedad de la información y el conocimiento”, señala que es necesario ampliar la visión sobre la conectividad y las telecomunicaciones considerándolas como un medio para contribuir a alcanzar los doce objetivos propuestos en el mencionado plan, en este caso se hace referencia puntual al “Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población”.

Consecuencia de esto es la necesidad de difundir los servicios de telecomunicaciones de banda ancha, en apoyo a los servicios de salud como en el presente perfil de proyecto.

En el área #24, cada centro y sub centro de salud dispone únicamente de un solo punto de acceso a internet proporcionado por la empresa pública CNT, el cual es manejado por la administradora del archivo y no presta servicios de red para las aplicaciones de salud a los usuarios o entre centros y sub centros.

Se busca diseñar una red de datos que brinde conectividad al interior del centro de salud y entre sub centros de salud asociados, permitiendo: servicio de VoIP, acceso a internet, transferencia de archivos, video, datos, consulta de historias clínicas e historial de tratamientos a pacientes y a futuro servicios de tele medicina, para cada uno de los sub centros de salud del área #24 en el Valle de los Chillos, mejorando el intercambio de información, el rendimiento y la calidad de servicio, que proporciona a la comunidad.

Este proyecto beneficiará a los nueve centros y sub centros de salud del Área #24 localizada en el Valle de los Chillos, servirá para optimizar el uso de la red de datos diseñada y podrá ser replicado en otras área de salud con similares características.

El diseño de la estructura de la solución integral de telecomunicaciones, se realizará tomando en cuenta los nuevos estándares y tecnologías existentes.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto contempla efectuar el estudio y diseño de una red de datos que interconecte todos los Centros de Salud del Área #24 en el sector del Valle de los Chillos, la cual comprende:

- Centro de Salud “El Tingo”
- Centro de Salud “Alangasí”
- Centro de Salud “Guangopolo”
- Centro de Salud “Pintag”
- Centro de Salud “Tolontag”
- Centro de Salud “Amaguaña”
- Centro de Salud “Conocoto”
- Centro de Salud “La Merced”
- Centro de Salud “Cuendina”

La cual permitirá acceder a servicios de VoIP, transferencia de archivos, acceso a Internet, acceso a servidores de uso específico y todos los beneficios de red, de una manera más eficaz en apoyo a las actividades de salud de área # 24.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SALUD

Es el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia, según la definición presentada por la Organización Mundial de la Salud en su constitución aprobada en 1948.

La salud se mide por el impacto que una persona puede recibir sin comprometer su sistema de vida. Así, el sistema de vida se convierte en criterio de salud.". "Una persona sana es aquella que puede vivir sus sueños no confesados plenamente."...

"La salud es principalmente una medida de la capacidad de cada persona de hacer o de convertirse en lo que quiere ser."...

"La salud es el equilibrio dinámico de los factores de riesgo entre el medio y dentro de ciertos parámetros."... [1].

2.2 CENTRO DE SALUD

Se refiere al edificio o casa de emergencia donde se atiende a la población en un primer nivel asistencial sanitario. El personal y actividad asistencial del mismo puede variar de un país a otro y de un centro a otro.

También es el conjunto de profesionales sanitarios y no sanitarios que actúan en la zona básica de salud y se ubican en el centro de atención primaria. Está compuesto por médicos, enfermeras y personal administrativo.

Los centros de salud son una versión reducida o simplificada de los hospitales y de los sanatorios ya que si bien cuentan con los elementos y recursos básicos para las curaciones, no disponen de grandes tecnologías ni de espacios complejos que sí existen en hospitales.

El objetivo principal de los centros de salud es brindar la atención más primaria y urgente ante situaciones de salud que deben ser tratadas [2].

2.3 REDES DE ACCESO DE DATOS

2.3.1 Topología de una red WAN.

Una Red WAN cubre una amplia región geográfica, a menudo un país o un continente. Tienen un tamaño superior a una MAN, y consisten en una colección de host o de redes LAN conectadas por una subred interconectada por medio de routers (aparatos de red encargados de dirigir los paquetes hacia la LAN o host adecuado).

Su tamaño puede oscilar entre 100 y 1000 kilómetros.

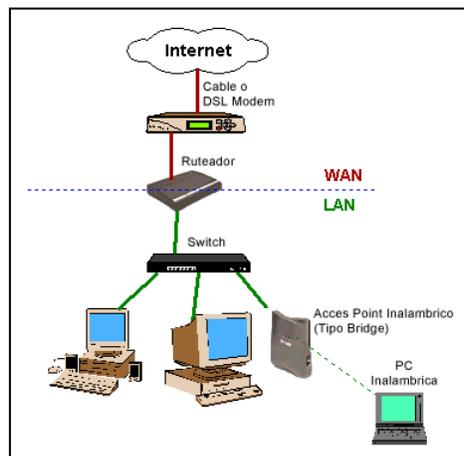


Figura. 2.1 Topología de una Red WAN [3].

2.3.2 Estándares de redes inalámbricas

La norma es un conjunto de reglas estandarizadas que contienen un catálogo de requisitos. Estos requisitos se refieren tanto a productos como a procesos.

La estandarización recoge los deseos, las propuestas de todas las instituciones relevantes como son los fabricantes, las asociaciones de consumidores, los juristas, los centros de investigación, las entidades de certificación e inspección [4].

El estándar puede ser conceptualizado como la definición clara de un modelo, criterio, regla de medida o de los requisitos mínimos aceptables para la operación de procesos específicos, con el fin asegurar la calidad en la prestación de los servicios de salud en este caso.

Estas normas han sido adoptadas por el ANSI, el NBS y la ISO.

La diferencia primordial entre la mayoría de los estándares inalámbricos es su definición.

- Definición de las especificaciones técnicas.
- Definición de los productos actuales.
- Definición de las aplicaciones.

Wi-Fi, Bluetooth y Zig-Bee están todas agrupadas en la misma categoría, cuando en realidad representan diferentes etapas de desarrollo y ofrecen varios niveles de funcionalidad. Se trata de ajustar sus expectativas de acuerdo al nivel de definición y determinar si cada uno se ajusta al mundo multilingüe de una infraestructura inalámbrica.

- **Wi-Fi**

En el año de 2004 se certificaron dos versiones de especificaciones: 802.11a y 802.11g, mostrando este último un crecimiento en la redes de datos.

El estándar 802.11g es totalmente compatible con los productos desarrollados en la versión anterior 802.11b, de los cuales existen muchos instalados, se espera que esa compatibilidad incluya a los sistemas 802.11a, de modo que si se cuenta con una infraestructura de 802.11g, soporte a todos los equipos que utilicen este estándar.

La IEEE, es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.

Wi-Fi es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11.

El 802.11 o WI-FI es un estándar de protocolo de comunicaciones de la IEEE que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capa física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

El estándar 802.11 actualmente incluye seis técnicas de transmisión por modulación que utilizan todos los mismos protocolos. El estándar original de este protocolo surge en 1997, era el IEEE 802.11, que tenía velocidades de 1 hasta 2 Mbps y trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4 GHz.

El término IEEE 802.11 se utiliza también para referirse a este protocolo al que ahora se conoce como "802.11legacy." La siguiente modificación apareció en 1999 y es designada como IEEE 802.11b, esta especificación tenía velocidades de 5 hasta 11 Mbps, también trabaja en la frecuencia de 2,4 GHz. También se realizó una especificación sobre una frecuencia de 5 GHz que alcanzaba los 54 Mbps, era la 802.11a y resultaba incompatible con los productos del 802.11b.

Posteriormente se incorporó un estándar a esa velocidad y compatible con el 802.11b que recibió el nombre de 802.11g. En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación 802.11b y 802.11g, y actualmente se está utilizando equipos con el estándar 802.11n, que se espera que alcance los 500 Mbps.

La seguridad forma parte del protocolo desde el principio y fue mejorada en la revisión 802.11i. Otros estándares de esta familia (802.11c–802.11f, 802.11h–802.11j) tienen mejoras en el servicio y extensiones o correcciones a especificaciones anteriores.

El primer estándar de esta familia que tuvo una amplia aceptación fue el 802.11b. En la actualidad, la mayoría de los productos que se comercializan siguen el estándar 802.11g con compatibilidad hacia el 802.11b.

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan bandas de 2,4 GHz que no necesitan de permisos para su uso. El estándar 802.11a utiliza la banda de 5 GHz.

Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g pueden sufrir interferencias por parte de teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilicen la misma banda de 2,4 GHz [5].

El estándar 802.11 establece los niveles inferiores del modelo OSI para las conexiones inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas, por ejemplo:

- PHY ofrece tres tipos de codificación de información.
- La capa de enlace de datos compuesta por dos subcapas: LLC y MAC.

La capa física define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos.

Mientras la capa de enlace de datos define la interfaz entre el bus del equipo y la capa física, en particular un método de acceso parecido al estándar Ethernet, y las reglas para la comunicación entre las estaciones de la red.

En realidad, el estándar 802.11 tiene tres capas físicas que establecen modos de transmisión alternativos:

Tabla. 2.1 Descripción de la Capa de Enlace y Física en el 802.11

| | | | | |
|--|--|------------|------|------------|
| Capa de enlace de datos (MAC) | 802.2 | | | |
| | 802.11 | | | |
| Capa física (PHY) | <table border="1"> <tr> <td>DSSS</td> <td>FHSS</td> <td>Infrarrojo</td> </tr> </table> | DSSS | FHSS | Infrarrojo |
| DSSS | FHSS | Infrarrojo | | |

Cualquier protocolo de nivel superior puede utilizarse en una red inalámbrica Wi-Fi de la misma manera que puede utilizarse en una red Ethernet.

- **Bluetooth**

Es un estándar global de comunicación inalámbrica establecido por la IEEE 802.15.1, donde se pueden realizar conexiones de Redes Inalámbricas teniendo la posibilidad de transmitir voz, datos, imagen, multimedia entre diferentes dispositivos utilizando la tecnología de radio frecuencia de corto alcance.

Con esta nueva Tecnología se prescinde de cables como son: par trenzado, coaxial, fibra óptica, telefónicos, que son utilizados como medios físicos estando propensos a posibles fallos, interferencias. Otro de los aspectos relevantes es la configuración de los equipos, anteriormente se necesitaba de ser compatibles tanto hardware como software, pero ahora se pueden conectar diferentes tecnologías y dispositivos.

En cuanto a la forma de administración de esta tecnología se puede mencionar que es sencilla, ya que solo se necesita hacer una enlace entre los dispositivos que se quieren conectarse entre sí y sin necesidad de configurar los equipos, únicamente es cuestión de implementar la búsqueda de los dispositivos que se encuentran dentro de la zona de comunicación para que se pueda establecer la conexión.

La tecnología Bluetooth tiene un menor costo, fácil de configurar e implementar y sin tener que pagar licencias, formando así redes inalámbricas para la comunicación.

Hoy en la actualidad, se emplea la tecnología Bluetooth como un estándar de enlace de redes que permite a los usuarios hacer conexiones inalámbricas para transmitir voz, imagen, datos, multimedia, entre otros.

Bluetooth es la norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia. Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos
- Eliminar cables y conectores
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales

El alcance que se logra entre dispositivos es de 10 metros. Para mejorar la comunicación es recomendable que nada se interponga en la conexión.

El primer objetivo para los productos Bluetooth de primera generación eran los entornos de la gente de negocios. Esto originaba una serie de cuestiones previas que deberían solucionarse tales como:

- El sistema debería operar en todo el mundo.
- El emisor de radio deberá consumir poca energía, ya que debe integrarse en equipos alimentados por baterías.
- La conexión deberá soportar voz, datos, y por lo tanto aplicaciones multimedia.

- **ZigBee**

ZigBee todavía no es un estándar, todavía no se ha distinguido la diferencia entre 802.15.4 y ZigBee. La primera es un estándar de radio bajo la familia WPAN y ZigBee es la especificación definiendo las aplicaciones de red capaces de soportar esos dispositivos.

Un dispositivo ZigBee está diseñado para operaciones de baja potencia. Esto elimina la necesidad de recargar la batería frecuentemente. También ofrece mayor rango que Bluetooth. Está diseñado para dar servicio a dispositivos con baja transmisión de datos a comparación de dispositivos que requieren banda ancha para transmitir video y gráficos.

- ZigBee es un protocolo de comunicación inalámbrico similar al Bluetooth.
- ZigBee es muy similar al Bluetooth pero con algunas diferencias:
 - a. Menor consumo eléctrico.
 - b. Menor velocidad de transferencia.

ZigBee y Bluetooth se pensaron para aplicaciones portátiles (PDAs, móviles, etc.) aunque es más adecuado para la automatización del hogar es la domótica.

Domótica es el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar, comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas.

Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto.

Existe una versión que integra el sistema de radiofrecuencias característico de Bluetooth junto a una interfaz de transmisión de datos vía infrarroja desarrollado por IBM mediante un protocolo ADSI.

Características del sistema:

- Opera en las bandas: 2.4 GHz, 915 MHz y 868 MHz.
- Métodos de transmisión: DSSS, que se enfoca en las capas inferiores de red (Física y MAC).
- Velocidad de transmisión: 20 Kbps por canal.
- Rango: 10 y 75 metros.

2.4 EQUIPAMIENTO DE REDES

2.4.1 Router

Es un dispositivo de interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.

Además de enrutar los paquetes de datos, los routers también se utilizan para manipular los datos que circulan en forma de datagramas, para que puedan pasar de un tipo de red a otra. Todas las redes no pueden manejar el mismo tamaño de paquetes, para eso el router debe fragmentar los paquetes de datos para que puedan viajar libremente.

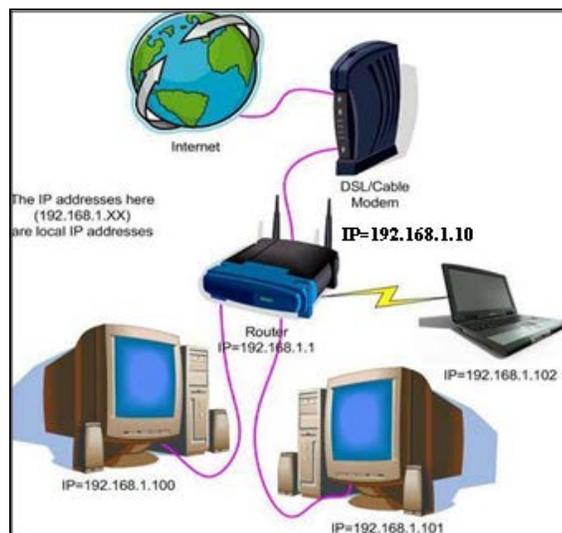


Figura. 2.2 Funcionamiento del Router en la Topología [A].

2.4.2 Hub

Es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.

La tarea de los hubs es realizada por los conmutadores o también llamados *switch*. Es un dispositivo de Capa 1 del modelo OSI, no hace ningún tipo de filtrado, en la actualidad se ha remplazado por switches administrables o no administrables.



Figura. 2.3 Hub de 4 puertos Ethernet [6].

2.4.3 Switch

Es un dispositivo digital lógico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.

Se utilizan cuando desea conectar múltiples segmentos, fusionando en una sola red de datos. Un puente es un switch de dos puertos, dado que funcionan como un filtro en la red, ya que mejoran el rendimiento y la seguridad de las redes de área local [7].



Figura. 2.4 Switch [8].

2.4.4 Tarjeta de Red (NIC)

Permite la comunicación entre diferentes aparatos conectados entre sí y también permite compartir recursos entre dos o más equipos (discos duros, CD-ROM, impresoras, etc).

A las tarjetas de red también se les llama adaptador de red [9].

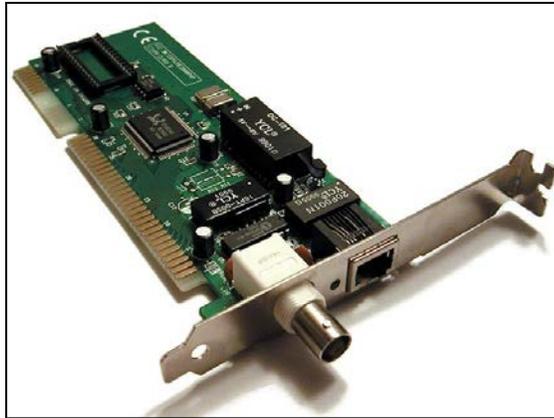


Figura. 2.5 Tarjeta NIC [10].

2.4.5 Servidores

Un servidor es un ordenador remoto que provee los datos solicitados por parte de los navegadores de otras computadoras.

En redes locales se entiende como el software que configura una PC como servidor para facilitar el acceso a la red y sus recursos.

Los Servidores almacenan información en forma de páginas web y a través del protocolo HTTP entregan a petición de los clientes (navegadores web) en formato HTML.

2.4.6 Puntos de Acceso

Un punto de acceso conecta dispositivos de comunicación inalámbrica entre sí para formar una red inalámbrica.

Un WAP generalmente se conecta a una red inalámbrica y puede retransmitir datos entre dispositivos inalámbricos y dispositivos alámbricos.

Aquellas redes en donde los dispositivos se administran a sí mismo (sin la necesidad de un punto de acceso) son llamadas redes ad-hoc [11].

2.4.7 Infraestructura Física

- **Torre de Telecomunicaciones**

Estas estructuras pueden variar según las necesidades y las condiciones del sitio en donde se vaya a colocar.

Existen Torres Arriostradas (torres con tirantes), Torres Auto soportadas, monopolos, mástiles, entre otras, las cuales suelen estar compuestos por perfiles y ángulos de acero unidos por tornillos, pernos o remaches o por medio de soldadura.

Estas estructuras podrán ser de diversas alturas, dependiendo de la altura requerida para poder suministrar un correcto funcionamiento.

También la geometría de una estructura, como una torre auto soportada por ejemplo, puede variar según el fabricante de la torre.

Existen actualmente muchas compañías que se dedican a fabricar estas estructuras y muchas de ellas tienen sus modelos optimizados para que se tenga un correcto funcionamiento de la estructura, en donde los perfiles y ángulos varían de tamaño y espesor dependiendo de la altura de la estructura, y del lugar en donde se va a construir, afectando principalmente la velocidad del viento que exista en el lugar [12].



Figura. 2.6 Torre de Telecomunicaciones [A].

- **Antena**

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas, y una guía de onda es un tubo metálico conductor por medio del cual se propaga energía electromagnética de alta frecuencia, por lo general entre una antena y un transmisor, un receptor, o ambos.

Una antena se utiliza como la interface entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. Una guía de onda, así como una línea de transmisión, se utiliza solo para interconectar eficientemente una antena con el transceptor.

Una antena acopla energía de la salida de un transmisor a la atmósfera de la Tierra o de la atmósfera de la Tierra a un receptor.

Una antena es un dispositivo recíproco pasivo; pasivo en cuanto a que en realidad no puede amplificar una señal, por lo menos no en el sentido real de la palabra (sin embargo, una antena puede tener ganancia), y recíproco en cuanto a que las características de transmisión y recepción son idénticas, excepto donde las corrientes de alimentación al elemento de la antena se limitan a la modificación de patrón de transmisión [13].

Las características de las antenas dependen de la relación entre sus dimensiones y la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida.

Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda las antenas se denominan elementales, si tienen dimensiones del orden de media longitud de onda se llaman resonantes, y si su tamaño es mucho mayor que la longitud de onda son directivas.

Las antenas crean campos electromagnéticos radiados. Se define la polarización electromagnética en una determinada dirección, como la figura geométrica que traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena, al variar el tiempo.

La polarización puede ser lineal, circular y elíptica. La polarización lineal puede tomar distintas orientaciones (horizontal, vertical, $+45^\circ$, -45°).

Las polarizaciones circular o elíptica pueden ser a derechas o izquierdas (dextrógiras o levógiras), según el sentido de giro del campo (observado alejándose desde la antena).

Por otra parte, las antenas se suelen compartir entre el transmisor y el receptor. Si el sistema utiliza dos polarizaciones ortogonales, una para transmitir y otra para recibir, el aislamiento entre transmisor y receptor se aumenta de forma considerable.



Figura. 2.7 Antenas de teléfonos móviles y salud [A].

2.5 PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN

2.5.1 Propagación de Señales Electromagnéticas

El estudio de propagación se centra en las frecuencias a ser utilizadas en la aplicación a desarrollar dentro del rango de la conexión inalámbrica, donde no se tiene en cuenta los fenómenos como las reflexiones ionosféricas, ondas de superficie y especialmente atenuaciones en el espacio libre, atenuaciones por obstáculo y atenuaciones por lluvia.

- **Atenuación en el espacio libre.**

El espacio libre se define como un medio dieléctrico homogéneo, isótropo y alejado de cualquier obstáculo, como se puede comprobar en el entorno, esta circunstancia se da pocas veces. La superficie de la tierra no es uniforme y además la tierra presenta una curvatura, de cualquier manera si las antenas están dispuestas de forma conveniente, sin ningún obstáculo intermedio, se puede considerar que la única atenuación producida es la del espacio libre.

Para calcular las pérdidas, se debe suponer un equipo transmisor con una potencia de transmisión denominada P_T , además se debe considerar que la antena de dicho equipo irradia igual en todas las direcciones del espacio; si el medio no posee pérdidas, no se produce absorción de energía.

Por lo tanto cualquier superficie esférica centrada en la antena será constante, donde S , en cualquiera de las esferas centradas en la antena será proporcional al inverso del cuadrado de la distancia R a la antena; de lo anterior se deduce que:

$$P_T = 4\pi SR^2 \quad (2.1)$$

Donde:

P_T .- Potencia de Transmisión

S .- Densidad de Potencia

Debido a que las antenas no son omnidireccionales, sino que concentran la energía en determinadas direcciones se denominará G_T al incremento de radiación en la dirección preferente, con lo que en dicha dirección se tendrá que:

$$P_T \cdot G_T = 4\pi SR^2 \Rightarrow S = \frac{(P_T \cdot G_T)}{(4\pi R^2)} \quad (2.2)$$

Donde:

G_T .- Ganancia de Transmisión

El equipo receptor posee una antena que capta parte de esa densidad de potencia y la entrega al receptor, para calcular dicha energía, el A_E de la antena receptora, se define como la relación de potencia captada por la antena receptora y la densidad de potencia incidente sobre ella; por lo tanto P_R será:

$$P_R = S \cdot A_E = \frac{P_T}{(4\pi R^2)} \cdot G_r \cdot A_E \quad (2.3)$$

Donde:

A_E .- Área efectiva o apertura

P_R .- Potencia de recepción

D .- Directividad

G_R .- Ganancia de Recepción

Si se tiene en cuenta otros factores C_P y C_M , se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_R = S \cdot A_E = \frac{P_T}{(4\pi R^2)} \cdot G_r \cdot A_E \cdot C_M \cdot C_P \quad (2.4)$$

Donde:

C_P .- Polarización

C_M .- Pérdidas en el medio

Además existe una expresión que relaciona la apertura efectiva con D de la antena receptora. Dicha expresión es:

$$A_E = \frac{\pi^2}{4\pi} \cdot D \quad (2.5)$$

Según la ecuación 2.3, y la expresión de la ecuación 2.5, se tiene en cuenta la eficiencia de las antenas, sustituyendo la directividad por la ganancia, se puede calcular la atenuación como el cociente entre la potencia recibida y transmitida. Siendo igual a:

$$A_E = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{1}{(G_R \cdot G_T)} \quad (2.6)$$

Se denomina además atenuación en el espacio libre, a la atenuación, sin tener en cuenta la G_R y G_T , por lo que la ecuación de la atenuación en espacio libre se expresa:

$$A_{EL} = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2.7)$$

En dB será $10 \times \log (A_{EL})$, y se puede expresar la relación anterior, en unidades más prácticas, quedando:

$$A_{EL} \text{ (dB)} = 32.45 + 20 \log f \text{ (Mhz)} + 20 \log d \text{ (Km)} \quad (2.8)$$

Como se observa la atenuación del espacio libre depende únicamente de la frecuencia y la distancia de separación de los equipos, conforme aumenta la frecuencia aumenta la atenuación.

Si se considera G_R y G_T en dB, se encuentra con la siguiente fórmula de transmisión.

$$A_{EL} \text{ (dB)} = 32.45 + 20 \log f \text{ (Mhz)} + 20 \log d \text{ (Km)} - G_T - G_R \quad (2.9)$$

Al conocer el valor de la atenuación en el espacio libre, y al suponer que no existe otro fenómeno, dado que se tiene un medio ideal, se puede fácilmente calcular la potencia recibida:

$$10 \cdot \log P_R = 10 \cdot \log P_T - A \text{ (dB)} \quad (2.10)$$

La atenuación del espacio libre es únicamente debida a la expansión de las ondas electromagnéticas en el espacio y al tamaño físico limitado de las antenas y no a ningún otro fenómeno.

