



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE VOZ Y DATOS PARA EL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI EN LA CIUDAD DE SANGOLQUÍ

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

WALTER SANTIAGO SOLIS ACOSTA

sys.solis@gmail.com

DIRECTOR: ING. PABLO WILIAN HIDALGO L.

pablo.hidalgo@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2016

DECLARACIÓN

Yo Walter Santiago Solis Acosta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Walter Santiago Solis Acosta

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Walter Santiago Solis Acosta, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo Hidalgo L.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Gracias Señor Jesús por darme la vida y la sabiduría durante toda esta etapa de formación profesional que estoy alcanzando.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Pablo Hidalgo, por su apoyo incondicional y desinteresado para el desarrollo de este proyecto, con sus acertados consejos y su sabia experiencia me ha sabido guiar durante toda esta etapa de mi vida.

Estimado Ing. mis palabras quedaran cortas por todo lo que ha realizado en apoyo para concretar el objetivo planteado, estoy más que seguro que mi Padre desde el cielo se encuentra muy agradecido con Ud.

A mi esposa gracias por la perseverancia y apoyo incondicional, a mi querida familia, a mi padre aunque ya no te tenga físicamente seguro, que al fin tendrás tranquilidad y te sentirías orgulloso de mi, a mi adorada madre que gracias a su sacrificio he logrado una profesión, a mis hermanos los cuales siempre han sido mi apoyo incondicional durante toda mi vida y han sido parte muy importante para alcanzar este objetivo, a mis queridos tíos y primos que siempre me han dado un aliento para continuar.

A mis grandes amigos, que siempre me han acompañado durante el arduo caminar universitario y se han convertido en una parte muy importante de mi vida gracias Furor Genial.

Santiago

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y amor a mi esposa y a mi tierna hija María Paz que se ha convertido en la luz de mis ojos y el esfuerzo de cada día, a pesar de los buenos y malos momentos han estado ahí prestas para brindarme su apoyo para jamás desmayar, las quiero mucho Jenny y María Paz.

A mis padres y hermanos por su paciencia y comprensión que hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mi profesión, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón.

Santiago

CONTENIDO

| | |
|--|-------|
| DECLARACIÓN..... | I |
| CERTIFICACIÓN..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| DEDICATORIA..... | IV |
| CONTENIDO..... | V |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XIV |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XVIII |
| RESUMEN..... | XXII |
| PRESENTACIÓN..... | XXIV |
| | |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| | |
| 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 1 |
| | |
| 1.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE DATOS | 1 |
| | |
| 1.2 REDES DE DATOS | 2 |
| 1.2.1 DISEÑO DE REDES POR CAPAS..... | 2 |
| 1.2.2 SERVICIOS DE LAS CAPAS..... | 3 |
| 1.2.3 MODELO DE REFERENCIA ISO/OSI | 3 |
| 1.2.4 ARQUITECTURA TCP/IP | 4 |
| 1.2.5 REDES DE ÁREA LOCAL | 5 |
| 1.2.5.1 Tecnología Ethernet/IEEE 802.3..... | 5 |
| 1.2.5.2 Trama IEEE 802.3..... | 6 |
| 1.2.5.3 Árbol Genealógico de Ethernet | 6 |
| 1.2.5.4 LAN de Alta Velocidad | 6 |
| 1.2.5.4.1 Conmutación..... | 8 |
| 1.2.5.4.2 Fundamentos y conceptos de conmutación | 8 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.2.6 | REDES DE ÁREA LOCAL VIRTUALES (VLAN) | 10 |
| 1.2.6.1 | Rangos de VLAN | 11 |
| 1.2.7 | REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN)..... | 11 |
| 1.2.7.1 | Componentes de IEEE 802.11 | 12 |
| 1.2.7.1.1 | Independent Basic Service Set (IBSS) | 12 |
| 1.2.7.1.2 | Basic Service Set (BSS) | 12 |
| 1.2.7.1.3 | Extended Service Set (ESS)..... | 12 |
| 1.2.7.2 | Estándares IEEE 802.11 | 12 |
| 1.2.7.3 | Seguridad en Redes Inalámbricas | 14 |
| 1.2.7.3.1 | Estándares y protocolos de seguridad..... | 15 |
| 1.2.8 | CABLEADO ESTRUCTURADO | 16 |
| 1.2.8.1 | Medios de Transmisión..... | 17 |
| 1.2.8.1.1 | Par trenzado | 17 |
| 1.2.8.1.2 | Fibra Óptica | 19 |
| 1.2.8.2 | Subsistemas de un Sistema de Cableado Estructurado | 20 |
| 1.2.8.2.1 | Subsistema de Cableado Horizontal | 20 |
| 1.2.8.2.2 | Subsistema de Cableado Vertical | 23 |
| 1.2.8.2.3 | Área de Trabajo..... | 24 |
| 1.2.8.2.4 | Cuarto de Equipos..... | 25 |
| 1.2.8.2.5 | Cuarto de Telecomunicaciones | 26 |
| 1.2.8.2.6 | Cuarto de entrada de Servicio | 26 |
| 1.2.8.2.7 | Subsistema de Administración | 26 |
| 1.2.8.3 | Estándares de Cableado Estructurado..... | 27 |
| 1.2.8.3.1 | ANSI/TIA/EIA-568 | 29 |
| 1.2.8.3.2 | ANSI/TIA/EIA-569 | 30 |
| 1.2.8.3.3 | ANSI/TIA/EIA-606 | 32 |
| 1.2.8.3.4 | ANSI/TIA/EIA-607 | 32 |
| 1.3 | VOZ SOBRE IP (Voip) | 33 |
| 1.3.1 | COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE VoIP | 33 |
| 1.3.2 | PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN EN VoIP..... | 36 |
| 1.3.2.1 | Protocolo H.323..... | 37 |
| 1.3.2.1.1 | Terminales | 38 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.3.2.1.2 | Gateway o Pasarela | 39 |
| 1.3.2.1.3 | Gatekeeper o Controlador | 40 |
| 1.3.2.1.4 | Unidad de Control Multipunto MCU..... | 41 |
| 1.3.2.2 | Protocolo SIP | 41 |
| 1.3.2.2.1 | Mensajería SIP | 41 |
| 1.3.2.2.2 | Terminales SIP | 42 |
| 1.3.2.2.3 | Servidores SIP | 43 |
| 1.3.2.2.4 | Gateway SIP | 44 |
| 1.3.2.3 | Otros protocolos de señalización en VoIP..... | 44 |
| 1.3.3 | COMPARATIVA ENTRE H.323 y SIP | 45 |
| 1.3.4 | CALIDAD DE VOZ EN REDES IP | 46 |
| 1.3.4.1 | Factores que afectan la calidad de voz sobre redes de paquetes... 47 | |
| 1.3.4.1.1 | Factor de compresión y codificación..... | 47 |
| 1.3.4.1.2 | Pérdida de paquetes | 47 |
| 1.3.4.1.3 | Demora | 47 |
| 1.3.4.1.4 | Eco | 48 |
| 1.3.4.1.5 | Variaciones en la demora (Jitter) | 49 |
| 1.3.4.1.6 | Tamaño de los paquetes | 49 |
| 1.3.4.1.7 | Códecs | 50 |
| 1.3.5 | TELEFONÍA IP..... | 52 |
| 1.3.5.1 | Ventajas y Desventajas de la Telefonía IP..... | 52 |
| 1.3.6 | SOLUCIONES PARA TELEFONÍA IP | 54 |
| 1.3.6.1 | Soluciones para telefonía IP basada en software..... | 54 |
| 1.3.6.2 | Soluciones para telefonía IP basada en hardware | 55 |
| 1.4 | QoS EN REDES | 55 |
| 1.4.1 | ANTECEDENTES DE QoS..... | 56 |
| 1.4.1.1 | Clase de Servicio CoS..... | 57 |
| 1.4.1.2 | Tipo de Servicio ToS..... | 57 |
| 1.4.2 | MODELOS PARA OBTENER QoS | 58 |
| 1.4.2.1 | Algoritmo <i>Best Effort</i> | 58 |
| 1.4.2.2 | Arquitectura <i>IntServ</i> | 58 |
| 1.4.2.2.1 | Protocolo RSVP..... | 60 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 1.4.2.2.2 | Características de RSVP | 60 |
| 1.4.2.3 | Arquitectura <i>DiffServ</i> | 61 |
| 1.4.3 | PARÁMETROS DE QoS | 62 |
| 1.4.3.1 | Retardo | 62 |
| 1.4.3.2 | Ancho de Banda..... | 63 |
| 1.4.3.3 | Pérdida de Paquetes | 63 |
| 1.4.3.4 | Jitter | 63 |
| 1.4.4 | MECANISMOS PARA ALCANZAR QoS..... | 64 |
| CAPÍTULO II..... | | 66 |
| 2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y SUS REQUERIMIENTOS | | 66 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN..... | | 66 |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DE LA INSTITUCIÓN | | 66 |
| 2.2.1 | MISIÓN | 67 |
| 2.2.2 | VISIÓN | 67 |
| 2.2.3 | OBJETIVOS INSTITUCIONALES..... | 67 |
| 2.2.4 | MARCO LEGAL DE LA INSTITUCIÓN | 67 |
| 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA INSTITUCIÓN | | 68 |
| 2.3.1 | DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DATOS DEL ISTER..... | 76 |
| 2.4 ANÁLISIS DE LA TOPOLOGÍA DE RED DEL ISTER..... | | 76 |
| 2.5 EQUIPAMIENTO DE LA RED DEL ISTER..... | | 78 |
| 2.5.1 | ELEMENTOS ACTIVOS..... | 78 |
| 2.5.1.1 | Equipos de borde | 78 |
| 2.5.1.2 | Equipos de Conectividad..... | 78 |
| 2.5.2 | ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ACTIVOS..... | 80 |
| 2.5.3 | DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PASIVOS..... | 81 |
| 2.5.3.1 | Sistema de Cableado Estructurado | 81 |
| 2.5.3.2 | Sistema de Puesta a Tierra..... | 83 |

| | | |
|---------------------------|--|-----------|
| 2.5.4 | ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS PASIVOS | 83 |
| 2.5.5 | DESCRIPCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA | 84 |
| 2.5.6 | ANÁLISIS DE LA RED INALÁMBRICA | 85 |
| 2.5.7 | SERVICIO DE INTERNET | 85 |
| 2.5.7.1 | Análisis de Servicios de Internet | 85 |
| 2.5.8 | APLICACIONES ACTUALES | 86 |
| 2.6 | ESTADO DE LA RED DE TELEFONÍA | 87 |
| 2.6.1 | ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TELEFONÍA | 88 |
| 2.7 | TOMA DE REQUERIMIENTOS PARA LA RED DEL ISTER | 88 |
| 2.7.1 | REQUERIMIENTO DE LOS SERVICIOS DE RED | 89 |
| 2.7.1.1 | Servidor DHCP | 89 |
| 2.7.1.2 | Servidor DNS | 89 |
| 2.7.1.3 | Servidor Web | 90 |
| 2.7.1.4 | Servidor de Correo Electrónico | 90 |
| 2.7.2 | REQUERIMIENTO DE LOS SERVICIOS EN TIEMPO REAL | 90 |
| 2.7.2.1 | Telefonía IP | 91 |
| 2.7.3 | SEGURIDAD EN LA RED | 91 |
| 2.7.3.1 | Análisis de la Seguridad Actual en la Red | 91 |
| 2.7.4 | ANÁLISIS DE TRÁFICO | 92 |
| 2.8 | RESUMEN DEL ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS DE LA RED | 95 |
| CAPÍTULO III | | 97 |
| 3 | DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS DEL “ISTER” | 97 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN | 97 |
| 3.2 | PROPUESTA PARA EL DISEÑO LÓGICO DE LA RED | 97 |
| 3.2.1 | DISEÑO DE LA CAPA DE NÚCLEO | 98 |
| 3.2.2 | DISEÑO DE LA CAPA DE DISTRIBUCIÓN | 98 |
| 3.2.3 | DISEÑO DE LA CAPA DE ACCESO | 99 |
| 3.3 | TECNOLOGÍA DE RED | 99 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.4 | TOPOLOGÍA DE RED | 99 |
| 3.5 | DISEÑO DE RED PASIVA | 102 |
| 3.5.1 | DISEÑO DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO | 102 |
| 3.5.1.1 | Distribución de Puntos de Red del ISTER por Planta..... | 102 |
| 3.5.1.1.1 | Planta Baja..... | 103 |
| 3.5.1.1.2 | Primera Planta Alta | 103 |
| 3.5.1.1.3 | Segunda Planta Alta | 104 |
| 3.5.1.1.4 | Tercera Planta Alta..... | 105 |
| 3.5.1.1.5 | Cuarta Planta Alta | 106 |
| 3.5.1.2 | Distribución de Puntos de Red del ISTER por Zona..... | 106 |
| 3.5.2 | DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CABLEADO VERTICAL | 107 |
| 3.5.3 | DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CABLEADO HORIZONTAL | 108 |
| 3.5.3.1 | Rutas para el Cableado Horizontal | 111 |
| 3.5.3.2 | Elementos para el Cableado Horizontal | 112 |
| 3.5.4 | DISEÑO DEL SUBSISTEMA CUARTO DE TELECOMUNICACIONES | 113 |
| 3.5.5 | SUBSISTEMA SALA DE EQUIPOS | 117 |
| 3.5.6 | ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO | 118 |
| 3.5.6.1 | Etiquetado..... | 118 |
| 3.5.7 | CONSIDERACIONES GENERALES..... | 119 |
| 3.5.7.1 | Iluminación | 120 |
| 3.5.7.2 | Sistema de Potencia | 120 |
| 3.5.7.3 | Aterrizaje para protección de los equipos | 121 |
| 3.6 | DMZ | 122 |
| 3.7 | PLANEAMIENTO DEL DIRECCIONAMIENTO IP | 122 |
| 3.8 | VLAN | 124 |
| 3.8.1 | VLAN LABORATORIOS | 124 |
| 3.8.2 | VLAN SALAS DE CLASE | 124 |
| 3.8.3 | VLAN ADMINISTRATIVO | 124 |
| 3.8.4 | VLAN COORDINACIÓN Y SALA DE PROFESORES | 124 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 3.9 | DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO | 125 |
| 3.9.1 | CAPACIDAD DEL CANAL PARA CORREO ELECTRÓNICO..... | 125 |
| 3.9.2 | CAPACIDAD DEL CANAL PARA ACCESO A LA WEB..... | 125 |
| 3.9.3 | CAPACIDAD DEL CANAL PARA DESCARGAS DE INTERNET..... | 126 |
| 3.9.4 | CONSIDERACIONES PARA LA CONEXIÓN A INTERNET | 126 |
| 3.9.5 | CAPACIDAD DE CANAL PARA LA WLAN..... | 127 |
| 3.9.6 | CAPACIDAD DE CANAL REQUERIDO PARA DATOS..... | 128 |
| 3.9.7 | ANCHO DE BANDA DE LA CONEXIÓN A INTERNET | 129 |
| 3.10 | TELEFONÍA IP | 129 |
| 3.10.1 | REQUERIMIENTOS DE VOZ | 130 |
| 3.10.2 | CÓDEC DE AUDIO PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ..... | 130 |
| 3.10.3 | CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA | 131 |
| 3.10.4 | ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN | 132 |
| 3.10.4.1 | Solución por Hardware..... | 132 |
| 3.10.4.2 | Soluciones por Software | 132 |
| 3.10.4.2.1 | Solución basada en Elastix..... | 133 |
| 3.10.4.2.2 | Trixbox CE | 133 |
| 3.10.4.3 | Trixbox como solución a utilizar en el ISTER..... | 134 |
| 3.10.5 | ACCESORIOS PARA LA TELEFONÍA IP | 134 |
| 3.11 | PUNTOS DE ACCESO INALÁMBRICO | 135 |
| 3.11.1 | SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR..... | 136 |
| 3.11.2 | TIPO DE APLICACIONES SOPORTADAS | 136 |
| 3.11.3 | NÚMERO DE USUARIOS..... | 137 |
| 3.11.4 | IDENTIFICADORES DE RED (SSID)..... | 137 |
| 3.11.5 | ÁREA DE COBERTURA..... | 138 |
| 3.11.6 | CONEXIÓN DE LA WLAN CON LA LAN | 139 |
| 3.11.7 | SEGURIDAD | 139 |
| 3.12 | DISEÑO DE LA RED ACTIVA | 140 |
| 3.12.1 | SWITCH DE NÚCLEO | 141 |
| 3.12.2 | SWITCH DE DISTRIBUCIÓN | 142 |
| 3.12.3 | SWITCH DE ACCESO | 143 |

| | | |
|--------------------|--|------------|
| 3.13 | DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS SERVIDORES | 146 |
| 3.13.1 | HARDWARE Y SOFTWARE DE LOS EQUIPOS SERVIDORES | 148 |
| 3.13.1.1 | Servidor de Correo Electrónico | 149 |
| 3.13.1.1.1 | Postfix | 149 |
| 3.13.1.2 | Servidor Web | 150 |
| 3.13.1.2.1 | Apache Server | 152 |
| 3.13.1.3 | Servidor DNS Y DHCP | 152 |
| 3.13.1.4 | Servidor Telefonía IP (Trixbox)..... | 153 |
| 3.14 | SEGURIDAD DE LA RED | 153 |
| 3.14.1 | IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS | 153 |
| 3.14.2 | SEGURIDAD FÍSICA DE LA RED | 154 |
| 3.14.3 | CONTROL DE ACCESO LÓGICO | 155 |
| 3.14.4 | POLÍTICAS PARA LOS USUARIOS | 156 |
| 3.14.4.1 | Políticas de uso de la red..... | 156 |
| 3.14.4.2 | Políticas para el uso de hardware y software | 157 |
| 3.14.4.3 | Políticas para la administración de los equipos de red | 157 |
| CAPÍTULO IV | | 159 |
| 4 | ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO | 159 |
| 4.1 | ANTECEDENTES | 159 |
| 4.2 | COSTOS REFERENCIALES DE LA RED PASIVA..... | 159 |
| 4.3 | COSTOS REFERENCIALES DE LA RED ACTIVA..... | 167 |
| 4.3.1 | EQUIPOS DE CONECTIVIDAD | 167 |
| 4.3.1.1 | Equipos Cisco | 167 |
| 4.3.1.1.1 | Cisco Catalyst 2960 24 TS – L..... | 167 |
| 4.3.1.1.2 | Cisco WS Catalyst 3560 G24 TS- S..... | 168 |
| 4.3.1.2 | HP | 169 |
| 4.3.1.2.1 | HP 4210g 24 puertos | 169 |
| 4.3.1.2.2 | HP E4510 24 G 24 puertos..... | 170 |
| 4.3.1.3 | D-LINK | 171 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.3.1.3.1 | DGS-1210-24..... | 171 |
| 4.3.1.3.2 | DGS 3612 | 171 |
| 4.3.1.4 | Cumplimiento de requerimientos | 172 |
| 4.3.2 | <i>FIREWALL</i> | 175 |
| 4.3.2.1 | ASA 5505 <i>Appliance with SW-10 Users</i> 8 Port DES | 176 |
| 4.3.2.2 | HP S200-S UTM <i>Appliance</i> | 176 |
| 4.3.2.3 | DFL-860 ENetDefend UTM <i>Firewall</i> | 177 |
| 4.3.3 | RED INALÁMBRICA..... | 178 |
| 4.3.3.1 | Marca comercial D-LINK..... | 178 |
| 4.3.3.1.1 | Wireless Access Point DAP-1353 | 178 |
| 4.3.3.2 | Marca comercial HP | 179 |
| 4.3.3.2.1 | HP 3Com Airconnect 9550 | 179 |
| 4.3.4 | SERVIDORES..... | 180 |
| 4.3.5 | TELEFONÍA IP | 182 |
| 4.3.6 | COSTO TOTAL DE LA RED ACTIVA | 183 |
| 4.4 | ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE SERVICIO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 183 |
| 4.5 | COSTO TOTAL DE LA RED..... | 184 |
| | CAPÍTULO V | 186 |
| 5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 186 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 186 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | 188 |
| | REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS | 190 |
| | ANEXOS | 196 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Árbol Genealógico de Ethernet | 7 |
| Tabla 1.2 Principales estándares de 802.11..... | 14 |
| Tabla 1.3 Cables utilizados en el cableado vertical | 24 |
| Tabla 1.4 Recomendaciones para los Sistemas de Cableado Estructurado | 28 |
| Tabla 1.5 Comparación entre SIP y H.323 | 46 |
| Tabla 1.6 Demora introducida por los algoritmos de muestreo/compresión..... | 48 |
| Tabla 1.7 Códecs de banda angosta | 51 |
| Tabla 1.8 Códecs de banda ancha..... | 51 |
| Tabla 1.9 Códecs de banda completa..... | 52 |
| Tabla 1.10 Códec de banda super ancha | 52 |
| Tabla 1.11 Estructura del campo ' <i>Differentiated Services</i> ' | 61 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Lista de equipos de borde del ISTER | 79 |
| Tabla 2.2 Listado de equipos de Conectividad | 80 |
| Tabla 2.3 Aplicaciones actuales en el sistema de comunicaciones del ISTER | 87 |
| Tabla 2.4 Redes internas del ISTER..... | 92 |
| Tabla 2.5 Información generada por MRTG | 95 |

CAPÍTULO III

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Tabla 3.1 Tecnología Ethernet | 100 |
|-------------------------------------|-----|

| | |
|--|-----|
| Tabla 3.2 Distribución de Puntos de red Planta Baja..... | 103 |
| Tabla 3.3 Números de puntos de red para los laboratorios..... | 105 |
| Tabla 3.4 Distribución de Puntos por Zona..... | 107 |
| Tabla 3.5 Longitud entre los Cuartos de Telecomunicaciones al MDF..... | 108 |
| Tabla 3.6 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 1..... | 109 |
| Tabla 3.7 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 2..... | 109 |
| Tabla 3.8 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 3..... | 110 |
| Tabla 3.9 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 4..... | 110 |
| Tabla 3.10 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 5..... | 110 |
| Tabla 3.11 Longitud total de UTP para el ISTER..... | 111 |
| Tabla 3.12 Capacidad de cables UTP por canaleta..... | 112 |
| Tabla 3.13 Elementos para el Cableado Horizontal por Zona..... | 113 |
| Tabla 3.14 Distribución de <i>racks</i> en cada planta del edificio ISTER..... | 114 |
| Tabla 3.15 Dimensionamiento para los racks de Comunicaciones..... | 115 |
| Tabla 3.16 Dimensionamiento para el <i>rack</i> principal..... | 117 |
| Tabla 3.17 Etiquetado del cableado para las diferentes áreas..... | 118 |
| Tabla 3.18 Número de direcciones IP para servicios de red..... | 123 |
| Tabla 3.19 Direcciones IP para cada servicio y tipo de usuario..... | 123 |
| Tabla 3.20 Número de usuarios potenciales finales de la red del ISTER..... | 127 |
| Tabla 3.21 Ancho de Banda total por aplicación..... | 128 |
| Tabla 3.22 Ancho de Banda total para todas las áreas..... | 129 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3.23 Enmiendas del IEEE 802.11 | 136 |
| Tabla 3.24 Resumen de usuarios de la red Inalámbrica..... | 138 |
| Tabla 3.25 Consideraciones mínimas de los equipos <i>Access Point</i> | 140 |
| Tabla 3.26 Requerimientos mínimos del <i>switch</i> de <i>Core</i> | 144 |
| Tabla 3.27 Requerimientos mínimos de los <i>switches</i> de Distribución | 144 |
| Tabla 3.28 Características de los <i>switches</i> de Acceso | 145 |
| Tabla 3.29 Número de <i>switches</i> necesarios por zona | 146 |
| Tabla 3.30 Número de puertos utilizados y libres de los <i>switches</i> | 146 |
| Tabla 3.31 Características de equipos Servidores para Windows y Linux | 147 |
| Tabla 3.32 Características de los servidores web para la intranet..... | 151 |
| Tabla 3.33 Clasificación de los documentos de la Institución..... | 154 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.1 Elementos de la red pasiva | 160 |
| Tabla 4.2 Elementos de la red pasiva zona 1 | 162 |
| Tabla 4.3 Elementos de la red pasiva zona 2..... | 163 |
| Tabla 4.4 Elementos de la red pasiva zona 3..... | 164 |
| Tabla 4.5 Elementos de la red pasiva zona 4..... | 165 |
| Tabla 4.6 Elementos de la red pasiva zona 5..... | 166 |
| Tabla 4.7 Valor total de la red pasiva..... | 167 |
| Tabla 4.8 Características de los <i>switches</i> de Distribución y Acceso..... | 173 |
| Tabla 4.9 Características mínimas para el <i>switch</i> de <i>Core</i> | 174 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.10 Costo total equipos de conectividad | 175 |
| Tabla 4.11 Costos de <i>Access Point</i> | 180 |
| Tabla 4.12 Características básicas para los servidores | 180 |
| Tabla 4.13 Características mínimas para los servidores | 181 |
| Tabla 4.14 Costos para la Telefonía IP | 182 |
| Tabla 4.15 Costos de equipos e instalación de telefonía IP | 183 |
| Tabla 4.16 Costo total de la red activa | 183 |
| Tabla 4.17 Costo mensual de Servicio Operación y Mantenimiento de la red | 184 |
| Tabla 4.18 Costo total de la inversión para la red integral de voz y datos | 184 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Organización Jerárquica de una red en capas | 3 |
| Figura 1.2 Comparación entre ISO/OSI y TCP/IP | 5 |
| Figura 1.3 Trama IEEE 802.3 | 6 |
| Figura 1.4 Cable de Pares Trenzados | 18 |
| Figura 1.5 Subsistemas de Cableado Horizontal | 20 |
| Figura 1.6 Distancia Máxima Cableado Horizontal | 21 |
| Figura 1.7 <i>Patchpanel</i> y módulo <i>Jack</i> | 22 |
| Figura 1.8 <i>Patchcord</i> | 22 |
| Figura 1.9 Salidas de telecomunicaciones para UTP, STP y FO | 23 |
| Figura 1.10 Subsistema de Cableado Vertical | 24 |
| Figura 1.11 Outlet con adaptador | 25 |
| Figura 1.12 Componentes para el Estandar ANSI/TIA-569 | 31 |
| Figura 1.13 Principales componentes de una Red VoIP | 34 |
| Figura 1.14 Trama VoIP sobre una WAN y una LAN | 35 |
| Figura 1.15 Flujo de un circuito de voz comprimido | 35 |
| Figura 1.16 Esquema de un terminal H.323 | 38 |
| Figura 1.17 Esquema del funcionamiento del <i>Gateway</i> | 39 |
| Figura 1.18 Establecimiento de una comunicación con SIP | 42 |
| Figura 1.19 Funcionamiento de SIP Proxy | 44 |

| | |
|--|----|
| Figura 1.20 Eco producido en diferentes elementos de red | 49 |
|--|----|