- **Otras consideraciones en la propagación en microondas**

Además de analizar la atenuación en el espacio libre, cabe analizar otras consideraciones en la propagación de las ondas electromagnéticas, esto dentro de la zona baja de la atmósfera (la troposfera), por ser el espacio donde tiene lugar la mayor parte de la propagación radioeléctrica.

La troposfera es un medio no homogéneo que presenta variaciones del índice de refracción con la altura y las condiciones meteorológicas, esto se traduce en una curvatura de los rayos conforme viajan por la troposfera y la existencia de gases que producen un efecto de absorción de la energía de las ondas electromagnéticas, al entrar en resonancia con ciertas moléculas a determinadas frecuencias.

De lo mencionado anteriormente se hace conveniente analizar K que corresponde al radio eficaz de la tierra, el cual se lo define como el grado y la dirección de la curvatura que describe el haz de microondas durante su propagación y se obtiene según la ecuación 2.11

$$K = \frac{R'}{R_t} \quad (2.11)$$

Donde:

K es el gradiente del Índice de Refracción o Factor K

R_t es el radio real terrestre

R' es el radio de la curvatura ficticia de la tierra.

Cualquier variación del índice de refracción es provocada por la alteración de las condiciones atmosféricas, que se expresa como un cambio del factor K. En condiciones atmosféricas normales, el valor de K varía desde 1.2 para regiones elevadas y secas (o 4/3 en zonas mediterráneas), hasta 2 o 3 para zonas costeras húmedas.

Cuando K se hace infinito, la tierra aparece ante el haz como perfectamente plana, ya que su curvatura tiene exactamente el mismo valor que la terrestre.

Si el valor de K disminuye a menos de 1, el haz se curva en forma opuesta a la curvatura terrestre. Este efecto puede obstruir parcialmente al trayecto de transmisión, produciéndose así una difracción.

El valor de la curvatura terrestre para los distintos valores de K se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$h = \frac{d_1 \times d_2}{2K} \times 1000 [\text{mts}] \quad (2.12)$$

Donde:

h = Cambio de la distancia vertical desde una línea horizontal de referencia, en metros.

d_1 = Distancia desde un punto hasta uno de los extremos del trayecto, en Kilometros

d_2 = Distancia desde el mismo punto anterior hasta el otro extremo del trayecto, en Kilómetros.

K = Factor del radio eficaz de la tierra.

Con excepción del desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples, los desvanecimientos son fácilmente superables mediante:

- Diversidad de espacio.
- Diversidad de frecuencia.
- Diversidad de polarización.

La alteración del valor de K desde 1 hasta infinito (rango normal de K), tiene escasa influencia en el nivel de intensidad con que se reciben las señales, cuando el trayecto se ha proyectado en forma adecuada.

Las anomalías de propagación ocurren cuando K es inferior a 1, el trayecto podría quedar obstruido y por lo tanto sería vulnerable a los fuertes desvanecimientos provocados por el efecto de trayectos múltiples.

Cuando K forma un valor negativo, el trayecto podría resultar atrapado entre capas atmosféricas y en consecuencia sería susceptible a sufrir desvanecimiento total.

- **Refracción**

La refracción es el aumento de la altura aparente de un objeto que hace que éste sea visible cuando en realidad se encuentra por debajo del horizonte, y está relacionado con la constante dieléctrica que a su vez depende de la presión, temperatura y de la humedad, como indica la siguiente expresión.

$$N = (n - 1) \cdot 10^6 = 77.6 \frac{p + 4810 \frac{e}{T}}{T} \quad (2.13)$$

Donde:

N = es el índice de refracción modificado o refractividad.

n = es el índice de refracción de la atmósfera.

e = es la presión del vapor de agua (milibarios).

T = es la temperatura absoluta (en grados Kelvin).

El índice de refracción varía con la altura ya que las características físicas de la atmósfera varían con la altura.

En una primera aproximación puede sustituirse la variación de la refractividad con la altura por una variación lineal:

$$N = N_s (1 - 0,136h) \quad (2.14)$$

En la expresión anterior h está en Kilometros y varía entre 0 y 1. N_S es el valor de la refractividad en la superficie [14].

- **Difracción por zonas de Fresnel (atenuación por obstáculo)**

La difracción es el fenómeno que ocurre cuando una onda electromagnética incide sobre un obstáculo, la tierra y sus irregularidades pueden impedir la visibilidad entre las antenas transmisoras y receptoras en ciertas ocasiones. La zona oculta a la antena transmisora se denomina zona de difracción como se observa en la Figura 2.8, en esta zona los campos no son nulos debido a la difracción causada por el obstáculo, y por tanto es posible la recepción, si bien con atenuaciones superiores a las del espacio libre.

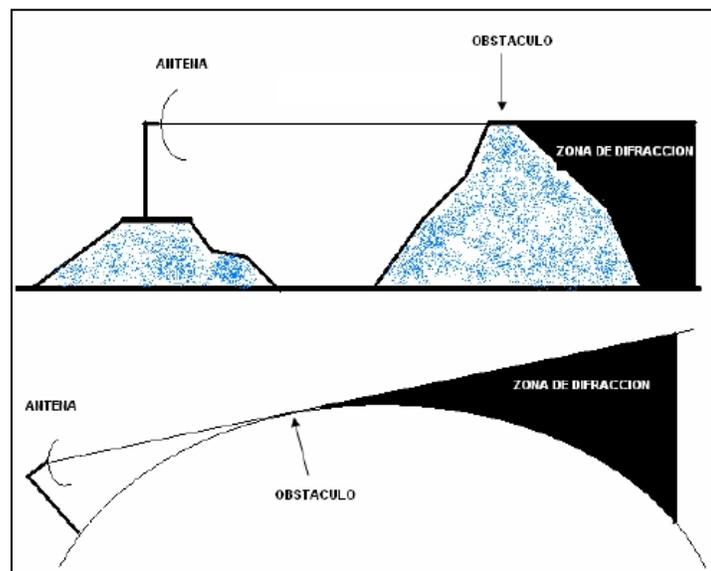


Figura. 2.8 Zona de difracción

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular, las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares y concéntricas con las primeras; el concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una antena de radio. Esta zona se debe determinar primero para mantenerla libre de obstrucciones.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel, pero la obstrucción máxima recomendada es el 20%.

Para el caso de radiocomunicaciones la obstrucción máxima depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero se debe determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora; el radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace, en este punto, el radio r se puede calcular como sigue:

$$r = 547.723 \sqrt{\frac{d}{4f}} \quad (2.15)$$

r = radio en metros (m).

d = distancia en kilómetros (km).

f = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel para cuando hay un objeto en la trayectoria como se muestra en la Figura 2.9 es:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{\eta d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (2.16)$$

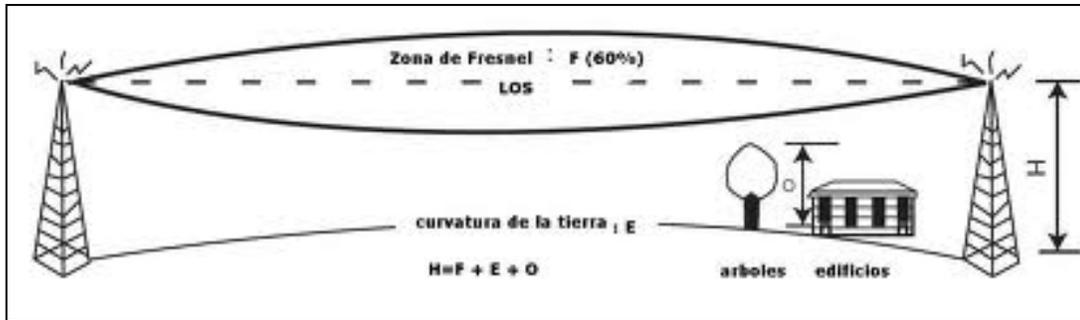


Figura. 2.9 Zona de Fresnel

Donde:

r_n = radio de la n -ésima zona de Fresnel.

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en km.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en km.

d = distancia total del enlace en km.

f = frecuencia en MHz.

- **Atenuación por lluvia**

En los radioenlaces troposféricos y por satélite, existe también una componente de atenuación debida a la absorción y dispersión por hidrometeoros (lluvia, nieve, granizo), en general, para los cálculos de disponibilidad de radioenlaces, sólo es necesario evaluar la atenuación por lluvia excedida durante porcentajes de tiempos pequeños, y para frecuencias superiores a 2 GHz.

- **Desvanecimiento por múltiple trayectoria**

El desvanecimiento se debe normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas.

La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto.

2.6 CALIDAD DE SERVICIO

2.6.1 Definición

La calidad de servicio es el parámetro fundamental en una red datos. La calidad de servicio se percibe en los servicios o aplicaciones que se le brinda al usuario final.

Los parámetros de QoS son: el retardo, el jitter y la pérdida de paquetes. Una red debe garantizar un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto especificado de parámetros.

La implementación de Políticas de Calidad de Servicio se puede enfocar en varios puntos según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda en forma diferenciada
- Evitar y/o administrar la congestión en la red
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico
- Modelar el tráfico de la red

La calidad de servicio se opone al mejor esfuerzo (best effort), cuyas prestaciones dependen de las condiciones de la red en cada momento. Típicamente, las redes y protocolos digitales que admiten QoS (Frame Relay, ATM, etc.) permiten controlar algunas de las perturbaciones más comunes en comunicaciones sobre redes de conmutación de paquetes:

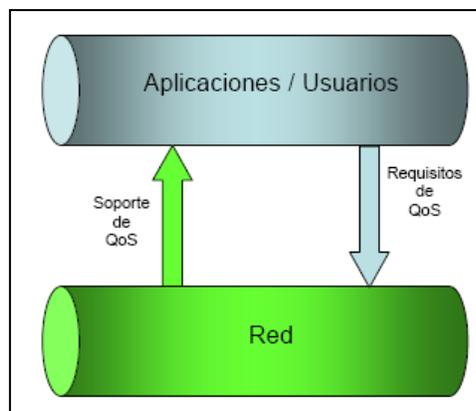


Figura. 2.10 Perspectiva de la Calidad de Servicio [15].

2.6.2 Parámetros de Calidad de Servicio

- **Pérdida de paquetes**

Debido a la imposibilidad de entregarlos a un receptor que tiene un buffer (cola de entrada) lleno, lo que puede obligar a la retransmisión de los paquetes perdidos.

- **Retardo**

Debido a las esperas de los paquetes en distintos nodos de la red (colas) o, simplemente, al ruteado a través de un camino más largo que el directo para evitar congestiones.

- **Jitter**

Es la llegada de una secuencia de paquetes con retardos dispares para cada uno de ellos, lo que perjudica gravemente a las comunicaciones ordenadas, como las secuencias de audio.

- **Llegada en desorden**

Causada por el rutado por distintos caminos de los paquetes de una secuencia, que sólo puede ser corregido por determinados protocolos de transmisión.

- **Errores en la transmisión**

Provocan la corrupción de los datos o la combinación errónea de paquetes.

- **Throughput**

Es un parámetro de modo de conexión que tiene una significación desde el inicio hasta el final de la entrega de la información y se define como el número total de bits transferidos satisfactoriamente por una secuencia primitiva, dividido para el tiempo de entrada/salida en segundos de esta secuencia.

La transferencia satisfactoria de un paquete es definida como la entrega de información al destinatario adecuado sin errores, en la misma secuencia y antes de que el receptor termine la conexión en curso.

- **Tasa de error residual**

El RER es la cantidad total de paquetes erróneos, perdidos y duplicados en una transferencia de información entre usuarios durante un período de tiempo.

- **Tasa de pérdida**

Es la cantidad de paquetes perdidos del total de paquetes en tránsito entre un origen y un destino durante un intervalo de tiempo específico, el mismo que se encuentra expresado en porcentajes.

- **Disponibilidad**

Es el porcentaje de la viabilidad del servicio en cada requerimiento de servicio particular, es decir, conectividad y funcionalidad en la capa de administración de la red. Conectividad se refiere a la conectividad física de los elementos de red y funcionalidad significa si los dispositivos de red asociados trabajan bien o no.

2.6.3 Medida de la calidad de servicio

La medida de la calidad de servicio en las telecomunicaciones se asocia generalmente a la satisfacción del cliente, a la percepción que éste tiene del servicio que se le presta. Sin embargo, se suele hablar de cuatro perspectivas de medición de la QoS, dos desde la perspectiva del operador (calidad ofertada y calidad proporcionada) y del usuario (calidad recibida y calidad percibida).

Las medidas más relevantes son las de calidad proporcionada, ya que se pueden obtener a partir de los datos obtenidos en los equipos de los propios operadores.

2.6.4 Calidad de Servicio en Internet

La congestión y la falta de QoS es el principal problema de Internet actualmente. TCP/IP fue diseñado para dar un servicio 'best effort'. Existen aplicaciones que no pueden funcionar

en una red congestionada con 'best effort'. Ejemplo: videoconferencia, VoIP. Se han hecho modificaciones a IP para que pueda funcionar como una red con QoS.

Se han desarrollado y estandarizado los dos mecanismos de QoS, reserva y prioridad:

- **IntServ** y protocolo **RSVP**.- El usuario solicita los recursos que necesita; cada router del trayecto toma nota y efectúa la reserva solicitada.
- **DiffServ**.- El usuario marca los paquetes con un determinado nivel de prioridad; los routers van agregando las demandas de los usuarios y propagándolas por el trayecto. Esto le da al usuario una confianza razonable de conseguir la QoS solicitada [16].

2.6.5 Calidad de Servicio en una Red de Comunicación

Desde el punto de vista de la red de comunicación, la calidad de servicio permite una administración y control de características de algunos tipos de tráfico, como son: audio, video, reproducción de imagen fija y datos digitales, dentro de los que se incluye aplicaciones de software, documentos, base de datos y archivos.

En definitiva, la calidad de servicio permite una gestión de los flujos de tráfico ocasionados por los diferentes tipos de servicio que cruzan por la red de comunicación y con ello realizar una entrega de información con ciertas características que satisfagan la percepción del usuario final sobre las aplicaciones reproducidas.

Para que una red de comunicación suministre las aplicaciones que el abonado espera, a la velocidad prometida y con la funcionalidad anunciada, depende de la calidad del servicio.

Se abordan parámetros tales como:

- La velocidad (caudal de datos) de las redes de acceso.
- La congestión de las redes troncales.
- El retardo en la transmisión (latencia).
- La variación del retardo (fluctuación de fase).
- La pérdida de información durante la transmisión.

Para seguir ofreciendo una QoS adecuada, los operadores de red y los proveedores de servicio podrían construir más infraestructura, pero ello exige inmensas inversiones para atender el aumento del tráfico esperado.

Otra solución consiste en gestionar el tráfico: hacer los sistemas más eficientes, a la vez que se restringe el volumen de datos que puede enviarse y se establecen prioridades tanto en el emisor como en el receptor.

2.6.6 Inconvenientes en la Calidad de Servicio

Los parámetros en la calidad de servicio que normalmente se utilizan son la pérdida de paquetes, los retardos, jitter y el ancho de banda disponible entre otros.

Los equipos de comunicaciones en una red datos end to end deben ser configurados todos con la misma calidad de servicio de las diferentes aplicaciones a ser implementadas en los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

2.7 ESTADO DEL ARTE

2.7.1 Antecedentes sobre diseño de redes para instituciones de Salud

Las redes de comunicaciones de las instituciones de Salud tienen fundamentalmente como su principal preocupación: la salud y la seguridad de sus pacientes. Cuando se trata de la vida de las personas, existe la necesidad prioritaria de que el personal médico y los familiares

accedan, obtengan y compartan información en forma rápida y confiable, en tiempo real, en todo momento.

Este proyecto es el primer estudio en donde el Departamento de Eléctrica y Electrónica (DEEE) de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), busca en conjunto con todos los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24, realizar el diseño de una solución integral de telecomunicaciones para brindar diferentes tipos de servicios como: voz, transferencia de archivos, VoIP, acceso a Internet.

Se realizó los respectivos contactos, para que el Ministerio de Salud esté involucrado en este proyecto, ya que se brindará un servicio a la colectividad en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud y también tiene conocimiento el Director del Área de Salud No. 24 el Dr. Marcelo Álvarez Angulo que otorgó la carta de auspicio y la aprobación para el desarrollo del presente proyecto.

También se obtuvo las coordenadas geográficas en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24, para ser representados en el software Google Earth y después realizar las respectivas simulaciones en Radio Mobile.

Las expectativas de los administradores de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Valle de los Chillos, plantean que el diseño de las redes en el área de salud debe tener los siguientes puntos:

- Tendencia a incorporar los registros médicos electrónicos.
- Crecientes requisitos de almacenamiento y ancho de banda online.
- Crecimiento de los servicios de video de larga distancia que requiere gran ancho de banda y máxima confiabilidad.
- Cobertura inalámbrica a lo largo de todas las instalaciones.
- Consolidación y proliferación del IP sobre su red.
- Mayor necesidad de conectividad IP.
- Control de costos mientras se respetan las normas en el área de Salud.

CAPÍTULO III

LUGARES DE INTERCONEXIÓN

3.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y DATOS ESPECÍFICOS DE UBICACIÓN

Para realizar el levantamiento de información, se tomó los datos de los diferentes Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos mediante un GPS, y las coordenadas geográficas obtenidas se representaron en el Software Google Earth.

Tabla. 3.1 Coordenadas Geográficas de los Centros de Salud en el Área #24 en el Valle de los Chillos.

| Centro- Sub Centro de Salud | Latitud | Longitud | Elevación (metros) |
|-----------------------------|--------------|---------------|--------------------|
| CONOCOTO | 0°17'27.88"S | 78°28'28.55"O | 2543 |
| ALANGASI | 0°18'30.34"S | 78°24'56.37"O | 2570 |
| AMAGUAÑA | 0°22'34.03"S | 78°30'16.67"O | 2590 |
| CUENDINA | 0°22'30.42"S | 78°28'54.75"O | 2598 |
| EL TINGO | 0°17'7.97"S | 78°26'23.57"O | 2438 |
| GUANGOPOLO | 0°15'25.82"S | 78°27'3.06"O | 2468 |
| LA MERCED | 0°17'32.90"S | 78°24'2.17"O | 2589 |
| PINTAG | 0°22'31.74"S | 78°22'23.21"O | 2880 |
| TOLONTAG | 0°20'8.19"S | 78°21'16.91"O | 2756 |

En la figura 3.1 se muestra el mapa de vías mediante el Software Radio Mobile de la ubicación de los Centros y Sub Centros de Salud del Área #24 en el Valle de los Chillos.

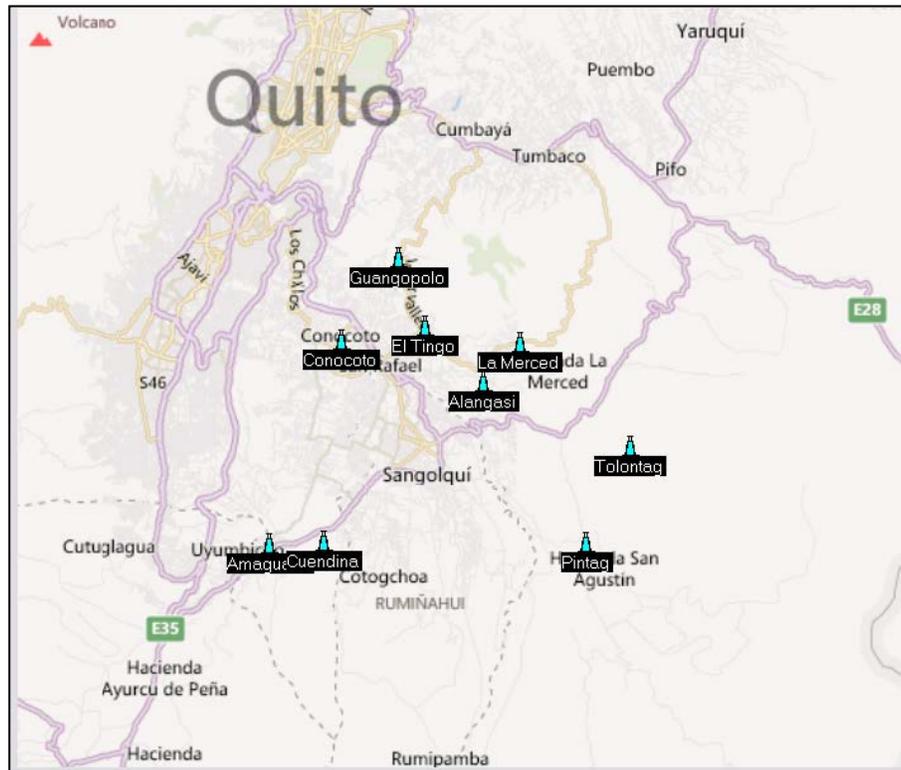


Figura. 3.1 Mapa de Vías en Radio Mobile de los Centros y Sub Centros de Salud del Área #24 en el Sector del Valle de los Chillos [A].

3.2 CANTIDAD DE USUARIOS POR CENTRO Y SUB CENTRO

En la tabla 3.2 se mostrará el personal de Salud, número de Pacientes que son atendidos por día y disponibilidad del servicio de Internet en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Valle de los Chillos.

Tabla. 3.2 Estadísticas de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud.

| Centro- Sub Centro de Salud | Personal de Salud | Número de Pacientes por día | Disponibilidad de Internet | Proveedor y Velocidad (Kbps) |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| CONOCOTO | 25 | 150 | SI | CNT 1000/250 |
| ALANGASI | 8 | 120 | NO | -- |
| AMAGUAÑA | 13 | 100 | NO | -- |
| CUENDINA | 5 | 20 | NO | -- |
| EL TINGO | 8 | 110 | SI | CNT 1000/250 |
| GUANGOPOLO | 12 | 60 | NO | -- |
| LA MERCED | 11 | 50 | SI | CNT 1000/250 |
| PINTAG | 9 | 100 | NO | -- |
| TOLONTAG | 4 | 70 | NO | -- |

3.3 SERVICIOS A IMPLEMENTAR

El proyecto contempla efectuar el estudio y diseño de una red de datos que interconecte todos los Centros y Sub Centros de Salud del Área #24 en el sector del Valle de los Chillos, se podrá acceder a servicios de VoIP, Transferencia de archivos, Acceso a Internet, Acceso a servidores de uso específico y todos los beneficios de red, de una manera más eficaz en apoyo a las actividades de salud.

3.3.1 Servicios de VoIP

Esta tecnología es empleada para enviar información de voz en forma digital, en paquetes discretos a través de los protocolos de Internet (IP), en vez de enviar a través de la red de telefonía habitual.

La ventaja principal de utilizar un servicio VoIP es que no necesita pagar a ninguna compañía telefónica por la comunicación, por eso es un servicio para quienes utilizan

telefonía a larga distancia. Una desventaja es que la calidad de la transmisión es inferior a la telefónica habitual, porque los datos de voz viajan en paquetes y eso puede causar demora o pérdida de algún paquete [17].

La Telefonía IP o también llamada Voz sobre IP, está basada en el protocolo Internet y permite comunicaciones de voz sobre una red de datos ya existente. Su funcionamiento es muy similar a las centrales telefónicas tradicionales analógicas o también llamadas PBX y entre sus principales ventajas se tienen las siguientes:

- Disminuye costos de Instalación.
- Simplificación de la infraestructura de comunicaciones.
- Gestión centralizada.
- Llamadas internas gratuitas.
- Optimización de las líneas de comunicación.
- Acceso desde cualquier lugar geográfico
- Buzones de voz.
- Llamada en espera.
- Personalización de los mensajes de bienvenida.
- Generación de Informes.
- Entre Otros.

Ofrece la oportunidad de ahorrar dinero y tiempo. No se necesita ningún tipo de código de área si se utiliza el servicio de VoIP.

La mayoría de la población en el mundo está cambiando de los sistemas de telefonía normal a la telefonía de VoIP debido a todas las prestaciones que ofrecen en los teléfonos, acompañado de un mejor servicio.

VoIP está disponible en muchos teléfonos inteligentes y dispositivos de Internet para que los usuarios de dispositivos portátiles que no sean teléfonos, puede realizar llamadas o enviar mensajes de texto SMS a través de 3G o Wi-Fi.

Los proveedores de servicios de voz sobre IP de segunda generación, como Skype han construido redes cerradas para bases de usuarios privados, ofreciendo el beneficio de llamadas gratuitas, al tiempo que impide a sus usuarios la posibilidad de llamar a otras redes.

Los sistemas VoIP emplean protocolos de control de sesión para controlar la configuración y el desmontaje de llamadas, así como los códecs de audio que codifican la transmisión de voz que permite más de una red IP como audio digital a través de un flujo de audio.