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Ubicación geográfica del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui ... | 66 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.2 Edificio Matriz del ISTER..... | 68 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.3 Distribución de las áreas Planta Baja ala norte | 69 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.4 Distribución de las áreas Planta Baja ala sur | 70 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.5 Distribución de las áreas Planta Baja ala occidental..... | 70 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.6 Distribución de las áreas Primer Piso ala norte | 71 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.7 Distribución de las áreas Primer Piso ala sur | 71 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.8 Distribución de las áreas Primer Piso ala occidental..... | 72 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.9 Ala norte laboratorios de computación Segundo Piso | 72 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.10 Distribución de las áreas Segundo Piso ala sur | 73 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.11 Distribución de las áreas Segundo Piso ala occidental | 73 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.12 Distribución de las áreas Tercer Piso ala norte | 74 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.13 Distribución de las áreas Tercer Piso ala sur | 74 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.14 Distribución de las áreas Tercer Piso ala occidental..... | 75 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.15 Distribución de las áreas Cuarto Piso Auditorio del edificio ISTER.... | 75 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.16 Diagrama de la red de comunicaciones de datos del ISTER | 77 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.17 Interconexión del cableado entre las mini “redes” | 82 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.18 Canaletas para el enrutamiento..... | 82 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.19 Punto de Acceso inalámbrico | 84 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| Figura 2.20 <i>Routers tellabs 8110 ctu-r networking terminating</i> | 86 |
| Figura 2.21 Tráfico total de red | 93 |
| Figura 2.22 Tráfico de la red en un período de 1 día | 94 |
| Figura 2.23 Tráfico producido durante los días de la semana | 94 |
| Figura 2.24 Tráfico mensual generado con valores máximo, promedio y actual .. | 95 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|-----|
| Figura 3.1 Topología de la Red del ISTER a diseñar | 101 |
| Figura 3.2 <i>Rack</i> de 20 UR..... | 116 |
| Figura 3.3 <i>Rack</i> o gabinete para los cuarto de telecomunicaciones | 116 |
| Figura 3.4 Nomenclatura para el Etiquetado | 119 |
| Figura 3.5 Sistema de aterrizaje de puesta a tierra para el ISTER | 121 |
| Figura 3.6 Zona Desmilitarizada del ISTER..... | 122 |
| Figura 3.7 Formato de la trama Ethernet de VoIP | 131 |

CAPÍTULO IV

| | |
|---|-----|
| Figura 4.1 Cisco Catalyst 2960 24 TS – L | 167 |
| Figura 4.2 Cisco WS Catalyst 3560 G24 TS- S..... | 168 |
| Figura 4.3 HP 4210g 24 puertos..... | 169 |
| Figura 4.4 HP E4510 24 G 24 puertos | 170 |
| Figura 4.5 DGS-1210-24..... | 171 |
| Figura 4.6 DGS 3612..... | 171 |
| Figura 4.7 ASA 5505 Appliance with S/W-10 Users 8 Port DES..... | 176 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.8 HP S200-S UTM Appliance..... | 176 |
| Figura 4.9 DFL-860 ENetDefend UTM <i>Firewall</i> | 177 |
| Figura 4.10 <i>Access Point</i> DAP 1353..... | 179 |
| Figura 4.11 <i>Access Point</i> HP 9550..... | 179 |

RESUMEN

El Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui al ser una Institución educativa de gran trayectoria en la ciudad de Sangolquí, se ha visto en la necesidad de idear una nueva infraestructura tecnológica de comunicaciones conforme a las necesidades de la actual educación.

En el presente Proyecto de Titulación, se plantea como objetivo realizar un adecuado diseño para la red de comunicaciones de la Institución, de manera que este nuevo sistema de comunicaciones ofrezca convergencia de servicios de datos y de voz. Esta red convergente que traerá beneficios para el personal administrativo, docente y estudiantil debido a que podrán interactuar libremente con nuevas y actuales tecnologías.

En el primer capítulo, se realiza una breve descripción de los fundamentos teóricos aplicables a las redes de datos LAN, TCP/IP, WLAN, los mismos que son necesarios para la realización de este planteamiento; también se abarcan temas como dispositivos de interconectividad para la transmisión de datos, funciones de los servidores, estándares de la telefonía IP, así como también conceptos sobre sistemas de cableado estructurado, mecanismos de administración y seguridad de la red. Estos conceptos permitirán tener una mejor perspectiva en el diseño de la red para la Institución.

El segundo capítulo, se detalla el estado actual del sistema de comunicaciones del ISTER, elementos activos y pasivos, la actual infraestructura del cableado estructurado, el sistema de comunicación de voz, realizándose el diagnóstico de los mismos. Adicionalmente se determinan los servicios actuales y futuros que va a soportar la red, con la finalidad de analizar las características de la nueva red física del ISTER, aplicaciones existentes y los requerimientos de la Institución para el diseño de la red convergente, utilizando los datos obtenidos al realizar el levantamiento de la información.

En el tercer capítulo, se realiza la propuesta de diseño de la red de datos del ISTER dando una proyección a futuro de 10 años, en donde se considera el crecimiento

de los usuarios, además de los requerimientos que fueron analizados en el anterior capítulo.

Para el desarrollo de la propuesta de diseño se aplican estándares vigentes para los subsistemas de cableado estructurado; la interconexión entre zonas será realizadas mediante enlaces de cable UTP categoría 6A. Se ha utilizado una segmentación de la red mediante VLAN para una mejor administración y seguridad de las diferentes áreas funcionales de la Institución. Adicionalmente se presenta un dimensionamiento de servidores permitiendo una mejor integración de las aplicaciones y servicios que ofrecerá la intranet de la Institución.

En el cuarto capítulo se presenta un análisis de costos entre las diferentes alternativas tecnológicas disponibles a nivel nacional, en donde se ha considerado la más acorde al diseño realizado; finalmente se presenta el estudio técnico económico del proyecto para los elementos activos y pasivos de la red. Se han incluido los costos de instalación, operación y mantenimiento.

Finalmente en el quinto capítulo se presentan las conclusiones que se han ido obteniendo en el transcurso de la realización de este trabajo de titulación, además de las recomendaciones del mismo.

En la parte final del documento se encuentran los anexos relacionados a los planos del sistema de cableado estructurado, en donde se muestra en detalle la ubicación de cada uno de los puntos y su identificación.

PRESENTACIÓN

Las nuevas tecnologías existentes y el auge de las comunicaciones hacen que las Instituciones de índole educativo superior posean nuevos procesos de enseñanza y aprendizaje, posibilitando a que exista una interacción entre el profesor y estudiante mediante el uso de nuevas y diferentes herramientas educacionales.

En tal motivo el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui ha visto la importancia de poseer un sistema de comunicaciones que permita la convergencia de distintos servicios básicos necesarios sobre una nueva infraestructura de red.

Se estima que esta red brindará servicio a aproximadamente 400 usuarios entre autoridades, profesores, personal administrativo, estudiantes así como acceso inalámbrico. Uno de los principales será el servicio de telefonía IP debido a que es una tecnología moderna que permite la optimización de recursos y posee características de la telefonía tradicional con la diferencia que está implementada bajo una misma red de datos, priorizando en tiempo real la voz, conllevando considerablemente la disminución de costos de operación e incrementando la calidad del servicio.

En base a lo expuesto, se ha contemplado disponer de una red activa que admita la interconexión entre las diferentes áreas que la conforman como parte de un nuevo proyecto diseñado, de forma que contribuya con la formación de profesionales prestos y competentes a las necesidades laborales, productivas, sociales con el progreso tecnológico empresarial del país.

Finalmente se pretende crear una cultura responsable en el uso y manejo adecuado de las nuevas tecnologías, en donde las personas que administren y los usuarios que accedan a los servicios estén conscientes en la importancia que tiene la información.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE DATOS ^{[9] [6] [27]}

El avance y desarrollo de nuevas tecnologías en las redes de voz y datos, posibilita cada vez más la evolución de las redes de comunicaciones y hace que éstas cobren mayor importancia por ser pieza fundamental en la creación de nuevas funcionalidades.

Las redes de datos permiten incrementar y optimizar el uso compartido de equipos computacionales así como aplicaciones cada vez más críticas y exigentes, donde el desempeño, la velocidad y la confiabilidad de la red de comunicaciones son aspectos fundamentales a la hora de implementar y ejecutar cualquier tipo de software de servicio o aplicación. Por ello se hace necesario conocer más a fondo el mundo de las nuevas tecnologías de red, familiarizándose así con la terminología y conceptos ligados a éstas, aspectos con los cuales las personas responsables de los sistemas de información deben trabajar en el momento de la toma de decisiones respecto a las infraestructuras teleinformáticas.

Las nuevas tecnologías en redes proporcionan a los usuarios los eventos necesarios para poder utilizar de forma óptima los recursos de las redes, en el sentido que se tiene una amplia gama de servicios disponibles para el usuario, pero estos servicios deben estar respaldados por su eficiencia y efectividad respaldándose por la calidad de la red. Actualmente las redes de área local y las tecnologías asociadas están evolucionando a una velocidad asombrosa. Esto se debe a que las necesidades de comunicación se han multiplicado en los últimos años llegando al entorno del usuario doméstico, empresarial y sobretodo de índole educativo.

Para el presente Proyecto de Titulación se pretende realizar el **Análisis y diseño de una red de voz y datos para el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui “ISTER” en la ciudad de Sangolquí**, para lo cual se debe determinar las distintas alternativas factibles desde diversos puntos de vista ya sea: medios físicos, topologías, formas de acceso al medio, etc. Lo que se pretende en último caso es

llegar a una solución que satisfaga las necesidades con un precio accesible y razonable. [36]

1.2 REDES DE DATOS [15]

Las redes de datos están conformadas por distintos tipos de dispositivos interconectados mediante alguna configuración de manera que se puedan compartir recursos e intercambiar información.

1.2.1 DISEÑO DE REDES POR CAPAS

La transmisión de datos en una red de computadoras está basada en un modelo de capas, las mismas que tienen como objetivo principal indicar de qué manera una red distribuye la información desde el origen al destino.

El diseño de redes por capas está basado en jerarquías, en donde la capa inferior agrega información “datos de control” al mensaje que recibe su correspondiente capa superior, hasta llegar al contacto con el medio físico.

La utilización de un modelo en capas tiene sus características principales en donde cada capa añade información de control al mensaje, que recibe de la capa superior y pasa en conjunto a la inferior hasta alcanzar la capa más baja. Entre las características de uso de este diseño podemos mencionar:

- Direccionamiento
- Control de errores
- Control de flujo
- Reglas para la transferencia de datos como:
 - Simplex
 - Half dúplex
 - Full dúplex
- Secuenciamiento de mensajes
- Capacidad de multiplexación

En la figura 1.1 se muestra el funcionamiento del envío de la información mediante capas, donde la capa inferior presta un servicio a su capa adyacente superior.

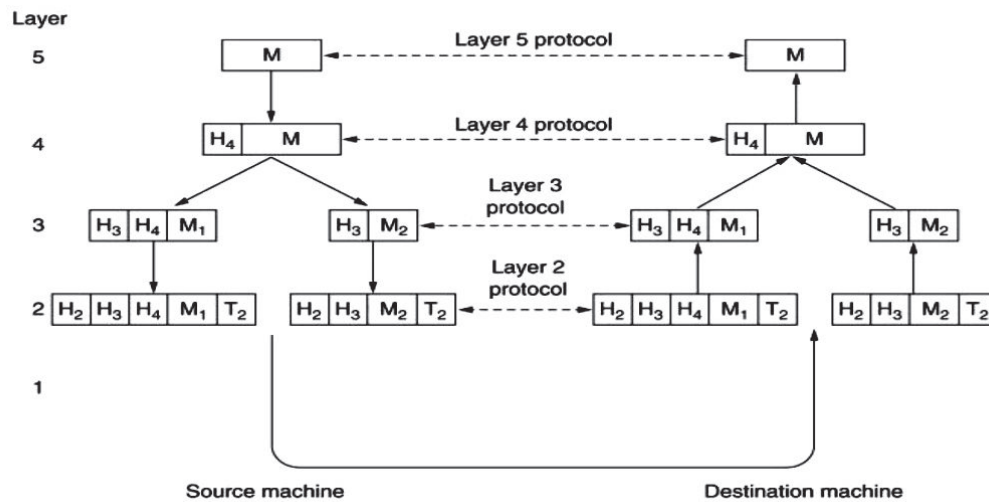


Figura 1.1 Organización Jerárquica de una red en capas

1.2.2 SERVICIOS DE LAS CAPAS ^[12]

Como ya se mencionó un modelo en capas está basado en servicios que prestan las capas inferiores a las capas superiores. Estos servicios proporcionados por las capas pueden ser de dos tipos:

- Servicio orientado a conexión
- Servicio no orientado a conexión

1.2.3 MODELO DE REFERENCIA ISO/OSI ^{[5] [9]}

Este modelo se presenta en siete capas y constituye una referencia para el desarrollo de protocolos de comunicación de una red de computadoras. Es un modelo que se ha convertido en estándar para clasificar las funciones de interconexión de sistemas abiertos. El modelo de referencia OSI no es una arquitectura de red, no especifica servicios ni protocolos que serán utilizados en cada una de las capas. Son pocas las arquitecturas que implementan todas las capas del modelo OSI. Las capas del modelo OSI mantienen una comunicación virtual con su capa correspondiente. Los datos se transfieren de las capas superiores a las capas inferiores hasta alcanzar el medio físico.

A continuación se describe la funcionalidad de cada capa del modelo ISO/OSI:

- **Capa Física.**- Este nivel define el tipo de cables, su longitud, voltajes, características mecánicas del interfaz, etc. entre los aspectos funcionales más importantes de esta capa.
- **Enlace de datos.**- Aquí se define el formato de las tramas, sus cabeceras y *trailers*. A este nivel se habla de direcciones físicas, que son las que identifican a las tarjetas de red de forma única.
- **Red.**- Esta capa es la encargada del enrutamiento y de dirigir los paquetes de una red a otra. Normalmente los “*routers*” se encuentran en esta capa.
- **Transporte.**- Se encarga de dividir la información que envía el usuario en paquetes de tamaño aceptable por la capa inferior. Su función está relacionada con el transporte de la información extremo a extremo, entre dispositivos finales de usuario.
- **Sesión.**- En esta capa se define el establecimiento de sesiones, necesarias para que se puedan ejecutar las aplicaciones del usuario.
- **Presentación.**- Es la encargada en ordenar los datos de una forma estándar. Esta capa define una forma común para todos, de tal forma que dos ordenadores de distinto tipo se entiendan.
- **Aplicación.**- Da servicio a los usuarios finales, pudiendo estar relacionadas con aplicaciones tal como correo electrónico, descarga de archivos, navegación Web, etc. que son algunas de las aplicaciones que pueden encontrarse en esta capa.

1.2.4 ARQUITECTURA TCP/IP [16]

TCP/IP es la arquitectura más adoptada al momento de la interconexión de sistemas. Como la mayoría del software de red, está modelado en capas, esta representación conduce al término pila de protocolos. TCP/IP está basado en el modelo de referencia OSI pero las comparaciones funcionales no se pueden extraer con facilidad de estas estructuras, ya que hay diferencias básicas en los modelos de capas de cada una. En la arquitectura TCP/IP se definen cuatro capas las mismas que define un *stack* de protocolos.

En la figura 1.2 se presenta una comparación entre el modelo de referencia ISO/OSI y la arquitectura TCP/IP.

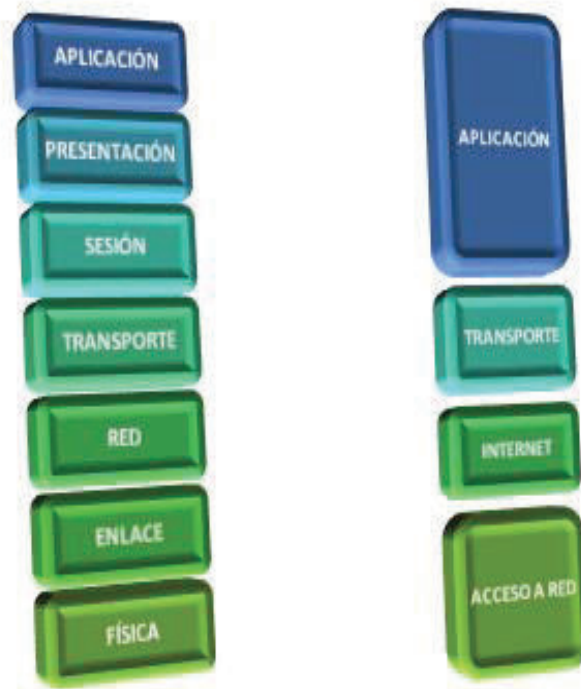


Figura 1.2 Comparación entre ISO/OSI y TCP/IP

1.2.5 REDES DE ÁREA LOCAL

Una Red de Área Local también conocida como LAN, es un conjunto de elementos activos y pasivos interconectados entre sí para compartir información o recursos dentro de un área geográfica relativamente pequeña.

La IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), se atribuyó la labor de estandarización para redes de área local, mediante el grupo 802, siendo ésta la forma de establecer ciertos parámetros para su normalización.

1.2.5.1 Tecnología Ethernet/IEEE 802.3 ^[1]

Ethernet es la tecnología de red de área local de uso más generalizado. El diseño original de Ethernet representaba un punto medio entre las redes de larga distancia y baja velocidad y las redes especializadas de las salas de ordenadores que transportaban datos a altas velocidades y a distancias muy limitadas.

Ethernet se adecuaba bien a las aplicaciones en las que un medio de comunicación local debe transportar tráfico esporádico y ocasionalmente pesado, a velocidades muy elevadas.

Ethernet fue desarrollada por *Digital Equipment Corporation*, *Intel Corporation* y *XEROX* en 1980. Compatible con IEEE 802.3, está basada en el acceso múltiple por escucha de portadora y detección de colisión (CSMA/CD). En la actualidad, Ethernet e IEEE 802.3 retienen en conjunto la mayor parte del mercado de protocolos LAN; el término Ethernet a menudo se usa para referirse a todas las redes locales de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, que generalmente cumplen con las especificaciones Ethernet, incluyendo IEEE 802.3.

1.2.5.2 Trama IEEE 802.3 ^[6]

IEEE 802.3 define diferentes capas físicas, en tanto que Ethernet define solo una. Cada capa física de IEEE 802.3 tiene un nombre que resume sus características. La figura 1.3 muestra la estructura de la trama IEEE 802.3.



Figura 1.3 Trama IEEE 802.3 ^[17]

1.2.5.3 Árbol Genealógico de Ethernet ^[19]

Existen por lo menos 18 variedades de Ethernet, que han sido especificadas o que están en proceso de especificación y se encuentran descritas en la tabla 1.1.

1.2.5.4 LAN de Alta Velocidad ^[18]

La evolución de las aplicaciones tales como videoconferencia, bases de datos cliente/servidor, multimedia, sistemas de *backup* remoto entre otros requieren soluciones que permitan la transmisión de información a mayor velocidad. Integrar herramientas de gestión de red sin degradar sus prestaciones es fundamental para mejorar características de seguridad, escalado y redimensionado. El manejo de estas aplicaciones demandan un ancho de banda considerable, para ello se han creado las LAN de alta velocidad que en muchos de los casos están basados en la técnica CSMA/CD.

| IDENTIFICADOR | Tipo de Red |
|-----------------------------|--|
| FOIRL | Red punto a punto de 10 Mbps que utiliza cable de fibra óptica para conectar dos repetidores |
| 10 Base-T | Red en estrella de 10 Mbps que utiliza cable UTP |
| 10Base-F | Término genérico para 3 tipos de red de 10 Mbps: 10Base-FB, 10Base-FP y 10Base-FL. |
| 10Base-FP | Red de FO de 10 Mbps que utiliza concentradores de fibra pasivos para conectar estaciones de trabajo. |
| 10Base-FL | Red de FO punto a punto de 10 Mbps; actualización del estándar FOIRL |
| 100Base-X | Término genérico para los estándares 100Base-TX, que emplean código 4B/5B. |
| 100Base-TX | Red de 100 Mbps que utiliza dos de los pares de cobre de un cable UTP categoría 5. |
| 100Base-FX | Red de 100 Mbps que emplea cable de fibra óptica multimodal. |
| 100Base-T4 | Red de 100 Mbps que emplea los 4 pares de un cable UTP cat. 3 |
| 1000Base-X | Término genérico para los estándares Giga Ethernet que se basan en codificación 8B/10B, incluyendo 1000 Base-SX, 1000 Base-LX y 1000 Base-CX. |
| 1000Base-SX | Red de 1000 Mbps que emplea cable de fibra óptica de pequeña longitud de onda. |
| 1000Base-LX | Red de 1000 Mbps que emplea cables de fibra óptica de gran longitud de onda. |
| 1000Base-CX | Red de 1000 Mbps que emplea cable de cobre pequeños como los del estándar de Canal de fibra |
| 1000Base-LH | Red de 1000 Mbps de "larga distancia" que utiliza cable de fibra óptica Monomodo |
| 1000Base-ZX | Red de 1000 Mbps que emplea cable de fibra óptica Monomodo |
| 1000Base-T | Red de 1000 Mbps que emplea cuatro de los pares de cobre de un cable UTP categoría 5. |
| 10GBase-T | Red de 10 Gbps que se emplea en distancias cortas sobre cableado de fibra óptica Multimodo y UTP cat. 6A |
| 40 Gigabit Ethernet | Tecnología para la transmisión de las tramas. Velocidad de 100 Gbps en distancias cortas sobre cableado de fibra óptica Multimodo y UTP cat. 6A |
| 100 Gigabit Ethernet | Tecnología para la transmisión de tramas. Velocidad de 100 Gbps emplea en distancias cortas sobre cableado de fibra óptica Multimodo y UTP cat. 6A |

Tabla 1.1 Árbol Genealógico de Ethernet

Entre las LAN de alta velocidad se pueden considerar:

- Ethernet Conmutada
- Ethernet Rápida (Fast Ethernet)
- ATM LAN
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet

Fast Ethernet (802.3u).- Es un estándar compatible con Ethernet pudiendo coexistir juntos en la misma red, debido a que el nivel MAC empleado con CSMA/CD es independiente de la velocidad.

Gigabit Ethernet: Es una extensión de las normas Ethernet de 10 y 100 Mbps que ofrece en modo Half o full dúplex un ancho de banda de 1 Gbps, asegurando la compatibilidad con la base instalada de Ethernet y Fast Ethernet.

1.2.5.4.1 Conmutación

La conmutación es una técnica que sirve para hacer un uso eficiente de los enlaces físicos en una red de computadoras. También es la conexión que realizan los diferentes nodos que existen en distintos lugares y distancias para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones.

1.2.5.4.2 Fundamentos y conceptos de conmutación ^[20] ^[10]

Los conmutadores se caracterizan por no enviar los paquetes a todos los puertos, sino únicamente al puerto correspondiente al destinatario.

La diferencia que existe entre el conmutador y un puente es que el puente debe recibir todo el paquete antes de dirigirlo al puerto correspondiente, mientras que un conmutador dirige el paquete a su destino una vez recibido el encabezado del paquete. Gracias a ello los conmutadores producen un retraso mínimo en la conmutación. Los conmutadores trabajan a nivel de "Capa 2" del modelo de referencia OSI.

Para poder enviar varias tramas a la vez sin que existan colisiones, los *switches* deben conocer las direcciones físicas conectadas a cada puerto (direcciones MAC).

La mayoría de *switches* “aprenden” las direcciones MAC interconectadas a cada puerto en forma automática, así que, cuando receptan una trama por un puerto, adquieren la dirección de origen y la asocian al puerto por el cual se recibió la trama.

Si por un puerto reciben una trama dirigida a una dirección MAC destino desconocida, envían la trama por todos los puertos. Cuando la máquina de destino responda, el *switch* “aprenderá” en qué puerto se encuentra su dirección y las próximas tramas serán enviadas únicamente a ese puerto.

Los *Switches* tienen básicamente dos mecanismos de funcionamiento: "*Store and Forward*" y "*Cut through*".

- "***Store and Forward***": Este mecanismo de trabajo consiste en recibir por un puerto una trama completa, para luego analizarla y retransmitirla.
- "***Cut through***": Dado que la dirección de destino se encuentra al comienzo de la trama, este modo de trabajo consiste en analizar únicamente los primeros bytes de la trama, hasta obtener la dirección de destino, e inmediatamente comenzar a retransmitir la trama.

El método "*Cut through*" parece a priori más rápido, ya que no espera la recepción completa de la trama para luego retransmitirla. Sin embargo, este método no puede validar que la trama recibida sea correcta debido a que comienza a enviarla antes de recibirla en su totalidad.

Si la trama recibida tuviera errores o existieran colisiones en el segmento de red conectado al puerto del *switch* por el que ingresa la trama, estos errores se propagarán al puerto de salida del *switch*.

Por el contrario, el método "*Store and Forward*" puede detectar los errores o colisiones en las tramas de entrada, y descartarlas antes de enviarlas al punto de salida. Muchos *switches* pueden trabajar con ambos métodos, y el administrador de red puede decidir cuál es el mejor en cada caso.

Muchos de los "*switches*" disponibles en el mercado tienen, en el mismo equipo, puertos Ethernet, Fast Ethernet y/o Gigabit Ethernet, sobre UTP o sobre Fibra óptica.

1.2.6 REDES DE ÁREA LOCAL VIRTUALES (VLAN) ^[21]

Las VLAN pueden considerarse como dominios de difusión lógica. Una VLAN divide los grupos de usuarios de una red física real en segmentos de redes lógicas, sin importar su diversa localización física. Con esto, se pueden lógicamente agrupar computadoras para que la localización de la red ya no sea tan asociada y restringida a la localización física de cada computadora, como sucede con una LAN, otorgando además seguridad, flexibilidad y ahorro de recursos.

Para lograrlo, se ha establecido la especificación IEEE 802.1Q como un estándar diseñado para dar dirección al problema de cómo separar redes físicamente muy largas en partes pequeñas, así como proveer un alto nivel de seguridad entre segmentos de redes internas teniendo la libertad de administrarlas sin importar su ubicación física. Entonces para ellos es necesario configurar, manejar y solucionar problemas de las VLAN y los enlaces troncales.

Las redes privadas virtuales pueden clasificarse en:

- **VLAN por puertos:** Los puertos de los *switches* se agrupan en VLAN. De esta manera, las máquinas conectadas a un puerto únicamente “ven” a las máquinas que están conectadas a puertos de la misma VLAN.
- **VLAN por direcciones MAC:** Las direcciones MAC se agrupan en VLAN. De esta manera, se puede restringir la red únicamente a ciertas direcciones MAC, independientemente de en qué puerto los *switches* se conecten.
- **VLAN por protocolo:** Algunos *switches* que soportan VLAN pueden inspeccionar datos de la capa 3, como el protocolo utilizado y formar redes independientes según estos protocolos.
- **VLAN por direcciones IP:** Las direcciones IP pueden ser leídas por los *switches*, y pueden formarse redes independientes con ciertos conjuntos de direcciones IP.

Gracias a las redes virtuales, es posible liberarse de las limitaciones de la arquitectura física, ya que se define una segmentación lógica basada en el agrupamiento de equipos según determinados criterios. Se agrupan computadoras de manera lógica para que la localización de la red ya no sea tan asociada y

restringida a la localización física de cada computadora, como sucede con una LAN, otorgando además seguridad, flexibilidad y ahorro de recursos.

Para lograr compatibilidad, se ha establecido la especificación IEEE 802.1Q como un estándar diseñado para dar dirección al problema de cómo separar redes físicamente muy largas en partes pequeñas, así como proveer un alto nivel de seguridad entre segmentos de redes internas teniendo la libertad de administrarlas sin importar su ubicación física.

1.2.6.1 Rangos de VLAN

El acceso a las VLAN está dividido en:

- **Un rango normal.-** Utilizado por redes de pequeños y medianos negocios; está identificada mediante un ID de VLAN entre 1 y 1005, en donde los ID desde 1002 a 1005 están reservados para las VLAN Token Ring y FDDI.
- **Un rango extendido.-** Viabiliza a los proveedores de servicios que amplíen su infraestructura a una mayor cantidad de clientes. Se identifican mediante un ID de VLAN entre 1006 y 4094. Admiten menos características que las VLAN de rango normal.

1.2.7 REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN) ^[22] ^[24]

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar dispositivos computacionales mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante medios no guiados tales como: Ondas de Radio o Luz Infrarroja entre otras, actualmente está siendo ampliamente utilizada.

Las redes inalámbricas facilitan la operación en lugares donde dispositivos electrónicos computacionales no pueden permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos.

Las redes inalámbricas se han desarrollado vertiginosamente en los últimos años, siendo la tecnología más usada actualmente la IEEE 802.11 b, g y n.

La vertiginosa acogida de la tecnología inalámbrica se podrá hacer en cualquier parte: trabajo, hogar, café, automóvil, transporte público, etc. y las aplicaciones son

ilimitadas siempre y cuando se considere a la seguridad como aspecto importante al momento del uso de esta tecnología.

1.2.7.1 Componentes de IEEE 802.11 ^[29]

1.2.7.1.1 Independent Basic Service Set (IBSS)

Se lo conoce como una configuración de red independiente, por lo que generalmente es implementada para que las estaciones se comuniquen entre ellas sin necesidad de que éstas requieran un *Access Point* (AP) o conectarse a la red física. Comúnmente este tipo de redes es de corta duración, con un número limitado de entidades y creada para un propósito específico.

1.2.7.1.2 Basic Service Set (BSS)

Es una configuración en la cual existe un solo Punto de Acceso (AP) al cual se enlazan las estaciones inalámbricas, las mismas que se comunican a través de él y más no directamente entre ellas como es el caso de la configuración IBSS.

1.2.7.1.3 Extended Service Set (ESS)

Para este tipo de configuración se enlazan varios AP y se la puede definir como la composición de dos o más BSS conectados por un sistema de distribución común.

Cuando se utiliza este tipo de configuración, las estaciones se pueden conectar a cualquier AP de manera transparente.

1.2.7.2 Estándares IEEE 802.11 ^[75]

- 802.11
 - Estándar WLAN original, soporta de 1 a 2 Mbps.
- 802.11a
 - Estándar WLAN de alta velocidad en la banda de los 5 GHz.
 - Soporta hasta 54 Mbps.
 - Utiliza el método de modulación OFMD (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales).
 - En transmisiones exteriores hay un alcance de 30 a 300 metros y en interiores de 12 a 90 metros; entre mayor distancia menos velocidad

- 802.11b
 - Estándar WLAN para la banda de 2.4 GHz.
 - Soporta hasta 11 Mbps.
 - Ofrece seguridad de calidad de servicio QoS
- 802.11d
 - Itinerancia internacional, configura dispositivos automáticamente para que cumplan con las regulaciones locales.
 - Norma del IEEE que permite cambios en las configuraciones del nivel MAC para adaptarse a las normas del país donde se emplee la red.
- 802.11e
 - Está dirigido a los requisitos de calidad de servicio para todas las interfaces IEEE WLAN de radio.
- 802.11f
 - Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar conectividad de WLAN de diferentes proveedores.
- 802.11g
 - Establece una técnica de modulación adicional para la banda de los 2.4 GHz.
 - Dirigido a proporcionar velocidades de hasta 54 Mbps.
 - El método de modulación que utiliza es OFDM y DSSS.
- 802.11i
 - Está dirigido a abatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación.
 - El estándar abarca los protocolos 802.1X, TKIP¹, y AES².
- 802.11n
 - Proporciona mejoras de mayor capacidad de proceso, se pretende que la tasa de velocidades sea de hasta 500 Mbps
- 802.11h
 - Define la administración del espectro de la banda de los 5 GHz. para su uso en Europa y en Asia Pacífico.

¹ **TKIP**: Protocolo de Llaves Integras – Seguras– Temporales

² **AES**: *Advanced Encryption Standard*, también conocido como Rijndael, es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos.

- 802.11ac
 - Define la administración del espectro de la banda de los 5 GHz.
 - Utiliza hasta 8 flujos MIMO e incluye modulación de alta densidad (256 QAM).
 - El estándar consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 433 Mbit/s por flujo de datos, consiguiendo teóricamente tasas de 1.3 Gbit/s empleando 3 antenas.

La Tabla 1.2 presenta una comparación entre los estándares más utilizados a nivel mundial:

| ESTÁNDAR | 802.11a | 802.11b | 802.11g | 802.11n | 802.11ac |
|-------------------------|---------|---------|---------|-------------------|-----------------------|
| FRECUENCIA | 5 GHz | 2.4 GHz | 2.4 GHz | 2.4 y 5 GHz | 5 GHz |
| VELOCIDAD MÁXIMA | 54 Mbps | 11 Mbps | 54 Mbps | 300 a 600 Mbps | 1.3 Gbps teóricamente |
| COMPATIBILIDAD | -- | 802.11g | 802.11b | 802.11b y 802.11g | 802.11a y 802.11n |
| ALCANCE | 23 m | 45 m | 45 m | Hasta 100 m | Mayores a 100 m |

Tabla 1.2 Principales estándares de 802.11 [75]

1.2.7.3 Seguridad en Redes Inalámbricas ^{[34] [35] [57]}

La seguridad en las redes inalámbricas debido a la aplicabilidad y sobre todo a las ventajas que ofrece esta tecnología ha creado retos en lo que respecta a la seguridad. Cualquier dispositivo dentro de una LAN que posea una tarjeta inalámbrica puede ser un punto vulnerable para la red, trayendo consecuencias que no sólo afecta a un usuario específico o dispositivo en cuestión sino inclusive a todo el sistema de comunicaciones de una Institución.

Las redes inalámbricas al usar medios no guiados son vulnerables por naturaleza debido al no tener un control en la propagación de sus ondas de radio frecuencia en el medio, siendo ésta una de las problemáticas en la distribución de la información, pudiendo ser víctimas a la captura por intrusos. Es necesario evaluar las amenazas que exhiben las redes inalámbricas para tratar de proteger sus vulnerabilidades y considerar los siguientes aspectos:

- Elegir sistemas de autenticación robustos en los puntos de acceso inalámbricos.
- Considerar que la cobertura que brinda un AP no sea mayor a 100 metros.
- Monitorizar las redes y servicios en red para detectar intrusiones y ataques.
- Verificar la continuidad de los servicios para asegurar que no peligre la integridad y confidencialidad de la información.
- Modificar las configuraciones que vienen por defecto en los equipos de conectividad inalámbrica.

La seguridad computacional permite garantizar la confidencialidad, la integridad, la disponibilidad y la autenticación de los recursos de un sistema, para la cual las redes inalámbricas deberán cumplir las siguientes premisas:

- **Confidencialidad:** Garantiza la privacidad de los datos manteniendo la información restringida a personas no autorizadas.
- **Integridad.-** Asegura que los datos almacenados, procesados o transmitidos se mantengan sin modificación y que las personas que estén autorizadas para hacerlo trabajen bajo estrictas normas de operación.
- **Disponibilidad.-** Garantiza que el acceso a la información esté disponible en cualquier momento que los necesiten los usuarios autorizados.
- **Autenticación:** Verifica la identidad del usuario que está intentando conectarse a la red.

1.2.7.3.1 Estándares y protocolos de seguridad

- **Wired Equivalent Privacy (WEP).**- Es un protocolo que proporciona cifrado a nivel de capa 2 desarrollado para la protección de la información de los usuarios de una red inalámbrica local; usa el algoritmo de cifrado RC4 para confidencialidad y para la integridad usa CRC-32. WEP utiliza clave secreta de 40 o 104 bits combinados con un vector de inicialización de 24 bits; existen varias deficiencias en este sistema, debido a la facilidad con la que se pueden obtener los *passwords*.
- **Wi-Fi Protected Access (WPA).**- Este protocolo fue desarrollado para corregir las deficiencias de WEP, fue diseñado para usar un servidor de

autenticación que distribuye las claves a cada usuario aunque también se puede utilizar en modo de clave pre-compartida. La información está cifrada con el algoritmo RC4 con clave de 128 bits y un vector de inicialización de 48 bits. Éste implementa un código de integridad del mensaje MIC (*Message Integrity Code*) que detecta la manipulación de los paquetes.

- **Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2).** - Es una mejoría de WPA, más robusto ya que utiliza el algoritmo de cifrado AES (*Advanced Encryption Standard*). WPA2 incluye soporte para IBSS y no solo para BSS.
- **IEEE 802.1x.** - Está diseñado para mejorar la seguridad de las redes de área local inalámbricas que siguen el estándar IEEE 802.11. El actual algoritmo que se utiliza para determinar si un usuario es auténtico se deja abierta y múltiples algoritmos son posibles. 802.1x utiliza el protocolo de Autenticación Extensible (EAP), que funciona en Ethernet, Token Ring o LAN inalámbricas, para el intercambio de mensajes durante el proceso de autenticación.

1.2.8 CABLEADO ESTRUCTURADO ^[23] ^[25] ^[54]

Se conoce como cableado estructurado al sistema de cables, conectores, canalizaciones y dispositivos que permiten establecer una infraestructura de telecomunicaciones dentro de un edificio, así como la interconexión con redes externas. En un sistema de cableado estructurado se especifican normas y estándares para los elementos de interconexión. El apego del cableado estructurado a un estándar permite que este tipo de sistemas ofrezca flexibilidad de instalación e independencia de proveedores y protocolos, además de brindar una amplia capacidad de crecimiento y de resultar fáciles de administrar.

La instalación de un sistema de cableado estructurado se realiza de manera ordenada y planeada lo cual ayuda a que la señal no se degrade en la transmisión y asimismo garantiza el desempeño de la red. El cableado estructurado se utiliza para sobre él transmitir voz, datos, imágenes, dispositivos de control, de seguridad, detección de incendios, entre otros.

Este sistema es considerado como un medio físico pasivo para las LAN de cualquier edificio en el cual se busca independencia con las tecnologías usadas, el tipo de arquitectura de red o los protocolos empleados. Por lo tanto el sistema es

transparente ante redes Ethernet, Token Ring, ATM, RDSI o aplicaciones de voz, de control o detección. Es por esta razón que se puede decir que es un sistema flexible ya que tiene la capacidad de aceptar nuevas tecnologías basta cambiar los adaptadores electrónicos en cada uno de los extremos del sistema. La gran ventaja de esta característica es que el sistema de cableado se adaptará a las aplicaciones futuras, por lo que asegura su vigencia por algunos años.

Cabe resaltar que la garantía mínima de un sistema de este tipo depende de las características del cable, dando como referencia de 7 a 10 años, lo que está dado por el componente de red de mayor duración y por ello requiere de atención especial. Por otro lado, al ser una instalación planificada y ordenada, se aplican diversas formas de etiquetado de los numerosos elementos, a fin de localizar de manera eficiente su ubicación física en la infraestructura.

Los componentes que deberían ser etiquetados son: espacios, ductos o conductos, cables, hardware y sistema de puesta a tierra.

El cableado estructurado no se encuentra ligado a una marca de equipos específica, está normado por el Instituto de Estándares Nacionales Americano y la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (ANSI/TIA/EIA).

1.2.8.1 Medios de Transmisión

Entre los medios de transmisión que actualmente se utilizan en un sistema de cableado estructurado se pueden tener de dos tipos de medios: guiados y no guiados. Los medios guiados o medios físicos son aquellos por los cuales la onda viaja confinada a un volumen en el espacio teniendo entre los más utilizados a:

1.2.8.1.1 Par trenzado

Es el tipo de cable más común y se originó como solución para conectar teléfonos, terminales y ordenadores. Cada cable de este tipo está compuesto por una serie de pares trenzados. Los pares se trenzan para reducir la interferencia y aumentar la potencia y disminuir la diafonía entre pares adyacentes. En la operación de balanceo de pares, los dos hilos de cobre suelen llevar señales paralelas y adyacentes, las cuales son combinadas mediante sustracción en el destino.

El ruido de los dos hilos se aumenta mutuamente en esta sustracción debido a que ambos cables están expuestos a EMI (*Electromagnetic interference*) similares.

Un cable de par trenzado está formado por un grupo de pares trenzados, normalmente cuatro, recubiertos por un material aislante. Cada uno de estos pares se identifica mediante un color, siendo los colores asignados y las agrupaciones de los pares de la siguiente forma:

Par 1: Blanco- Azul/Azul

Par 2: Blanco-Naranja/Naranja

Par 3: Blanco-Verde/Verde

Par 4: Blanco-Marrón/Marrón

Los pares trenzados se apantallan; de acuerdo con la forma en que se realiza este apantallamiento se puede distinguir varios tipos de cables de par trenzado, éstos se denominan mediante las siglas UTP, STP y FTP.

La figura 1.4 muestra la estructura física del cable de pares trenzados categoría 6A.

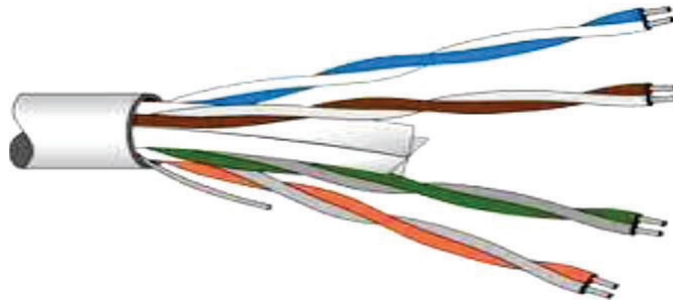


Figura 1.4 Cable de Pares Trenzados

UTP es como se denominan a los cables de par trenzado no apantallados; son los más simples, no tienen ningún tipo de pantalla conductora. Su impedancia es de 100 ohmios, y es muy sensible a interferencias. Los pares están recubiertos de una malla de teflón que no es conductora, este cable es bastante flexible.

STP es la denominación de los cables de par trenzado apantallados individualmente, cada par se envuelve en una malla conductora y otra general que recubre a todos los pares. Poseen gran inmunidad al ruido, pero una rigidez máxima.

FTP los pares se recubren de una malla conductora global; de esta forma mejora la protección frente a interferencias, teniendo una rigidez intermedia.

1.2.8.1.2 Fibra Óptica

Es un medio de transmisión guiado no metálico conformado por filamentos de vidrio. Su forma de transmitir señales es mediante la transmisión de luz a través del principio de reflexión interna total.

Por lo tanto no sufre de efectos EMI ni diafonía, lo que ayuda a alcanzar grandes distancias. Gracias a que se trabaja con frecuencias en el rango de la luz visible, se obtienen anchos de banda muy grandes. Existen dos tipos:

- **Multimodo:** Se transmiten varios modos de luz (trayectorias) que se logra teniendo un núcleo de tamaño típico de 50 o 62,5 μm . Debido a que existe dispersión por los diferentes modos de propagación se alcanzan distancias promedio de 1 a 2 Km.
- **Monomodo:** Se transmite solo un modo de luz reduciendo el diámetro del núcleo aproximadamente 9 μm . Gracias a que no hay dispersión modal se alcanzan distancias mayores, hasta 100 Km.

Algunos parámetros a considerar al escoger un sistema de fibra óptica son:

- **Ventana de Transmisión:** Rango de longitud de onda donde se puede transmitir y detectar luz con máxima eficiencia. Es decir la longitud de onda en la cual trabajará el sistema.
- **Atenuación:** Cada ventana de transmisión tiene un determinado coeficiente de atenuación; a mayor ventana, menor atenuación. Por otro lado, dependerá directamente de la longitud del enlace por lo que se expresa en dB/Km. ($A=\alpha/L$).
- **Ángulo de Aceptación:** Máximo ángulo con el cual debe incidir la luz en la fibra para lograr el efecto de reflexión interna total.
- **Apertura Numérica:** Es un indicador que da idea de la cantidad de luz que puede ser guiada. Por lo tanto cuanto mayor es, mayor será la cantidad de luz que puede aceptar en su núcleo.

- **Dispersión Intermodal:** Resulta de la diferencia en el tiempo de propagación entre los modos que siguen trayectorias diferentes (ensanchamiento del pulso). Limita el ancho de banda.

1.2.8.2 Subsistemas de un Sistema de Cableado Estructurado ^[39]

La norma ANSI/TIA 568-C divide el cableado estructurado en siete subsistemas, donde cada uno de ellos tiene una variedad de cables y productos diseñados para proporcionar una solución adecuada para cada caso. Los distintos elementos que lo componen son los siguientes:

1.2.8.2.1 Subsistema de Cableado Horizontal

El cableado horizontal incorpora el sistema de cableado que se extiende desde el Área de Trabajo hasta el cuarto de telecomunicaciones.

La figura 1.5 muestra un diagrama de un subsistema de Cableado Horizontal, sus componentes, así como su estructura.

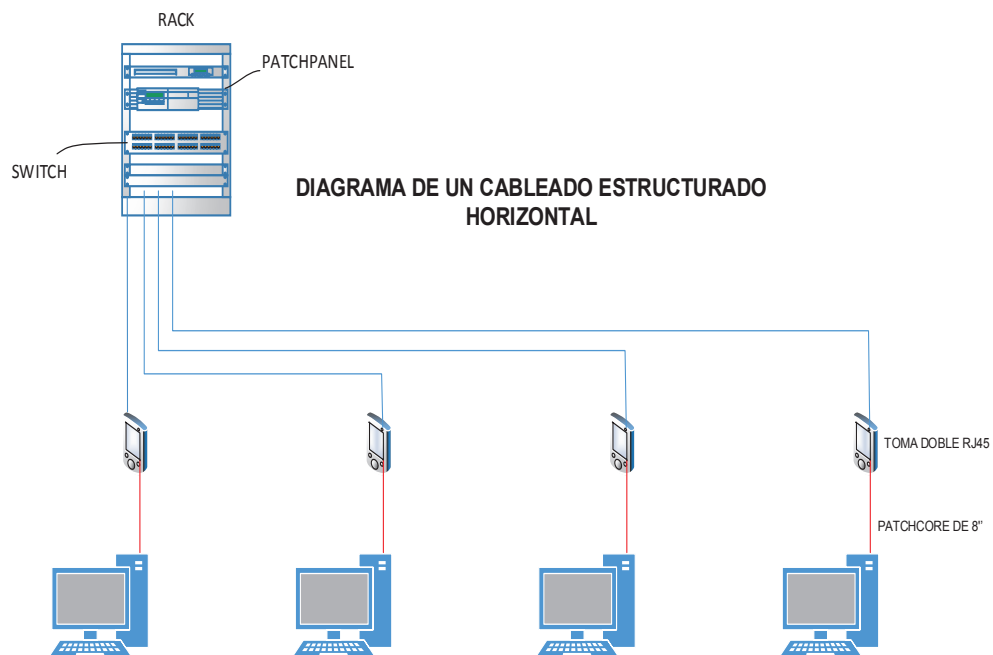


Figura 1.5 Subsistemas de Cableado Horizontal

El subsistema de Cableado Horizontal está compuesto por:

- **Cables horizontales:** Es el medio de transmisión que lleva la información de cada usuario hasta los correspondientes equipos de telecomunicaciones. Según la norma ANSI/TIA/EIA-568-A, el cable que se puede utilizar es:
 - UTP de 4 Pares (100Ω 22/24 AWG)
 - STP de 2 pares (150Ω 22 AWG).
 - Fibra Óptica Multimodo de dos hilos (62,5/125 μm).

Debe tener un máximo de 90 m. independiente del tipo de cable utilizado, sin embargo se deja un margen de 10 m. que consisten en el cableado dentro del Área de Trabajo y el cableado dentro del cuarto de telecomunicaciones (*patchcords*).

La figura 1.6 muestra las distancias máximas que se deben considerar al momento de implementar el subsistema de Cableado Horizontal.

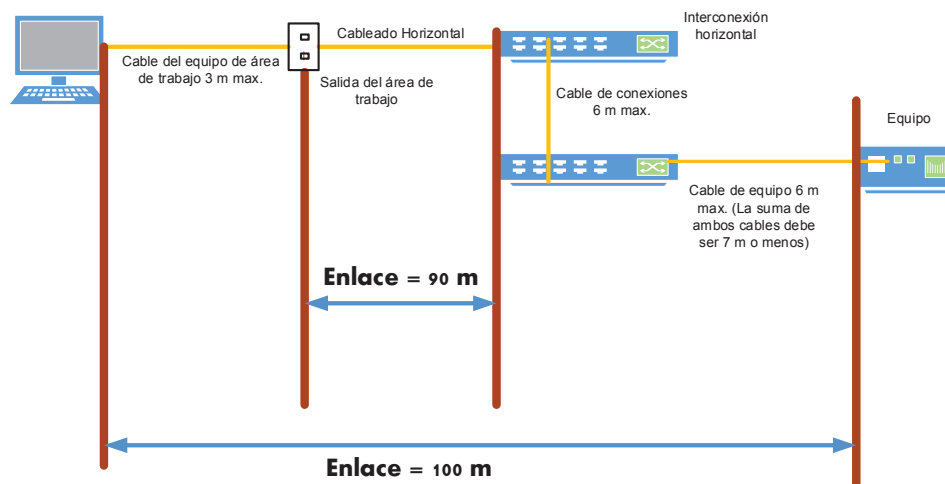


Figura 1.6 Distancia Máxima Cableado Horizontal

- **Terminaciones Mecánicas:** Conocidos como regletas o paneles de conexión (*patchpanels*); son dispositivos de interconexión a través de los cuales los tendidos de cableado horizontal se pueden conectar con otros dispositivos de red como, por ejemplo, *switches*. Es un arreglo de conectores RJ-45 que se utiliza para realizar conexiones cruzadas entre los equipos

activos y el cableado horizontal. Se consiguen en presentaciones de 12, 24, 48 y 96 puertos.

La figura 1.7 presenta un modelo de regleta compuesta por 24 puertos la misma que es implementada en un armario o *rack* de comunicaciones.



Figura 1.7 *Patchpanel* y módulo *Jack*

- **Cables puentes:** Conocidos como *patchcords*; son los cables que conectan diferentes equipos en el cuarto de telecomunicaciones y en el Área de Trabajo. Éstos tienen conectores a cada extremo, el cual dependerá del uso que se le quiera dar, generalmente tienen un conector RJ-45. Su longitud es variable, pero sumada a la del Cableado Horizontal y la del cable del Área de Trabajo, no debe ser mayor a 100 m.

La figura 1.8 exhibe un *patchcord* típico para áreas de trabajo.