La elección de los códecs de audio varía entre diferentes implementaciones de VoIP en función de los requisitos de aplicación y ancho de banda de la red; algunas implementaciones se basan en banda estrecha y habla comprimido, mientras que otros apoyan alta fidelidad estéreo de códecs. Algunos códecs incluyen las versiones de G.711, G.722, que es un códec de alta fidelidad comercializado como Voz HD de Polycom [18].

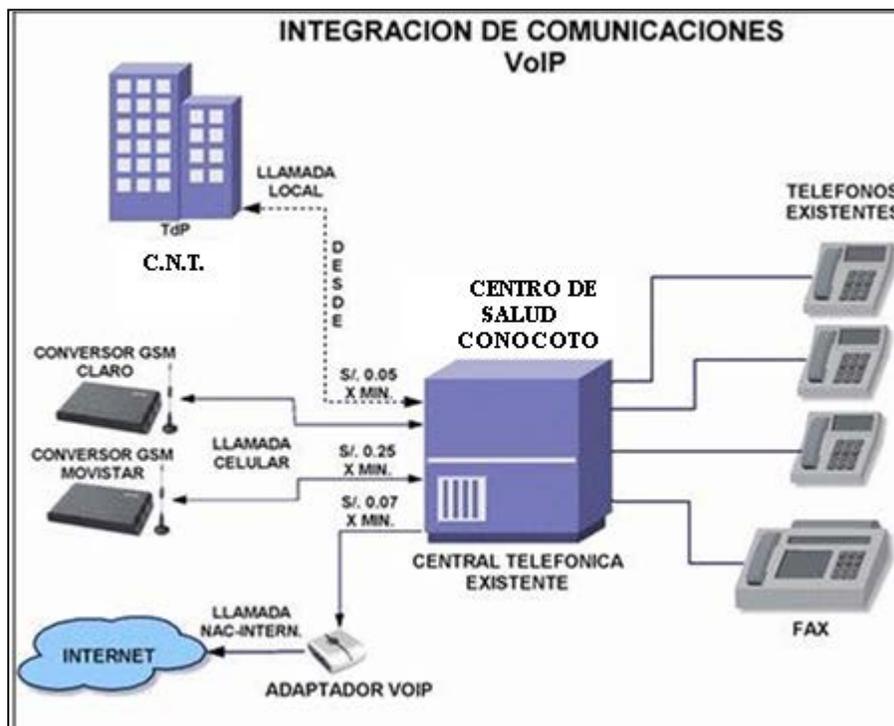


Figura. 3.2 Red de Comunicaciones con VoIP [A].

El servicio de VoIP en los Centros y Sub Centros de Salud, servirá para comunicarse entre cada uno de los dispensarios médicos o consultorios en cada uno de los centros de salud, para solicitar diferentes tipos de servicios, al centro de salud más cercano como son:

- Medicamentos en STOCK
- Solicitar historias clínicas
- Solicitar implementos de primera necesidad
- Presentación de informes
- Turnos disponibles para la atención con médicos de medicina general
- Mejor calidad de servicio de llamadas en el interior de cada Centro de Salud

3.3.2 Transferencia de archivos

Se refiere a la transferencia de un archivo de un DTE a otro. A veces se utiliza la comunicación punto-a-punto, ya que es una conexión que no se interrumpe entre dos componentes de equipo. Cualquier archivo existe en un sistema de archivos, que es el sistema responsable de la organización y acceso a los archivos guardados en un medio externo, normalmente un disco.

El protocolo FTP (*Protocolo de transferencia de archivos*) es un protocolo para transferir archivos.

El protocolo FTP está incluido dentro del modelo cliente-servidor, es decir, un equipo envía órdenes (el cliente) y el otro espera solicitudes para llevar a cabo acciones (el servidor).

Durante una conexión FTP, se encuentran abiertos dos canales de transmisión:

- Un canal de comandos (canal de control)
- Un canal de datos

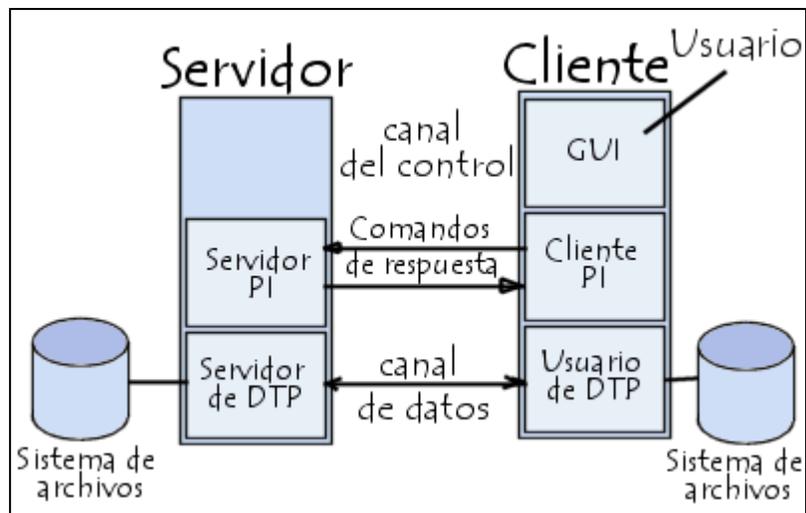


Figura. 3.3 Modelo de Transferencia de Archivos Cliente-Servidor [A].

Por lo tanto, el cliente y el servidor cuentan con dos procesos que permiten la administración de estos dos tipos de información:

- **DTP.-** Es el proceso encargado de establecer la conexión y de administrar el canal de datos. El DTP del lado del servidor se denomina *SERVIDOR DE DTP* y el DTP del lado del cliente se denomina *USUARIO DE DTP*.
- **PI.-** Interpreta el protocolo y permite que el DTP pueda ser controlado mediante los comandos recibidos a través del canal de control [19].

La transferencia de archivos servirá para compartir historias clínicas digitalizadas entre todos los Centros de Salud de manera inmediata, sin que el usuario o paciente se movilice con su historia clínica para que se realice la consulta médica en cualquier Centro de Salud más cercano.

3.3.3 Acceso a Internet

El acceso a Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, garantizando que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial.

La estadística total de acceso a Internet en el Ecuador es de 36, 77%, con alrededor de 5,5 millones de usuarios a nivel nacional, es decir 2 de cada 5 ecuatorianos, según datos del Ministerio de Telecomunicaciones y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Las cifras provienen de encuestas realizadas a 21.768 hogares, a escala nacional, regional, provincial, de nivel urbano y rural, realizado en diciembre del 2011.

El objetivo de la muestra era conocer los avances y utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), y con esto mejorar las políticas públicas en este campo.

El porcentaje demuestra que el acceso a internet se septuplicó con relación al año 2006. Actualmente, 25 de cada 100 hogares ecuatorianos cuentan con una computadora de escritorio y 10 posee un computador portátil.

La educación, el aprendizaje, la obtención de información y la comunicación son las razones primordiales de uso de Internet en los hogares ecuatorianos [20].

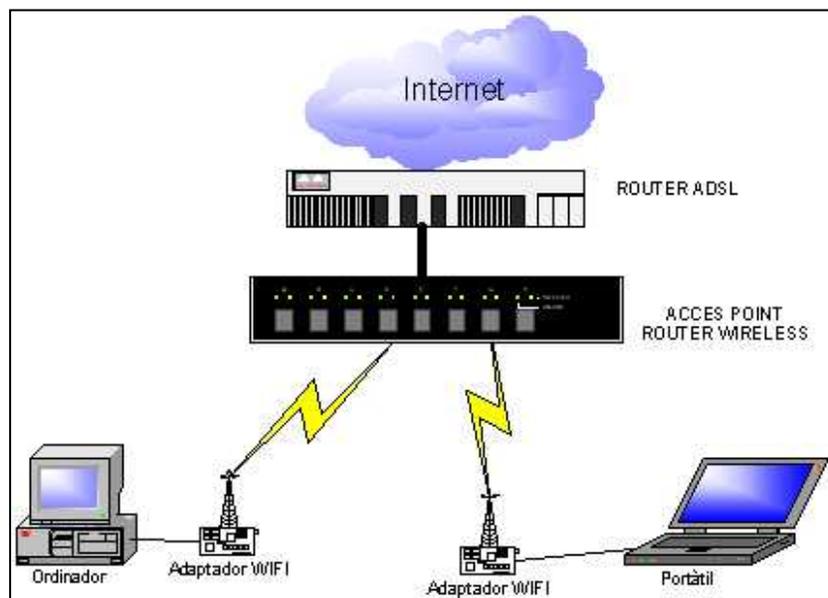


Figura. 3.4 Topología de Acceso A Internet [21].

3.3.4 Acceso a Servidores

El control de acceso a servidores constituye una herramienta para proteger la entrada a una página web completa o sólo a ciertos directorios concretos e incluso a ficheros o programas individuales.

Este control consta generalmente de dos pasos:

- **Autenticación.-** Identifica al usuario o a la máquina que trata de acceder a los recursos protegidos de la red de comunicaciones.
- **Autorización.-** Brinda al usuario diferentes tipos de privilegios para poder efectuar ciertas operaciones con los datos protegidos, tales como leer, modificar y crear.

3.4 INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE

Todos los Centros y Sub Centros de Salud no disponen de ninguna torre de comunicaciones para la implementación a futuro del presente proyecto en el Valle de los Chillos, pero si disponen de espacio suficiente para montar diferentes tipos de infraestructura y cuartos de telecomunicaciones para su funcionamiento de la red.

El Centro de Salud de CONOCOTO, es la cabecera de todos los Sub Centros de Salud del Área No. 24, dispone de gran espacio físico para ser el nodo principal para el diseño de la red de telecomunicaciones de los nueve sub centros de salud, brindar los diferentes tipos de servicios a ser levantados, administrar y gestionar la red en un cuarto de telecomunicaciones implementado a futuro.

A continuación se observará algunos Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.



Figura. 3.5 Sub Centro de Salud “CONOCOTO” [A].



Figura. 3.6 Sub Centro de Salud “GUANGOPOLO” [A].



Figura. 3.7 Sub Centro de Salud “AMAGUAÑA” [A].

Más imágenes de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos ver anexo 1.

3.5 NECESIDADES DE LOS USUARIOS INTERNOS Y EXTERNOS

El principal problema en la mayoría de los Centros y Sub Centros de Salud, es que no disponen de una red de datos ni acceso al servicio de Internet, lo cual es una prioridad para todo el personal administrativo, médicos, y pacientes para su mejor desempeño en cada área de trabajo.

Se realizó varias consultas a médicos, pacientes y directores que trabajan en cada Centro y Sub Centro de Salud, y la mayoría concuerdan que no disponen de la tecnología adecuada para realizar un óptimo desempeño en sus actividades como son:

- Acceso a Internet
- Llamadas internas en el Sub Centro de Salud
- Historias clínicas digitalizadas accesibles de forma remota
- Envío y recepción de transferencia de archivos en todos los Centros y Sub Centros de Salud.
- Atención al cliente mediante un Call Center
- Equipamiento de última tecnología en cada Sub Centro de Salud.
- Mejoramiento de infraestructura.

CAPÍTULO IV

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

4.1 TECNOLOGÍA A SER APLICADA

Las tecnologías a ser utilizadas en el diseño de la red para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Valle de los Chillos pueden ser: 802.11 o también llamado Wi-Fi, WiMAX, o dispositivos PCR (Plataforma de Conectividad Rural) para largas distancia de hasta 100 Kilometros.

Se utilizará Wi-Fi trabajando en la banda ISM de 2.4 GHz, ya que cumple con las prestaciones del diseño de la red de datos, y que el radioenlace máximo es de 15 Km de distancia entre Centro y Sub Centro de Salud, por lo tanto la tecnología Wi-Fi está acorde al desarrollo del presente proyecto.

La tecnología Wi-Fi trabaja con los estándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n, que es una banda no licenciada y de libre uso en el espectro radioeléctrico, y brinda la posibilidad de cualquier tipo de transmisión de datos, siempre y cuando se cumpla con lo que establece el reglamento respectivo.

En realidad Wi-Fi está diseñado para conectar computadores a la red, a distancias reducidas, cualquier uso de mayor alcance estará expuesto a un excesivo riesgo de interferencias.

Para el desarrollo del diseño de la solución integral de telecomunicaciones se escogió la tecnología de Wi-Fi trabajando en la banda libre de 2.4 GHz y se indicará algunas ventajas para utilizar este servicio como son:

- La comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un rango suficientemente amplio de espacio.
- Las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples computadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura, no así en la tecnología por cable.

4.2 EQUIPAMIENTOS

4.2.1 Estándar Optado

El estándar a utilizar para el diseño de la red de datos entre los Centros y Sub Centros de Salud del Área No.24 en el Sector del Valle de los Chillos es IEEE 802.11g que utiliza la banda de 2,4 GHz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, pero según la tabla 4.5 la velocidad real máxima a ser transmitida para todos los radioenlaces será de 31,0 Mbps.

Es compatible con el estándar 802.11b y utiliza las mismas frecuencias. La mayoría del proceso de diseño del estándar 802.11g, se diseñó para ser compatibles los dos estándares.

Sin embargo, en redes bajo el estándar 802.11g la presencia de nodos bajo el estándar 802.11b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

4.2.2 Tipos de Radios y Antenas

Para el diseño de los radioenlaces, se utilizará Radios trabajando en la banda de frecuencia de 2.4 GHz como se indicará a continuación:

Tabla. 4.1 Especificaciones Técnicas del Radio Ubiquiti [A].

| Fabricante | UBIQUITI NETWORKS |
|-------------------------------|--|
| Tipo de Radio | NanoStation M2: 2.4 GHZ Hi Power 2x2 MIMO AirMax |
| Tipo de Procesador | Atheros MIPS 24KC, 400 MHz |
| Memoria de Información | 32 MB SDRAM, 8MB FLASH |
| Antena Integrada | 8dBd Dual Pol |
| Potencia de TX | 20dBm, +/-1Db |
| Sensibilidad RX | -95dBm +/-1dB |
| Alimentación eléctrica | 12V, 1A (12 Watts) |

Cada Radio posee una antena MIMO 2x2 integradas, que tienen una ganancia de 10.4 – 11.2 dBi. Las antenas vienen internamente en cada uno de los radios Ubiquiti, y se indicará algunas especificaciones principales como son:

- Rango de Frecuencia: 2.32 – 2.55 GHz
- Ancho de Haz, Polarización Vertical: 55°
- Ancho de Haz, Polarización Horizontal: 53°

Más información sobre las especificaciones de los radios Ubiquiti ver anexo 2.

Se escogió este tipo de radio, ya que cumple con las prestaciones del diseño de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, tanto en el alcance de los radioenlaces y también cumple con la demanda del personal administrativo, pacientes, directores y doctores de cada Sub Centro de Salud, además ofrece una fiabilidad, rendimiento, y una ancho de banda de 54 Mbps.

4.3 CANALES EN LA BANDA DE 2.4 GHZ

La banda de 2.4 GHZ, utiliza una velocidad máxima de hasta 54 Mbps, en el caso del estándar IEEE 802.11g, al ser modulado, necesita 22 MHz de ancho de banda para su transmisión entre los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24.

Tabla. 4.2 Canales designados en el rango 2.4 GHz [A].

| ID de canal | FCC (MHz) |
|-------------|-----------|
| 1 | 2412 |
| 2 | 2417 |
| 3 | 2422 |
| 4 | 2427 |
| 5 | 2432 |
| 6 | 2437 |
| 7 | 2442 |
| 8 | 2447 |
| 9 | 2452 |
| 10 | 2457 |
| 11 | 2462 |

Tabla. 4.3 Canales sin solapamiento en la banda de 2.4 GHz [A].

| ID de canal | FCC (MHz) |
|-------------|-----------|
| 1 | 2412 |
| 6 | 2437 |
| 11 | 2462 |

Para el diseño de la red de datos se usará los canales sin solapamiento, para que en ningún Centro y Sub Centro de Salud exista interferencia co-canal. En la tabla 4.3, se puede dar cuenta que se usará el canal 1 (2412 MHz), el primer canal alejado al menos 22 MHz es el canal 6 (2437 MHz), separado 25 MHz del anterior.

Luego el primer canal separado al menos 22 MHz del canal 6 es el canal 11 (2462 MHz), también a 25 MHz de distancia del canal 6.

Los canales óptimos a usar en puntos de accesos cercanos o adyacentes para eliminar el solapamiento entre canales y minimizar las interferencias son tres: el canal 1, el canal 6 y el canal 11.

Esto es una limitación para despliegues muy densos, ya que el rendimiento de la red se ve disminuido en condiciones en que existen interferencias.

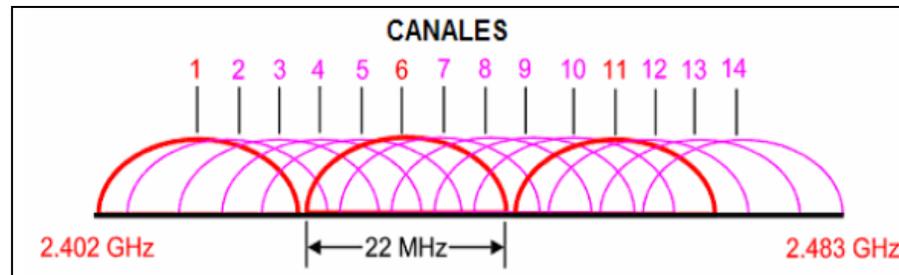


Figura. 4.1 Ocupación del espectro de los canales Wi-Fi [A].

En las Figuras 4.2, 4.3, y 4.4 se identificará los tres canales de frecuencia a utilizar para el diseño de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

4.4 CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA

La cobertura real de un punto de acceso asociada a cada Centro y Sub Centro de Salud, queda determinada por las condiciones reales de propagación, las características de potencia y sensibilidad de los extremos terminales del enlace, como por ejemplo el punto de acceso y los equipos terminales de usuario (portátil, PDA, etc).

En el caso de los radioenlaces en el cual se realizarán los estudios pertinentes, no se tiene inconveniente para acceder a los sitios donde se pretende instalar los equipos de comunicación inalámbrica.

En el proceso de diseño de un radioenlace se debe considerar las siguientes etapas:

- Capacidad de los radioenlaces.
- Capacidad de la red de datos y anchos de banda.
- Polarización de las antenas de los radioenlaces.
- Tipo de modulación.

4.4.1 Capacidad de los radioenlaces

En los Centros y Sub Centros de Salud se necesita optimizar el uso de sus enlaces hacia las distintas estaciones terminales, debido a los anchos de banda limitados y al crecimiento de los requerimientos de los mismos por parte de nuevas aplicaciones como telefonía IP, Videoconferencia, transferencia de archivos, Internet etc.

Los valores a ser calculados, se hace referencia a las estadísticas obtenidas en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos como se indica en la tabla 3.2, para ofrecer los diferentes tipos de servicios como son: telefonía IP, videoconferencia, transferencia de archivos, Internet, etc.

➤ Estimación de ancho de banda para VoIP

Centro de Salud “Conocoto”

Ahora se realizará el cálculo del volumen de tráfico del Centro de Salud Conocoto, el cual será la cabecera principal del diseño de la red de datos, y se pretende dimensionar alrededor de 15 líneas telefónicas, si se considera una duración media de 3 minutos por llamada, además se tiene en cuenta una probabilidad de bloqueo máxima del 1% y se estima que siempre llaman el 25% de las terminales, la expresión que permite encontrar el volumen de tráfico se la puede observar en la ecuación 4.1.

$$A = \frac{(N)(T)(D)}{t} \quad (4.1)$$

Donde:

- A : Volumen de tráfico. (Er.)
- N : Número de terminales.

- T : Número de terminales en uso. (%)
- D : Duración media de llamadas. (s.)
- t : Tiempo en una hora. (s.)

$$A = \frac{(15)(25)(180)}{3600}$$

$$A = 18.75Er.$$

Donde:

- A_2 : Volumen de tráfico del Centro de Salud CONOCOTO. (Er.)

Con un volumen de tráfico igual a $18.75Er.$ y una probabilidad del 1%, se tiene un número de troncales igual a 29, del Centro de Salud de Conocoto, según la tabla de tráfico de Erlang B. Con la ecuación 4.2 se puede estimar la capacidad total requerida para telefonía IP.

$$C_R = (C_0)(c) \quad (4.2)$$

$$C_R = (24)(29)$$

$$C_R = 696Kbps \approx 0.7Mbps.$$

Donde:

- C_R : Capacidad requerida. (Mbps.)
- C_0 : Códec ADPCM G726 = (24 Kbps.)
- c : Número de Troncales.

Para más información sobre la tabla de tráfico de Erlang B ver anexo 3.

Las estimaciones para el servicio de telefonía IP, de los demás Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos se describirán en la tabla 4.4, ya que se utilizará la ecuación 4.1 y ecuación 4.2 para realizar los cálculos respectivos.

Tabla. 4.4 Estimación de ancho de banda para el servicio de telefonía IP

| Sub Centro de Salud | Líneas Telefónicas | Intensidad de Tráfico (Erlangs) | Número de Troncales | Capacidad Requerida |
|---------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| GUANGOPOLO | 4 | 5 | 11 | 264 Kbps |
| EL TINGO | 6 | 7.5 | 15 | 360 Kbps |
| LA MERCED | 3 | 3.75 | 9 | 216 Kbps |
| ALANGASÍ | 5 | 6.25 | 13 | 312 Kbps |
| PINTAG | 4 | 5 | 11 | 264 Kbps |
| TOLONTAG | 3 | 3.75 | 9 | 216 Kbps |
| CUENDINA | 4 | 5 | 11 | 264 Kbps |
| AMAGUAÑA | 5 | 6.25 | 13 | 312 Kbps |

➤ Estimación de ancho de banda para Video Conferencia

Centro de Salud “Conocoto”

Según los requerimientos del Centro de Salud para una solución en la red de datos con respecto al uso de videoconferencia, se estipula usar anchos de banda de 512 Kbps, consiguiendo una calidad de imagen y sonido aceptables, se considera un promedio de 5 usuarios fijos con una disponibilidad del 100% entonces el ancho de banda requerido es de 2.560 Mbps \approx 2.6 Mbps.

Las estimaciones de ancho de banda para el servicio de video conferencia para los demás Centros y Sub Centros de Salud del Área No.24 en el Sector del Valle de los Chillos, se estipula en la tabla 4.5

Tabla. 4.5 Estimación de ancho de banda para el servicio de video conferencia

| Sub Centro de Salud | Estipulación de Ancho de Banda | Usuarios Requeridos | Capacidad Requerida |
|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| GUANGOPOLO | 512 Kbps | 2 | 1.1 Mbps |
| EL TINGO | 512 Kbps | 2 | 1.1 Mbps |
| LA MERCED | 512 Kbps | 2 | 1.1 Mbps |
| ALANGASÍ | 512 Kbps | 2 | 1.1 Mbps |
| PINTAG | 512 Kbps | 2 | 1.1 Mbps |
| TOLONTAG | 512 Kbps | 1 | 512 Kbps |
| CUENDINA | 512 Kbps | 1 | 512 Kbps |
| AMAGUAÑA | 512 Kbps | 2 | 1.1 Mbps |

➤ **Estimación de ancho de banda para Transferencia de Archivos**

Centro de Salud “Conocoto”

Para brindar el servicio de transferencia de archivos se considera un promedio de 15 usuarios fijos.

Si a cada usuario se le asigna 256 Kbps, considerando el requerimiento de disponibilidad del 100% de usuarios (debido que se consideran usuarios fijos en cada uno de los Centros y Sub Centros de salud), entonces el ancho de banda requerido es de 3.9 Mbps.

Las estimaciones de ancho de banda para el servicio de transferencia de archivos para los demás Centros y Sub Centros de Salud del Área No.24 en el Sector del Valle de los Chillos, se estipula en la tabla 4.6

Tabla. 4.6 Estimación de ancho de banda para el servicio de transferencia de archivos

| Sub Centro de Salud | Estipulación de Ancho de Banda | Usuarios Requeridos | Capacidad Requerida |
|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| GUANGOPOLO | 256 Kbps | 3 | 768 Kbps |
| EL TINGO | 256 Kbps | 4 | 1.1 Mbps |
| LA MERCED | 256 Kbps | 3 | 768 Kbps |
| ALANGASÍ | 256 Kbps | 4 | 1.1 Mbps |
| PINTAG | 256 Kbps | 3 | 768 Kbps |
| TOLONTAG | 256 Kbps | 2 | 512 Kbps |
| CUENDINA | 256 Kbps | 1 | 256 Kbps |
| AMAGUAÑA | 256 Kbps | 3 | 768 Kbps |

➤ Estimación de ancho de banda para acceso a Internet

El ancho de banda requerido para el servicio de acceso a Internet para cada uno de los nuevos Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, será de 512 Kbps, para satisfacer todas las necesidades del personal de Salud que trabaja en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud.