Figura 1.8 *Patchcord*

- **Puntos de red:** Conocidos también como salida de telecomunicaciones; deben proveer por lo menos dos puertos uno para el servicio de voz y otro para el servicio de datos.

La figura 1.9 muestra tres salidas de telecomunicaciones para los cables UTP, STP y fibra óptica.



Figura 1.9 Salidas de telecomunicaciones para UTP, STP y FO

- **Puntos de Transición:** También llamados puntos de consolidación; son puntos en donde un tipo de cable se conecta con otro tipo, por ejemplo cuando el cableado horizontal se conecta con cables especiales para debajo de las alfombras. Existen dos tipos de puntos de transición:
 - Toma multiusuario: Es una salida con varios puntos de acceso, es decir una salida para varios usuarios.
 - CP: Es una conexión intermedia del cableado horizontal con un pequeño cableado que traen muchos muebles modulares.

La norma permite sólo un punto de transición en el subsistema de cableado horizontal.

1.2.8.2.2 Subsistema de Cableado Vertical

El cableado vertical, también conocido como cableado de *backbone*, es aquel que tiene el propósito de brindar interconexiones entre el cuarto de entrada de servicios, el cuarto de equipos y cuartos de telecomunicaciones. La interconexión se realiza en topología estrella ya que cada Cuarto de Telecomunicaciones se debe enlazar con el cuarto de equipos. Sin embargo se permiten dos niveles de jerarquía ya que varios Cuartos de Telecomunicaciones pueden enlazarse a un cuarto de interconexión intermedia y luego éste se interconecta con la Sala de Equipos.

En la tabla 1.3 se detallan los medios aptos para ser utilizados en el subsistema de Cableado Vertical su aplicación y distancias permitidas.

| Medio | Aplicación | Distancia (metros) |
|--|------------|--------------------|
| UTP o STP | Datos | 90 |
| UTP o STP | Voz | 800 |
| Fibra Monomodo 8,3/125 μm | Datos | 3000 |
| Fibra Multimodo 62,5/125 μm | Datos | 2000 |

Tabla 1.3 Cables utilizados en el cableado vertical

La figura 1.10 muestra la implementación de un cuarto intermedio entre el cuarto de telecomunicaciones y el cuarto de equipos.

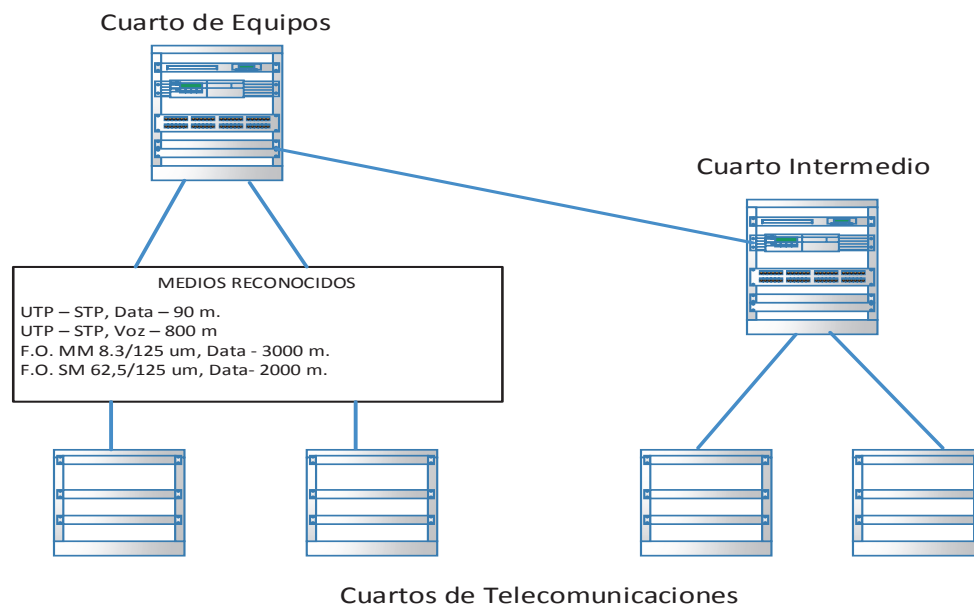


Figura 1.10 Subsistema de Cableado Vertical

1.2.8.2.3 Área de Trabajo

El Área de Trabajo es el espacio físico donde el usuario toma contacto con los diferentes equipos, que pueden ser teléfonos, impresoras, FAX, PCs, entre otros. Se extiende desde el *outlet* o salida de telecomunicaciones hasta el equipo final de usuario. El cableado en este subsistema no es permanente y por ello es diseñado para ser relativamente simple de interconectar de tal manera que pueda ser removido, cambiado de lugar o colocar uno nuevo muy fácilmente. Por esta razón el cableado del Área de Trabajo no debe ser mayor a los 3 m.

Como consideración de diseño se debe ubicar un Área de Trabajo cada 10 m² y ésta debe por lo menos tener dos salidas de servicio, en otras palabras dos conectores. Uno de los conectores debe ser del tipo RJ-45 bajo el código de colores de cableado T568A o T568B. Además, los ductos a las salidas del Área de Trabajo deben prever la capacidad de manejar tres cables (Data, Voz y respaldo o *backup*). Cualquier elemento adicional que un equipo requiera a la salida del Área de Trabajo, no debe instalarse como parte del cableado horizontal, sino como componente externo a la salida del Área de Trabajo. Esto garantiza la utilización del sistema de cableado estructurado para otros usos.

La figura 1.11 presenta toda la composición de un *outlet*, de igual manera las salidas y la distancia máxima del cable en el Área de Trabajo.

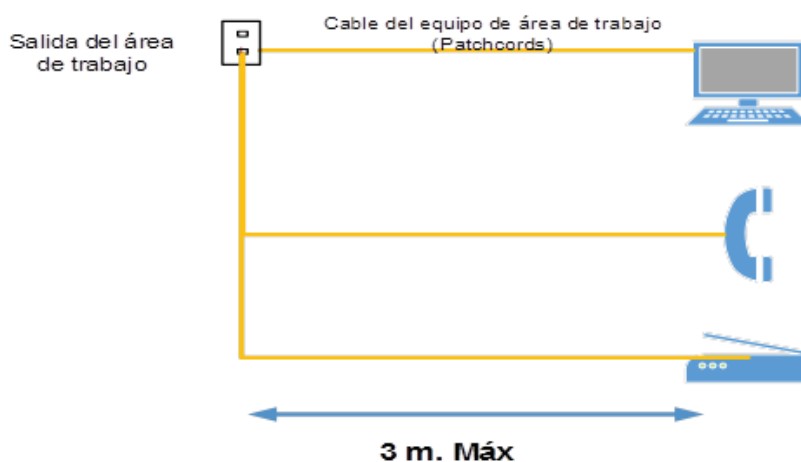


Figura 1.11 Outlet con adaptador

1.2.8.2.4 Cuarto de Equipos

La Sala o Cuarto de Equipos es el lugar donde se ubican los principales dispositivos de telecomunicaciones tales como centrales telefónicas, *switches*, *routers* y equipos de cómputo como servidores de datos, video entre otros. Además éstos incluyen una o varias áreas de trabajo para personal especial encargado de estos dispositivos.

Se puede decir entonces que los Cuartos de Equipos se consideran distintos de los Cuartos de Telecomunicaciones por la naturaleza, costo, tamaño y complejidad del equipo que contienen.

1.2.8.2.5 Cuarto de Telecomunicaciones

Es el lugar donde termina el cableado horizontal y se origina el cableado vertical, por lo que contiene componentes como *patchpanels*, armarios de telecomunicaciones, *racks*, etc. El cuarto de telecomunicaciones debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado.

El diseño de cuartos de telecomunicaciones debe considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable (CATV), alarmas, seguridad, audio y otros sistemas de telecomunicaciones. Todo edificio debe contar con al menos un cuarto de telecomunicaciones o cuarto de equipo.

No hay un límite máximo en la cantidad de cuartos de telecomunicaciones que pueda haber en un edificio.

Dicho cuarto debe ser de uso exclusivo de equipos de telecomunicaciones y por lo menos debe haber uno por piso siempre y cuando no se excedan los 90 m. especificados para el cableado horizontal.

1.2.8.2.6 Cuarto de entrada de Servicio

Es el lugar donde se encuentra la acometida de los servicios de telecomunicaciones, por lo tanto es el punto en donde el cableado interno deja el edificio y se comunica hacia el exterior.

Es llamado punto de demarcación pues en él “terminan” los servicios que brinda un proveedor, es decir que pasado este punto, el cliente es responsable de proveer los equipos y cableado necesario para dicho servicio, así como su mantenimiento y operación. El cuarto de entrada también recibe el *backbone* que conecta al edificio a otros en situaciones de campus o sucursales.

1.2.8.2.7 Subsistema de Administración

Este subsistemas está ligado a la Norma ANSI/TIA 569-A y tiene como objetivo brindar una guía estandarizada para el diseño de sistemas de cableado

estructurado, la cual incluye detalles acerca de las rutas de cables y espacios para equipos de telecomunicaciones en edificios comerciales. Hace referencia a los subsistemas definidos por la norma ANSI/TIA 568-C. Los espacios de telecomunicaciones como el cuarto de equipos, los cuartos de telecomunicaciones o el cuarto de entrada de servicios tienen reglas de diseño en común tales como:

- Las puertas (sin considerar el marco) deben abrirse hacia fuera del cuarto, deslizarse hacia un costado o ser removibles. Sus medidas mínimas son 0,91 m. de ancho por 2 metros de alto.
- La energía eléctrica debe ser suministrada por al menos 2 salidas que provengan de circuitos diferentes.
- La iluminación debe tener una intensidad de 500 lx y el interruptor debe estar localizado cerca de la entrada.
- Cualquier ruta de cableado deberá evitar cualquier clase de interferencia electromagnética.
- Se debe cumplir con la norma ANSI/TIA 607.

1.2.8.3 Estándares de Cableado Estructurado ^[28]

En la época de los 80 no existía estándares que faciliten la implementación en sistemas de telecomunicaciones empresariales adecuados. Cada sistema tenía sus propios requerimientos acerca de las características del cableado que necesitaban.

Generalmente los propios fabricantes de *mainframes* proveían también el cableado necesario para la conexión a los terminales. En esa época no era extraño encontrar en una misma instalación de par trenzado para el servicio telefónico, multipar trenzado blindado para las terminales del mini-computador, coaxial para la naciente red de PC, “*twin-axial*” para las terminales del computador central, coaxial para el circuito cerrado de vigilancia por TV, etc. A medida que las tecnologías de los sistemas de información comenzaron a crecer, más organizaciones comenzaron a requerir de estos sistemas, cada uno de los que requería de su tipo de cable, conectores, y prácticas de instalación. Con cada cambio tecnológico en los sistemas de información también era necesario cambiar el cableado. Hasta que en 1985, la CCIA solicitó a la EIA realizar un estándar referente a los SCE.

En esa fecha se entendió que era necesario realizar un estándar que contemplara todos los requerimientos de cableado de los sistemas de comunicaciones, incluyendo voz y datos, para el área empresarial y residencial. La EIA asignó la tarea de desarrollar estándares de cableado al comité “TR-41”. El foco principal del comité al desarrollar estos estándares consistió en asegurarse de que eran independientes, tanto de las tecnologías de los sistemas de comunicaciones como de los fabricantes. A grandes rasgos, existen tres tipos de estándares:

- Los comunes, que establecen criterios genéricos.
- Los que aplican según el tipo de local (comercial, residencial, etc.).
- Los que detallan los componentes a utilizar, tanto en tecnología de “cobre” como de “fibra óptica”.

En la tabla 1.4 se hace una esquematización de la clasificación y las diferentes recomendaciones relacionadas con los Sistemas de Cableado Estructurado.

| <i>Common Standards</i> | <i>Premises Standards</i> | <i>Component Standards</i> |
|---|--|---|
| 568-C.0: Generic Telecommunication Cabling for Customer Premises | <i>568.C1: Commercial Building Telecommunications Cabling</i> | <i>568.C2: Balanced Twisted Pair Telecommunications Cabling</i> |
| 569-C: Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways | <i>570-B: Residential Telecommunications Infrastructure</i> | <i>568.C3: Optical Fiber Cabling Components</i> |
| 606-A: Administrations Standard for Telecommunication Infrastructure of Commercial Buildings | <i>758-A: Customer-Owned Outside Plant Telecommunications Infrastructure</i> | |
| 607-A: Grounding and bonding requirements for Telecommunication in commercial buildings | <i>942: Telecommunications Infrastructure for Data Centers</i> | |

Tabla 1.4 Recomendaciones para los Sistemas de Cableado Estructurado^[28]

1.2.8.3.1 ANSI/TIA/EIA-568

El estándar ANSI/TIA/EIA-568 Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales y sus recientes actualizaciones especifican los requerimientos de un sistema integral de cableado, independiente de las aplicaciones y de los proveedores, para los edificios comerciales; el estándar especifica:

- Requerimientos mínimos para cableado de telecomunicaciones dentro de un ambiente de oficina, para distintas tecnologías de cables (cobre y fibra).
- Topología y distancias recomendadas.

Parámetros de desempeño de los medios de comunicación (cables de cobre, fibra). Este estándar ha tenido varias versiones en las que cada una de ellas posee sus respectivos adendums, entre los más relevantes se mencionan a:

- ANSI/TIA/EIA 568-A Commercial Building Telecommunications Cabling Standard. (Octubre 1995)
- ANSI/TIA/EIA 568-B.1 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard, Part 1: General Requirements. (Abril 2001)
- ANSI/TIA/EIA 568-B.2 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard - Part 2: Balanced Twisted Pair Cabling Components (Mayo 2001)
- ANSI/TIA/EIA 568-B.3 Optical Fiber Cabling Components. (Abril 2000)
- ANSI/TIA 568-C.0 Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises (Febrero 2009)
- ANSI/TIA 568-C.1 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard (Febrero 2009)
- ANSI/TIA 568-C.2 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard Part 2: Balanced Twisted- Pair Cabling Components (Agosto 2009)
- ANSI/TIA 568-C.3. Optical Fiber Cabling Components Standard (Junio 2008)
- ANSI/TIA 568-C.4. Broadband Coaxial Cabling and Components Standard (Julio 2011)

El estándar publicado por la TIA es el ANSI/TIA 568-C y corresponde a la revisión del ANSI/TIA/EIA 568-B, este nuevo estándar consolida los documentos centrales de las recomendaciones originales y todos sus adendums, con la diferencia que

cambia su organización, generando una recomendación común a todo tipo de edificios.

1.2.8.3.2 ANSI/TIA/EIA-569

El estándar ANSI/TIA/EIA-569 para Espacios y Canalizaciones para Telecomunicaciones provee especificaciones para el diseño de las instalaciones y la infraestructura necesaria para el cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.

La primera versión de este estándar incluía las siguientes versiones

- ANSI/TIA/EIA 569-A *Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces*. (Febrero 1998)
- ANSI/TIA/EIA 569-A-1 Addendum 1 *Surface Raceways*. (Abril 2000)
- ANSI/TIA/EIA 569-A-2 Addendum 2 *Furnitures Pathways and Spaces*. (Abril 2000)
- ANSI/TIA/EIA 569-A-3 Addendum 3 *Access Floors*. (Marzo 2000)
- ANSI/TIA/EIA 569-A-4 Addendum 4 *Poke-Thru Fittings*. (Marzo 2000)
- ANSI/TIA/EIA 569-A-5 Addendum 5 *Underfloor Pathway*.
- ANSI/TIA/EIA 569-A-6 Addendum 6 *Multitenant Pathways and Spaces* (Septiembre 2001).
- ANSI/TIA/EIA 569-A-7 Addendum 7 *Cable Trays and Wireways* (Diciembre 2001).

En Marzo de 2013 entró en vigencia la revisión “C” de la recomendación, conocida como ANSI/TIA-569-C “*Telecommunications Pathways and Spaces*”, donde se quita expresamente la referencia de “Edificios comerciales”. El estándar ANSI/TIA-569-C tiene en cuenta tres conceptos fundamentales que son:

- Las edificaciones son dinámicas. Durante la existencia de un edificio, las remodelaciones son comunes, y deben ser tomadas en cuenta desde el momento del diseño. Este estándar reconoce que existirán cambios y los considera en sus recomendaciones para el diseño de las canalizaciones de telecomunicaciones.

- Las tecnologías y los equipos de telecomunicaciones pueden cambiar dramáticamente; este estándar reconoce este hecho siendo tan independiente como sea posible de proveedores y tecnologías de equipo.
- El concepto de Telecomunicaciones también incorpora otros sistemas tales como control ambiental, seguridad, televisión, alarmas y sonido. De hecho, telecomunicaciones incorpora todos los sistemas que transportan información en los edificios.

El estándar identifica seis componentes en la infraestructura de Cableado Estructurado, puesto que el subsistema de Administración estará implícito en cada uno de ellos:

- Instalaciones de Entrada
- Sala de Equipos
- Cableado Vertical (“backbone”)
- Salas de Telecomunicaciones
- Cableado Horizontal
- Área de Trabajo

En la figura 1.12 se muestran los componentes para el estándar ANSI/TIA-569, así como una distribución típica.

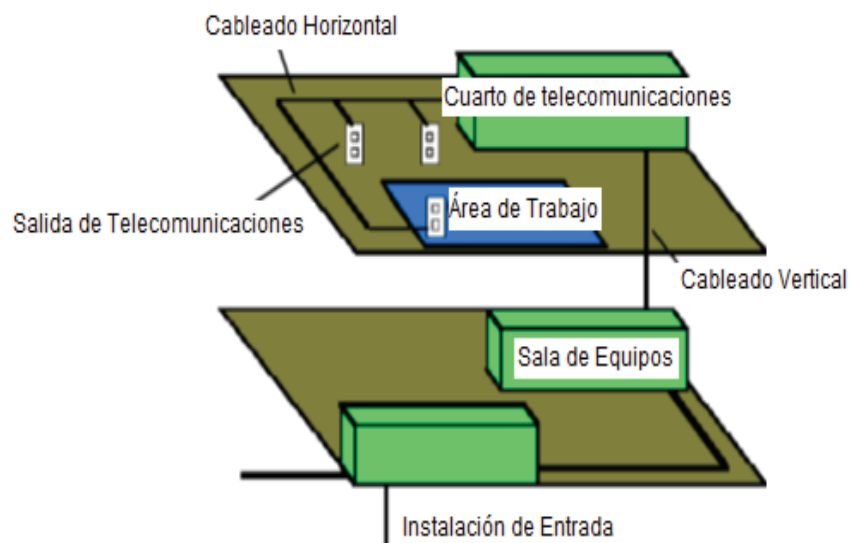


Figura 1.12 Componentes para el Estandar ANSI/TIA-569 [28]

1.2.8.3.3 ANSI/TIA/EIA-606

El estándar ANSI/EIA/TIA-606 regula y sugiere los métodos para la administración de los sistemas de telecomunicaciones. El propósito de este estándar es proporcionar un esquema de administración uniforme que sea independiente de las aplicaciones que se le den al sistema de cableado, las cuales pueden cambiar varias veces durante la existencia de un edificio.

Este estándar de administración establece guías para dueños, usuarios finales, consultores, contratistas, diseñadores, instaladores y administradores de la infraestructura de telecomunicaciones y sistemas relacionados.

Para proveer un esquema de información sobre la administración del camino para el cableado de telecomunicación, espacios y medios independientes, suministra un esquema de administración uniforme; las áreas a ser administradas por este estándar son:

- Terminaciones
- Espacios
- Puestas a tierra
- Medios guiados y no guiados de transmisión
- Enrutamientos

El estándar facilita la localización de fallas, detallando cada tendido por características tales como usuario, tipo, función, etc.

1.2.8.3.4 ANSI/TIA/EIA-607

Este estándar es de requerimientos con respecto a puestas a tierra y conexión de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales; admite un entorno de varios proveedores.

Permite el análisis, diseño e implementación de sistemas de tierra para telecomunicaciones en un edificio con o sin conocimiento previo de sistemas de telecomunicaciones, necesarios para el funcionamiento adecuado de los dispositivos computacionales.

1.3 VOZ SOBRE IP (VoIP) ^[51] ^[56]

Las redes de datos y las de voz han presentado tecnologías muy diferentes. Por una parte, la transmisión de voz se basa en el establecimiento de circuitos permanentes entre un emisor y un receptor, diseñados para transmitir un tipo de señal específico tales como la voz humana, típica señal analógica, de ancho de banda fijo, que debe llegar al destino “inmediatamente” y ser lo más perceptible posible (tiempo real).

Por otro lado, la transmisión de datos, se basa en la transmisión de información digital, utilizando técnicas de conmutación de paquetes, donde los retardos no producen generalmente consecuencias importantes.

La integración de estas dos tecnologías no parece algo sencilla, y cabe preguntarse si existe alguna ventaja en realizar el intento. Las ventajas aparecen al analizar por los menos los siguientes tres aspectos:

- **Ahorros de costos:** moviendo tráfico de voz sobre redes IP, las compañías pueden reducir o eliminar los cargos asociados con el transporte de llamadas sobre la red telefónica pública conmutada (PSTN).
- **Estándares abiertos e Interoperabilidad:** los negocios y proveedores de servicios pueden comprar equipos de múltiples fabricantes y eliminar su dependencia en soluciones propietarias.
- **Redes integradas de voz y datos:** haciendo la voz como otra aplicación IP, las instituciones pueden construir redes verdaderamente integradas para voz y datos.

Sin duda todos los aspectos son importantes, y las empresas, tanto prestadoras de servicios, desarrolladoras, como consumidoras de tecnología están haciendo una fuerte apuesta a la integración y unificación.

1.3.1 COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE VoIP

VoIP traslada la voz previamente convertida a datos, entre dos puntos distantes. Da posibilidad de utilizar redes de datos para efectuar llamadas telefónicas, y por ende desarrollar una única red convergente que se encargue de cursar todo tipo de

comunicación, ya sea voz, datos, video o cualquier tipo de información. La VoIP por ende, no es en sí mismo un servicio sino una tecnología que permite encapsular la voz en paquetes IP para poder ser transportados sobre redes de datos sin necesidad de disponer de circuitos conmutados convencionales conocidos como la PSTN.

La telefonía IP no utiliza circuitos físicos para la conversación, sino que envía múltiples conversaciones a través del mismo canal (circuito virtual) codificadas en paquetes IP y en flujos independientes. Claramente la ventaja que provee esta tecnología, es que con una misma infraestructura conseguiría prestar más servicios con calidad y sobretodo con mayor velocidad.

Existe la posibilidad de pérdida de paquetes, ya que el protocolo IP no cuenta con recepción de paquetes perdidos. La figura 1.13, muestra los principales componentes de una red VoIP.

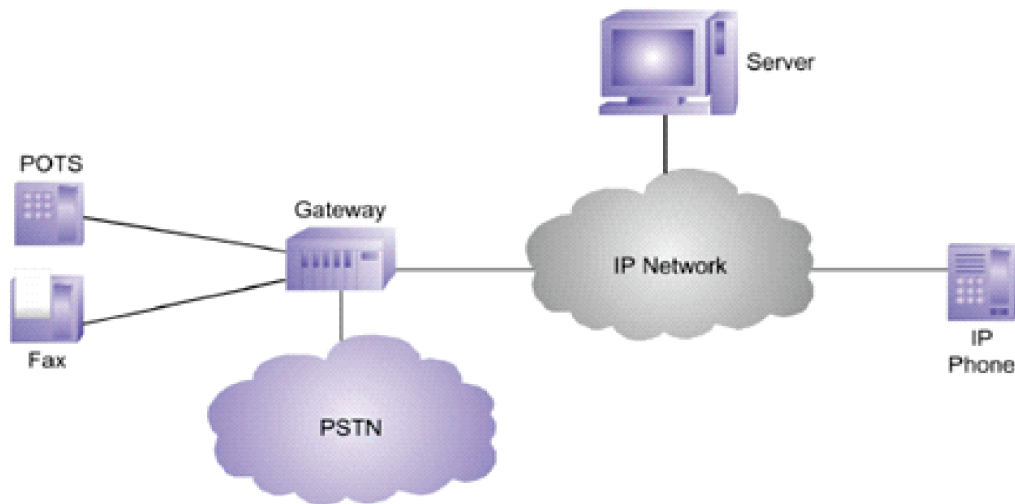


Figura 1.13 Principales componentes de una Red VoIP

El *Gateway* convierte las señales desde las interfaces de telefonía tradicional a VoIP y viceversa. Un teléfono IP se conecta directamente a una red IP. El servidor provee el manejo y funciones administrativas para soportar el enrutamiento de llamadas a través de la red.

En un sistema basado en H.323, el servidor es conocido como un *Gatekeeper*. En un sistema SIP, el servidor es un servidor SIP.

En un sistema basado en MGCP o MEGACO, el servidor es un *Call Agent*.

Finalmente, la red IP provee conectividad entre todos los terminales. La red IP puede ser una red IP privada, una Intranet o el Internet.

Una vez que la llamada ha sido establecida, la voz será digitalizada y entonces transmitida a través de la red en paquetes IP. Las muestras de voz son primero encapsuladas en RTP³ y luego en UDP antes de ser transmitidas en una trama IP.