4.4.2 Capacidad de crecimiento de los radioenlaces

➤ Telefonía IP

$$Df = Di(1+i)^n \quad (4.3)$$

Donde:

Df : Demanda final

Di : Demanda inicial

i : Tasa de descuento (1%)

n : Número de años

$$Df = 92(1 + 0.01)^{10}$$

$$Df = 101.63 \approx 102 \text{ troncales}$$

Después de los 10 años a partir de la ejecución del proyecto, se deberá sobre dimensionar la red de datos a 102 troncales en el servicio de telefonía IP.

➤ **Video conferencia**

$$Df = 17(1 + 0.01)^{10}$$

$$Df = 18.77 \approx 19 \text{ usuarios}$$

Después de los 10 años a partir de la ejecución del proyecto, se deberá sobre dimensionar la red de datos a 19 usuarios que requerirán el servicio de video conferencia.

➤ **Transferencia de archivos**

$$Df = 23(1 + 0.01)^{10}$$

$$Df = 25.41 \approx 26 \text{ usuarios}$$

Después de los 10 años a partir de la ejecución del proyecto, se deberá sobre dimensionar la red de datos a 102 troncales en el servicio de telefonía IP.

4.4.3 Capacidad de la red de datos de Cada Centro y Sub Centro de Salud

En la tabla 4.7 se indicará el número de usuarios concurrentes, la capacidad requerida y los tipos de servicios que se implementaran para los diferentes Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos para el diseño de red de telecomunicaciones.

Tabla. 4.7 Capacidad de cada Centro y Sub Centro de Salud

| Centros y Sub Centros de Salud | Usuarios Concurrentes | VoIP (Mbps) | Video Conferencia (Mbps) | Transferencia de Archivos (Mbps) | Servicio de Internet (Kbps) | TOTAL (Mbps) |
|--------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------|
| CONOCOTO | 15 | 0.7 | 1.1 | 3.9 | 512 | 6.3 |
| ALANGASI | 5 | 0.312 | 1.1 | 1.1 | 512 | 3.1 |
| AMAGUAÑA | 10 | 0.312 | 1.1 | 0.768 | 512 | 2.7 |
| CUENDINA | 4 | 0.264 | 0.512 | 0.256 | 512 | 1.54 |
| EL TINGO | 6 | 0.360 | 1.1 | 1.1 | 512 | 3.07 |
| GUANGOPOLO | 10 | 0.264 | 1.1 | 0.768 | 512 | 2.64 |
| LA MERCED | 8 | 0.216 | 1.1 | 0.768 | 512 | 2.7 |
| PINTAG | 7 | 0.264 | 1.1 | 0.768 | 512 | 2.7 |
| TOLONTAG | 3 | 0.216 | 0.512 | 0.512 | 512 | 1.8 |

La capacidad total de la red de datos de los nueve Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos será de:

$$26.55 \text{ Mbps} \approx 27 \text{ Mbps}$$

El servicio de VoIP para los nueve Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, se realizará mediante un Servidor Asterisk (Linux) ubicado en el Centro de Salud de “Conocoto”, configurado con el número de líneas telefónicas de VoIP calculadas anteriormente para toda la red de datos.

El servicio de transferencia de archivos para los nueve Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, se realizará mediante un servidor de transferencia de archivos ubicado en la cabecera principal de la red datos, en este caso será el Centro de Salud de “Conocoto”, para que cualquier persona de cada Sub Centro pueda acceder a información confidencial de los Centros de Salud.

El servicio de Internet para el desarrollo del presente proyecto, deberá ser de 3 Mbps, pero en compartición 1:1, es decir un ancho de banda exclusivamente para el Centro de Salud de “Conocoto”, que será el nodo principal en la red de datos, para su distribución a cada uno

de los Centros y Sub Centros de Salud. El servicio dependerá del proveedor a ser contratado y de los requerimientos del Ministerio de Salud Pública para la ejecución del proyecto.

Cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud dispone de su propia línea telefónica pública, para realizar llamadas a cualquier parte del mundo, y para el diseño de la red de datos, es preferible tener activas esas líneas, para cualquier tipo de necesidad del personal de salud.

Se deberá utilizar en la cabecera principal como es el Centro de Salud de “Conocoto” un dispositivo SWITCH de Capa 3, para dividir en segmentos cada uno de los diferentes servicios de la red de datos como son: servicio de VoIP, servicio de Video conferencia, servicio de transferencia de archivos e Internet.

Para decodificador toda la información que provendrá de la cabecera principal de la red de datos, se deberá utilizar un SWITCH de Capa 2 en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud, para obtener cada uno de los servicios ofrecidos a disponibilidad del personal de salud.

La capacidad total para todo el diseño de la red de datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, se deberá dividir en 3 partes para cada uno de los canales a ser utilizados para el diseño de la red de datos, mediante 3 radios Ubiquiti NanoStation M2 a 2.4 GHz ubicados en el Centro de Salud “Conocoto”, que será la cabecera principal.

4.4.4 Polarización de las antenas de los radioenlaces

La polarización a utilizar para los distintos radioenlaces será vertical para evitar mayores pérdidas por lluvia y obtener un mayor ancho de haz con los radios Ubiquiti, que será de 55°.

4.4.5 Tipo de Modulación

El tipo de modulación a ser escogido para el diseño de una solución integral de telecomunicaciones para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos es QPSK, ya que el estándar IEEE 802.11g-2003, para redes inalámbricas de alta velocidad, usa OFDM con subportadoras que son moduladas con BPSK para velocidades de 6 y 9Mbps, y QPSK para 12 y 24Mbps.

La modulación QPSK funciona para aplicaciones con medios no guiados como redes inalámbricas, sistemas de radio frecuencia (RF), es decir toda la infraestructura a ser implementada en la red de datos.

En la actualidad las comunicaciones digitales son más usadas debido a las ventajas que presenta: mayor inmunidad al ruido, sencillez de procesamiento, alta seguridad de los datos y multicanalización.

QPSK es una modulación donde la fase de la portadora puede tomar 4 posibles valores en respuesta a los datos de entrada. Una de las ventajas es la mejora de la eficiencia espectral en comparación con MSK y GMSK. Frente a BPSK puede transmitir en la misma banda de frecuencias dos veces más mientras el número de errores es el mismo.

Tabla. 4.8 Tipo de Modulación a ser utilizada en los Centros y Sub Centros de Salud

| Centro- Sub Centro de Salud | Tipo de Modulación |
|-----------------------------|--------------------|
| CONOCOTO | QPSK |
| ALANGASI | QPSK |
| AMAGUAÑA | QPSK |
| CUENDINA | QPSK |
| EL TINGO | QPSK |
| GUANGOPOLO | QPSK |
| LA MERCED | QPSK |
| PINTAG | QPSK |
| TOLONTAG | QPSK |

4.5 ANÁLISIS DE COBERTURA

Para lograr que exista la cobertura inalámbrica deseada, se empieza por realizar un cálculo del área de cobertura que tendrá cada punto de acceso.

Se debe tomar en cuenta, la asignación de los canales sin solapamiento para los diferentes Centros y Sub Centros de Salud para no exista interferencia co-canal, las pérdidas de propagación y otros factores que determinarán el rendimiento y cobertura de cada punto de acceso.

4.5.1 Asignación del Canal 1 para los Centros y Sub Centros de Salud

Se trabajará con el ID de canal 1 con una frecuencia que trabaja a los 2412 MHZ, será asignado a los Sub Centros de Salud de: Conocoto, Guangopolo, El Tingo, y La Merced, para que no exista interferencia co-canal con los demás Centros y Sub Centros de Salud en el Sector del Valle de los Chillos. La capacidad de ancho de banda para el canal 1 será de: 19.7 Mbps \approx 20 Mbps.



Figura. 4.2 Asignación del Canal 1 para la subred de datos

4.5.2 Asignación del Canal 6 para los Centros y Sub Centros de Salud

Se trabajará con el ID de canal 6 con una frecuencia que trabaja a los 2437 MHz, serán asignados a los Sub Centros de Salud: Alangasí, Pintag, y Tolontag, para que no exista interferencia co-canal con los demás Centros y Sub Centros de Salud en el Sector del Valle de los Chillos.

La capacidad de ancho de banda para el canal 6 será de: 6.67 Mbps \approx 6.7 Mbps.

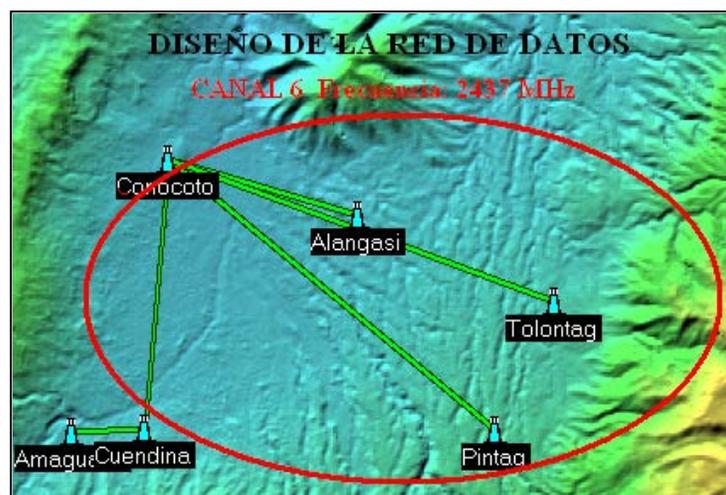


Figura. 4.3 Asignación del Canal 6 para la subred de datos

4.5.3 Asignación del Canal 11 para los Centros y Sub Centros de Salud

Se trabajará con el ID de canal 11 con una frecuencia que trabaja a los 2462 MHz, serán asignados a los Sub Centros de Salud: Cuendina, Amaguaña, para que no exista interferencia co-canal con los demás Centros y Sub Centros de Salud en el Sector del Valle de los Chillos.

La capacidad de ancho de banda para el canal 11 será de: 3.73 Mbps \approx 3.8 Mbps.

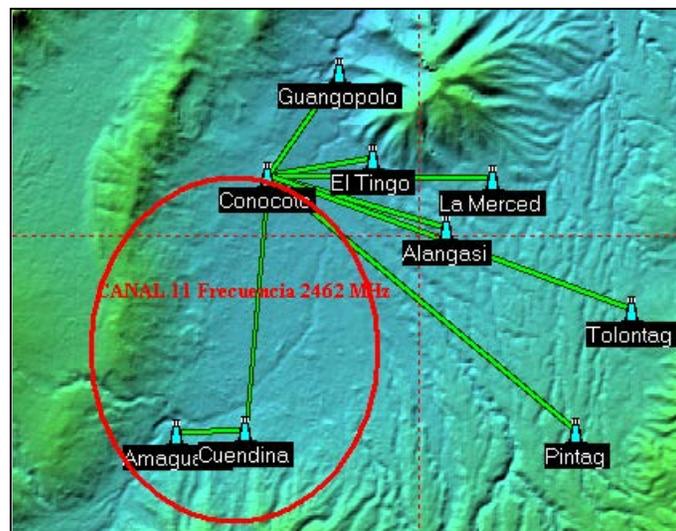


Figura. 4.4 Asignación del Canal 11 para la subred de datos

Los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, tendrán anchos de banda divididos en canales de 18 Mbps.

Para la transmisión eficiente en la red de datos a través de los 3 canales sin solapamiento en la banda de 2.4 GHz, los Radios UBIQUITI cumplen con la prestaciones de los radioenlaces a ser implementados en los Centros y Sub Centros de Salud, y se procederá a

calcular la potencia necesaria de transmisión en (mW) para realizar el diseño de los radioenlaces en Radio Mobile.

- **Cálculo de la Potencia de Transmisión**

$$P_{dBm} = 10 \log \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right) \quad (4.4)$$

Donde:

P_{dBm} : Potencia de Transmisión. (dBm).

P_{mW} : Potencia de Transmisión. (mW).

$$28dBm = 10 \log \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right)$$

$$2.8 = \log \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right)$$

$$10^{2.8} = \frac{P_{mW}}{1mW}$$

$$P_{mW} = 630.96 \times 10^{-3} mW$$

4.6 CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN

Introducción

En un sistema de comunicaciones para analizar si un emplazamiento es viable, debemos realizar los cálculos de propagación correspondiente a los distintos enlaces que conforman el pertinente estudio del proyecto.

El mismo que consiste en considerar la potencia de transmisión en términos de ganancia, sumar la ganancia correspondiente a las antenas utilizadas, tanto en transmisión y recepción, restar las múltiples pérdidas que se presentan en la propagación de los emplazamientos y verificar si el resultado es suficiente para estimular el umbral del receptor.

4.6.1 Enlace CONOCOTO – LA MERCED

➤ Cálculos de pérdidas del radioenlace.

$$P_T = A_T + A_G + A_{LL} + P_A \quad (4.5)$$

Donde:

- P_T : Pérdidas totales. (dB.)
- A_T : Atenuación del trayecto. (dB.)
- A_G : Atenuación por gases y vapor de agua. (dB.)
- A_{LL} : Atenuación por lluvia. (dB.)
- P_A : Perdidas adicionales. (dB.)

➤ **Cálculo de la atenuación del trayecto**

La atenuación del trayecto es aquella pérdida que sufre la señal electromagnética al propagarse en una trayectoria recta asumiendo circunstancias ideales como por ejemplo: la onda al momento que viaje a través del vacío, no sufra absorción ni reflexión de energía por presencia de objetos cercanos, etc. La ecuación 4.5 predice esta pérdida.

$$A_T = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \quad (4.6)$$

$$A_T = 92.4 + 20 \log(2.412) + 20 \log(8.24)$$

$$A_T = 118.37 \text{ dB.}$$

Donde:

- A : Atenuación del trayecto. (dB.)
- f : Frecuencia de operación. (GHz.)
- d : Distancia total del radioenlace. (Km.)

➤ **Atenuación por gases y vapor de agua**

Las moléculas como el oxígeno gaseoso y agua respectivamente atenúan la señal, ya que absorben energía electromagnética ocasionando pérdidas en la señal a ser transmitida.

➤ **Atenuación específica por gases**

$$\gamma_0 = \left[\frac{7.27}{f^2 + 0.35} + \frac{7.5}{(f - 57)^2 + 2.44} \right] * f^2 * 10^{-3} \quad (4.7)$$

$$\gamma_0 = \left[\frac{7.27}{2.412^2 + 0.35} + \frac{7.5}{(2.412 - 57)^2 + 2.44} \right] * 2.412^2 * 10^{-3}$$

$$\gamma_0 = 6.85 \times 10^{-3} \frac{dB.}{Km.}$$

Donde:

- γ_0 : Atenuación específica por gases. $\left(\frac{dB.}{Km.} \right)$
- f : Frecuencia de operación. (GHz.)

➤ **Atenuación específica por vapor de agua**

$$\gamma_w = \left[3.27 \times 10^{-2} + 1.67 \times 10^{-3} (\delta_w) + 7.7 \times 10^{-4} (f^{0.5}) + \frac{3.79}{(f - 22.23)^2 + 9.81} \right] (\delta_w) f^2 (10^{-4}) \quad (4.8)$$

$$\gamma_w = \left[3.27 \times 10^{-2} + 1.67 \times 10^{-3} (15) + 7.7 \times 10^{-4} (2.412^{0.5}) + \frac{3.79}{(2.412 - 22.23)^2 + 9.81} \right] (15)(2.412)^2 (10^{-4})$$

$$\gamma_w = 5.96 \times 10^{-3} \frac{dB}{Km}$$

Donde:

- γ_w : Atenuación específica por vapor de agua. $\left(\frac{dB}{Km} \right)$
- f : Frecuencia de operación. (GHz.)
- $\delta_w = 15 \frac{g}{cm^3} \rightarrow$ Densidad de vapor de agua para Ecuador con polarización vertical.

➤ **Atenuación total por gases y vapor de agua**

$$A_G = (\gamma_w + \gamma_o)d \quad (4.9)$$

$$A_G = (6.85 \times 10^{-3} + 5.96 \times 10^{-3})(8.24)$$

$$A_G = 0.1055(db)$$

Donde:

- A_G : Atenuación total por gases y vapor de agua. (dB.)
- γ_w : Atenuación específica por vapor de agua. $\left(\frac{dB.}{Km.} \right)$
- γ_o : Atenuación específica por gases. $\left(\frac{dB.}{Km.} \right)$
- d : Distancia total del radioenlace. (Km.)

➤ **Atenuación por lluvia**

La atenuación por dispersión de hidrometeoros como lluvia, nieve, granizo se considera también en los cálculos de propagación, siendo dicha atenuación considerada en frecuencias superiores a 2.4 GHz. El procedimiento para el cálculo de atenuación por lluvia en un radioenlace se la puede visualizar en la ecuación 4.10.

$$A_{LL} = \gamma_R L_{ef} \quad (4.10)$$

Donde:

- A_{LL} : Atenuación por lluvia. (dB.)
- γ_R : Atenuación específica por lluvia. $\left(\frac{dB.}{Km.}\right)$
- L_{ef} : Longitud efectiva del trayecto. (Km.)

Para encontrar el valor de la atenuación específica γ_R : (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de la lluvia R (mm/h) mediante la ecuación 4.11:

$$\gamma_R = k(R)^\alpha \quad (4.11)$$

$$\gamma_R = 0.0002169(80)^{0.9594}$$

$$\gamma_R = 0.0145 \left(\frac{dB.}{Km.}\right)$$

Donde:

- γ_R : Atenuación específica por lluvia. $\left(\frac{dB.}{Km.}\right)$
- R : Intensidad de lluvia, $\left(80 \frac{mm.}{h.}\right)$ Cte. para Ecuador.
- k : Depende del tipo de polarización de la antena para mayor información ver tabla 4.7.
- α : Depende del tipo de polarización de la antena para mayor información ver tabla 4.7.

En la tabla 4.9 se indican los valores de k y α , que dependen de la frecuencia, para las polarizaciones lineales (horizontal: H, vertical: V).

Tabla. 4.9 Coeficientes de k y α para estimar la atenuación específica [A].

| Frecuencia (GHz) | k_H | k_V | α_H | α_V |
|------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1 | 0.0000387 | 0.0000352 | 0.9122 | 0.8801 |
| 1.5 | 0.0000868 | 0.0000784 | 0.9341 | 0.8905 |
| 2 | 0.0001543 | 0.0001388 | 0.9629 | 0.9230 |
| 2.5 | 0.0002416 | 0.0002169 | 0.9873 | 0.9594 |
| 3 | 0.0003504 | 0.0003145 | 1.0185 | 0.9927 |
| 4 | 0.0006479 | 0.0005807 | 1.1212 | 1.0749 |
| 5 | 0.001103 | 0.0009829 | 1.2338 | 1.1805 |
| 6 | 0.001813 | 0.001603 | 1.3068 | 1.2662 |
| 7 | 0.002915 | 0.002560 | 1.3334 | 1.3086 |
| 8 | 0.004567 | 0.003996 | 1.3275 | 1.3129 |
| 9 | 0.006916 | 0.006056 | 1.3044 | 1.2937 |
| 10 | 0.01006 | 0.008853 | 1.2747 | 1.2636 |
| 12 | 0.01882 | 0.01680 | 1.2168 | 1.1994 |
| 15 | 0.03689 | 0.03362 | 1.1549 | 1.1275 |
| 20 | 0.07504 | 0.06898 | 1.0995 | 1.0663 |
| 25 | 0.1237 | 0.1125 | 1.0604 | 1.0308 |
| 30 | 0.1864 | 0.1673 | 1.0202 | 0.9974 |
| 35 | 0.2632 | 0.2341 | 0.9789 | 0.9630 |
| 40 | 0.3504 | 0.3104 | 0.9394 | 0.9293 |
| 45 | 0.4426 | 0.3922 | 0.9040 | 0.8981 |
| 50 | 0.5346 | 0.4755 | 0.8735 | 0.8705 |
| 60 | 0.7039 | 0.6347 | 0.8266 | 0.8263 |
| 70 | 0.8440 | 0.7735 | 0.7943 | 0.7948 |
| 80 | 0.9552 | 0.8888 | 0.7719 | 0.7723 |
| 90 | 1.0432 | 0.9832 | 0.7557 | 0.7558 |
| 100 | 1.1142 | 1.0603 | 0.7434 | 0.7434 |
| 120 | 1.2218 | 1.1766 | 0.7255 | 0.7257 |
| 150 | 1.3293 | 1.2886 | 0.7080 | 0.7091 |
| 200 | 1.4126 | 1.3764 | 0.6930 | 0.6948 |
| 300 | 1.3737 | 1.3665 | 0.6862 | 0.6869 |
| 400 | 1.3163 | 1.3059 | 0.6840 | 0.6849 |

Con la ayuda de la ecuación 4.12 se puede calcular el valor de la longitud efectiva requerido para encontrar la atenuación por lluvia.

$$L_{ef} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}} \quad (4.12)$$

Donde:

- L_{ef} : Longitud efectiva. (Km.)
- d : Longitud del trayecto. (Km.)
- d_0 : Longitud específica. (Km.)

Para descubrir la longitud específica requerida en la longitud efectiva se hace uso de la ecuación 4.13, cabe recalcar que para el 0.01% de tiempo y una intensidad de lluvia menor a $100 \frac{mm.}{h}$, la siguiente expresión es válida.

$$d_0 = 35 \exp(-0.015R) \quad (4.13)$$

$$d_0 = 35 \exp((-0.015)(80))$$

$$d_0 = 10.541(Km)$$

Haciendo referencia a la ecuación 4.12 se procede a encontrar el valor de la longitud efectiva con los valores requeridos debidamente calculados, como se puede observar en la siguiente ecuación.

$$L_{ef} = \frac{8.24}{1 + \frac{8.24}{10.541}}$$

$$L_{ef} = 4.62(Km)$$

Una vez calculado el valor L_{ef} se procede a encontrar el valor de la atenuación por lluvia con la ayuda de la atenuación específica como se hace referencia en la ecuación 4.11 y se la puede visualizar en la siguiente expresión.

$$A_{LL} = \gamma_R L_{ef}$$

$$A_{LL} = (0.0145)(4.62)$$

$$A_{LL} = 0.07dB$$

➤ **Pérdidas adicionales**

Se refiere a las pérdidas en las guías de onda, cables y conectores utilizados en el radioenlace, el total de pérdidas adicionales se procede a indicar en la tabla 4.10.

Tabla. 4.10 Pérdidas adicionales.

| Cantidad | Material | Pérdidas (dB) |
|----------|---------------------|---------------|
| 4 | Conectores Tipo N | 0.08 |
| 2 | Guías de Onda | 0.8 |
| 2 | Acoplador Simétrico | 3 |

El total de pérdidas adicionales es: 3.88 dB.

➤ **Pérdida total del radioenlace**

Citando la ecuación 4.4 se procede a encontrar las pérdidas totales presentes en el enlace Conocoto – La Merced, como se puede observar en la siguiente expresión.

$$P_T = A_T + A_G + A_{LL} + P_A$$

$$P_T = 118.37 + 0.1055 + 0.07 + 3.88$$

$$P_T = 122.425dB.$$

➤ **Cálculo de la Potencia de Recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - P_T \quad (4.14)$$

Donde:

- P_{TX} : Potencia de Transmisión. (dBm.)
- P_{RX} : Potencia de Recepción. (dBm.)
- G_{TX} : Ganancia de la antena de transmisión. (dB.)
- G_{RX} : Ganancia de la antena de recepción. (dB.)
- P_T : Pérdidas totales. (dB.)

$$P_{RX} = 28dBm + 11dB + 11dB - 122.425dB$$

$$P_{RX} = -72.425dBm$$

➤ **Cálculo del margen de desvanecimiento**

$$MD = P_{RX} - S \quad (4.15)$$

Donde:

- P_{RX} : Potencia de Recepción. (dBm.)
- S : Sensibilidad del Equipo Receptor. (dBm.)
- MD : Margen de Desvanecimiento. (dBm.)

$$MD = -72.425dBm - (-97dBm)$$

$$MD = 24.575dBm$$

➤ **Cálculo de la Indisponibilidad**

$$I = 10^{-\left(\frac{MD}{10}\right)} \quad (4.16)$$

Donde:

- I : Indisponibilidad.
- MD : Margen de Desvanecimiento. (dBm.)

$$I = 10^{-\left(\frac{24.575}{10}\right)}$$
$$I = 0.00348$$

➤ **Cálculo de la Disponibilidad**

$$D = 1 - I \quad (4.17)$$

Donde:

- I : Indisponibilidad.
- D : Disponibilidad.

$$D = 1 - 0.00348$$
$$D = 0.99652$$

➤ **Expresada en porcentaje:**

$$D = 0.99652 \times 100\%$$
$$D = 99.652\%$$

4.6.2 Enlace CONOCOTO – GUANGOPOLO

➤ Cálculos de pérdidas del radioenlace.