La figura 1.14 muestra un ejemplo de una trama VoIP sobre una WAN y una LAN

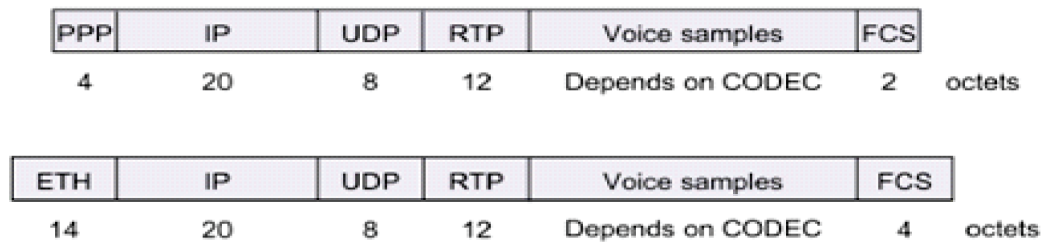


Figura 1.14 Trama VoIP sobre una WAN y una LAN

VoIP funciona, digitalizando la voz en paquetes de datos, enviándola a través de la red y reconvirtiéndola a voz en el destino. Básicamente el proceso comienza con la señal analógica del teléfono que es digitalizada en señales PCM (*Pulse Code Modulation*), por medio del codificador/decodificador de voz (*codec*).

Las muestras PCM son pasadas al algoritmo de compresión, el cual comprime la voz y la fracciona en paquetes; a este proceso se lo conoce como encapsulamiento.

En la figura 1.15 se muestra el flujo de un circuito de voz comprimido.

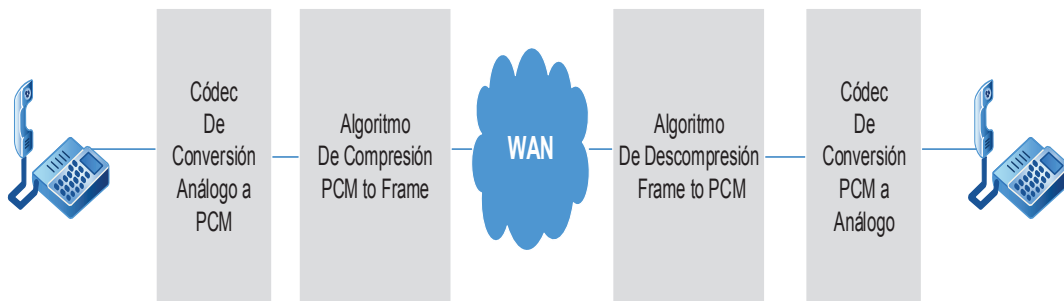


Figura 1.15 Flujo de un circuito de voz comprimido

³ RTP: Protocolo de Transporte en Tiempo Real

Para cuando se transporta voz sobre la red pública Internet, se necesita una interfaz entre la red telefónica y la red IP, la cual se denomina *Gateway* y es la encargada en el lado del emisor de convertir la señal analógica de voz en paquetes comprimidos IP para ser transportados a través de la red.

Del lado del receptor su labor es inversa, dado que descomprime los paquetes IP que recibe de la red de datos, y recompone el mensaje a su forma analógica original conduciéndolo de nuevo a la red telefónica convencional en el sector de la última milla para ser transportado al destinatario final y ser reproducido por el parlante del receptor. Es importante tener en cuenta también que todas las redes deben tener de alguna forma las características de direccionamiento, enrutamiento y señalización. El direccionamiento es requerido para identificar el origen y destino de las llamadas; también se usa para asociar las clases de servicio a cada una de las llamadas dependiendo de la prioridad.

El enrutamiento por su parte encuentra el mejor camino a seguir por el paquete desde la fuente hasta el destino y transporta la información a través de la red de la manera más eficiente, la cual ha sido determinada por el diseñador.

La señalización alerta a las estaciones terminales y a los elementos de la red su estado y la responsabilidad inmediata que tienen al establecer una conexión.

1.3.2 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN EN VoIP

VoIP abarca muchos estándares y protocolos de señalización. El conocer la terminología básica es de mucha importancia para comprender las aplicaciones y usos de VoIP. Los siguientes conceptos sirven como puntos básicos de partida:

- **H.323:** recomendación ITU (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*), que define los Sistemas de Comunicaciones Multimedia basados en paquetes. En otras palabras, H.323 define una arquitectura distribuida para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP.
- **H.248:** recomendación ITU que define el protocolo de Control *Gateway*. y es el resultado de una cooperación entre la ITU y la IETF (*Internet Engineering Task Force*). Es también referido como IETF RFC 2885, el cual define una

arquitectura centralizada para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP. El Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP), también conocido como la IETF RFC 1889, define un protocolo de transporte para aplicaciones en tiempo real. Específicamente, RTP provee el transporte para llevar la porción audio/media de la comunicación VoIP. RTP es usado por todos los protocolos de señalización VoIP.

- **SIP**: *Session Initiation Protocol*, también conocido como la IETF RFC 2543, define una arquitectura distribuida para crear aplicaciones multimedia, incluyendo VoIP.

Como se puede observar, según ciertas definiciones ya consideradas, los protocolos de señalización más relevantes en VoIP son H.323 y SIP. A continuación se realizará una descripción más detallada de estos dos protocolos.

1.3.2.1 Protocolo H.323

H.323 (“*AUDIOVISUAL AND MULTIMEDIA SYSTEMS: Infrastructure of audiovisual services – Systems and terminal equipment for audiovisual services*”) es una recomendación de la ITU-T que describe los terminales y demás dispositivos que proveen servicios de comunicaciones multimedia sobre redes de paquetes que no garantizan calidad de servicio. La primera versión de H.323 fue aprobada en 1996 por la ITU-T. La versión dos fue aprobada en enero de 1998, la versión tres en 1999, la versión cuatro en 2000, la versión cinco en 2003 y la versión seis en junio de 2006.

H.323 es parte de las recomendaciones H.32x (como por ejemplo H.320 para ISDN y H.324 para la PSTN). H.323 es aplicable a cualquier red conmutada de paquetes, con independencia de los protocolos utilizados en la “capa física”. La red debe proveer protocolos de entrega “confiables” y protocolos de entrega “no confiables”.

Los protocolos “confiables” proveen mecanismos de confirmación de recepción de paquetes, y retransmisiones, de ser necesarias, para asegurar la correcta recepción de los paquetes enviados. Los protocolos “no confiables” son del tipo “mejor esfuerzo” en la entrega de paquetes, pero no sobrecargan a la red con paquetes de confirmación y eventuales retransmisiones, lo que los hace a su vez más

“rápidos”. La recomendación H.323 define una arquitectura bajo los siguientes componentes:

1.3.2.1.1 Terminales

Son “teléfonos multimedia IP”. Al referirse a “teléfonos” pueden ser aplicaciones informáticas, que utilizan las capacidades multimedia del PC (parlantes y micrófono), o terminales físicos de similar aspecto a cualquier teléfono o videoteléfono. Esta recomendación establece que esos terminales deben soportar obligatoriamente comunicaciones de voz y opcionalmente comunicaciones de datos y video.

La recomendación también establece los protocolos utilizados en la señalización de las llamadas, los mensajes de control, la manera de realizar la multiplexación de estos mensajes, los codecs de audio y video y los protocolos utilizados para el intercambio de datos entre los terminales.

Un esquema de un terminal H.323 se muestra en la figura 1.16.

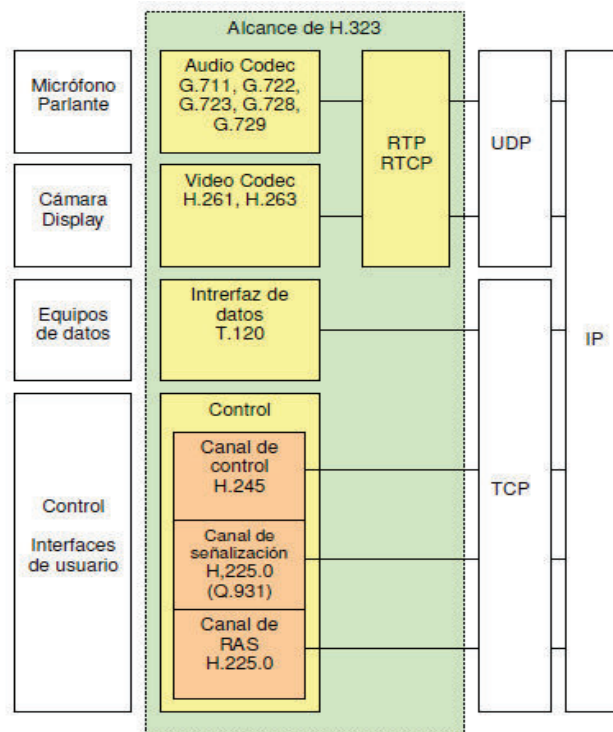


Figura 1.16 Esquema de un terminal H.323

1.3.2.1.2 Gateway o Pasarela

Los *Gateways* o pasarelas, realizan la función de interconexión entre las redes H.323 y otras redes de comunicaciones, como la PSTN analógica y digital, o redes “SIP”. El esquema de funcionamiento se muestra en la Figura 1.17.

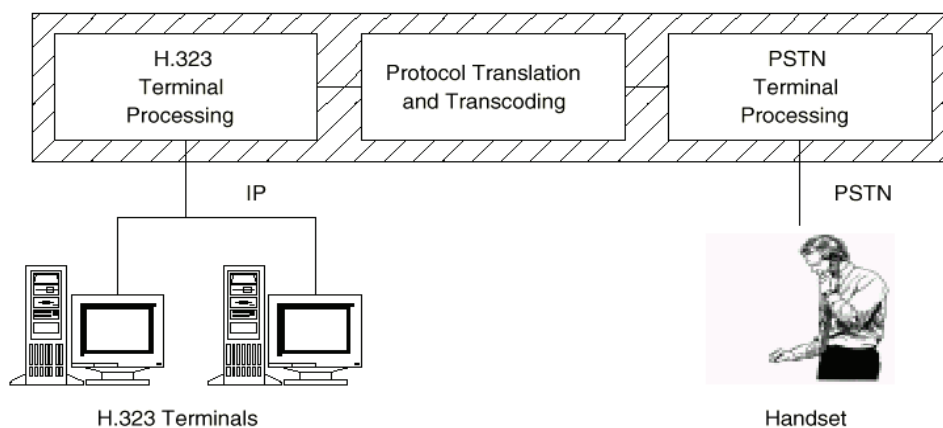


Figura 1.17 Esquema del funcionamiento del *Gateway*

Los *Gateways* son responsables de acoplar el audio, video y los datos, así como también la señalización, entre los formatos propios de H.323 y otras redes de telecomunicación, de manera transparente para los usuarios. Los terminales H.323 pueden comunicarse con otros terminales H.323 de la misma red en forma directa, sin utilizar *Gateways*. En redes donde no es necesario tener comunicación con terminales externos a la propia red, no es necesario disponer de *Gateways*. Por ello, son elementos opcionales en la recomendación H.323

Hacia la red H.323, el *Gateway* presenta las características de un terminal H.323 (o de un MCU – *Multipoint Control Unit*), y hacia la red PSTN, el de un terminal telefónico (de acuerdo al tipo de red a la que esté conectado, podrá presentar las características de un teléfono analógico, ISDN, etc.). Los *Gatekeepers* conocen la existencia de *Gateways*, ya que esto es especificado en el momento en que el *Gateway* se registra en el *Gatekeeper*.

La recomendación no detalla la manera en que deben implementarse los *Gateways*. Pueden ser parte del mismo equipo donde reside el *Gatekeeper*, ser equipos independientes, etc.

1.3.2.1.3 *Gatekeeper o Controlador*

Las redes H.323 pueden disponer de un elemento centralizador de control y servicios telefónicos, llamado en la recomendación “*Gatekeeper*”. Este dispositivo, en caso de existir, debe proveer, como mínimo, los siguientes servicios:

- **Traducción de direcciones.**- Una de las funciones principales del *Gatekeeper* es traducir un número telefónico, o un “alias” a la dirección de red apropiada. Para ello, el *Gatekeeper* debe disponer de una tabla de traducción de direcciones, que se actualiza cada vez que un dispositivo se registra o desregistra en el *Gatekeeper*.
- **Control de Admisión.**- El *Gatekeeper* puede autorizar o negar el acceso a la red H.323, utilizando mensajes descritos en la recomendación H.225.0. Las reglas de decisión para autorizar o negar el acceso no son parte de la recomendación.
- **Control de Ancho de Banda.**- El *Gatekeeper* debe soportar la mensajería H.225.0 respecto a la asignación de ancho de banda. Mediante los protocolos adecuados, puede indicar a cada terminal el ancho de banda total disponible según el tipo de llamada, las categorías de los terminales, etc.
- **Gerenciamiento de su “Zona”.**- Un *Gatekeeper* define una “Zona H.323”. Los terminales, *Gateways* y MCUs registrados en el mismo *Gatekeeper* pertenecen a la misma “zona”. El *Gatekeeper* debe brindar como mínimo los servicios descritos anteriormente para todos los dispositivos de su “Zona”.

De manera adicional a los servicios indicados anteriormente, el *Gatekeeper* puede brindar cualquier otro tipo de servicio adicional, por ejemplo:

- **Señalización para el control de llamadas.**- Cuando una red H.323 dispone de un *Gatekeeper*, la señalización para el establecimiento y liberación de llamadas puede realizarse directamente entre dos terminales, o a través del *Gatekeeper*.

El *Gatekeeper* puede asumir la función de centralizador de señalización, de manera que los terminales tengan que utilizarlo para las funciones de señalización de llamadas.

- **Autorización de llamadas.-** Mediante el uso de señalización H.225.0, el *Gatekeeper* puede autorizar o negar llamadas solicitadas desde los terminales. Las razones para autorizar o negar llamadas pueden incluir criterios de restricciones de ciertos terminales, horarios del día, etc.

Una red puede tener más de un *Gatekeeper*, los que pueden comunicarse entre sí. Los protocolos de comunicación utilizados entre dos o más *Gatekeeper* no están especificados en la recomendación.

1.3.2.1.4 Unidad de Control Multipunto MCU

Este componente de la arquitectura H.323 provee soporte para realizar conferencias, entre tres o más terminales. Se compone de unidades controladoras multipunto “MC” y procesadores multipunto “MP”. Un MCU mínimo puede estar constituido de un único MC y ningún MP. En este caso, las funciones de mezcla y conmutación de audio y video deberán ser provistas por los propios terminales.

Un MCU típico, que soporte conferencias centralizadas, se compone de un MC y un MP. Un MCU típico que soporte únicamente conferencias descentralizadas, se compone de un MC y un MP.

1.3.2.2 Protocolo SIP ^[38] ^[39]

SIP tiene sus orígenes a fines de 1996, como un componente del *Mbone*⁴. El *Mbone*, era una red experimental instalada sobre la Internet, para la distribución de contenido multimedia, incluyendo charlas, seminarios y conferencias de la IETF. Uno de sus componentes esenciales era un mecanismo para invitar a usuarios a escuchar una sesión multimedia, futura o ya establecida.

1.3.2.2.1 Mensajería SIP

La mensajería SIP está basada en el esquema “*Request*” - “*Response*” de http⁵. Esto presenta ciertas ventajas, sobre todo para los familiarizados con las tecnologías http.

⁴ **Mbone:** *Multicast Backbone*

⁵ **http:** protocolo de transferencia de hipertexto

A diferencia de H.323 en donde los mensajes eran binarios, todos los mensajes son de texto plano, y por lo tanto fáciles de interpretar.

Para iniciar una sesión se envía un mensaje de “*Request*” a una contraparte de destino. El destino recibe el “*Request*”, y lo contesta con el correspondiente “*Response*”.

La figura 1.18 muestra un ejemplo del proceso de establecimiento de una comunicación con el protocolo SIP.

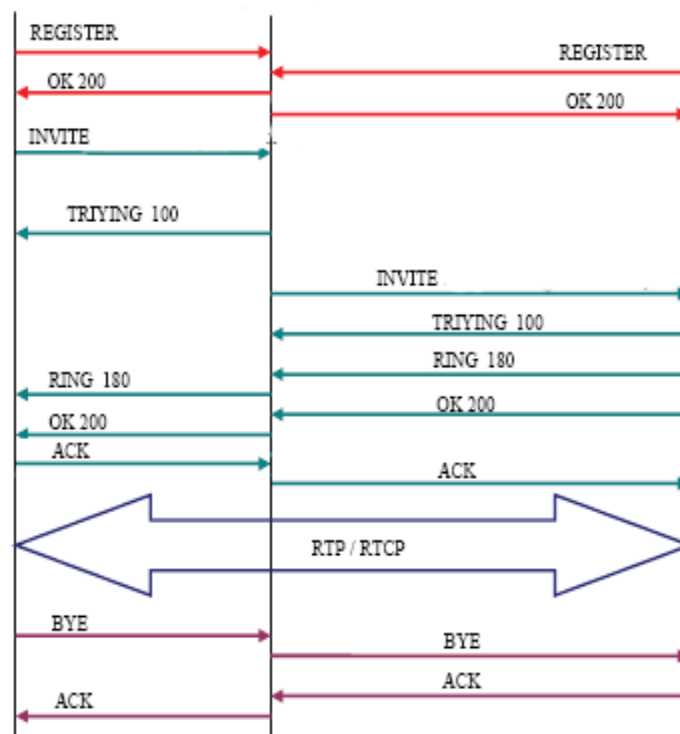


Figura 1.18 Establecimiento de una comunicación con SIP

SIP utiliza una arquitectura del tipo “Cliente-Servidor”, y está compuesto por:

1.3.2.2.2 Terminales SIP

Los terminales SIP, son similares a los de H.323 ya descritos anteriormente de iguales y mismas características. Los terminales SIP, llamados “*SIP User Agents*”, pueden iniciar y recibir “sesiones” SIP.

Cada terminal dispone de un “*User Agent Client*” (UAC) y un “*User Agent Server*” (UAS). Los UAC son los encargados de iniciar requerimientos SIP hacia otros terminales.

Los UAS son quienes escuchan y atienden los requerimientos remotos. Así como los terminales telefónicos clásicos se identifican mediante su número de teléfono, o número de abonado, y los terminales H.323 mediante su “alias”; los terminales SIP se identifican a través de su “dirección SIP”. El direccionamiento en SIP utiliza el formato de URLs de Internet: sip: nombre@dominio.

Los terminales SIP soportan servicios de presencia conocidos como PA (agentes de presencia para terminales SIP). Éstos son capaces de recibir solicitudes de suscripciones y generar notificaciones de cambio de estados. Un PA soporta un paquete de eventos de presencia, el que incluye los métodos *subscribe* y *notify*.

1.3.2.2.3 Servidores SIP

- Servidor de Registro.- Es un servidor de registro de usuarios SIP. Los usuarios solicitan su registro en este servidor, mediante el intercambio de mensajes SIP. Un servidor de registro acepta solamente el método *Register*, rechazando cualquier otro método con una respuesta 501 (*Not Implemented*). La información de los usuarios registrados es puesta a disposición de otros servidores, como los Proxys o *Redirect*.
- Servidor Proxy.- Es un servidor que atiende las solicitudes y las redirige. Para ubicar el destino, puede consultar un servidor de ubicaciones.

Los servidores Proxy tienen las siguientes características:

- No origina requerimientos (*request*), únicamente responde a requerimientos provenientes de agentes.
- No tiene capacidad de medios (audio, video, etc.).
- No cambia ni interpreta los cuerpos de los mensajes. Se basa exclusivamente en los campos de la cabecera del mensaje.

La figura 1.19 esquematiza el funcionamiento de SIP Proxy.

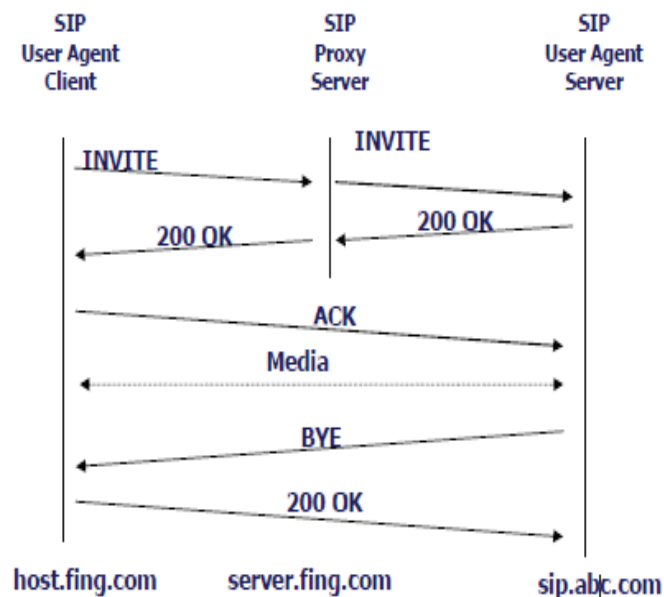


Figura 1.19 Funcionamiento de SIP Proxy

1.3.2.2.4 Gateway SIP

Al igual que en H.323, existen pasarelas SIP hacia la PSTN y también hacia H.323. Los *Gateways* son responsables de adaptar el audio, video y los datos, así como también la señalización, entre los formatos propios de SIP y otras redes de telecomunicaciones, de manera transparente para los usuarios. En redes donde no es necesario tener comunicación con terminales externos a la propia red, no es necesario disponer de *Gateways*.

1.3.2.3 Otros protocolos de señalización en VoIP ^[70]

Además de los protocolos H.323 y SIP, ampliamente difundidos, existen varios protocolos propietarios, desarrollados para funcionar únicamente con ciertas aplicaciones o equipos. Entre ellos:

- IAX2.- Es un protocolo de señalización utilizado por Asterisk, robusto y simple en comparación con otros. Permite manejar una gran cantidad de códecs y un gran número de *streams*, lo que significa que puede ser utilizado para transportar virtualmente cualquier tipo de dato. Esta capacidad lo hace útil para realizar videoconferencias.

Está diseñado para darle prioridad a los paquetes de voz sobre una red ip.

- SCCP.- Es un protocolo de señalización propietario de Cisco, utilizado entre su servidor de telefonía y los teléfonos.
- *Unistim*.- Es un protocolo de señalización propietario de Avaya, utilizado para la conexión entre teléfonos y el servidor de telefonía de Avaya “*Communication Server*”.
- NOE.- Es un protocolo de señalización propietario de Alcatel, utilizado entre su servidor de telefonía y los teléfonos.
- Skype.- La aplicación Skype utiliza sus propios protocolos de señalización de VoIP.

1.3.3 COMPARATIVA ENTRE H.323 Y SIP

Existen muchas similitudes al igual que diferencias entre H.323 y SIP que a la hora de seleccionar a uno de estos protocolos se debe considerar, a continuación se menciona algunas de éstas:

- H.323 y SIP permiten llamadas de dos y múltiples partes utilizando computadoras y teléfonos como puntos finales.
- Soportan negociación de parámetros, codificación y los protocolos RTP y RTCP.
- H.323 es un estándar complejo y rígido, que especifica toda la pila de protocolos en cada capa facilitando la tarea de interoperabilidad, pero es difícil de adaptar a aplicaciones futuras.
- SIP es un protocolo de Internet típico que funciona intercambiando líneas cortas de texto ASCII, que interactúa bien con otros protocolos de Internet, es altamente modular y flexible, y se puede adaptar con facilidad a las nuevas aplicaciones de los sistemas de comunicación.
- La arquitectura cliente/servidor de SIP es más fácil de implementar, al igual que sus mecanismos de seguridad. H323 envía muchos mensajes a la red, con el riesgo potencial de crear congestión.
- SIP es más fácilmente extensible y, por lo tanto, se puede adaptar mejor a las necesidades futuras de los usuarios.

La tabla 1.5 muestra una comparación entre los protocolos H.323 y SIP.

| ELEMENTO | H.323 | SIP |
|------------------------------|-------------------------------|--|
| Diseñado por | ITU | IETF |
| Arquitectura | Distribuida | Distribuida |
| Ultima Versión | H.323V4 | RFC 2543 |
| Control de llamadas | <i>Gatekeeper</i> | Servidor Proxy , redirección |
| Endpoints | <i>Gateway</i> , terminal | User Agent |
| Compatibilidad con PSTN | Si | Ampliamente |
| Compatibilidad con Internet | No | Si |
| Integridad | Pila de protocolos completa | Maneja solo el establecimiento y terminación de llamada. |
| Señalización de llamadas | Q.931 sobre TCP | SIP sobre TCP o UDP |
| Formato de mensajes | Binario | ASCII |
| Transporte de medios | RTP/RTCP | RTP/RTCP |
| Llamadas de múltiples partes | Si | Si |
| Conferencias multimedia | Si | No |
| Direccionamiento | Host o número telefónico | URL's |
| Terminación de llamadas | Explícita o liberación de TCP | Explícita o terminación de temporizador |
| Mensajes instantáneos | No | Si |
| Encriptación | Si | Si |

Tabla 1.5 Comparación entre SIP y H.323^[77]

1.3.4 CALIDAD DE VOZ EN REDES IP

La VoIP enfrenta problemáticas propias de las redes de datos, que se manifiestan como degradaciones en la calidad del servicio (QoS) percibida por los usuarios. Estas degradaciones pueden deberse a diversos factores entre los cuales se tienen: retardos, *jitter* (diferencia de retardos) y pérdida de paquetes, entre otros factores. Para que la tecnología de VoIP pueda ser utilizada tanto a nivel corporativo como a nivel de operadores telefónicos, es esencial garantizar una calidad de voz aceptable. A continuación se analizarán los factores específicos que afectan la calidad de voz percibida sobre redes de paquetes.

1.3.4.1 Factores que afectan la calidad de voz sobre redes de paquetes ^[42]

1.3.4.1.1 Factor de compresión y codificación

Para poder transmitir la voz a través de una red de datos, es necesario realizar previamente un proceso de digitalización y codificación, lo que puede degradar la señal de voz original, debido a la utilización de técnicas de compresión. Esta técnica de compresión consiste en que la voz es codificada digitalmente para su transmisión. Los dispositivos de codificación y decodificación se denominan CoDec (Codificador/Decodificador).