Tabla. 4.11 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Guangopolo.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|---|----------------|
| A_T | $92.4 + 20\log(2.412) + 20\log(4.61)$ | 113.321 |
| A_G | $(7.37 \times 10^{-3} + 5.91 \times 10^{-3})(4.61)$ | 0.061 |
| A_{LL} | $(0.0145)(3.207)$ | 0.0465 |
| P_A | | 3.88 |
| P_T | | 117.3085dB. |

Tabla. 4.12 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto - Guangopolo

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -67.3085 dBm | 29.7 dBm | 0.00107 | 0.9989 | 99.893 % |

4.6.3 Enlace CONOCOTO – EL TINGO

➤ Cálculos de pérdidas del radioenlace.

Tabla. 4.13 Pérdidas del Radioenlace Conocoto – El Tingo.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|---|----------------|
| A_T | $92.4 + 20\log(2.412) + 20\log(3.91)$ | 111.89 |
| A_G | $(7.37 \times 10^{-3} + 5.91 \times 10^{-3})(3.91)$ | 0.052 |
| A_{LL} | $(0.0145)(2.852)$ | 0.0414 |
| P_A | | 3.88 |
| P_T | | 115.86dB. |

Tabla. 4.14 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – El Tingo

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -65.86 dBm | 31.14 dBm | 0.000769 | 0.99923 | 99.92 % |

4.6.4 Enlace CONOCOTO – ALANGASÍ

➤ Cálculos de pérdidas del radioenlace.

Tabla. 4.15 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Alangasí.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|--|----------------|
| A_T | $92.4 + 20\log(2.437) + 20\log(6.84)$ | 116.84 |
| A_G | $(7.09 \times 10^{-3} + 14.24 \times 10^{-3})(6.84)$ | 0.015 |
| A_{LL} | $(0.0145)(4.15)$ | 0.06 |
| P_A | | 3.88 |
| | P_T | 120.8dB. |

Tabla. 4.16 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – Alangasí

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -70.8 dBm | 26.2 dBm | 0.0024 | 0.9976 | 99.76 % |

4.6.5 Enlace CONOCOTO – TOLONTAG

- Cálculos de pérdidas del radioenlace.

Tabla. 4.17 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Tolontag.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|---|----------------|
| A_T | $92.4 + 20\log(2.437) + 20\log(14.24)$ | 123.21 |
| A_G | $(7.09 \times 10^{-3} + 14.24 \times 10^{-3})(14.24)$ | 0.30 |
| A_{LL} | $(0.0145)(6.06)$ | 0.088 |
| P_A | | 3.88 |
| P_T | | 127.5dB. |

Tabla. 4.18 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – Tolontag

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -77.5 dBm | 19.5 dBm | 0.011 | 0.99 | 99 % |

4.6.6 Enlace CONOCOTO – PINTAG

- Cálculos de pérdidas del radioenlace.

Tabla. 4.19 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Pintag.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|--|----------------|
| A_T | $92.4 + 20\log(2.437) + 20\log(14.7)$ | 123.5 |
| A_G | $(7.09 \times 10^{-3} + 14.24 \times 10^{-3})(14.7)$ | 0.313 |
| A_{LL} | $(0.0145)(6.14)$ | 0.09 |
| P_A | | 3.88 |
| P_T | | 127.8dB. |

Tabla. 4.20 Disponibilidad del Radioenlace Conocoto – Pintag

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -77.8 dBm | 19.2 dBm | 0.012 | 0.988 | 98.8 % |

4.6.7 Enlace CONOCOTO – Cuendina

➤ Cálculos de pérdidas del radioenlace.

Tabla. 4.21 Pérdidas del Radioenlace Conocoto - Cuendina.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|---|----------------|
| A_T | $92.4 + 20 \log(2.462) + 20 \log(9.4)$ | 119.7 |
| A_G | $(6.82 \times 10^{-3} + 14.32 \times 10^{-3})(9.4)$ | 0.2 |
| A_{LL} | $(0.0145)(4.97)$ | 0.072 |
| P_A | | 3.88 |
| | P_T | 123.9dB. |

Tabla. 4.22 Disponibilidad para el Radioenlace Conocoto – Cuendina

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -73.9 dBm | 23.1 dBm | 0.005 | 0.995 | 99.5 % |

4.6.8 Enlace CUENDINA – AMAGUAÑA

➤ **Cálculos de pérdidas del radioenlace.**

Tabla. 4.23 Pérdidas del Radioenlace Cuendina – Amaguaña.

| Símbolo | Ecuación | Resultado (dB) |
|----------|--|----------------|
| A_T | $92.4 + 20\log(2.462) + 20\log(2.56)$ | 108.4 |
| A_G | $(6.82 \times 10^{-3} + 14.32 \times 10^{-3})(2.56)$ | 0.054 |
| A_{LL} | $(0.0145)(2.06)$ | 0.03 |
| P_A | | 3.88 |
| P_T | | 112.364dB. |

Tabla. 4.24 Disponibilidad del Radioenlace Cuendina – Amaguaña

| Potencia de Recepción | Margen de Desvanecimiento | Indisponibilidad del Sistema | Disponibilidad del Sistema | Disponibilidad en Porcentaje |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| -62.364 dBm | 34.6 dBm | 0.00035 | 0.99965 | 99.97 |

4.7 INTERFERENCIAS

Para verificar si existe algún tipo de interferencia en el diseño de la red de datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, se utilizará el software NetStumbler 0.4.0 para Windows, que es una de las herramientas mejores valoradas por los usuarios para localizar redes de área local (WLAN) mediante los estándares 802.11b, 802.11a y 802.11g.

El programa realiza un breve rastreo mostrando todas las áreas existentes en el entorno que abarca el receptor de la señal y cuál es el estado de cada una de ellas.

NetStumbler permite verificar que nuestra red está bien configurada estudiando la cobertura de la señal en diferentes emplazamientos. También puede calcular las interferencias que otras señales pueden causar en la nuestra o detectar puntos de acceso no autorizados.

También NetStumbler puede resultar también bastante útil a la hora de orientar las antenas para así disponer de una mejor recepción de la señal.

| MAC | SSID | Name | Chan | Speed | Vendor | Type | Enc... | SNR | Signal+ | Noise- | SNR+ |
|--------------|------------------------|------|------|----------|------------|------|--------|-----|---------|--------|------|
| 002722AA91CB | Nano22 | | 10 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | | -89 | -100 | 11 |
| 000C4268981C | panama1 | | 6 | 5.5 Mbps | | AP | | | -89 | -100 | 11 |
| 889FFA4A7EBA | Claro_QUIROZ0000601423 | | 6 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | 8 | -88 | -100 | 12 |
| 00E04D9B4A88 | ARMUJOS CNT | | 11 | 48 Mbps | | AP | WEP | 12 | -86 | -100 | 14 |
| 00156D68D351 | PUNTONET SANTA MONICA | | 4 | 54 Mbps | (Fake) | AP | | 10 | -86 | -100 | 14 |
| 74440150AA95 | MarieleNet | | 6 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | | -89 | -100 | 11 |
| 00E04D9AF099 | RT3390_2 | | 11 | 48 Mbps | | AP | | | -86 | -100 | 14 |
| 00E04D9AF098 | EGUEZ CNT | | 11 | 48 Mbps | | AP | WEP | | -87 | -100 | 13 |
| 08107434581C | Rivera Network | | 6 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | 10 | -90 | -100 | 10 |
| C83A355D5718 | AreaSalud24 | | 6 | 48 Mbps | (Fake) | AP | WEP | 22 | -76 | -100 | 24 |
| 0027224CD778 | Zloma | | 5 | 54 Mbps | (Fake) | AP | | | -90 | -100 | 10 |
| 022404638E61 | HPE910.497887 | | 6 | 54 Mbps | (User-d... | Peer | | 18 | -81 | -100 | 19 |
| F8788C015037 | Rivera Network 2 | | 6 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | | -86 | -100 | 14 |
| 00156D691875 | MIRAVCONOC | | 3 | 11 Mbps | (Fake) | AP | | 12 | -82 | -100 | 18 |
| 002686875ABE | INTERNET MEJIA CNT | | 1 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | 11 | -83 | -100 | 17 |
| 00156D5E057B | NS1 | | 11 | 54 Mbps | (Fake) | AP | | 47 | -51 | -100 | 49 |
| 00E04D9F5F30 | MALDONADO CNT | | 11 | 48 Mbps | | AP | WEP | 18 | -79 | -100 | 21 |
| 642737435273 | Claro_TIPAN0000593161 | | 11 | 54 Mbps | (Fake) | AP | WEP | 21 | -76 | -100 | 24 |

Figura. 4.5 Captura con Network Stumbler de Redes Inalámbricas en el Centro de Salud de Conocoto [A]

Como se puede dar cuenta en la Figura. 4.5, indica que los puntos de acceso (AP) están entre el canal 1, canal 3, canal 4, canal 5, canal 6 y canal 11, lo cual indica que no existirá interferencia en la implementación del radioenlace Conocoto- El Tingo, ya que se configurará en el canal 2 los dos dispositivos como:

- Estación Base
- Punto de Acceso

Las señales de cada punto de acceso están entre -89 dBm y -83 dBm, es decir no provocará ningún tipo de interferencia en el radioenlace a ser implementado entre el Centro de Salud de Conocoto y el Sub Centro de Salud “El Tingo”.

Con los valores indicados en la Figura 4.5, se garantizará un enlace operativo acorde a las prestaciones y los diferentes tipos de servicios que se requiere en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector de Valle de los Chillos.



Figura. 4.6 Enlace Centro de Salud Conocoto – El Tingo [A].

Los valores para establecer un enlace operativo son entre -85 dBm y -65 dBm, inferiores a -85 dBm causarán un posible corte en el enlace. Los valores por encima de -65 dBm indican un exceso de señal y causarán un comportamiento anómalo en el dispositivo. Se deberá ajustar la potencia de salida hasta conseguir estos valores de enlace.

4.8 DISEÑO DEL RADIOENLACE

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizará el software Radio Mobile Versión 10.7.2 para Windows, que es un programa para simular el diseño de redes inalámbricas, analizando las pérdidas básicas en sistemas de radiocomunicaciones.

Está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model), válido para frecuencias desde 20 MHz hasta 20 GHz.

A continuación se procede a configurar cada uno de los sitios entre los que se pretende simular el enlace, en la figura 4.7 se puede visualizar la facilidad al establecer el nombre y las coordenadas de los diferentes sitios de interés.

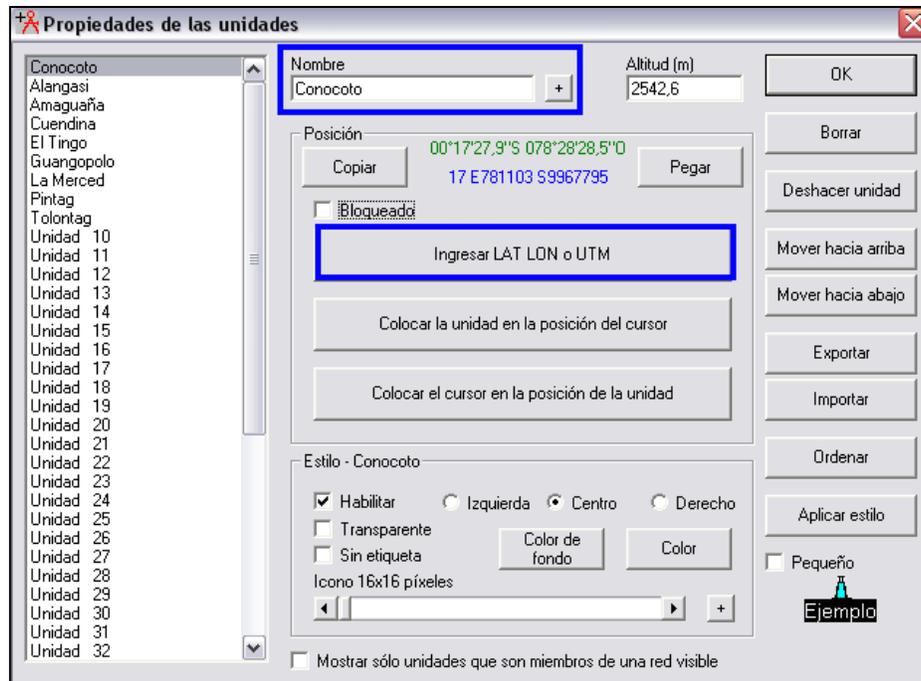


Figura. 4.7 Ubicación de los Sitios [A].

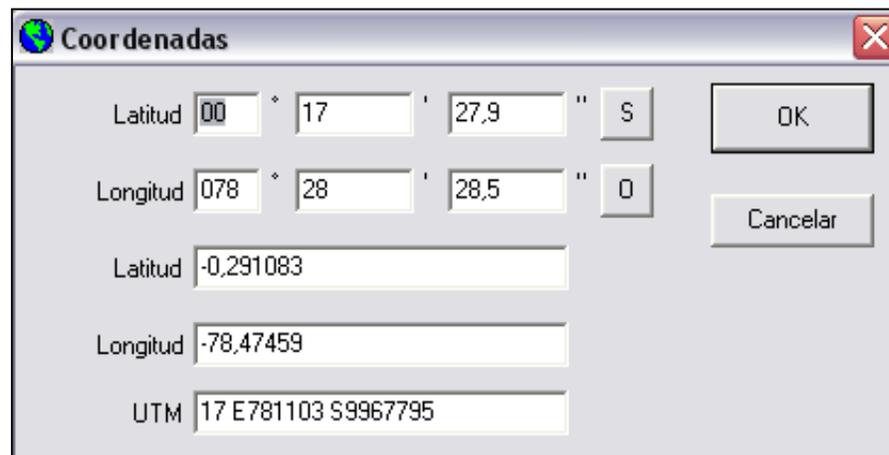


Figura. 4.8 Ingreso de Coordenadas [A].

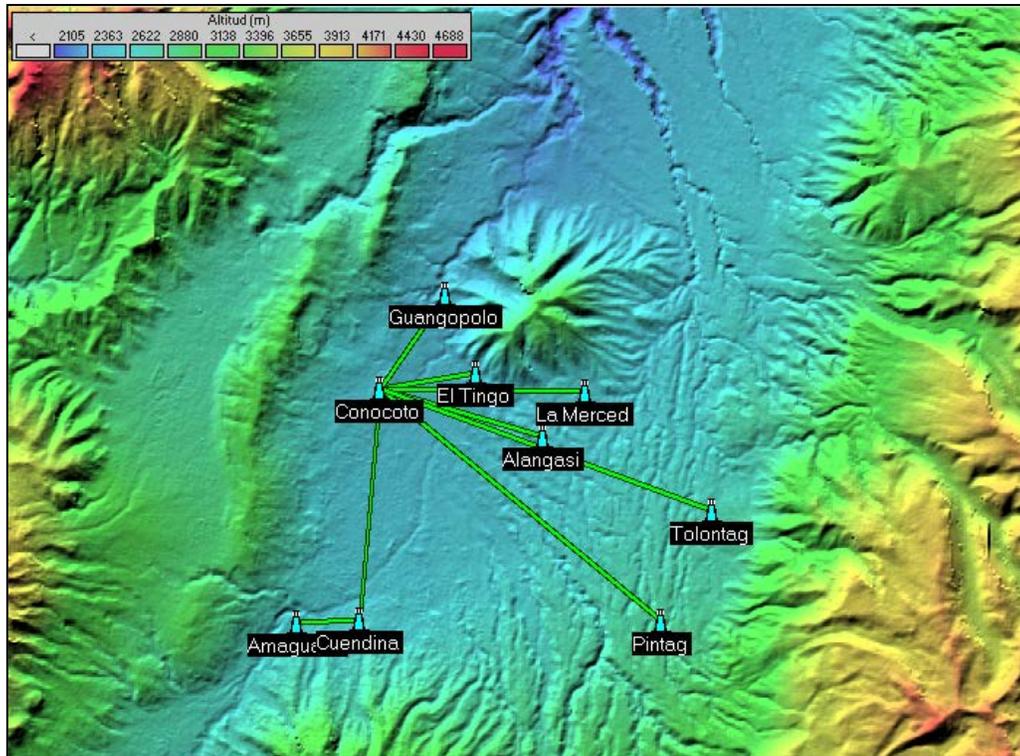


Figura. 4.9 Diseño de la Red de Datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos. [A]

- **Propiedades de las redes**

El siguiente paso en la simulación es configurar la red, incluyendo los parámetros del enlace como: frecuencia de operación, potencia de transmisión, ganancia de la antena, etc. Para lo cual se procede a seleccionar la opción: propiedades de las redes.

Al realizar este proceso se puede visualizar la siguiente ventana, en la que se puede configurar el nombre de la red, las frecuencias de operación, etc. Seleccionando la opción de parámetros.



Figura. 4.10 Parámetros de Configuración de la Red [A].

El siguiente parámetro de configuración es el tipo de topología, para el enlace inalámbrico se procedió a escoger la opción de Red de datos, Topología estrella (Master/Esclavo).



Figura. 4.11 Configuración del Tipo de Topología [A].

A continuación se elige los miembros que pertenecen a la red para lo cual se elige la opción “Miembros”.

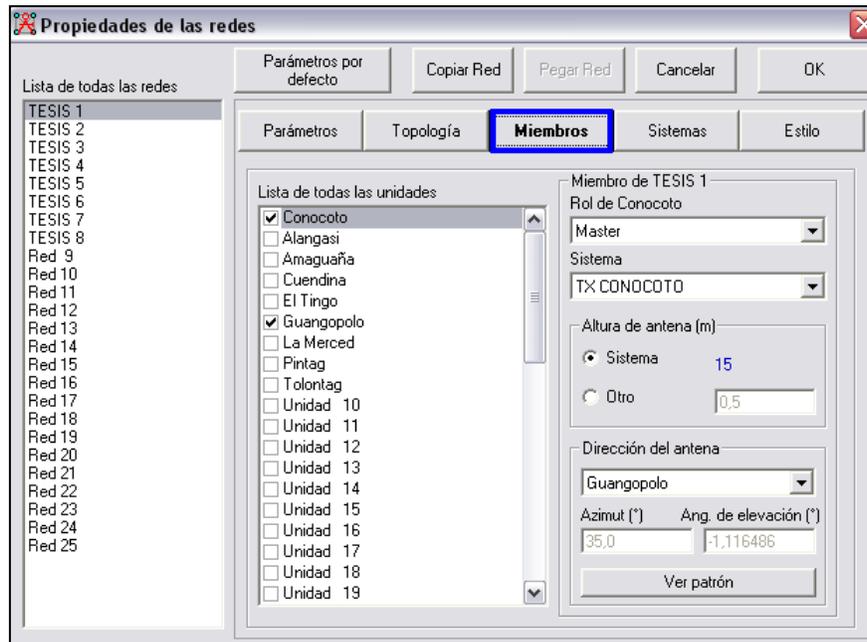


Figura. 4.12 Configuración de los Miembros de la Red de Datos [A].

En el siguiente proceso está en el botón “Sistemas”, que se configura los siguientes parámetros como: potencia de transmisión, umbral del receptor, pérdida de la línea, el tipo de antena, ganancia de la antena, altura de la antena y pérdida adicional de cable.



Figura. 4.13 Características del Sistema de Comunicación [A].

En el siguiente botón “Estilo” se configura el tipo de color de las líneas del enlace de acuerdo a la potencia de recepción.

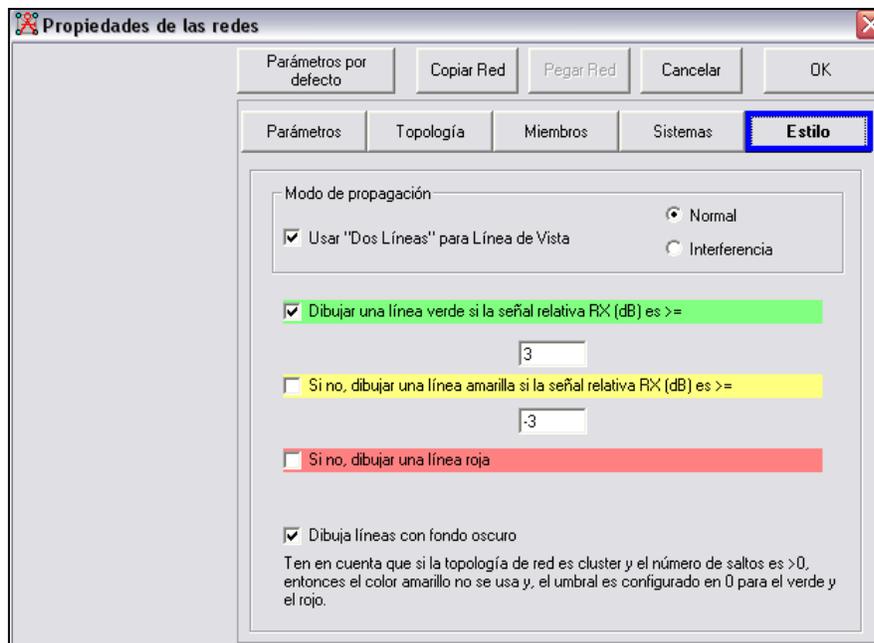


Figura. 4.14 Color de las líneas de acuerdo al nivel de recepción [A].

Una vez seleccionado todos los parámetros de interés se procederá a realizar las simulaciones de los diferentes radioenlaces, dando clic en el ícono Radio Link en el cual se puede visualizar:

- El perfil del terreno
- La primera zona de Fresnel entre el terminal transmisor y el terminal receptor

El objetivo de esta opción es comprobar si existe línea de vista entre los enlaces de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

4.8.1 Radioenlace Conocoto-Guangopolo

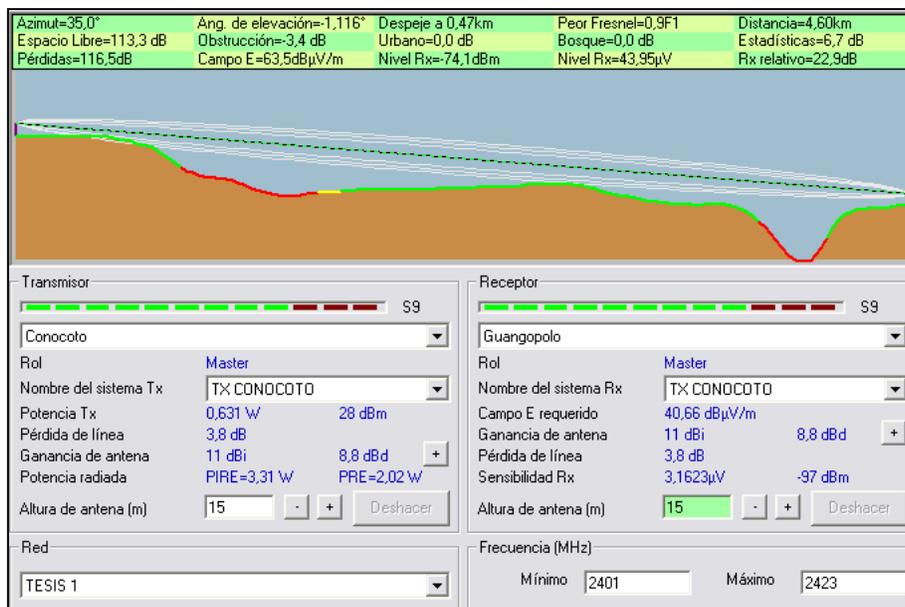


Figura. 4.15 Enlace Conocoto – Guangopolo (Radio Link) [A].

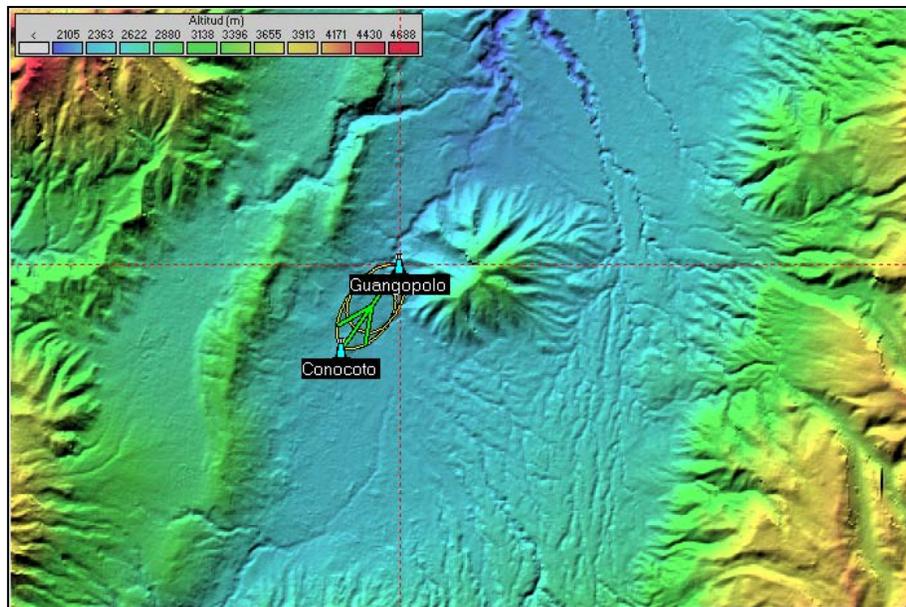


Figura. 4.16 Enlace Conocoto – Guangopolo (Mapa STRM) [A].

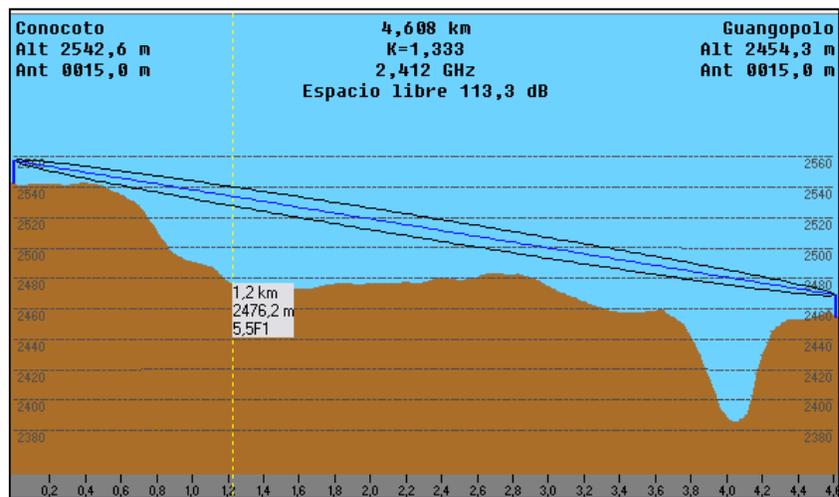


Figura. 4.17 Enlace Conocoto – Guangopolo (Radio Link) [A].

4.8.2 Radioenlace Conocoto- El Tingo

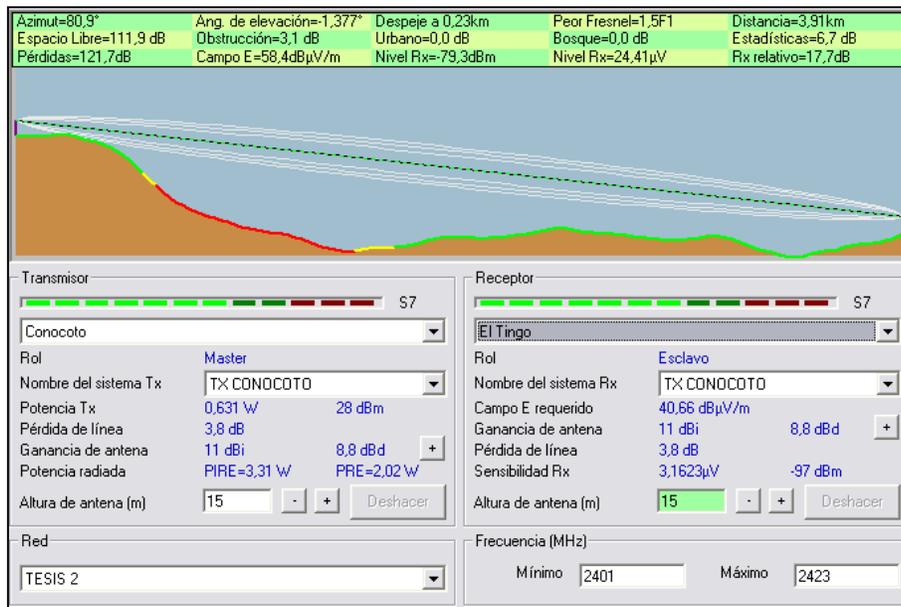


Figura. 4.18 Enlace Conocoto – El Tingo (Radio Link) [A].

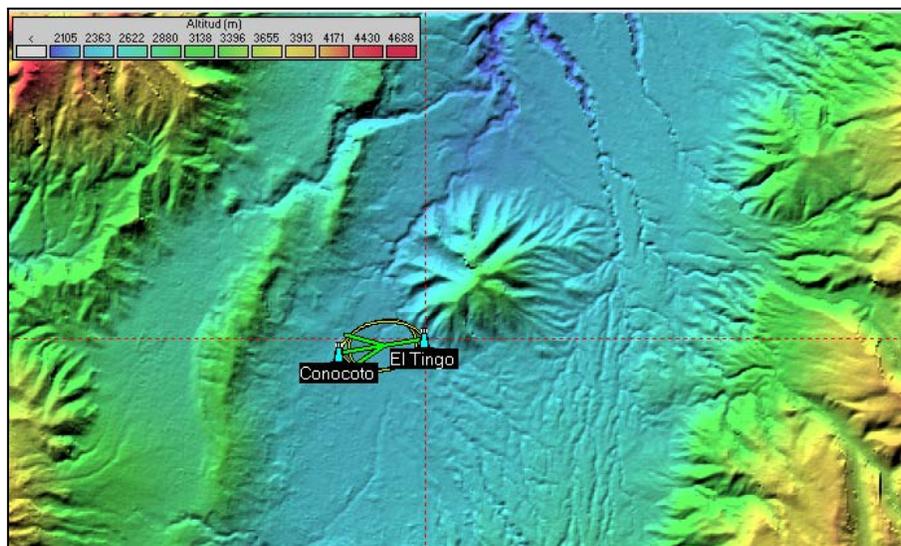


Figura. 4.19 Enlace Conocoto – El Tingo (Mapa STRM) [A].

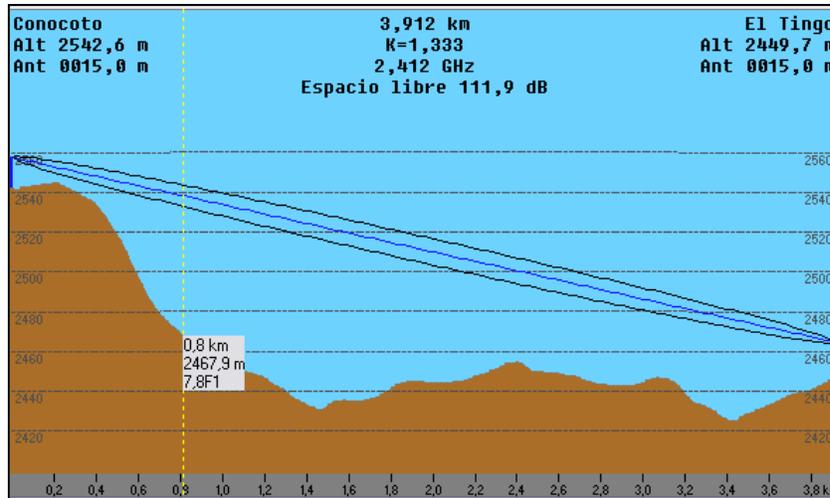


Figura. 4.20 Enlace Conocoto – El Tingo (Radio Link) [A].

Más imágenes de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, para verificar si existe o no Línea de Vista ver anexo 4.

4.9 DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE LOS CENTROS Y SUB CENTROS DE SALUD

4.9.1 Radioenlace Guangopolo - Conocoto



Figura. 4.21 Infraestructura Enlace Guangopolo – Conocoto [A].

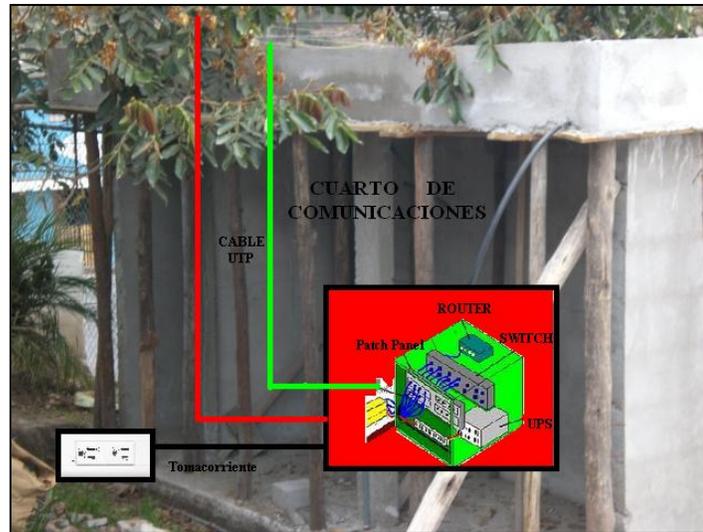


Figura. 4.22 Cuarto de Comunicaciones Enlace Guangopolo – Conocoto [A].

4.9.2 Radioenlace El Tingo - Conocoto

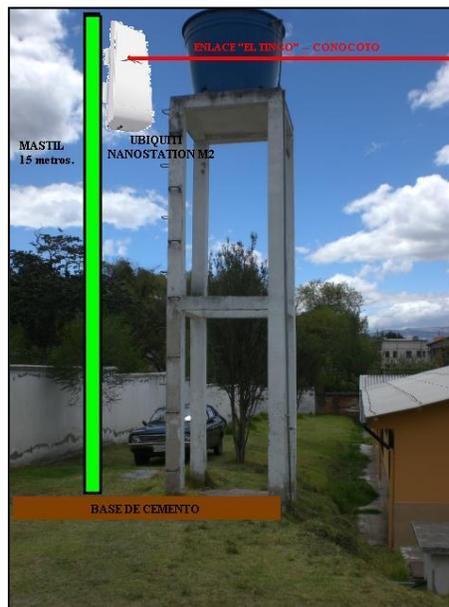


Figura. 4.23 Infraestructura Enlace “El Tingo” – Conocoto [A].

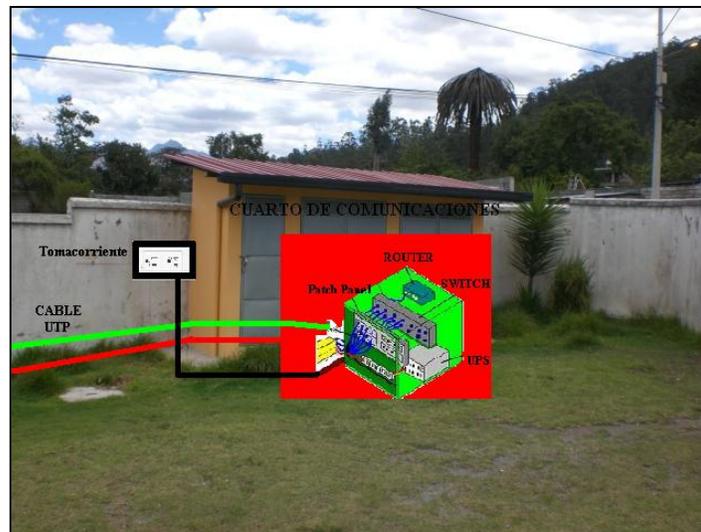


Figura. 4.24 Cuarto de Comunicaciones Enlace “El Tingo” – Conocoto [A].

Más diseño de la infraestructura de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos ver anexo 5.

4.10 LUGARES DE LA RED DE PRUEBA

4.10.1 Mapa de los Lugares y Puntos de prueba

- Centro de Salud “CONOCOTO”



Figura. 4.25 Lugar Geográfico Sub Centro de Salud “Conocoto” [A].

Ubicación: Avenida. Eloy Alfaro N° 4-61 y Oriente

Parroquia: Conocoto

- **Sub Centro de Salud “ALANGASÍ”**



Figura. 4.26 Lugar Geográfico Sub Centro de Salud “Alangasí” [A].

Ubicación: Avenida Montalvo N 2472, Intersección Sucre

Parroquia: Alangasí

- **Sub Centro de Salud “AMAGUAÑA”**



Figura. 4.27 Lugar Geográfico Sub Centro de Salud “Amaguaña” [A].

Ubicación: Avenida. Sucre y Juan Montalvo S/N

Parroquia: Amaguaña

Más imágenes de los lugares y puntos de prueba de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos ver anexo 6.

4.10.2 Ubicación de los Puntos de Prueba

Para realizar la simulación del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud de “El Tingo”, se utilizarán los siguientes elementos:

- 2 Radios UBIQUITI NanoStation M2
- Mástil de 4 metros para el Centro de Salud de “Conocoto”
- Mástil de 3 metros para el Sub Centro de Salud de “El Tingo”
- 2 Computadores (Laptops)
- Cables UTP
- Fuentes de Alimentación
- Inyector de Trafico (JPerf 2.0.2)

➤ Montaje de Infraestructura en el Centro de Salud “Conocoto”



Figura. 4.28 Infraestructura en el Centro de Salud “Conocoto” [A].

Como se muestra en la Figura 4.28, se puede dar cuenta la colocación del mástil en la terraza del Centro de Salud, ubicación del radio Ubiquiti NanoStation M2 direccionado al Sub Centro de Salud “El Tingo”, para realizar el enlace entre los dos Centros de Salud.

➤ **Montaje de Infraestructura en el Sub Centro de Salud “El Tingo”**



Figura. 4.29 Infraestructura en el Centro de Salud “El Tingo” [A].

Como se muestra en la Figura 4.29, se puede dar cuenta que se colocó un mástil de 3 metros de alto junto a la base del reservorio de agua del Sub Centro de Salud “El Tingo”, la ubicación del radio Ubiquiti NanoStation M2 direccionado al Centro de Salud “Conocoto”, para estar enlazados los dos Centros de Salud y realizar las pruebas de conectividad y medir la capacidad del enlace, mediante la inyección de tráfico con el software JPerf en ambiente de Java.

➤ Configuración de los Equipos de Telecomunicaciones

Para realizar el radioenlace entre los Centros de Salud de “Conocoto” y “El Tingo”, se deberá utilizar 2 equipos de telecomunicaciones, tanto para la transmisión, como para la recepción de los datos entre Sub Centros.

En el Centro de Salud de “Conocoto” se configuró el primer equipo como Estación, y en el Sub Centro de Salud “El Tingo”, se configuró el equipo como Punto de Acceso.

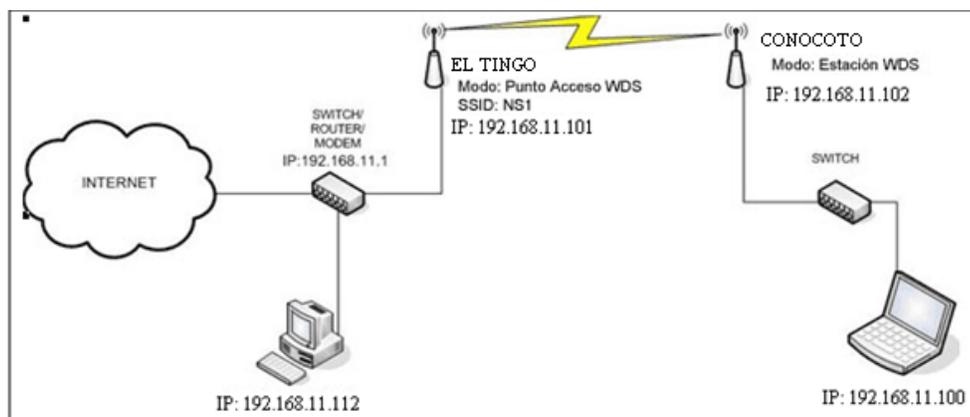


Figura. 4.30 Topología de Red [A].

Para la configuración del equipo Ubiquiti NanoStation M2 de 2.4 GHz, ver anexo 7.

4.10.3 Simulaciones

Se realizó varios tipos de simulaciones del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y Sub Centro de Salud “El Tingo”, y a continuación se indicará los simuladores utilizados.

➤ Herramientas propias de Ubiquiti Networks

Se realizó la simulación del radioenlace mediante las herramientas integradas en los equipos Ubiquiti Network, y se obtuvo los siguientes resultados.

Throughput entre LAN vs. WLAN



Figura. 4.31 Prueba 1: Throughput LAN vs. WLAN [A].



Figura. 4.32 Prueba 2: Throughput LAN vs. WLAN [A].

También se utilizó la herramienta “NETWORK PING”, que se encarga de realizar un ping al equipo ubicado en el Sub Centro de Salud “El Tingo”, y los resultados fueron favorables en el envío y recepción de paquetes, como se muestra en la Figura 4.33

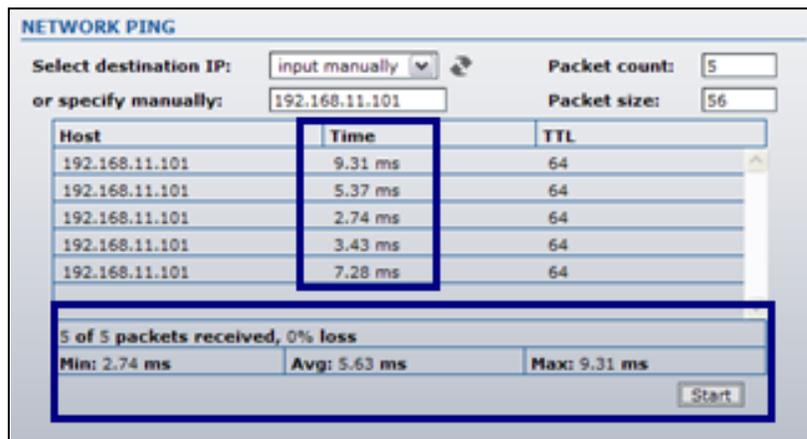


Figura. 4.33 Ping al equipo: Punto de Acceso (AP) [A].

Finalmente configurado los dos equipos uno como “**Punto Acceso**” y el otro como “**Estación**” se procederá a comprobar que se estén enlazados y alineados para su correcto funcionamiento.

Para comprobar que se hayan enlazado y conectado tenemos que acceder a la pestaña de “**MAIN**” del NanoStation que hemos configurado como “**Estación**”, y observar los valores de fuerza de señal.

- Pruebas Operativas del Radioenlace Conocoto – El Tingo

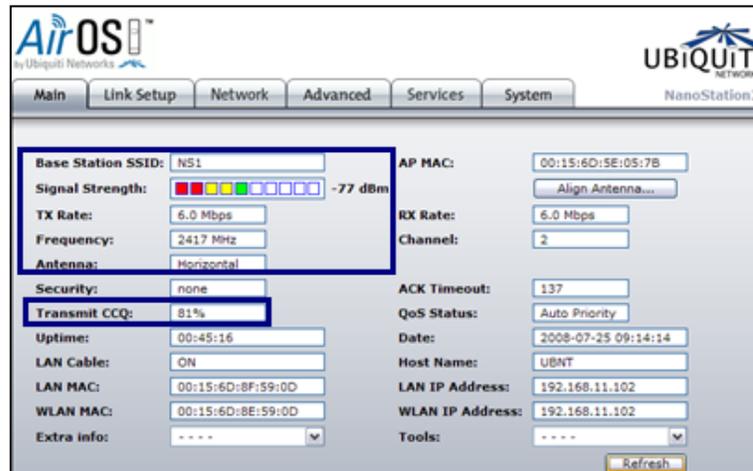


Figura. 4.34 Prueba 1: Potencia de la Señal -77 dBm

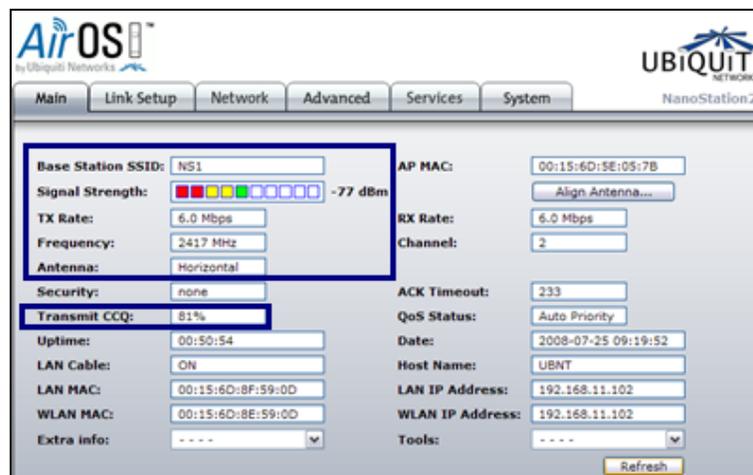


Figura. 4.35 Prueba 2: Potencia de la Señal -77 dBm

The screenshot shows the AirOS NanoStation2 configuration interface. The 'Advanced' tab is selected. The 'Signal Strength' is displayed as -79 dBm with a bar chart showing 7 out of 10 bars filled. The 'Transmit CCQ' is 87%. Other visible settings include Base Station SSID: NS1, TX Rate: 6.0 Mbps, Frequency: 2417 MHz, Antenna: Horizontal, Security: none, AP MAC: 00:15:6D:5E:05:7B, RX Rate: 6.0 Mbps, Channel: 2, ACK Timeout: 329, QoS Status: Auto Priority, Uptime: 00:51:33, LAN Cable: ON, LAN MAC: 00:15:6D:8F:59:0D, Host Name: UBNT, LAN IP Address: 192.168.11.102, WLAN MAC: 00:15:6D:8E:59:0D, WLAN IP Address: 192.168.11.102, and Tools: ----. A 'Refresh' button is located at the bottom right.

Figura. 4.36 Prueba 3: Potencia de la Señal -79 dBm

The screenshot shows the AirOS NanoStation2 configuration interface, similar to the previous one. The 'Signal Strength' is still -79 dBm. The 'Transmit CCQ' is now 83%. Other settings remain the same as in Figure 4.36, including Base Station SSID: NS1, TX Rate: 6.0 Mbps, Frequency: 2417 MHz, Antenna: Horizontal, Security: none, AP MAC: 00:15:6D:5E:05:7B, RX Rate: 6.0 Mbps, Channel: 2, ACK Timeout: 153, QoS Status: Auto Priority, Uptime: 00:51:58, LAN Cable: ON, LAN MAC: 00:15:6D:8F:59:0D, Host Name: UBNT, LAN IP Address: 192.168.11.102, WLAN MAC: 00:15:6D:8E:59:0D, WLAN IP Address: 192.168.11.102, and Tools: ----. A 'Refresh' button is located at the bottom right.

Figura. 4.37 Prueba 4: Potencia de la Señal -79 dBm

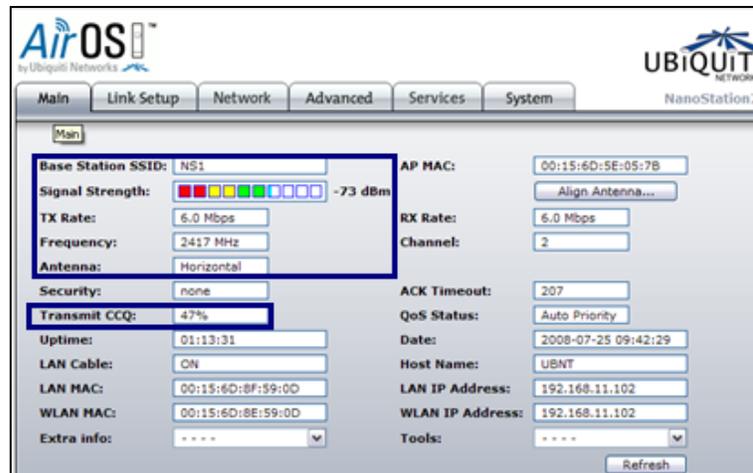


Figura. 4.38 Prueba 5: Potencia de la Señal -73 dBm

Los valores para establecer un enlace operativo son de entre -85 dBm y -65 dBm, inferiores a -85 dBm causarían un posible corte en el enlace. Valores por encima de -65 dBm indican un exceso de señal y causarían un comportamiento anómalo en el dispositivo. Ajustar la potencia de salida hasta conseguir estos valores de enlace.

➤ Software Inyector de Tráfico JPerf

El software JPerf es un programa cliente-servidor que permite medir la velocidad máxima que alcanzan 2 computadoras conectadas en red local. Es similar al Iperf pero con interfaz gráfica en Java.

La diferencia entre estos dos programas es que Iperf se ejecuta mediante línea de comandos, y Jperf se ejecuta en Java (para ello necesitas tener instalado Java).

Para la instalación del inyector de tráfico JPerf ver anexo 8.