1.3.4.1.2 Pérdida de paquetes

A diferencia de las redes telefónicas basadas en establecimiento de circuitos, donde para cada conversación se establece un vínculo “estable y seguro”, las redes de datos admiten la pérdida de paquetes. Esto está previsto en los protocolos “seguros” de alto nivel, y en caso de que ocurra, los paquetes son reenviados. En los protocolos diseñados para tráfico de tiempo real generalmente no se recibe confirmaciones de recepción de paquetes, ya que si el canal es suficientemente seguro, estas confirmaciones cargan inútilmente al mismo.

En aplicaciones de voz y video, el audio es “encapsulado” en paquetes y enviado, sin confirmación de recepción de cada paquete. Si el porcentaje de pérdidas es pequeño, la degradación de la voz también lo es. Los porcentajes de pérdida admisibles dependen de otros factores. Existen técnicas para hacer menos sensible la degradación de calidad en la voz frente a la pérdida de paquetes. La más sencilla consiste en simplemente repetir el último paquete recibido; también cuentan como “perdidos” los paquetes que llegan a destiempo.

1.3.4.1.3 Demora

Un factor importante en la percepción de la calidad de la voz es la demora, la misma que está determinada por varios factores, entre los que se encuentran:

- Demora debida a los algoritmos de codificación.- En forma genérica, cuanto mayor es la compresión, más demora hay en el proceso (los códecs requieren más tiempo para codificar cada muestra).

- Demoras de procesamiento.- Es el tiempo involucrado en el procesamiento de la voz para la implementación de los protocolos. Generalmente puede ser despreciado.
- Demoras propias de la red (latencia).- Las demoras propias de la red están dadas por la velocidad de transmisión de la misma, la congestión, y las demoras de los equipos de red (*routers, switches*).

La tabla 1.6 muestra la demora típica introducida por los algoritmos de muestreo/compresión.

| Algoritmo de muestreo/compresión | Demora típica introducida |
|----------------------------------|---------------------------|
| G.711 (64 kb/s) | 0.125 ms |
| G.728 (16 kb/s) | 1.25 ms |
| G.729 (8 kb/s) | 15 ms |
| G.723 (5.3 o 6.4 kb/s) | 37.5 ms |

Tabla 1.6 Demora introducida por los algoritmos de muestreo/compresión ^[40]

Las demoras no afectan directamente la calidad de la voz, sino la calidad de la conversación.

1.3.4.1.4 Eco

Si el tiempo transcurrido desde que se habla hasta que se percibe el retorno de la propia voz es menor a 30 ms, el efecto del eco no es percibido. Así mismo, si el nivel del retorno está por debajo de los -25 dB, el efecto del eco tampoco es percibido. En las conversaciones telefónicas habituales, generalmente existe un retorno de la propia voz en niveles audibles (mayores a -25 dB), pero la demora es mínima, por lo que este retorno no es percibido como eco. La figura 1.20 esquematiza el retorno que produce el eco cuando se produce en diferentes elementos de la red.

Los teléfonos analógicos pueden generar retorno en sus “híbridos”. Los “híbridos” de las tarjetas de abonado también pueden generar retorno. Los teléfonos celulares tienen el micrófono muy cerca del auricular, y pueden generar retorno acústico. Los teléfonos IP de hardware pueden generar retorno acústico, si se utilizan en “manos

libres”. Los teléfonos IP de software pueden generar retorno en la tarjeta de sonido del PC. La mayoría de los sistemas que utilizan VoIP disponen de eliminadores de eco en algún punto del camino de audio

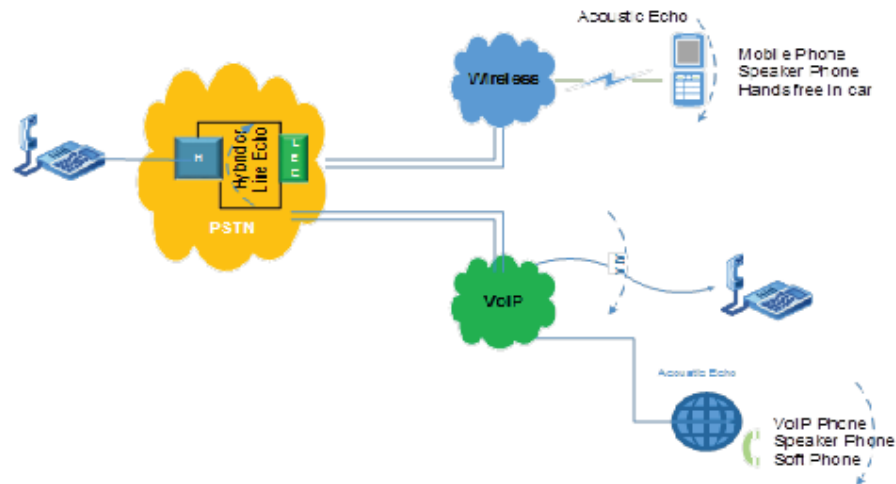


Figura 1.20 Eco producido en diferentes elementos de red

1.3.4.1.5 Variaciones en la demora (Jitter)

El “*Jitter*” es la variación en las demoras (latencias). Por ejemplo, si dos puntos comunicados reciben un paquete cada 20 ms en promedio, pero en determinado momento, un paquete llega a los 30 ms y luego otro a los 10 ms, el sistema tiene un “*Jitter*” de 10 ms. El receptor debe recibir los paquetes a intervalos constantes, para poder regenerar de forma adecuada la señal original. Dado que el “*jitter*” es inevitable, los receptores disponen de un “*buffer*” de entrada, con el objetivo de “suavizar” el efecto de la variación de las demoras. Este *buffer* recibe los paquetes a intervalos variables, y los entrega a intervalos constantes. Es de hacer notar que este “*buffer*” agrega una demora adicional al sistema, ya que debe “retener” paquetes para poder entregarlos a intervalos constantes. Cuanta más variación de demora (“*jitter*”) exista, más grande deberá ser el *buffer*, y por lo tanto, mayor demora será introducida al sistema. Típicamente los *jitter-buffers* introducen una demora de entre 10 a 30 ms.

1.3.4.1.6 Tamaño de los paquetes

El “tamaño” de los paquetes influye en dos aspectos fundamentales en la transmisión de la voz sobre redes de datos: la demora y el “ancho de banda”

requerido. Para poder transmitir las muestras codificadas de voz sobre una red de datos, es necesario armar “paquetes”, según los protocolos de datos utilizados.

Un paquete de datos puede contener varias muestras de voz. Por ello, es necesario esperar a recibir varias muestras para poder armar y enviar el paquete. Esto introduce un retardo o demora en la transmisión.

Desde este punto de vista, parece conveniente armar paquetes con la mínima cantidad de muestras de voz. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cada paquete tiene una cantidad mínima de información (bytes) de control (cabecera del paquete, origen, destino, etc.).

Esta información (“sobrecarga” u “*overhead*”), no aporta a la información real que se quiere transmitir, pero afecta al tamaño total del paquete, y por tanto al ancho de banda. La duración de las “ventanas” de voz se encuentra entre 10 a 30 ms, valor que aporta a la demora total.

1.3.4.1.7 *Códecs* ^[47]

Por el hecho de ser la voz netamente de características analógicas, y pretender transmitirla sobre una red IP, es importante efectuar la digitalización de la voz como preámbulo a su transmisión mediante el uso de códecs. Un codificador-decodificador, es el encargado de realizar la transformación de señales analógicas a digitales. Los códecs pueden ser clasificados según diferentes características, entre las que se encuentran su tasa de bits (*bit rates*), la calidad resultante del audio codificado, su complejidad, el tipo de tecnología utilizada y el retardo que introducen.

Originalmente, los primeros códecs fueron diseñados para reproducir la voz en la banda de mayor energía, entre 300 Hz a 3.4 kHz. Actualmente este tipo de códecs son caracterizados como de “banda angosta” (*narrowband*). En contraste, los códecs que reproducen señales entre 50 Hz y 7 kHz se han llamado de “banda ancha” (*wide band*). Recientemente la ITU-T ha estandarizado códecs llamados de banda super ancha (*superwideband*), para el rango de 50 Hz a 14 kHz y de banda completa (*full band*), para el rango de 50 Hz a 20 kHz.

La tabla 1.7 muestra los códecs más conocidos de tipo banda angosta.

| Códec | Nombre | Bit rate (kb/s) | Retardo (ms) | Comentarios |
|----------------|--|-------------------|--------------|--|
| G.711 | PCM: <i>Pulse Code Modulation</i> | 64, 56 | 0.125 | Codec “base”, utiliza compresión: μ y A |
| G.723.1 | <i>Hybrid MPC-MLQ and ACELP</i> | 6.3, 5.3 | 37.5 | Para video conferencias en PSTN, utilizado en sistemas de VoIP |
| G.728 | LD-CELP: <i>Low-Delay code excited linear prediction</i> | 40, 16, 12.8, 9.6 | 1.25 | Para aplicaciones DCME (<i>Digital Circuit Multiplex Encoding</i>) |
| G.729 | CS-ACELP: <i>Conjugate Structure Algebraic</i> | 11.8, 8, 6.4 | 15 | Ampliamente utilizado en aplicaciones de VoIP a 8 kb/s |
| AMR | <i>Adaptive Multi Rate</i> | 12.2 a 4.75 | 20 | Utilizado en redes celulares |

Tabla 1.7 Códecs de banda angosta

La tabla 1.8 muestra los códecs más conocidos de tipo banda ancha.

| Códec | Nombre | Bit rate (kb/s) | Retardo (ms) | Comentarios |
|----------------|------------------------|---|--------------|--|
| G.722 | <i>Sub-band ADPCM</i> | 48,56,64 | 3 | Diseñado para audio y videoconferencias, usado en VoIP |
| G.722.1 | <i>Transform Coder</i> | 24,32 | 40 | Usado en audio y videoconferencias |
| G.722.2 | AMR-WB | 6.6, 8.85, 12.65, 14.25, 15.85, 18.25, 19.85, 23.05 | 25.9375 | Estándar en común con 3GPP (3GPP TS 26.171). Los <i>bit rates</i> más altos tienen gran inmunidad a los ruidos de fondo en ambientes adversos. |
| G.711.1 | <i>Wideband G.711</i> | 64, 80, 96 | 11.875 | Amplía el ancho de banda del códec G.711, optimizando su uso para VoIP |
| G.729.1 | <i>Wideband G.729</i> | 8 a 32 kb/s | <49 ms | Amplía el ancho de banda del códec G.729, y es “compatible hacia atrás” Optimizado su uso para VoIP con audio de alta calidad |

Tabla 1.8 Códecs de banda ancha

Los códecs de banda completa se muestran en la tabla 1.9.

| Códec | Nombre | Bit rate (kb/s) | Retardo (ms) | Comentarios |
|--------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|---|
| G.719 | <i>Low-complexity fullband</i> | 32 a 128 | 40 | Es el primer códec “fullband” estandarizado por ITU |

Tabla 1.9 Códecs de banda completa

Los códecs de banda super ancha se muestran en la tabla 1.10.

| Códec | Nombre | Bit rate (kb/s) | Retardo (ms) | Comentarios |
|-------------|--------|--------------------|-----------------|---------------------|
| SILK | SILK | 8 a 24 | 25 | Utilizado por Skype |

Tabla 1.10 Códec de banda super ancha

1.3.5 TELEFONÍA IP

Al integrar a una red de datos con comunicaciones de voz, ésta se convierte en una red convergente.

La tecnología de telefonía IP consiste en convertir una señal de voz analógica en señal digital para empaquetar en un mensaje y ser transmitida y luego realizar nuevamente el proceso de convertirla en analógica.

Al momento de hablar de un sistema de telefonía IP se está haciendo referencia a todo un sistema que debe contener: central telefónica, teléfonos IP y *Gateway*.

1.3.5.1 Ventajas y Desventajas de la Telefonía IP

Las ventajas y beneficios de la tecnología de VoIP son muchos, así como sus aplicaciones. Sin embargo, en algunos casos, estas tecnologías no presentan mejoras significativas, o las soluciones buscadas pueden ser implementadas con la tecnología existente.

VENTAJAS

- Una de las ventajas de este tipo de servicios es que evita los cargos altos de telefonía (especialmente de larga distancia) que son usuales en las compañías de la Red Pública Telefónica Conmutada (PSTN).

- El desarrollo de códecs para VoIP (A-Law, G.729, G.723, etc.) ha permitido que la voz se codifique en paquetes de datos cada vez más pequeños. Esto deriva en que las comunicaciones de voz sobre IP requieran anchos de banda muy reducidos. Junto con el avance permanente de las conexiones ADSL en el mercado residencial, este tipo de comunicaciones están siendo muy populares para llamadas internacionales.
- Hay dos tipos de servicio de PSTN a VoIP: "Discado Entrante Directo" (*Direct Inward Dialling: DID*) y "Números de acceso". DID conecta a quien hace la llamada directamente con el usuario VoIP, mientras que los números de acceso requieren que éste introduzca el número de extensión del usuario de VoIP. Los números de acceso son usualmente cobrados como una llamada local para quien hizo la llamada desde la PSTN y gratis para el usuario de VoIP.

DESVENTAJAS

- Calidad de la llamada, es un poco inferior a la telefónica, ya que los datos viajan en forma de paquetes, es por eso que se pueden tener algunas pérdidas de información y demora en la transmisión. El problema en sí de la VoIP no es el protocolo sino la red IP, ya que ésta no fue pensada para dar ese tipo de garantías.
- Latencia, ya que cuando el usuario está hablando y otro usuario está escuchando, no es adecuado tener 200 ms de pausa en la transmisión. Cuando se va a utilizar VoIP, se debe controlar el uso de la red para garantizar una transmisión de calidad.
- Robos de Datos, un *cracker* puede tener acceso al servidor de VoIP y a los datos de voz almacenados y al propio servicio telefónico para escuchar conversaciones o hacer llamadas gratuitas a cargo de los usuarios.
- Virus en el sistema, en el caso en que un virus infecte algún equipo de un servidor VoIP, el servicio telefónico puede quedar interrumpido. También pueden verse afectados otros equipos que estén conectados al sistema. Suplantaciones de ID y engaños especializados. Si uno no está bien protegido pueden sufrir fraudes por medio de suplantación de identidad.

1.3.6 SOLUCIONES PARA TELEFONÍA IP

Para dar soluciones a los requerimientos de telefonía IP existen varias empresas prestadoras de servicio siendo estas de carácter propietarias como es el caso de Cisco, Avaya entre otras. De igual manera existen soluciones que hacen uso de software libre, entre los más utilizados está Asterisk debido a que es una solución de telefonía IP para pequeñas y medianas organizaciones, de igual forma su implementación es sencilla y económica en comparación con soluciones propietarias.

Estas dos soluciones que vendrían a ser soluciones generales, ya sean por hardware o software pueden ser las más acertadas para una organización, lo importante es determinar el medio en el cual se desenvuelve y determinar la mejor de las opciones que satisfaga los requerimientos de la organización.

Para determinar cuál es la mejor solución es necesario saber ciertos parámetros importantes tales como: número de usuarios e infraestructura. A continuación se detallan estas dos soluciones planteando sus respectivas ventajas y desventajas.

1.3.6.1 Soluciones para telefonía IP basada en software

Como ya se detalló anteriormente este tipo de soluciones están basadas en el uso de software que generalmente es de libre distribución tales como Asterisk, Elastix, etc. y está implementado en un equipo servidor; esta solución trabaja simulando unas PBX (*Private Branch Exchange*).

Ventajas

- Software de libre distribución de código abierto.
- Actualizaciones y soporte se lo halla en Internet.
- No depende de una casa fabricante para la implementación en hardware.
- No requiere de una PBX lo cual disminuye costos y espacio de la Institución.

Desventajas

- El hardware de implementación debe poseer buenas características de almacenamiento y procesamiento lo cual conlleva a que resulte costoso.

- El personal encargado en la administración debe poseer altos conocimientos en la aplicación seleccionada.
- No existe total compatibilidad con sus componentes.

1.3.6.2 Soluciones para telefonía IP basada en hardware

Las soluciones en hardware están basadas en equipos físicos conectados a la red. Entre los proveedores de equipos para esta solución están: Cisco, Avaya, mismos que permiten la transmisión de voz sobre una red IP y han sido desarrollados con características idóneas para este servicio.

De igual manera que las soluciones en software las soluciones en hardware presentan sus ventajas y desventajas las mismas que se mencionan:

Ventajas

- Provee de gran seguridad al sistema telefónico a implementar.
- El procesamiento de la información es más rápido que el ofrecido por soluciones basadas en software.
- Facilita la administración ya que generalmente prevé servicios y aplicaciones incluidas dentro de la solución.

Desventajas

- El hardware de implementación y dispositivos resultan costosos.
- En algunos casos se requiere de licencias lo que implica gastos adicionales.
- El soporte esta direccionado únicamente a la casa fabricante a la cual pertenece el equipo.
- Complejidad en la implementación con sistemas híbridos (integración con dispositivos de distintos fabricantes).

1.4 QoS EN REDES ^[53]

Las redes convergentes y el avance progresivo en la implementación de nuevos servicios como aplicaciones, ha hecho que las redes de datos ofrezcan soporte de conectividad a tráfico con requerimientos de performance diferentes tales como:

VoIP, navegación web, transacciones sobre bases de datos, videoconferencias, acceso remoto para soporte, etc. Cada uno de estos tipos de tráfico que se generen tiene requerimientos diferentes de ancho de banda, *delay*, etc.

La implementación de Calidad de Servicio (QoS), se hace un requerimiento primordial para poder dar respuesta a los diferentes requerimientos de desempeño sobre una misma infraestructura de red.

La implementación de QoS garantizará la entrega de la información, dando preferencia a aplicaciones críticas sobre otras aplicaciones no consideradas así. QoS permite hacer uso eficiente de los recursos ante la situación de congestión, seleccionando un tráfico específico de la red y priorizándolo según su importancia relativa.

1.4.1 ANTECEDENTES DE QoS^[14]

En 1984, la ITU definió el término QoS en el documento E-800 como “el efecto colectivo del rendimiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del usuario de dicho servicio”.

QoS también puede ser definida como un conjunto de tecnologías que permiten a los administradores de red manejar los efectos de la congestión del tráfico usando óptimamente los diferentes recursos de la red, en lugar de ir aumentando continuamente su capacidad.

En este punto es necesario prestar una atención especial al hecho de que la QoS no es aumentar ancho de banda sino distribuirlo de acuerdo a las necesidades de la empresa.

El término QoS abarca toda técnica que se refiera a ella y a menudo se confunde con los términos Clase de Servicio (CoS) y Tipo de Servicio (ToS), que son técnicas utilizadas para su obtención.

La CoS admite a los administradores de red solicitar prioridad para un tráfico, mientras que el ToS equivale a una ruta de uso compartido donde el ancho de banda es reservado con anticipación para asignar el tráfico prioritario.

QoS es una expresión genérica que aborda a todas las herramientas que se usan para lograr características del tráfico en cuanto a los diversos parámetros a los que se refiere la “calidad”. ToS, es un método tendiente al QoS basado en el uso de bits en la cabecera IP para determinar la prioridad que se le va a dar al paquete.

Para obtener una idea más clara de cómo la calidad de servicio engloba a CoS y ToS a continuación se presentará una breve descripción de cada uno de ellos.

1.4.1.1 Clase de Servicio CoS

La Clase de Servicio es el esquema de prioridad 802.1p, ésta proporciona un método de asignación de etiquetas a los paquetes con información sobre la prioridad. El valor de la clase de servicio está dado entre 0 y 7; este valor es agregado al encabezado de la capa 2 de las tramas, donde el 0 es la prioridad más baja y el 7 la prioridad más alta.

Priorizar es importante en los puntos de congestión de la red, donde las decisiones de priorización pueden ser realizadas por *routers* y *switches*.

Las aplicaciones que requieren distinguir clases de servicio incluyen procesos transaccionales, como por ejemplo el vídeo y cualquier otro tráfico sensible al tiempo.

No se debe confundir CoS con QoS, pues, a diferencia de CoS, QoS no garantiza ancho de banda o latencia, en cambio permite a los administradores de red solicitar prioridad para el tráfico basándose en la importancia de éste.

1.4.1.2 Tipo de Servicio ToS

En la cabecera del datagrama de IPv4 se encontraba un campo denominado como ToS (Tipo de Servicio) de 8 bits y que se utiliza para indicar el tipo de servicio. El Tipo de Servicio proporciona una indicación de los parámetros abstractos de la calidad de servicio deseada.

Estos parámetros se usarán para guiar la selección de los parámetros de servicio reales al transmitir un datagrama a través de una red en particular. Algunas redes ofrecen prioridad de servicio, la cual trata de algún modo el tráfico de alta prioridad

como más importante que el resto del tráfico. La elección más común es un compromiso a tres niveles entre baja demora, alta fiabilidad, y alto rendimiento.

La arquitectura de servicios diferenciados (*DiffServ*) utiliza este campo, aunque de forma ligeramente modificado, es así que los seis bits más significativos del byte ToS se llaman *DiffServ Code Point* (DSCP), los otros dos bits son usados para control de flujo. DSCP es compatible con la precedencia de IP (*IP precedence*).

1.4.2 MODELOS PARA OBTENER QoS

Es necesario exponer el tipo de métodos utilizados actualmente en la transmisión de paquetes para comprobar cómo éstos realizan un control de la congestión y a qué nivel son capaces de proporcionar calidad.

Así, considerando la calidad de servicios que son capaces de ofrecer los algoritmos de transmisión de paquetes se puede hacer tres divisiones principales:

1.4.2.1 Algoritmo *Best Effort*

Los algoritmos de este tipo se encuentran entre los algoritmos tradicionales, que no ofrecen ninguna garantía de transmisión, por lo que podría decirse que el nivel de calidad de servicio ofrecido es nulo. FIFO (*First In First Out*) es el ejemplo más común de este tipo de algoritmo.

El problema principal de este tipo de algoritmos es que, si se tienen varios flujos de datos, una ráfaga de paquetes en uno de ellos va a afectar a todos los demás flujos, retardando su transmisión. Es decir, que el tiempo de llegada de los paquetes de un flujo puede verse afectado por otros flujos. Cuando esto ocurre se dice que el algoritmo utilizado no es capaz de aislar flujo.

1.4.2.2 Arquitectura *IntServ*

Constituye una arquitectura cuyo objetivo es gestionar recursos necesarios que garanticen calidad de servicio en una red de voz y datos. Los servicios integrados proponen reservar recursos en todo el camino al igual que soporta control de admisión, llevada a cabo en cada salto. Un flujo es unidireccional y es la entidad más pequeña a la que puede aplicarse una determinada calidad de servicio.

Los flujos pueden agruparse en clases en donde todos los flujos de una misma clase reciben la misma calidad de servicio.

En IPv4 los flujos se identifican por las direcciones de origen y destino, el puerto de origen y destino (a nivel de transporte) y el protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP).

En IPv6 la identificación puede hacerse de la misma forma que en IPv4, o alternativamente por las direcciones de origen y destino y el valor del campo etiqueta de flujo.

Aunque el campo etiqueta de flujo en IPv6 se definió con este objetivo la funcionalidad aún no se ha implementado en la práctica.

En la arquitectura *IntServ* se establecen tres tipos de servicio:

- Servicio Garantizado: garantiza un caudal mínimo y un retardo máximo. Cada *router* del trayecto debe ofrecer las garantías solicitadas, aunque a veces esto no es posible por las características del medio físico.
- Servicio de Carga Controlada: este servicio debe ofrecer una calidad comparable a la de una red de datagramas poco cargada, es decir en general un buen tiempo de respuesta, pero sin garantías estrictas. Eventualmente se pueden producir retardos grandes.
- Servicio *Best Effort*: este servicio no tiene ninguna garantía.

Para conseguir sus objetivos *IntServ* dispone del protocolo RSVP (*Resource reSerVation Protocol*). El protocolo está pensado fundamentalmente para tráfico *multicast*, ya que este tipo de tráfico es especialmente adecuado para la distribución de *streaming* en tiempo real que requieren unas condiciones estrictas de calidad de servicio. Sin embargo nada impide la utilización de RSVP en tráfico *unicast*.

Suponiendo que todos los programas se emiten desde el mismo host, este host será la raíz del árbol de expansión (*Spanning Tree*) de la emisión *multicast*; para cada programa *multicast* que se emite hay un conjunto de receptores que configuran un árbol de expansión diferente; esto es tarea del protocolo de *routing multicast*, no de RSVP.

Cada *router* por el que pasa el mensaje de reserva toma nota del ancho de banda solicitado y lo reserva, o bien devuelve un mensaje de error si no hay capacidad disponible. Si todo va bien al final del proceso el receptor ha reservado el ancho de banda necesario en todo el camino hasta la raíz del árbol.

Cuando aparece en la red un segundo receptor de esa misma emisión *multicast* envía su mensaje de reserva, pero la reserva sólo se efectuará en aquella parte del trayecto que no sea común con el primer receptor y no haya sido por tanto ya reservada por éste. De esta forma se asegura un uso óptimo de la red, no reservando caudal dos veces en el mismo enlace, a la vez que se evita por completo la congestión (se supone que RSVP no realiza sobresuscripción, es decir que no asigna recursos por encima de la capacidad disponible).

1.4.2.2.1 Protocolo RSVP

Como su nombre lo indica se utiliza para reservar recursos para una sesión en un entorno de red IP. Se establece esta reserva de recursos para un flujo determinado. Un host hace una petición de una calidad de servicio específica sobre una red para un flujo particular de una aplicación.

1.4.2.2.2 Características de RSVP

- No transporta datos de usuario.
- Permite la reserva de recursos para mensajes Unicast y Multicast.
- No es un protocolo de ruteo, pero está pensado para trabajar en conjunto con éstos.
- Los protocolos de ruteo determinan donde se reenvían los paquetes mientras que RSVP se preocupa por la QoS de los paquetes reenviados de acuerdo con el ruteo.
- Está diseñado para trabajar con cualquier método de QoS.
- Soporta IPv4 e IPv6 aunque no sea un protocolo de transporte.
- Permite diferentes tipos de reservas.