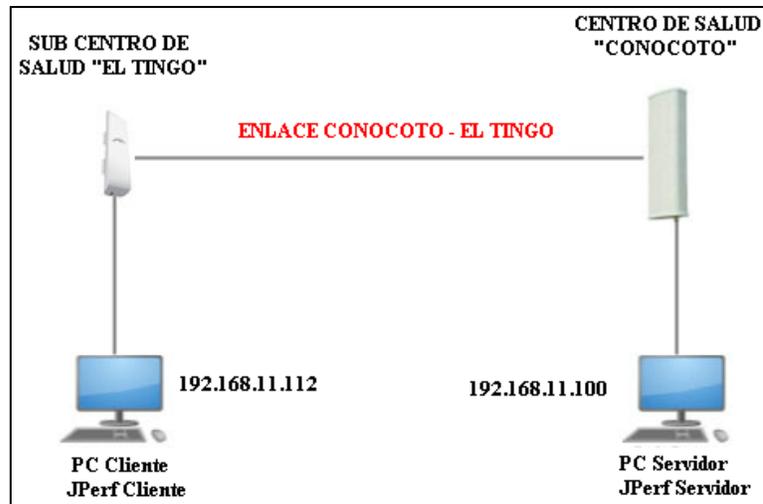


Figura. 4.39 Topología de Inyección de Tráfico JPerf [A]

➤ Ancho de Banda en Modo Cliente

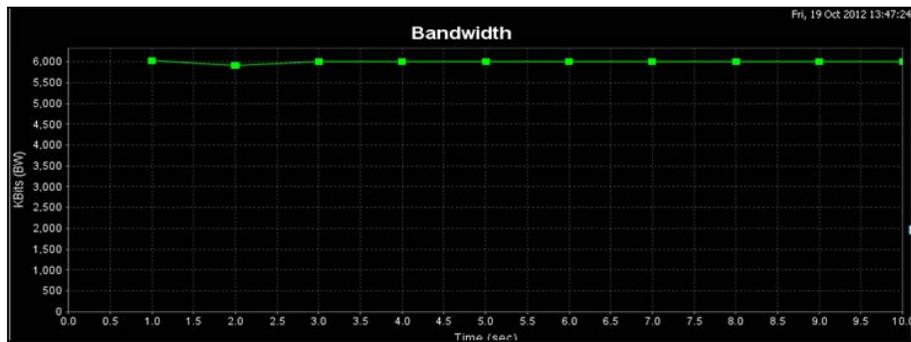


Figura. 4.40 Prueba 1: Ancho de Banda en el Centro de Salud "Conocoto"

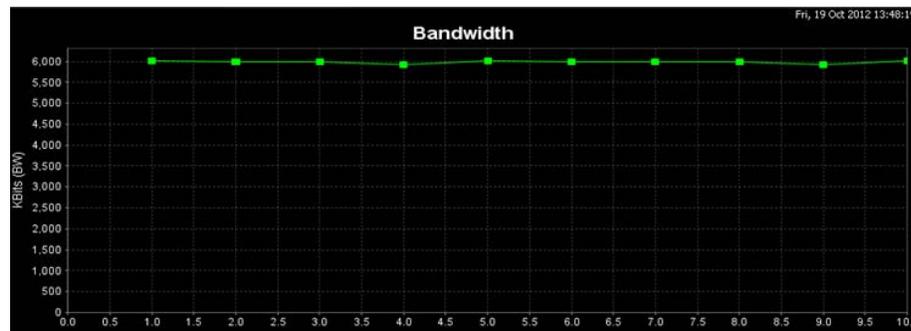


Figura. 4.41 Prueba 2: Ancho de Banda en el Centro de Salud "Conocoto"

Mediante los valores obtenidos en el Inyector de Tráfico JPerf se tomará el valor máximo de Throughput que será de: 5.5 Mbps.

➤ **Ancho de Banda y Jitter en Modo Servidor**

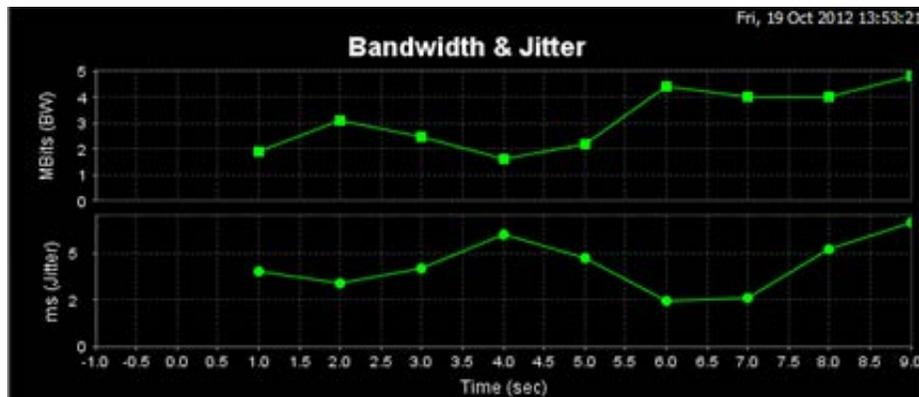


Figura. 4.42 Prueba 1: Ancho de Banda y Jitter en el Sub Centro de Salud “El Tingo”

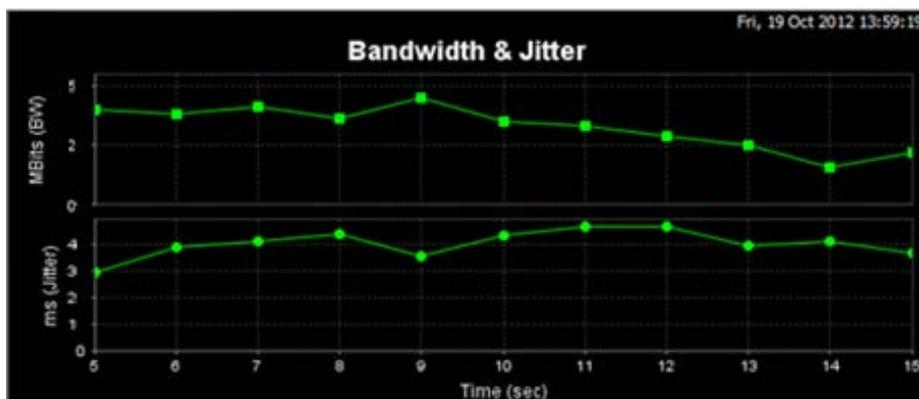


Figura. 4.43 Prueba 2: Ancho de Banda y Jitter en el Sub Centro de Salud “El Tingo”

Mediante los valores obtenidos en el Inyector de Tráfico JPerf se tomará el valor máximo de Throughput que será de: 3.7 Mbps, y el valor máximo de Jitter será de: 5 ms (milisegundos).

Los valores tanto de Throughput y Jitter servirá para calcular la eficiencia del sistema para realizar la implementación a futuro del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”.

➤ Inyector de Tráfico QualNet

Es una plataforma de simulación de redes inalámbricas, por cable y el rendimiento del dispositivo de red. Software QualNet puede explorar y analizar las primeras etapas de diseño de dispositivos y códigos de aplicación en redes cerradas, sintéticos en tiempo real.

QualNet permite a los usuarios crear, desarrollar y ejecutar modelos de red personalizados.

Modo de Diseño

Permite a los usuarios configurar terreno, conexiones de red, subredes, patrones de movilidad de los usuarios inalámbricos, y otros parámetros funcionales de los nodos de la red. Los usuarios pueden crear modelos de red mediante clic intuitivo, y las operaciones de arrastre. También pueden personalizar la pila de protocolos de cualquiera de los nodos y especificar el tráfico de capa de aplicación y servicios que se ejecutan en la red.

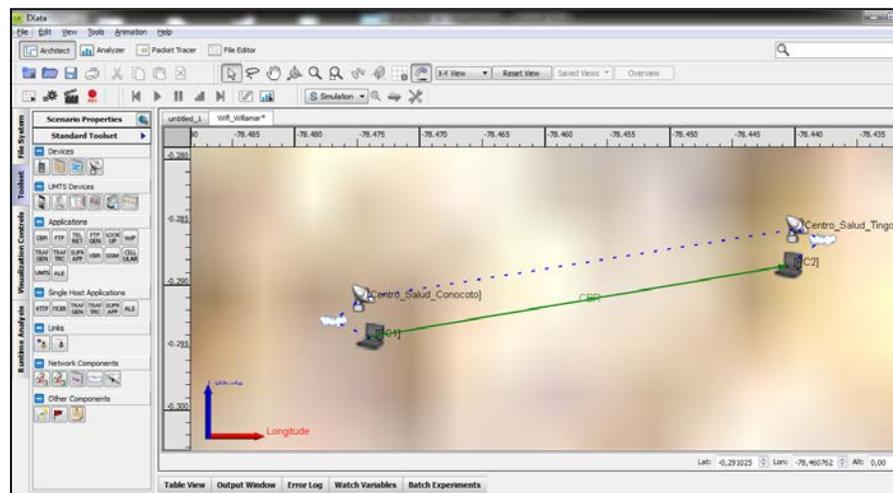


Figura. 4.44 Software EXata / Cyber de Qualnet

Topología de Red

Para realizar la simulación en el Software Qualnet, se deberá ingresar las coordenadas geográficas de los dos Centros de Salud a ser evaluados como son: Centro de Salud “Conocoto” y Sub Centro de Salud “El Tingo”, y la topología quedará de la siguiente manera.

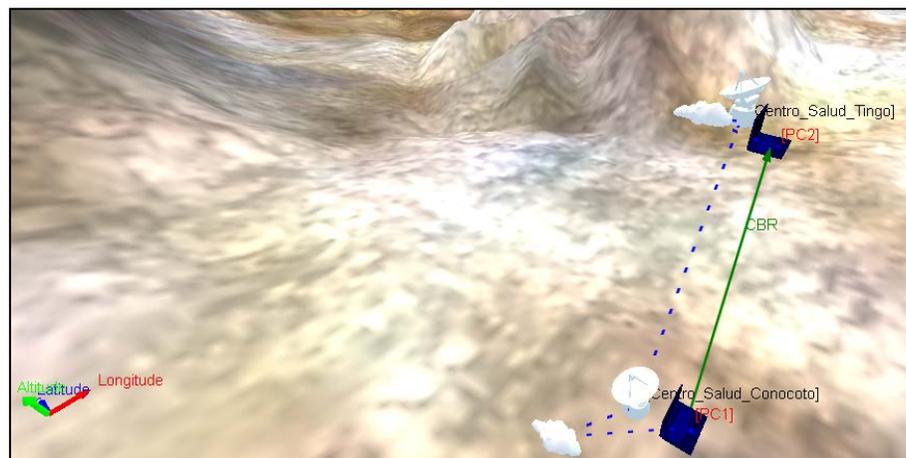


Figura. 4.45 Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo en 3D

Topología de Red entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo” vista en 2D.

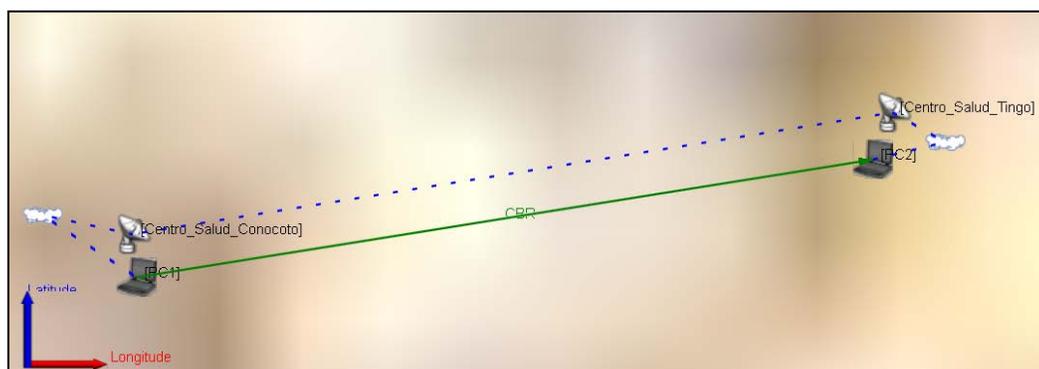


Figura. 4.46 Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo en 2D

Topología de Red entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo” vista Lateral en 3D.

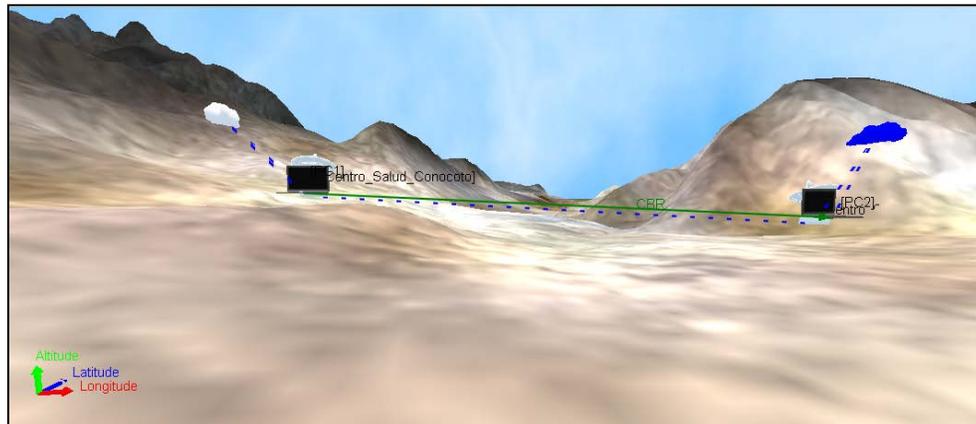


Figura. 4.47 Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo vista Lateral en 3D

En la figura 4.48 se muestra la simulación en 3D de la red inalámbrica entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”.

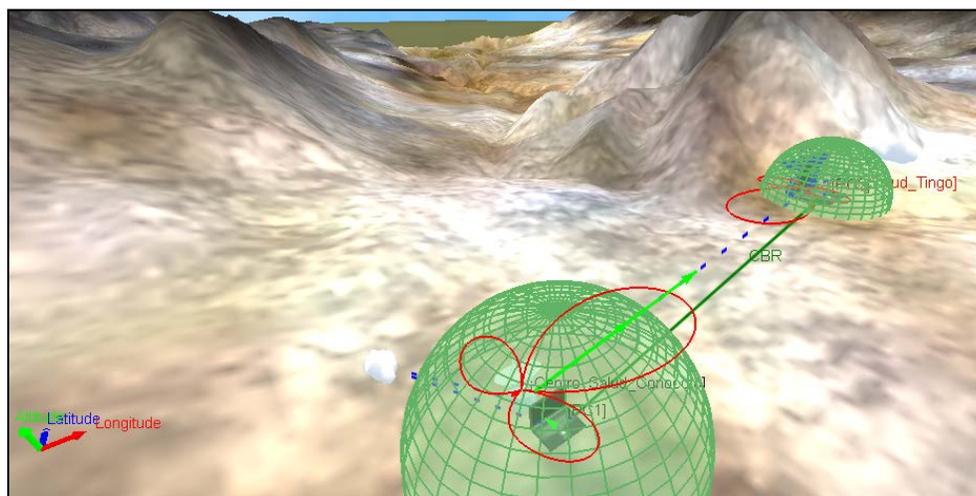


Figura. 4.48 Simulación en 3D de la red inalámbrica del Enlace Conocoto – El Tingo

En la figura 4.49 se muestra la inyección de tráfico a la red inalámbrica mediante un paquete CBR de 6 Mbps desde el Centro de Salud “Conocoto”, hasta el Sub Centro de Salud “El Tingo”.

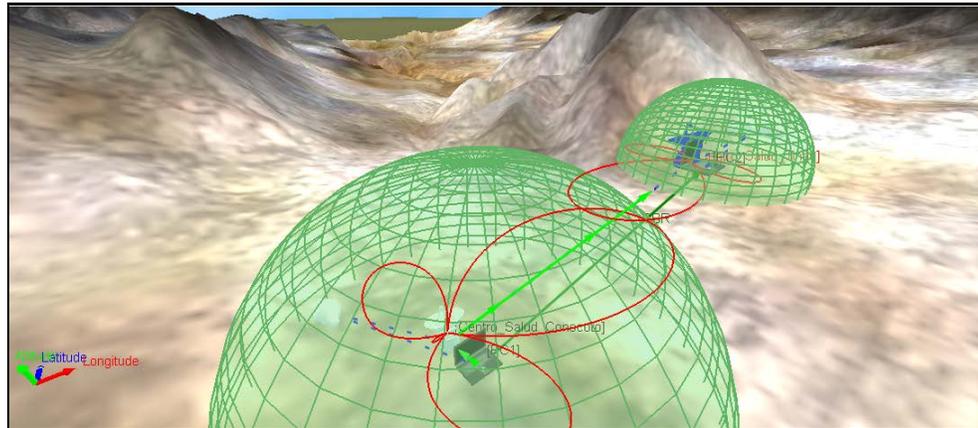


Figura. 4.49 Inyección de Tráfico al Enlace Conocoto – El Tingo

- **Resultados Obtenidos en el Radioenlace Conocoto – El Tingo**

CBR Client

CBR Client = Centro de Salud “Conocoto” envió de paquetes CBR para el Sub Centro de Salud “El Tingo”, como se muestra en la Figura 4.50

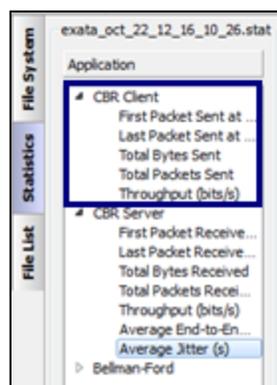


Figura. 4.50 CBR Client

Total de Paquetes Enviados

Mediante la inyección de tráfico del radioenlace Conocoto – El Tingo, se envió 1000 paquetes, como se muestra en la Figura 4.51

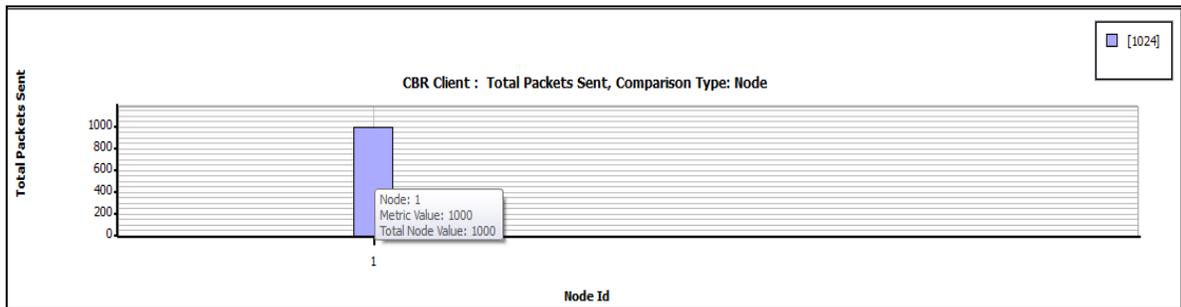


Figura. 4.51 Paquetes Enviados

Throughput del CBR Client

El throughput que se utilizó para el envío de paquetes CBR, hacia el Sub Centro de Salud “El Tingo” fue de 5.60 Mbps.

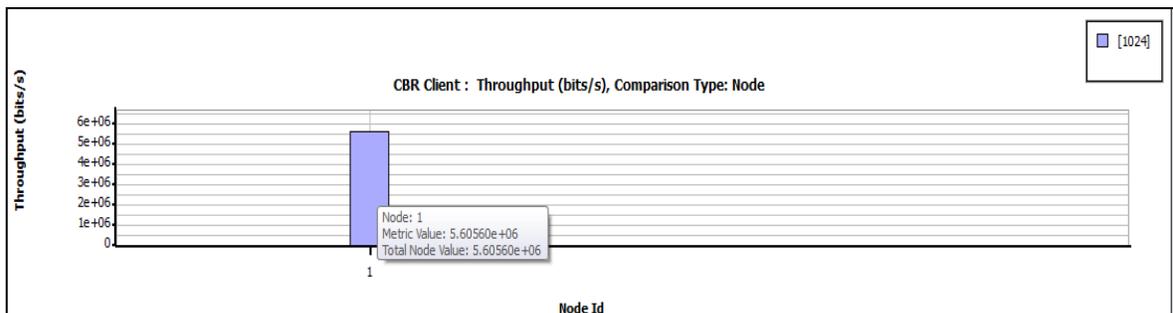


Figura. 4.52 Throughput CBR Client

CBR Server

CBR Server = Sub Centro de Salud “El Tingo” recepción de paquetes CBR del Centro de Salud “Conocoto”, como se muestra en la Figura 4.89

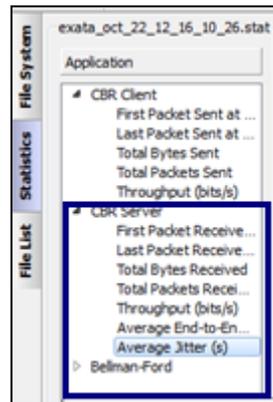


Figura. 4.53 CBR Server

Total de Paquetes Recibidos

Mediante la inyección de tráfico del radioenlace Conocoto – El Tingo, se recibió 720 paquetes, como se muestra en la Figura 4.90

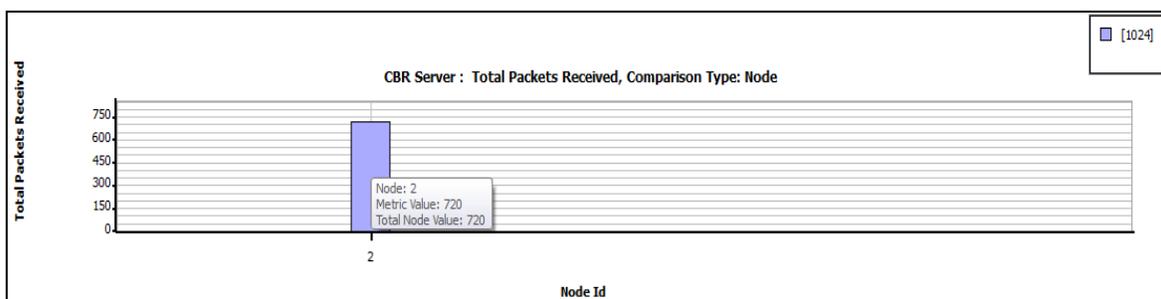


Figura. 4.54 Paquetes Recibidos

Throughput del CBR Server

El throughput que recibió el Sub Centro de Salud “El Tingo” fue de 3.9485 Mbps \approx 4 Mbps, como se muestra en la figura 4.55.

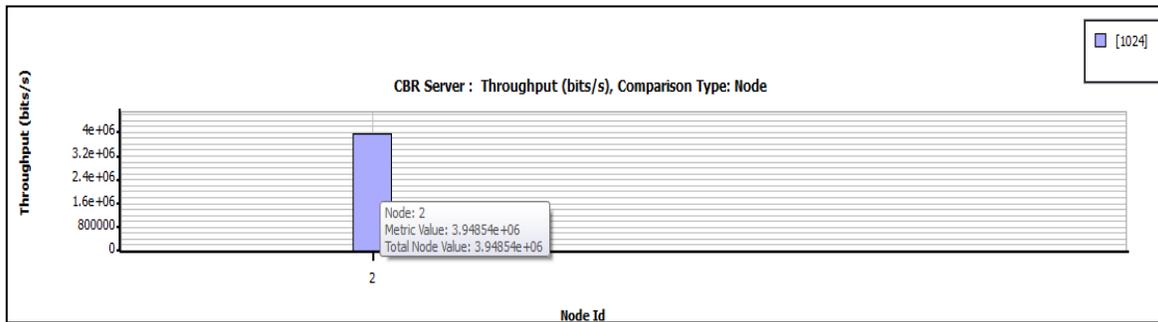


Figura. 4.55 Throughput CBR Server

Jitter del CBR Server

La variabilidad del retardo (Jitter) en el radioenlace Conocoto – El Tingo, mediante el envío y la recepción de paquetes CBR, es de 0.0009 s (segundos) \approx 0.9 ms (milisegundos), como se muestra en la figura 4.56

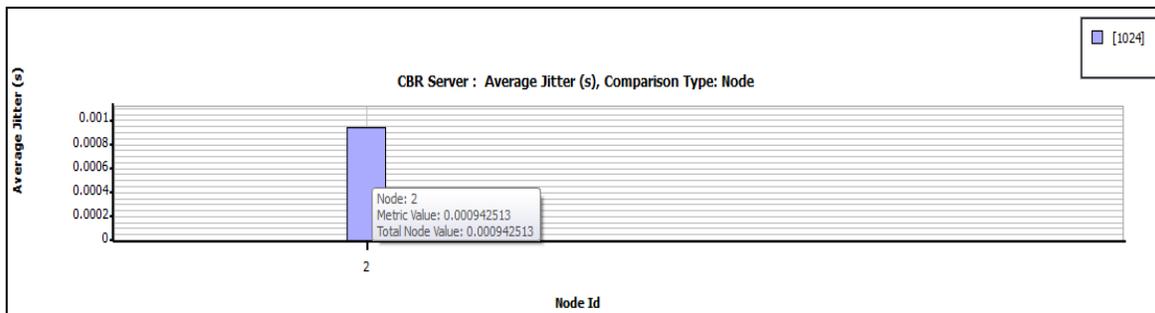


Figura. 4.56 Jitter CBR Server

4.11 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.11.1 Análisis de datos e información obtenida

Los datos obtenidos entre la inyección de tráfico con JPerf en la transmisión real del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”, se realizará una comparación de los parámetros obtenidos en el inyector de tráfico Qualnet en la simulación del radioenlace.