Como RSVP es un protocolo *simplex*, los *routers* reconocerán los paquetes pertenecientes a un flujo examinando la dirección origen y destino, el puerto origen y destino y el número de protocolo.

Puesto que RSVP es un protocolo *soft state* (de estado blando), se deberán mandar periódicamente mensajes *Path* (proporcionan la información del camino de retorno) y mensajes *Resv* (petición de reserva de recursos) para refrescar el estado.

1.4.2.3 Arquitectura *DiffServ*

Esta arquitectura se basa en el concepto de que la información sobre calidad de servicio se escribe en los datagramas, mas no en los *routers*, siendo ésta la principal diferencia con la arquitectura *IntServ* y la que va a permitir implementar una calidad de servicio escalable a cualquier cantidad de flujos de datos.

Para escribir la información sobre la calidad de servicio de cada datagrama se utiliza un campo de un byte en la cabecera denominado DS.

La estructura del campo DS se muestra en la tabla 1.11.

| Sub campo | Longitud (bits) |
|--|-----------------|
| DSCP (<i>Differentiated Services CodePoint</i>) | 6 |
| ECN (<i>Explicit Congestion Notification</i>) | 2 |

Tabla 1.11 Estructura del campo '*Differentiated Services*'

El sub campo ECN tiene que ver con la notificación de situaciones de congestión, en cuanto al subcampo DSCP permite definir en principio hasta $2^6 = 64$ posibles categorías de tráfico, aunque en la práctica se utilizan mucho menos.

En redes corporativas es posible tener una combinación de servicio integrados y diferenciados para aumentar la calidad de servicio fin a fin.

IntServ se puede aplicar en la periferia de la red ya que la probabilidad de que existan problemas es mínima en relación a los problemas que puedan existir en el núcleo de la red que se puede aplicar *DiffServ*.

Existen cuatro servicios disponibles que son:

- *Best Effort*.- Definido en el RFC 2474, este servicio se caracteriza por tener en cero los tres primeros bits del DSCP. En este caso los dos bits restantes

pueden utilizarse para marcar una prioridad, dentro del grupo “*Best effort*”. En este servicio no se ofrece ningún tipo de garantías.

- *Class-Selector* (CS).- Definido en el RFC 2474, tiene siete valores DSCP que funcionan desde el 001000 al 111000 y son especificados para seleccionar hasta siete comportamientos.
- *Assured Forwarding* (AF).- Definido en el RFC 2597 y asegura un trato preferente, pero no garantiza caudales, retardos, etc. Se definen cuatro posibles clases pudiéndose asignar a cada clase una cantidad de recursos (ancho de banda, espacio en *buffers*, etc.). La clase se indica en los tres primeros bits del DSCP. Para cada clase se definen tres categorías de descarte de paquetes (probabilidad alta, media y baja) que se especifican en los dos bits siguientes (cuarto y quinto).
- *Expedited Forwarding* (EF).- Este servicio es el de mayor calidad. Definido en el RFC 2598, tiene un valor de DSCP igual a 101110 que permite ofrecer un servicio de bajas pérdidas, baja latencia, bajo *jitter* y un ancho de banda asegurado.

1.4.3 PARÁMETROS DE QoS

Al referirnos a calidad de servicio se debe hacer referencia a varios parámetros trascendentales que describen un servicio, entre los que se mencionan:

- Retardo (*Delay*)
- Ancho de Banda (*Bandwith*)
- Pérdida de paquetes (*Packet Loss*)
- Variación de retardo (*Jitter*)

1.4.3.1 Retardo

Es el tiempo de demora en la llegada de los paquetes hasta su destino. Los retardos están compuestos por el tiempo de transmisión, propagación y tiempo de procesamiento.

Teniendo en cuenta hacia qué tipo de aplicaciones se están orientando las telecomunicaciones, es necesario que en las políticas de QoS definidas para una red, este parámetro sea reducido al mínimo.

1.4.3.2 Ancho de Banda

El ancho de banda permite calcular la máxima capacidad de transferencia de datos entre dos extremos de la red. La unidad básica de medida del ancho de banda son los hertzios (Hz).

Incrementar el ancho de banda equivale a decir que se puede transmitir más datos por un mismo medio, pero también implica una gran inversión y, en ocasiones, no es la solución a los problemas de una red, razón por la cual se empezó a usar la QoS como una forma de redistribuir el ancho de banda dependiendo de la prioridad del tráfico.

1.4.3.3 Pérdida de Paquetes

Este parámetro indica el número de paquetes perdidos durante la transmisión normalmente se mide en porcentajes.

Por ejemplo, los *routers* descartan paquetes por muchas razones, entre las cuales pueden ser aquellas que se producen debido a la congestión de la red.

1.4.3.4 Jitter

Es la diferencia de tiempo entre la llegada de distintos paquetes. Una de las causas del *jitter* es la distorsión de los tiempos de llegada de los paquetes recibidos, comparados con los tiempos de los paquetes transmitidos originalmente.

El aumento de esta fluctuación provoca que al destino llegue una señal distorsionada. Se puede reducir el *jitter* introduciendo un retardo adicional en el receptor, utilizando *buffers*.

Un *buffer* es un área donde los paquetes se almacenan para luego ser enviados en intervalos constantes, el tamaño del *buffer* se mide en milisegundos, si el *buffer* es de 70 ms significa que se introduce un retraso de 70 ms. Así en VoIP lo habitual es enviar un paquete de voz cada 20 ms. Si el receptor reproduce los paquetes tal cual le llegan, cualquier fluctuación en la entrega afectará la calidad. Si se retrasa 40 ms la reproducción, se podrá compensar fluctuaciones de hasta 40 ms en el tiempo de entrega.

Sin embargo esta medida es poco eficaz, dado que sería necesario un gran tamaño para los *buffers*, lo que implica un costo económico en los equipos. Así mismo estos *buffers* incrementarían el retardo, lo que reduciría la interactividad de aplicaciones como la videoconferencia y la telefonía IP.

1.4.4 MECANISMOS PARA ALCANZAR QoS

Para que una implementación de calidad de servicio sea válida se debe considerar ciertos mecanismos entre los cuales tenemos.

- Clasificación del tráfico.- Permite dividir el tráfico de la red en diferentes categorías, cada una de las cuales requiere un tratamiento diferente.
- Marcado del tráfico.- Identifica cada trama de acuerdo a una clase o categoría.
- Control de la congestión del tráfico.- En caso de congestión del tráfico de la red es posible optar por un descarte selectivo de paquetes para preservar el tráfico de las clases de alta prioridad.
- Administración de la congestión del tráfico.- En función de la clasificación del tráfico se da diferente tratamiento a cada flujo de datos para asegurar que el tráfico perteneciente a aquellas clases que requieren menor retardo sea reenviado antes que el tráfico que no es sensible al retardo.
- *Traffic Policing*.- Un problema a resolver son las ráfagas de tráfico que desbordan el ancho de banda reservado para una clase, poniendo en riesgo la integridad de la red. Limita la tasa de transmisión de una clase de tráfico, controlando la tasa máxima transmitida o recibida sobre una interfaz. *Traffic Policing* se configura frecuentemente sobre interfaces en los extremos de la red para limitar el tráfico que entra o sale de ella. El tráfico que cae dentro de los parámetros acordados es transmitido, mientras que el que excede es descartado o transmitido con una prioridad diferente.
- *Traffic Shaping*.- También conocido como catalogación de tráfico, intenta controlar el tráfico en redes de ordenadores para optimizar o garantizar el rendimiento, baja latencia, y un ancho de banda determinado retrasando paquetes. Para manejar ráfagas de tráfico excedentes se indica al dispositivo que haga buffer de esas ráfagas en vez de empezar a descartar el tráfico.

Elimina los “cuellos de botella” en las topologías. Previene la pérdida de paquetes.

En el presente capítulo se han detallado algunas definiciones importantes en las redes de voz y datos, los temas relacionados con nuevas tecnologías de redes de área local su alta disponibilidad y transmisión de VoIP.

Los diferentes conceptos mencionados ayudarán a comprender de mejor manera el diagnóstico y análisis de la situación actual del sistema de comunicaciones que actualmente opera en la Institución, dando como resultado realizar un adecuado diseño para una futura implementación acorde a los requerimientos de la Institución.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y SUS REQUERIMIENTOS

2.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo II se detalla el estado actual de la red del ISTER, se analiza la estructura de la red tanto física como lógica para dar un diagnóstico de su funcionamiento y, se determinan los requerimientos de la Institución para el diseño de la red convergente, utilizando los datos obtenidos al realizar el levantamiento de la información.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DE LA INSTITUCIÓN ^[76]

El Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui "ISTER" está ubicado en la ciudad de Sangolquí, avenida Atahualpa 1701 y 8 de Febrero (tras el monumento a Rumiñahui).

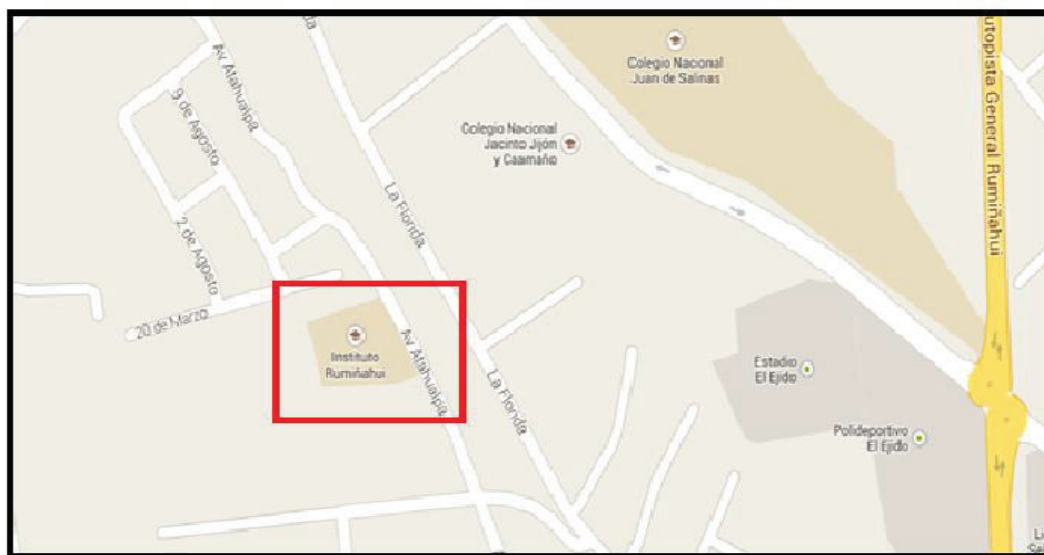


Figura 2.1 Ubicación geográfica del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui

La Institución ofrece tecnologías en las carreras de Análisis de Sistemas, Administración de Empresas, Hotelería y Turismo, Gastronomía, Electricidad, Diseño Gráfico e Industrial, en las secciones diurna y nocturna, formando profesionales emprendedores, creativos y con valores. El ISTER, fiel a su tradición,

cultiva potencialidades en sus estudiantes para enfrentar los desafíos de la vida actual, aprender ser, aprender conocer, utilizando el conocimiento, la ciencia y la tecnología vinculando a la sociedad, técnicos de alta calidad.

2.2.1 MISIÓN ^[76]

Formar profesionales tecnólogos de excelencia y calidad, emprendedores, creativos y con valores, comprometidos con la sociedad para contribuir al desarrollo del sector productivo, empresarial e industrial.

2.2.2 VISIÓN ^[76]

El ISTER en el 2017 será una Institución líder en el campo de la Educación Superior Tecnológica sobre la base de la investigación aplicada, con principios éticos y morales, espíritu emprendedor en función de los requerimientos socioeconómicos del país, como aporte a la construcción del Buen Vivir.

2.2.3 OBJETIVOS INSTITUCIONALES ^[76]

- Formar tecnólogos profesionalmente capaces de administrar tecnologías de información que sirvan de soporte a la transformación de las Organizaciones Públicas y Privadas del País.
- Desarrollar capacidades técnicas e identificar de forma sistemática las labores que permitan la integración de estos procesos.
- Mejorar el conocimiento técnico de los estudiantes en las áreas de análisis, diseño, desarrollo y gestión de Sistemas Informáticos.

2.2.4 MARCO LEGAL DE LA INSTITUCIÓN ^[76]

El Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui se encuentra evaluado por el CONESUP y el CONEA como uno de los mejores Institutos a nivel Superior del país y funciona con el registro No. 17-055-B-15-11-2000. En 1995, el Ministerio de Educación y Cultura autoriza la creación del Instituto Técnico Superior Rumiñahui, para que funcione en la ciudad de Sangolquí, Valle de los Chillos, iniciando con la carrera de Análisis de Sistemas, constituyéndose así en la primera Institución de educación Superior en Sangolquí.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA INSTITUCIÓN

El campus en donde funciona el ISTER cuenta con dos grandes edificaciones de similares características.

La figura 2.2 muestra la fachada exterior de las instalaciones del edificio matriz en donde funciona el ISTER, la misma que cuenta con cinco plantas incluida la planta baja, distribuidas entre oficinas, aulas y laboratorios.



Figura 2.2 Edificio Matriz del ISTER

Para realizar el estudio de la LAN es recomendable conocer las instalaciones y cantidad de usuarios que utilizan los servicios que brinda un precario sistema de comunicaciones que se encuentra funcionando actualmente en la Institución. A continuación se detallan cada una de las plantas y sus secciones en las cuales están distribuidas.

Planta baja: se encuentran ubicadas tres secciones que se las identificará como alas (norte, sur y occidental).

La figura 2.3, muestra la distribución física del ala norte en donde se encuentran localizadas las áreas de: Salón de Grados, Trabajo Social y Departamento Médico, Talento humano y archivo, Rectorado, Vicerrectorado, Secretaría e Información, el Departamento Financiero y Contabilidad y Vinculación con la comunidad.

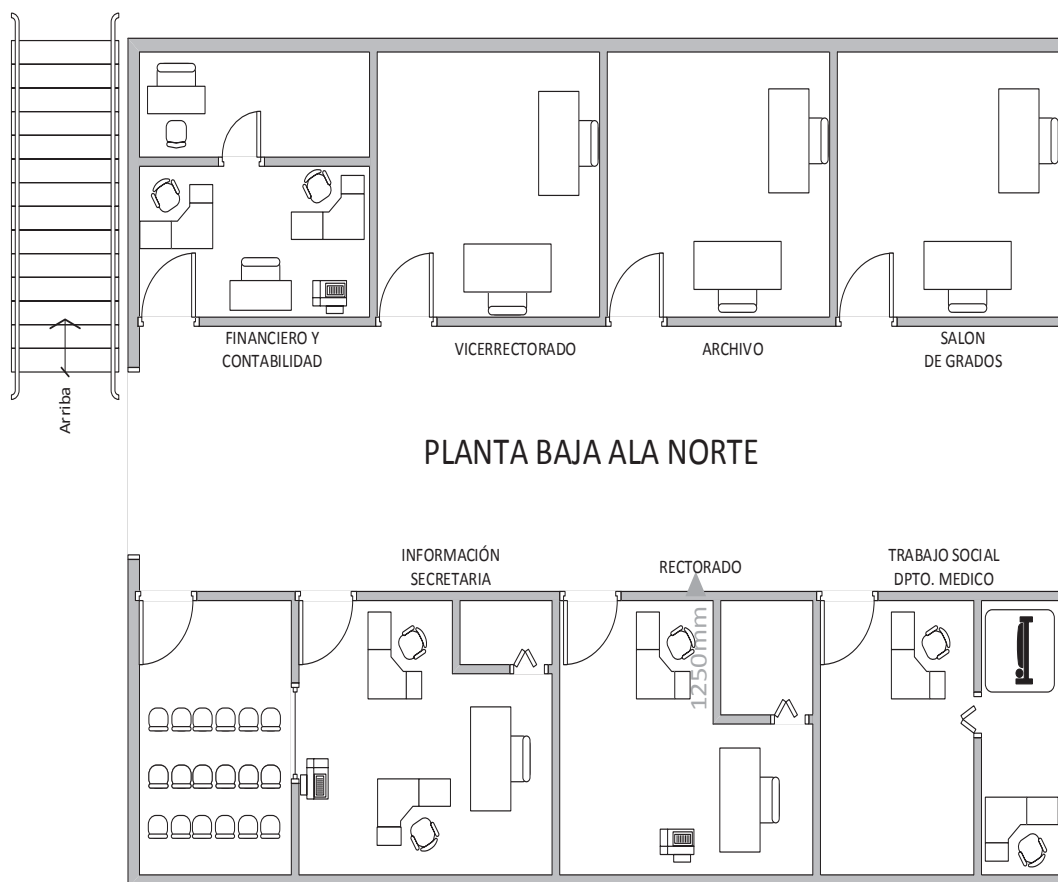


Figura 2.3 Distribución de las áreas Planta Baja ala norte

En la figura 2.4 se presentan la estructura y distribución del ala sur de la planta baja del edificio ISTER, en ésta ala se encuentran las áreas de: Coordinación de Carreras, Sala de Profesores, Biblioteca.

Mientras que en la figura 2.5 se detalla la distribución e infraestructura del ala occidental del edificio en donde se encuentran los talleres de la carrera de Gastronomía, cabe mencionar que en esta misma planta se encuentra la cafetería de la Institución la cual no poseerá ningún punto físico de red.

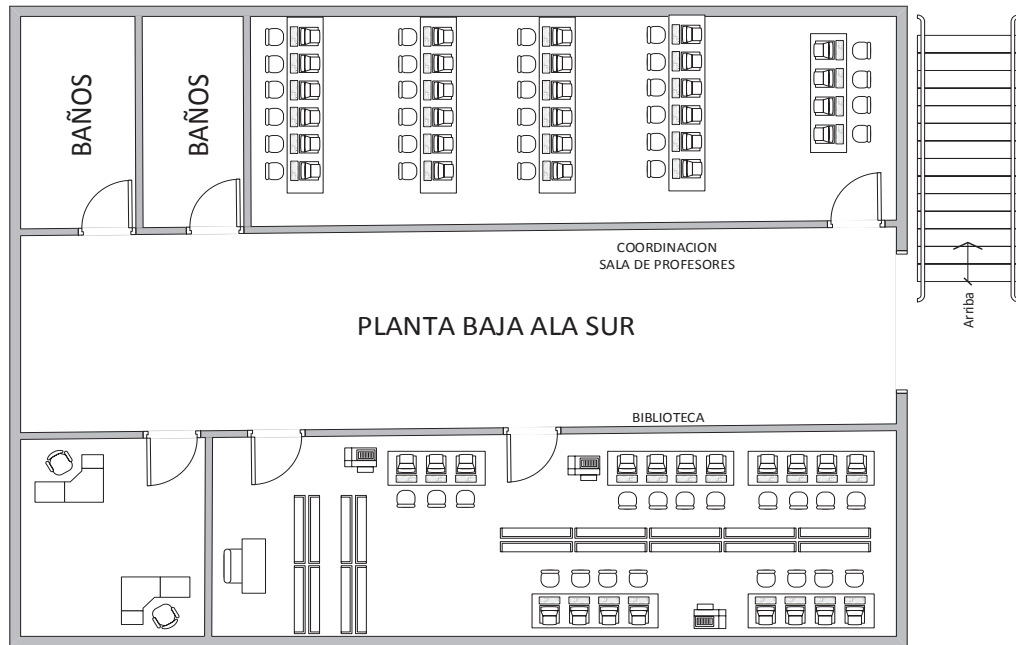


Figura 2.4 Distribución de las áreas Planta Baja ala sur

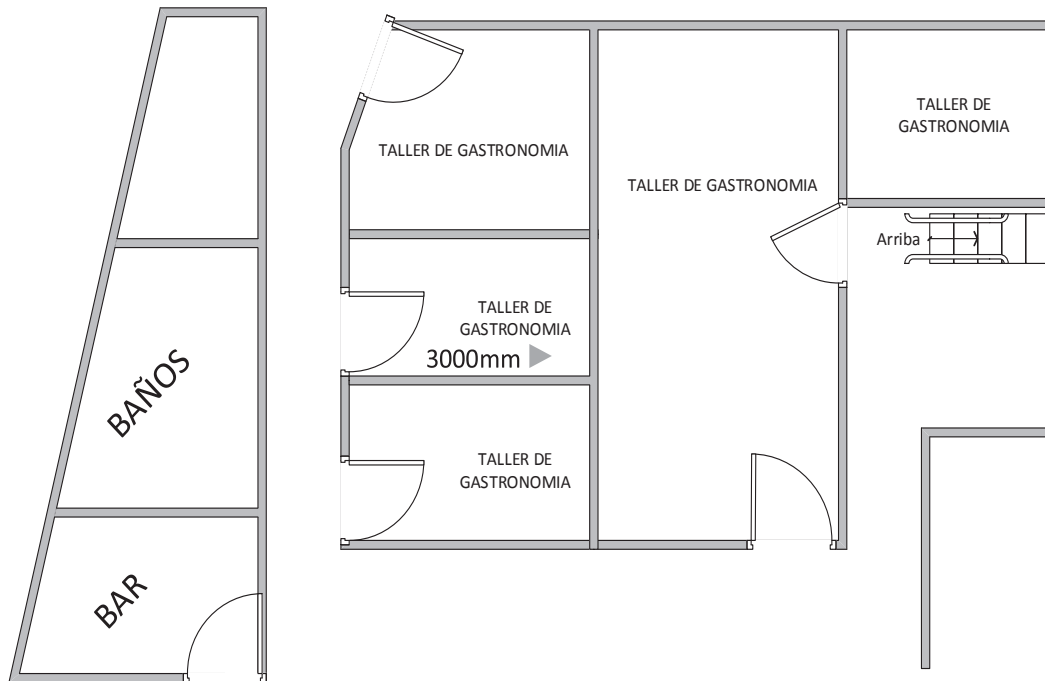


Figura 2.5 Distribución de las áreas Planta Baja ala occidental

Primera Planta: en las alas norte y sur de este piso se encuentran ubicadas solamente aulas de las carreras de Sistemas y Gastronomía; en la figura 2.6 se detalla la distribución del ala norte del primer piso.

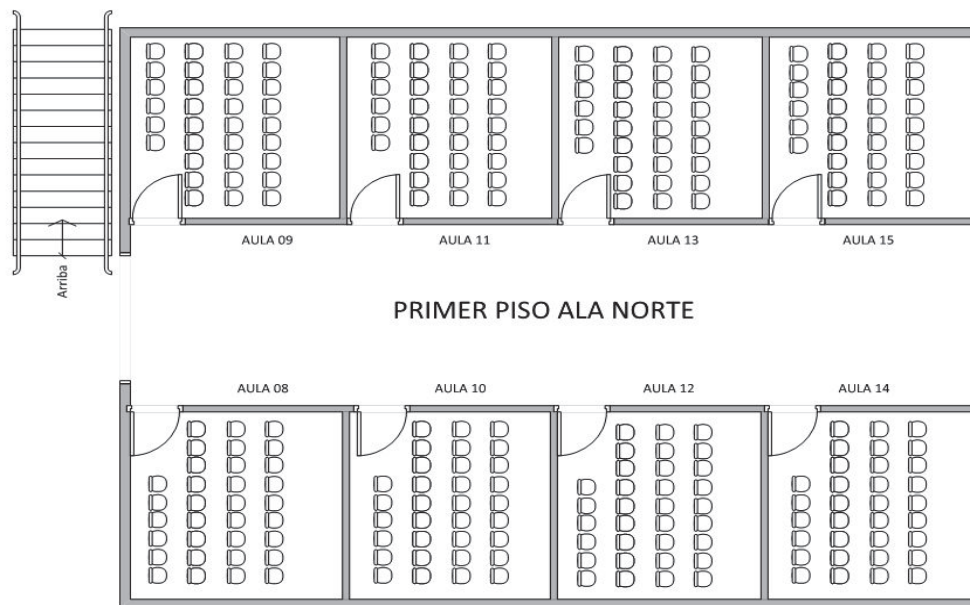


Figura 2.6 Distribución de las áreas Primer Piso ala norte

La figura 2.7 se muestra la distribución del ala sur de esta planta en donde se encuentran las aulas para las carreras de Hotelería y Turismo.

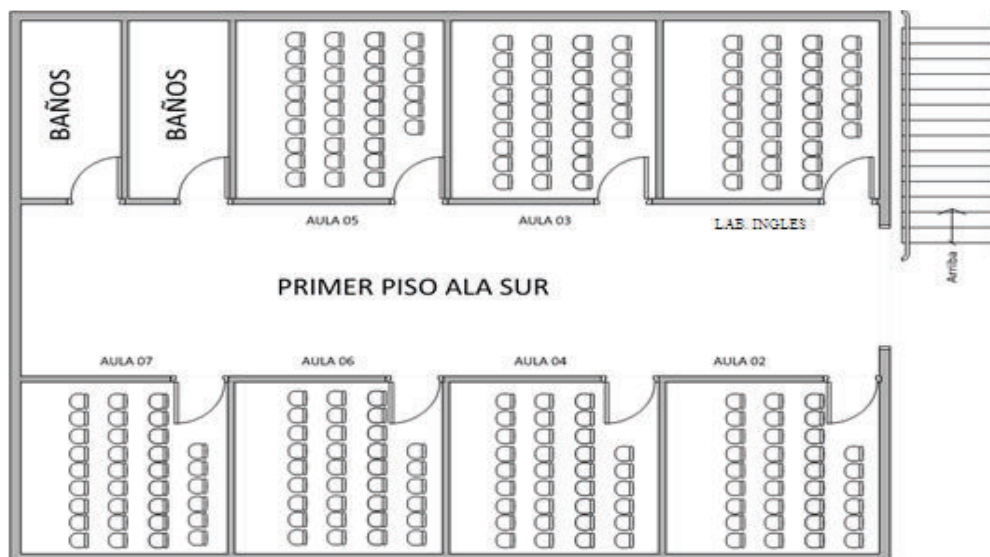


Figura 2.7 Distribución de las áreas Primer Piso ala sur

En la figura 2.8 se muestra la distribución del ala occidental en donde se localizan las aulas de Gastronomía del ISTER.