En la tabla 4.25 se indicará los valores obtenidos tanto en: paquetes enviados, throughput en la transmisión, throughput en la recepción, paquetes recibidos, y finalmente el Jitter, que es un parámetro muy importante a tomar en cuenta para realizar la implementación del radioenlace “Conocoto” – “El Tingo”.

| PARÁMETROS | JPERF (Valor Real) | QUALNET (Valor Práctico) |
|--------------------|--|--------------------------|
| Paquetes Enviados | 1000 | 1000 |
| Throughput TX | 5.5 Mbps | 5.6 Mbps |
| Paquetes Recibidos | 640 | 720 |
| Paquetes Perdidos | 360 | 280 |
| Throughput RX | 3.7 Mbps | 4 Mbps |
| Jitter | 0.005 \approx 6 ms (milisegundos) | 0.9 ms (milisegundos) |

Tabla. 4.25 Valores Obtenidos en JPerf vs QualNet

Como se puede observar en la tabla 4.25 todos los valores reales obtenidos en la implementación del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”, son menores y el parámetro fundamental que es el Jitter es mayor a comparación del valor práctico obtenido en el Simulador QualNet.

También existe mayor pérdida de paquetes al momento de la transmisión real que es de 340, es decir la red se hará lenta, para solicitar re-transmisión de paquetes.

El Jitter es un parámetro fundamental en la transmisión de datos, para verificar si existe variabilidad de retardo en el radioenlace a ser implementado, es decir según la tabla 4.25 obtiene en la transmisión real un jitter de 6 ms, y en la simulación tiene un jitter de 0.9 ms. Como se puede observar el valor jitter en la implementación del radioenlace en el campo, es mayor al valor obtenido en el simulador Qualnet.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

En el capítulo se presenta el análisis del costo de cada uno de los equipos a utilizar en los enlaces, así también como el costo que implicará montar la infraestructura de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

También se realizará un presupuesto final de todos los enlaces, con el objetivo de estimar la factibilidad económica del presente proyecto.

Los costos expresados a continuación, son valores referenciales promedio de los diferentes equipos disponibles en el mercado.

5.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Se detallará los costos individuales que implica los radioenlaces, obra civil, mano de obra, parte eléctrica, alimentación, movilización para la implementación de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud en el Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, como se indicará en las siguientes tablas.

La obra civil, la mano de obra y la parte eléctrica hacen referencia en contratar personal tanto para la construcción de infraestructura, cuarto de comunicaciones, instalación de las antenas para los radioenlaces y la instalación de fuentes de alimentación cerca de las torres de comunicaciones.

Tabla. 5.1 Análisis de Costos por los Centros y Sub Centros de Salud

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | P. UNITARIO (\$) | P. TOTAL (\$) |
|-----------------|--|-----------------------------|--------------------------|
| 12 | Radio Ubiquiti Networks, modelo NanoStation M2 | 97 | 1164 |
| 9 | Obra Civil | 50 | 450 |
| 9 | Mano de Obra | 50 | 450 |
| 9 | Parte Eléctrica | 50 | 450 |
| 9 | Alimentación | 25.56 | 230 |
| 9 | Movilización | 49.44 | 445 |
| TOTAL | | | \$ 3189,00 |

El costo total para la implementación de los radioenlaces para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos incluyendo obra civil, mano de obra, parte eléctrica y movilización será de: \$ 3189 dólares.

5.2 EQUIPAMIENTO DE RED

En el presupuesto de cualquier radioenlace es necesario considerar los costos de los equipos activos y equipos pasivos. En cuanto a mástiles, se requiere la construcción de un mástil de 15 metros en cada Centro y Sub Centro de Salud con su respectiva puesta a tierra.

Tabla. 5.2 Costos de Infraestructura para los Centros y Sub Centros de Salud

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | P. UNITARIO (\$) | P. TOTAL (\$) |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 9 | Mástil 15 m. | 60 | 540 |
| 9 | Puesta a Tierra CPE | 200 | 1800 |
| TOTAL | | | \$ 2340,00 |

En este monto se considerarán los costos de switch, router, UPS, Racks, conectores RJ-45, cables tipo UTP y certificación de cables. Los cables FTP serán utilizados para la conexión de los equipos de radio, equipos de red y para los equipos de la LAN de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos considerados en el presente proyecto.

Tabla. 5.3 Costos de Equipos activos y pasivos para los Centros y Sub Centros de Salud

| EQUIPOS ACTIVOS | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------|
| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | P. UNITARIO (\$) | P. TOTAL (\$) |
| 1 | Switch Cisco Administrable Capa 3 24 P. 10/100 + 2p. Gigabit | 420 | 420 |
| 9 | Router Wireless D-link Dir-655 Wifi Xtreme N Puertos Gigabit | 140 | 1260 |
| 9 | Switch Hp/3com V1905-24 Puertos 10/100 Administrable Capa 2 | 275 | 2475 |
| 9 | Ups Altek 725 Va 6 Tomas | 40 | 360 |
| 1 | Pararrayo | 350 | 350 |
| Subtotal de equipos activos | | | \$ 4865,00 |
| EQUIPOS PASIVOS | | | |
| 570 | Cable FTP 5e Qpcom 1m. | 0,93 | 530,10 |
| 1 | Rack Abierto De Piso Encapsulado 24ur 48plg Beaucoup I-1043 | 130 | 130 |
| 8 | Rack Soporte De Pared 6ur Beaucoup I-1034 | 52 | 416 |
| 200 | Conectores RJ-45 cat 5e (10 unidades) | 1,50 | 30,00 |
| Subtotal de equipos pasivos | | | \$ 1106,10 |
| TOTAL | | | \$ 5971,10 |

5.3 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS

Los principales servicios a ser implementación en la red de datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos serán de: telefonía IP, transferencia de archivos. A continuación se indicará los costos de implementación de los servicios.

Tabla. 5.4 Costo de implementación de servicio propuesto para telefonía IP

| TELEFONÍA IP | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| EQUIPOS | CANTIDAD | P. UNITARIO (\$) | P. TOTAL (\$) |
| Teléfono IP Zyxel V301 -t1 | 25 | 80 | 2000 |
| Teléfono Ip Cisco Spa 303 4 Líneas | 9 | 140 | 1260 |
| Central Asterisk | 1 | 600 | 600 |
| TOTAL | | | \$ 3860,00 |

Tabla. 5.5 Costo de implementación de servicio propuesto para transferencia de archivos

| TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| EQUIPOS | CANTIDAD | P. UNITARIO (\$) | P. TOTAL (\$) |
| Computador - Servidor | 1 | 500 | 500 |
| Sistema Operativo (Server 2008) | 1 | 935 | 935 |
| TOTAL | | | \$ 1435,00 |

Tabla. 5.6 Costo de implementación de servicio propuesto para Internet

| SERVICIO DE INTERNET | | | |
|--|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | P. UNITARIO (\$) | P. TOTAL (\$) |
| Fibra Óptica FTTH 3 Mbps compartición 1:1 | 1 | 400 | 400 |
| Instalación | 1 | 100 | 100 |
| TOTAL | | | \$ 500,00 |

5.4 PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del diseño de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos se muestra en la tabla 5.23

Tabla. 5.7 Presupuesto total del Proyecto

| DESCRIPCIÓN | COSTO (\$) |
|---------------------------|--------------------|
| Análisis de Costos | 3189,00 |
| Equipamiento de Red | 8311,10 |
| Costo de Servicios | 5795,00 |
| TOTAL DEL PROYECTO | \$ 17295,10 |

5.5 INFORME TÉCNICO-ECONÓMICO SOBRE EL ESTUDIO REALIZADO

Todo proyecto de inversión para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos genera efectos o impactos de naturaleza diversa, directos, indirectos, externos e intangibles.

El estudio económico del presente proyecto de diseño de red de datos tiene la finalidad de orientar en la toma de decisión en torno a la pertinencia de ser ejecutado o no. Las redes de datos son primordiales en la actividad productiva de los Centros y Sub Centros de Salud.

El presente proyecto es una propuesta de acción técnico económica para resolver la necesidad de implementar toda la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud, utilizando un conjunto de recursos disponibles, los cuales son: materiales (materiales eléctricos varios) y tecnológicos (equipos e instrumentos) entre otros.

El informe técnico económico contempla la viabilidad del presente proyecto para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No.24, y se indicará dos posibles soluciones para la implementación de la red datos y de los diferentes tipos de servicios. En la tabla 5.8 se indicará el presupuesto total con equipos Ubiquiti que requiere el Ministerio de Salud Pública para ejecutar el proyecto.

Tabla. 5.8 Presupuesto total del proyecto con equipos Ubiquiti

| EQUIPOS UBIQUITI NANOSTATION M2 | |
|--|--------------------|
| DESCRIPCIÓN | COSTO (\$) |
| Análisis de Costos | 3189,00 |
| Equipamiento de Red | 8311,10 |
| Costo de Servicios | 5695,00 |
| TOTAL DEL PROYECTO | \$ 17295,10 |

A continuación se indicará el presupuesto total con equipos CANOPY MOTOROLA que requerirá el Ministerio de Salud Pública para la ejecución del proyecto, y se escogerá la mejor opción para la implementación de la red de datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

Tabla. 5.9 Presupuesto total del proyecto con equipos Canopy - Motorola

| EQUIPOS CANOPY MOTOROLA 2,4 GHZ | |
|--|--------------------|
| DESCRIPCIÓN | COSTO (\$) |
| Análisis de Costos | 6860,00 |
| Equipamiento de Red | 8311,10 |
| Costo de Servicios | 5695,00 |
| TOTAL DEL PROYECTO | \$ 20866,10 |

Como se puede dar cuenta el presupuesto total del proyecto a ser deberá ser implementado con equipos Ubiquiti como se indica en la tabla 5.8, ya que el presupuesto con equipos Canopy Motorola es superior a dicho presupuesto.

Los equipos Ubiquiti como Canopy Motorola cumplen con las mismas especificaciones de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, por lo que se le requiere al Ministerio de Salud Pública que realice la implementación con el presupuesto total del proyecto que será de \$ 17295,10.

5.5.1 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

En esta sección se procederá a realizar un análisis económico de los ingresos versus los egresos que genere la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos. En los egresos se incluirán solamente los costos por operación y mantenimiento, ya que los costos por equipamiento de la red, infraestructura y equipamiento en cada Sub Centro de Salud estarán totalmente cubiertos por el Ministerio de Salud Pública.

El costo de ancho de banda del Internet que será de \$ 4800,00 dólares para la ejecución del presente proyecto, se incrementará anualmente por el mismo costo y con la misma velocidad que se contratará a cualquier proveedor de dicho servicio.

Tabla. 5.10 Egreso mensual y anual de la red de datos

| EGRESOS | Costo Mensual US(\$) | Costo Anual US(\$) |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Internet | 400 | 4800 |
| Mantenimiento | 144 | 1728 |
| TOTAL | 544 | \$ 6528,00 |

Para los ingresos se tomará en cuenta el aporte mensual del Ministerio de Salud Pública y de los pacientes que son atendidos diariamente para la sustentabilidad de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

Tabla. 5.11 Ingreso mensual y anual de la red de datos

| INGRESOS | Costo Mensual US(\$) | Costo Anual US(\$) |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Ministerio de Salud Pública | 1200 | 14400 |
| Atención Médica | 900 | 10800 |
| TOTAL | 1500 | 25200 |

Al ser una red de datos sin fines de lucro y cuyo objetivo será brindar facilidades y los diferentes tipos de servicios como son: telefonía IP, transferencia de archivos, video conferencia y servicio de Internet, no se tendrá tasa de retorno.

Para saber si el proyecto será rentable, se utilizará las variables VAN y TIR. Para realizar los cálculos de estas variables se utiliza la tasa pasiva de los bancos ya que se la toma como un punto de referencia para el cálculo de la rentabilidad.

La tasa pasiva es el porcentaje de ganancia que se obtiene por retener el capital en un banco, por esto si la variable TIR es mayor a la tasa pasiva entonces el proyecto es rentable.

Para el análisis de dichas variable económicas se hace uso de una tasa pasiva del 16% que es la tasa pasiva actual de los bancos.

- El VAN es la diferencia de todos los ingresos y egresos expresados en moneda actual. El criterio de evaluación plantea que el proyecto debe aceptarse si el $VAN > 0$ y rechazarse si $VAN < 0$.
- La Tasa Interna de Retorno o TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

Tabla. 5.12 Ingresos y egresos para la red de datos

| | 0 2012 | 1 2013 | 2 2014 | 3 2015 | 4 2016 | 5 2017 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ingresos | | 32895,10 | 31200,00 | 31200,00 | 31200,00 | 31200,00 |
| Ministerio de Salud Pública | | 14400,00 | 28800,00 | 28800,00 | 28800,00 | 28800,00 |
| Atención Médica | | 1200,00 | 2400,00 | 2400,00 | 2400,00 | 2400,00 |
| Aporte MSP al Área No.24 | | 17295,10 | | | | |
| | | | | | | |
| Egresos | | -6528,00 | -6528,00 | -6300 | -6300 | -6300 |
| Internet | | -4800,00 | -4800,00 | -4800,00 | -4800,00 | -4800,00 |
| Mantenimiento | | -1728,00 | -1728,00 | -1500,00 | -1500,00 | -1500,00 |
| | | | | | | |
| MARGEN DE OPERACIÓN BRUTO | | 26367,10 | 24672 | 24900 | 24900 | 24900 |
| | | | | | | |
| Inversión Inicial | 17295,10 | | | | | |
| Análisis de Costos | 3189,00 | | | | | |
| Equipamiento de Red | 8311,10 | | | | | |
| Costo de Servicios | 5695,00 | | | | | |

El cálculo del VAN, será mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = - Inversión\ inicial + \sum \frac{Márgen\ operacional\ bruto}{(1+i)^n} \quad (5.1)$$

Donde:

i : Tasa de descuento (16%).

n : Número de sustentabilidad del proyecto (años).

$$VAN = -17295,10 + \frac{26367,10}{(1+0,16)} + \frac{24672}{(1+0,16)^2} + \frac{24900}{(1+0,16)^3} + \frac{24900}{(1+0,16)^4} + \frac{24900}{(1+0,16)^5}$$

$$VAN = -17295,10 + 22730,26 + 18335,31 + 15952,37 + 13752,05 + 11855,21$$

$$VAN = \$ 65330,10(dólares).$$

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$TIR = - Inversión\ inicial + \sum \frac{Márgen\ operacional\ bruto}{(1+i)^n} \quad (5.2)$$

Para obtener la tasa de descuento, se deberá igual a cero, la ecuación 5.2.

$$0 = -17295,10 + \frac{26367,10}{(1+i)} + \frac{24672}{(1+i)^2} + \frac{24900}{(1+i)^3} + \frac{24900}{(1+i)^4} + \frac{24900}{(1+i)^5}$$

$$i = 0,47$$

$$i = 0,47 \times 100\%$$

$$i = 47\%$$

La tasa pasiva es el porcentaje de ganancia que se obtiene por retener capital en un banco, por esto si la variable TIR es mayor a la tasa pasiva entonces el proyecto es rentable. Para el análisis de dichas variable económicas se hace uso de una tasa pasiva del 16% que es la tasa pasiva actual de los bancos.

De a cuerdo a las variables, se puede concluir que el proyecto es altamente rentable y sostenible para la implementación de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio y diseño de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, ya que en este momento no disponen de ninguna red de comunicación para obtener los diferentes tipos de servicios a ser implementados en este proyecto.
- Para la implementación de la red de datos se realizará un Nodo de Access Point ubicado en la cabecera principal que será el Centro de Salud “Conocoto” para los diferentes radioenlaces. Para que no exista interferencia en la transmisión de datos entre los diferentes Centros y Sub Centros de Salud ubicados en el Sector del Valle de los Chillos, se configurará 3 access point en diferentes frecuencias.
- En base a las visitas de campo realizadas a los diferentes Centros y Sub Centros que pertenecen al Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos se logró confirmar que existe la capacidad de energía y el espacio físico necesario para instalar los equipos propuestos en el presente proyecto.

- Mediante el análisis económico se puede garantizar que la propuesta es eficiente y rentable debido que, la inversión del presente proyecto es relativamente bajo, que se justificará con el beneficio que proveen este tipo de radios Wi-Fi soportando las nuevas aplicaciones y servicio que demanda el Ministerio de Salud Pública.
- En el diseño de la red de datos se utilizó los canales sin solapamiento de Wi-Fi en la banda de 2,4 GHz, como son: en canal 1, canal 6 y canal 11, para que no exista interferencia co-canal entre los radios Nano Station M2 ubicados en la cabecera principal.
- En el diseño de los radioenlaces para cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud, surgió un inconveniente, ya que en el enlace Conocoto – Amaguaña no existe LOS (Línea de Vista) para su implementación, y la solución será utilizar una repetidora ubicada en el Sub Centro de “Cuendina”, para tener enlazados todos los puntos de la red de datos.
- Se seleccionó el software Radio Mobile para realizar la simulación de los radioenlaces de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud, ya que permite dibujar la elevación en los mapas usando los datos SRTM, con la posibilidad de agregar los mapas de rutas y autopistas simultáneamente a los relieves del contorno.
- También se utilizó el software de inyector de tráfico JPerf al momento de la implementación del radioenlace Conocoto – El Tingo, para verificar el throughput, paquetes enviados, paquetes recibidos y el jitter, que es un parámetro principal en la transmisión de datos.

- Para el análisis de resultados se utilizó el software de simulación QualNet, que es un inyector de tráfico y un simulador de redes inalámbricas. Para efectuar una comparación entre JPerf vs QualNet del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” – Sub Centro de Salud “El Tingo”, se determinó que los valores obtenidos no influirán en el desempeño del radioenlace.
- Se utilizará servidor Asterisk de telefonía IP, transferencia de archivos ubicados en el cabecera principal que será el Centro de Salud de “Conocoto”, para brindar los diferentes tipos de servicios especificados en el presente proyecto.
- El costo total del proyecto será de \$ 17295,10, que es un presupuesto acorde a los requerimientos del personal de salud que trabaja en los Centros y Sub Centros de Salud. La ejecución del presente proyecto podrá ser sustentado por el Ministerio de Salud Publica o el Gobierno Nacional.
- El limitante de la red de datos, será que no existe un sistema redundante, es decir el diseño de la red de telecomunicaciones tendrá una red primaria, más no una red secundaria o back up.
- Con la demanda inicial, el crecimiento de la capacidad de los radioenlaces será para 10 años al momento de la ejecución del proyecto, mediante una tasa de descuento del 1%.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se requiere de una infraestructura para montar los equipos de radiofrecuencia, cuarto de comunicaciones y un centro de monitoreo de toda la red de datos ubicada en la cabecera principal, que será el Centro de Salud de “Conocoto”.
- El uso de la tecnología Wi-Fi es factible para realizar los radioenlaces de la red de datos entre los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, siempre y cuando no exista problema de interferencia co-canal, por eso se recomienda utilizar los canales 1, 6 y 11 sin solapamiento en la banda de 2,4 GHz para no tener inconvenientes en la transmisión de datos.
- Para comprobar los parámetros de diseño de los diferentes radioenlaces calculados en el presente proyecto, se recomienda la utilización del Software Radio Mobile debido que permite elegir con mayor facilidad las características de los equipos a ser utilizados para la red de datos de los Centros y Sub Centros de Salud.
- Es recomendable realizar una comparación entre los datos reales y los datos teóricos sobre este tipo de redes, para así tener una referencia en aspectos técnicos y si la red de datos a ser implementada es adecuada y cumple con los parámetros de calidad.
- Es recomendable la adquisición de equipos de respaldo para garantizar un mejor rendimiento operativo de la red, debido que si se necesita algún tipo de reparación los técnicos o los encargados del monitoreo de la red, lo realicen en el menor tiempo posible con el objetivo de no interrumpir las comunicaciones del Ministerio de Salud Pública.

6.3 TRABAJOS A FUTURO

- Se sugiere implementar el presente proyecto debido a que no existe ninguna infraestructura, cuarto de comunicaciones y red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.
- A partir de los 10 años se deberá dimensionar nuevamente la red de datos para el brindar el servicio de telefonía IP, entre los diferentes tipos de Centros y Sub Centros de Salud, para obtener una mayor cantidad de líneas telefónicas mediante el servidor Asterisk que se colocará en la cabecera principal que será el Centro de Salud de “Conocoto”.
- Otro trabajo a futuro será realizar nuevamente los apuntamientos de los radioenlaces de los Centros y Sub Centros de Salud, ya que con el transcurso del tiempo, los equipos de comunicación se tienden a mover o cambiar de posición con el viento.
- Verificar las conexiones eléctricas, los cuartos de comunicaciones, los servidores de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud, para que no exista ningún tipo de inconveniente en la red de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[A] **Villamar, Andres.** Diseño de una solución integral de telecomunicaciones para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos. Año 2012

[1]**Marcano, Ninoska. 2012.** Salud Infantil. [En línea] 15 de 04 de 2012. [Citado el: 05 de 09 de 2012.] <http://saludinfantil.about.com/od/Glosario/g/Qu-E-Es-Salud.htm>.

[2]**Bembibre, Cecilia.** Definición ABC. [En línea] [Citado el: 11 de 09 de 2012.] <http://www.definicionabc.com/salud/centro-de-salud.php>.

[3]**Nacasa.** Nacasa Technologies. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2012.] <http://www.nacasatechnologies.com>.

[4]**Suñiga, Carlos. 2011.** Tuvdotcom. [En línea] 2011. [Citado el: 04 de 09 de 2012.] http://www.tuvdotcom.com/what_are_norms_and_requirements?locale=es.

[5]**Cardenas, Pedro. 2006.** Metrologic Mexico. [En línea] 2006. [Citado el: 04 de 09 de 2012.] http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion_tecnica/estandares_inalambricos.php.

[6]**Campoverde, Hector Hugo. 2011.** TECHNOLOGY- RED. [En línea] 04 de 2011. [Citado el: 15 de 11 de 2012.] <http://technology-red.blogspot.com/2011/04/comutacion-de-ethernet.html>.

[7]**Pereira, Carlos.** Universidad del Azuay. [En línea] [Citado el: 04 de 09 de 2012.] http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/switch.htm.

[8]**Monte, Jesus del. 2012.** Teknobuilding. [En línea] 2012. [Citado el: 15 de 11 de 2012.] <http://www.teknobuilding.com/>.

[9]**Lluly, 2009.** Scribd. [En línea] 02 de 12 de 2009. [Citado el: 24 de 09 de 2012.] <http://es.scribd.com/doc/12278505/Tarjeta-de-Red-Nic>.

[10]**Cea, Tatiana.** Wiki de Redes Informáticas. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2012.] <http://redesinformaticas.wikispaces.com>.

[11]**Alegsa, 1998.** Alegsa. [En línea] 1998. [Citado el: 24 de 09 de 2012.] <http://www.alegsa.com.ar/Dic/punto%20de%20acceso%20inalambrico.php>.

[12]**Quezada, Ivan Forcada, 2008.** ConstruAprende. [En línea] 2008. [Citado el: 24 de 09 de 2012.] <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/303-torres-telecomunicaciones?start=1>.

[13]**Wayne, Tomasi.** Sistemas de comunicaciones electrónicas. s.l. : 2º Edición.

[14]**Rosero, Victor, 2007.** Biblioteca Escuela Politécnica Nacional. [En línea] 01 de 2007. [Citado el: 05 de 09 de 2012.] <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/189/1/CD-0587.pdf>.

[15]**Guevara, Carlos.** Diatel. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2012.] <http://www.diatel.upm.es>.

[16]**Ortiz, Óscar, 2011.** Universidad Politécnica de Madrid. [En línea] 2011. [Citado el: 10 de 09 de 2012.]

<http://www.diatel.upm.es/oortiz/Doctorado/Trabajo%20de%20Investigaci%C3%B3n%20Oscar%20Ortiz.pdf>.

[17]**Chauvin, Silvia.** Mujeres de Empresa. [En línea] [Citado el: 28 de 09 de 2012.] <http://www.mujeresdeempresa.com/tecnologia/tecnologia041001.shtml>.

[18]**Rodriguez, Juan. 2011.** Tecnología Pyme. [En línea] 09 de 12 de 2011. [Citado el: 29 de 09 de 2012.] <http://www.tecnologiapyme.com/comunicaciones/eligiendo-un-servicio-de-voip>.

[19]**Kioskea. 2012.** Kioskea.net. [En línea] 09 de 2012. [Citado el: 28 de 09 de 2012.] <http://es.kioskea.net/contents/internet/ftp.php3>.

[20]**Andes. 2012.** Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. [En línea] 15 de 02 de 2012. [Citado el: 28 de 09 de 2012.] <http://andes.info.ec/2009-2011.php/?p=141153>.

[21]**Butletí.** Innovación Tecnológica. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2012.] <http://www.ibit.org>.