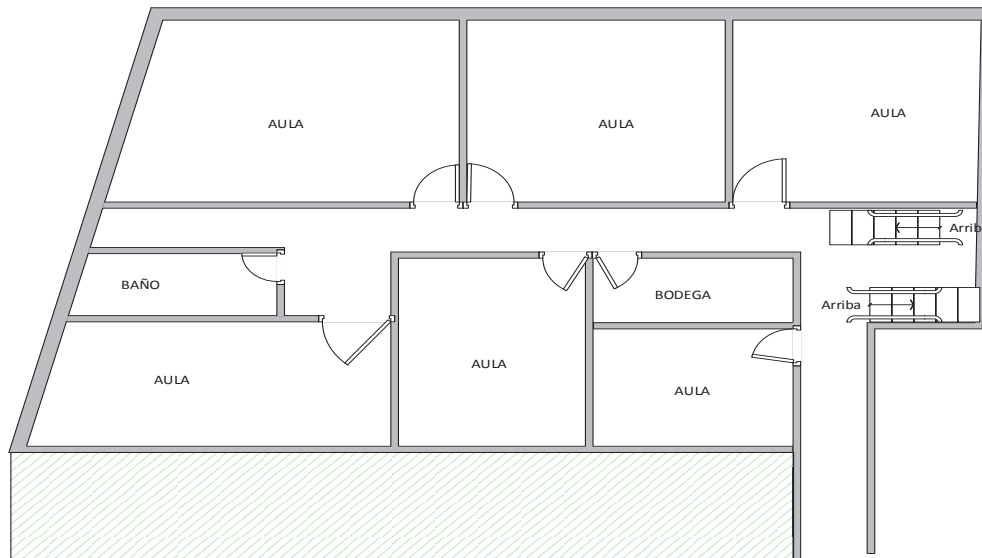


Figura 2.8 Distribución de las áreas Primer Piso ala occidental

Segunda Planta: en el ala norte de este piso se encuentran localizados los laboratorios de Computación, la figura 2.9 presenta la distribución de cada uno de ellos así como el número de equipos que contienen.



Figura 2.9 Ala norte laboratorios de computación Segundo Piso

Las figuras 2.10 y 2.11 muestran la distribución física del ala sur y occidental de este piso en la cual se encuentran ubicadas las aulas de la Carrera de Administración de Empresas.

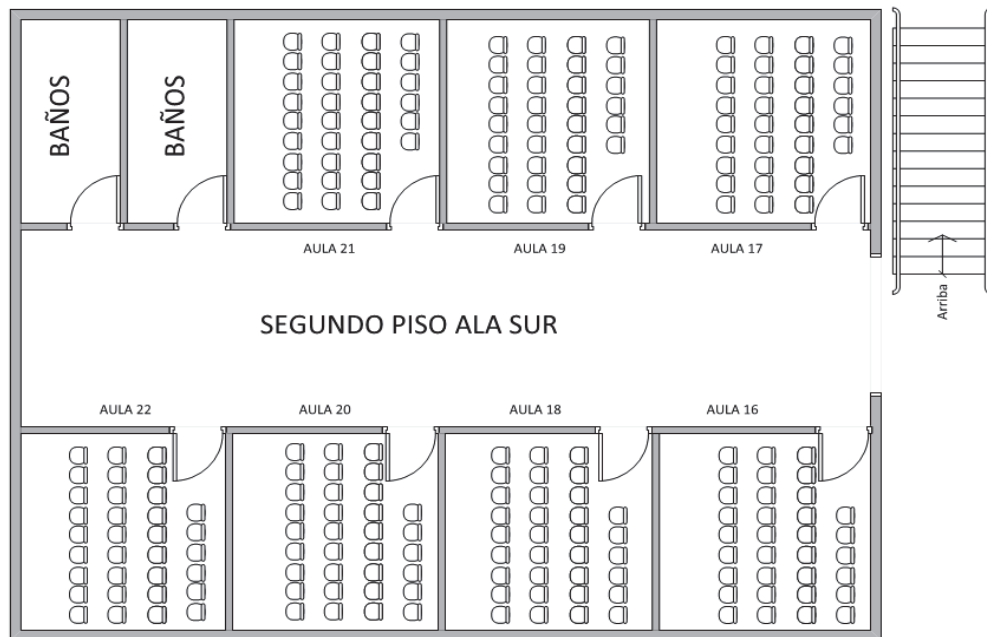


Figura 2.10 Distribución de las áreas Segundo Piso ala sur

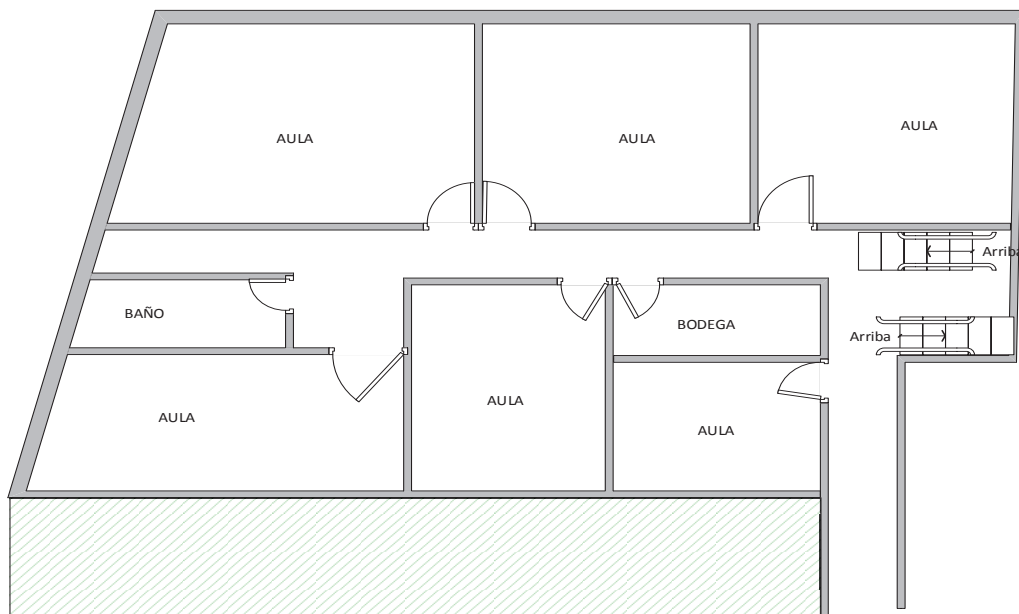


Figura 2.11 Distribución de las áreas Segundo Piso ala occidental

Tercer Planta: en este piso se encuentran localizados los laboratorios de las Carreras de Electricidad y Electrónica su distribución se la puede apreciar en la figura 2.12.

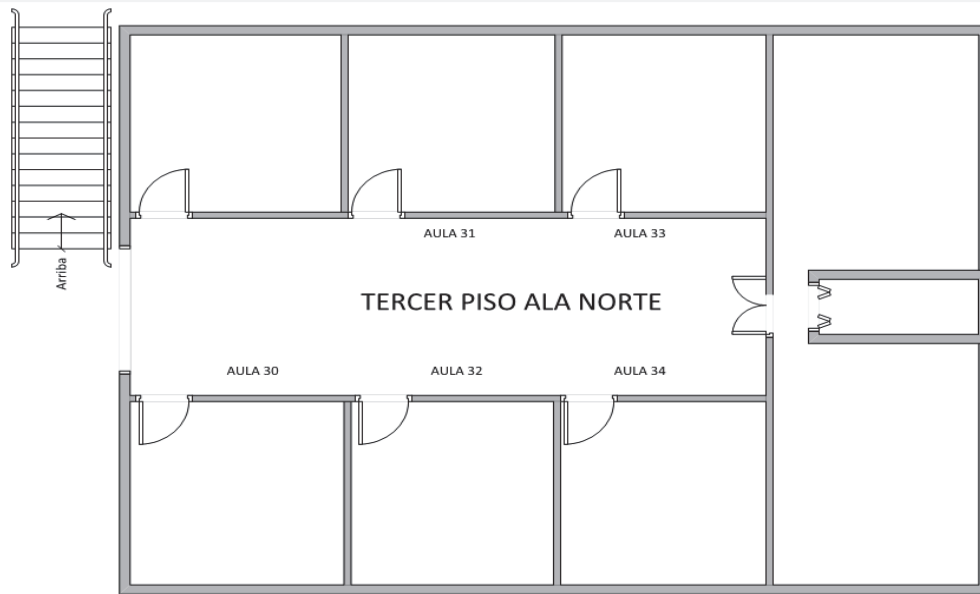


Figura 2.12 Distribución de las áreas Tercer Piso ala norte

Las figuras 2.13 y 2.14 presentan la distribución del ala sur de este piso en donde se encuentran ubicadas solamente aulas de la carrera de Diseño Gráfico.

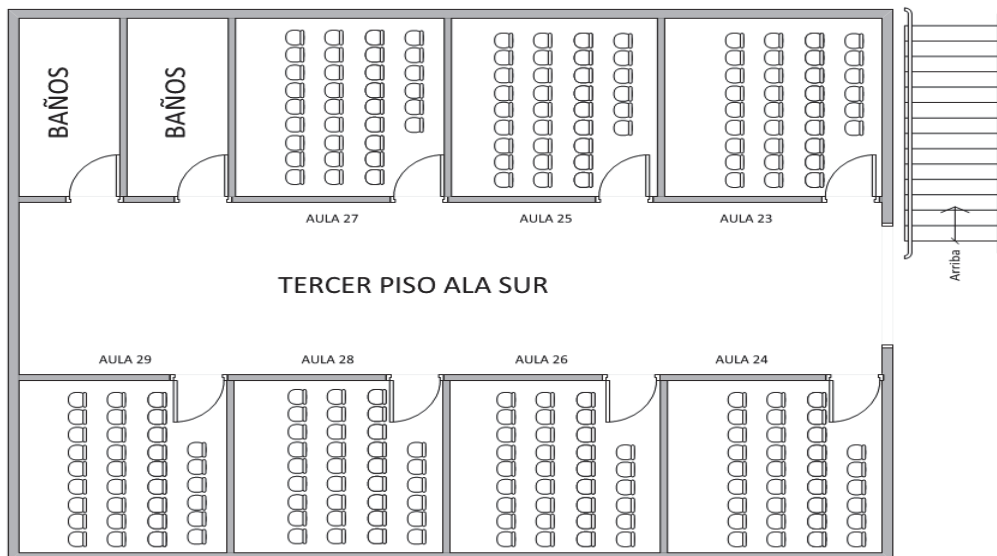


Figura 2.13 Distribución de las áreas Tercer Piso ala sur

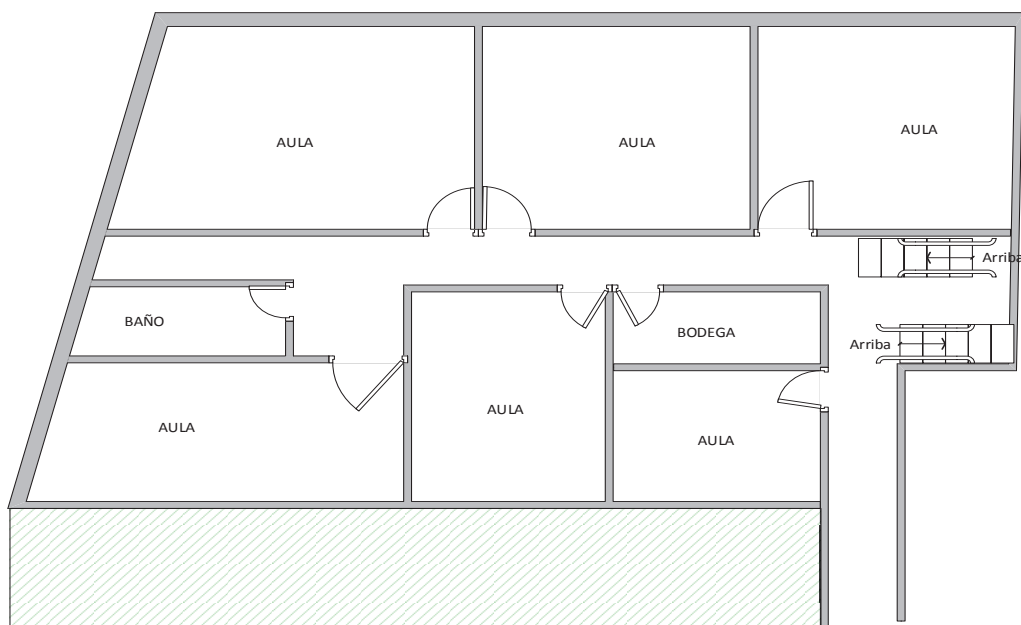


Figura 2.14 Distribución de las áreas Tercer Piso ala occidental

Cuarto Planta: finalmente en esta planta se encuentra localizado el Auditorio de la Institución, su infraestructura ocupa toda la cuarta planta del edificio. Su infraestructura física se la puede apreciar en la figura 2.15.

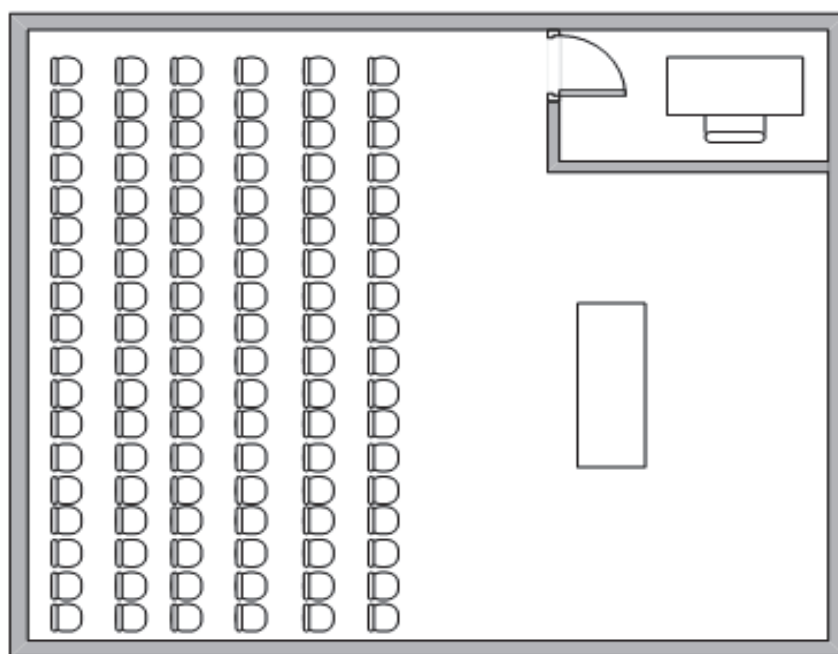


Figura 2.15 Distribución de las áreas Cuarto Piso Auditorio del edificio ISTER

En cada una de las figuras que muestran la distribución física de la Institución no se han señalado los puntos de acceso a la red, debido a que se podría decir que son puntos móviles ya que no existe un lugar específico de acceso; cada vez son situados según como se vaya requiriendo y muchas veces son movidos para dar acceso a otro usuario.

2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DATOS DEL ISTER

El sistema de comunicaciones del ISTER, fue implementado en el año 2002 mediante una configuración en estrella, con medios de transmisión de par trenzado de distintas categorías para la intercomunicación de las diferentes plantas del edificio, es decir el ISTER no cuenta con una red homogénea. A medida que se iba incorporando nuevos usuarios y aplicaciones a este sistema se vio la necesidad de “mejorar” la interconexión, es por eso que se han venido creando nuevas mini “redes” con el uso de “mini *switches*” dentro de la Institución, lo que simplemente determinaba la expansión del sistema de comunicaciones sin ninguna planificación adecuada.

La creación de estas nuevas redes conllevó a que el sistema de comunicaciones del ISTER se convierta en un problema al momento de querer acceder a la Internet, así como que no permitía cubrir otras necesidades presentes dentro de la Institución tales como: compartir archivos, equipos de impresión entre otras. No cabe duda que el manejo de la información no es el más adecuado debido a que se lleva de manera separada; en base a lo detallado es necesario describir cada una de estas mini “redes”, identificarlas y conocer con qué equipos de conectividad se cuenta. En la figura 2.16 se presenta un diagrama general de la infraestructura de la red de datos del ISTER. En la misma no se han incluido los “mini *switches*” que tienen pocos puertos, y que sin ser administrables se han adquirido para dar soluciones inmediatas de conectividad a los usuarios.

2.4 ANÁLISIS DE LA TOPOLOGÍA DE RED DEL ISTER

Como se describió anteriormente el sistema de comunicaciones del ISTER está constituido por pequeñas redes, mismas que fueron creadas sin una debida planificación ni mucho menos apegadas a ningún estándar de red.

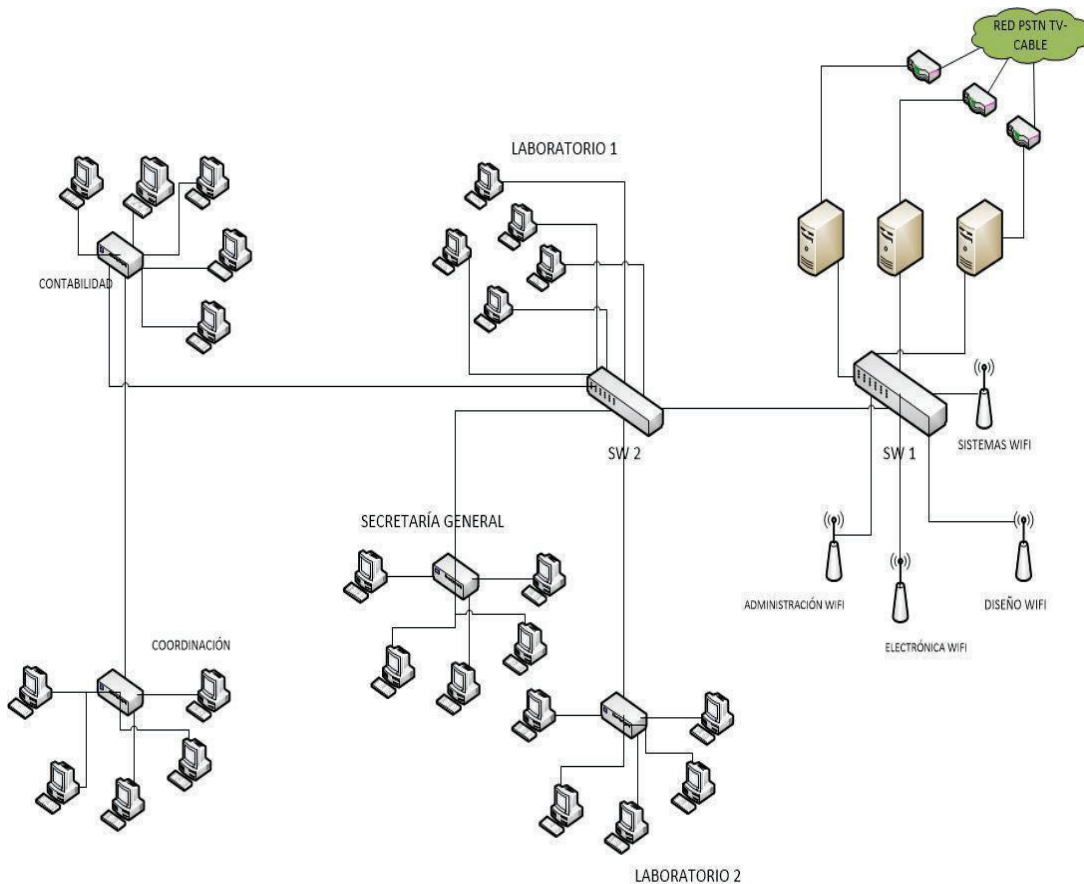


Figura 2.16 Diagrama de la red de comunicaciones de datos del ISTER

En el apartado 2.5.1.1 se detallarán los equipos de borde que están conectados a un equipo de conectividad que se lo conocerá como “mini *switch*”, mediante una topología en estrella y uso de cables UTP de categoría 5 y 5e. Las mini “redes” se interconectan mediante una topología en estrella, en donde el inconveniente principal reside en que no existe un adecuado sistema de cableado estructurado ni mucho menos que esté basado en estándares.

La distribución de puntos para las áreas de trabajo que actualmente posee el ISTER ha generado múltiples problemas entre los cuales se tiene que las estaciones de trabajo se queden sin servicio de red, de igual manera no existe un apropiado sistema de etiquetado, lo que deriva en una administración compleja de las “mini redes”. En base a que las acotaciones anteriores, el presente Proyecto de Titulación determinará qué tecnologías de red deberá tener la red convergente a diseñar en base a los requerimientos señalados en este capítulo.

2.5 EQUIPAMIENTO DE LA RED DEL ISTER

Una manera sencilla para determinar el equipamiento de las mini “redes” del ISTER, es dividir entre los dispositivos activos y pasivos.

Para realizar un adecuado diseño de red se debe conocer qué elementos posee la Institución, así como estar al tanto de la función que desempeñan, y si es necesario recomendar la adquisición de nuevos equipos; es por ello que se detallarán los elementos con los que cuenta el ISTER para su análisis.

2.5.1 ELEMENTOS ACTIVOS

Son aquellos elementos que se encargan de distribuir la información que circula en una red.

Debido a que la “red” del ISTER ha ido creciendo según las necesidades, se ha tenido que ir adquiriendo varios equipos, por lo cual se ha realizado un inventario, determinando su ubicación y características.

2.5.1.1 Equipos de borde

Entre los equipos de borde o equipos finales de usuario con los cuales cuenta la Institución se puede mencionar a las estaciones de trabajo, impresoras entre otros.

En la tabla 2.1 se muestra un resumen de los equipos de borde con sus respectivas características, ubicación y cantidades por área.

2.5.1.2 Equipos de Conectividad

Como ya se mencionó anteriormente la necesidad de crear mini “redes” conllevó a la adquisición de nuevos equipos de conectividad, de características mínimas que se encargan de distribuir el ancho de banda en los departamentos, siendo su principal función la de dar acceso a la web.

Al momento de implementar estos dispositivos no se ha realizado ninguna planificación lo cual ha llevado a tener dificultades cuando los usuarios intentan conectarse simultáneamente al Internet en la hora pico.

| EQUIPO | PROCESADOR /MODELO | RAM | SISTEMA OPERATIVO | UBICACIÓN | CANTIDAD |
|---------------------|------------------------------|--------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows 7 | Lab. Computación 1 | 20 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i3 | 2 GB | Windows 7 | Lab. Computación 2 | 20 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Quad Core | 2 GB | Windows 7 | Lab. Computación 3 | 16 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i3 | 2 GB | Windows 7 | Lab. Computación 4 | 16 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i3 | 2 GB | Windows 7 | Lab. Computación 5 | 16 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core 2 dúo | 512 KB | Windows XP | Lab. Computación 6 | 16 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core 2 dúo | 1 GB | Windows XP | Lab. Computación 7 | 16 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core 2 dúo | 1 GB | Windows XP | Lab. Computación 8 | 16 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core 2 dúo | 2 GB | Ubuntu 6.0 | Biblioteca | 20 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core 2 dúo | 2 GB | Ubuntu 6.0 | Coordinación y Sala de profesores | 32 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows XP | Financiero | 4 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows 7 | Secretaría | 3 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows 7 | Vicerrectorado | 2 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows 7 | RRHH | 2 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows 7 | Archivo | 2 |
| ESTACIÓN DE TRABAJO | Intel (R) 2,4 GHz Core i5 | 2 GB | Windows 7 | Trabajo Social | 3 |
| IMPRESORA | HP Laser 500 | N/A | N/A | Secretaría | 1 |
| IMPRESORA | Xerox | N/A | N/A | Sala de Profesores | 1 |

Tabla 2.1 Lista de equipos de borde del ISTER

En la tabla 2.2 se presentan los dispositivos de conectividad que posee la Institución. Para la presente descripción no se ha considerado los mini *switches* que han sido utilizados para expandir la red.

| EQUIPO | MODELO | UBICACIÓN | CANTIDAD |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------|----------|
| <i>SWITCH</i> | <i>SWITCH.-</i> TE100 –SB | Lab. Informática I | 2 |
| <i>Router</i> Inalámbrico AP | D'Link DIR-600 | Pisos del Edificio | 4 |

Tabla 2.2 Listado de equipos de Conectividad

En la tabla 2.2 se han descrito los elementos de conectividad que dan acceso y cobertura a los usuarios de la red, de igual manera cabe mencionar que no se han considerado los dispositivos de conectividad de mínimas características conocidos como “mini *switches*” ya que muchos de ellos se encuentran fuera de servicio.

2.5.2 ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ACTIVOS

Con la información detallada en el numeral 2.5.1, se determina lo siguiente:

- Las estaciones de trabajo poseen características de funcionalidad deficientes en donde la memoria de procesamiento y almacenamiento no son en muchos de los casos idóneas para un buen desempeño.
- Existen desactualizaciones en el sistema operativo y software de aplicaciones, generando una variedad de problemas en su funcionalidad y eficiente uso por parte del usuario final.
- No existe un dimensionamiento en la cobertura de red debido a que se han implementado puntos de red desordenadamente según la necesidad y requerimientos de los usuarios.

En tal virtud la Institución deberá mejorar el sistema operativo mediante la adquisición de un nuevo software ya sea privativo o de libre distribución, lo que involucra la expansión y actualización de la memoria RAM, conociendo que los equipos sí podrían soportar debido a la *mainboard* que poseen.

Por el hecho de que no existe una conexión de red adecuada es difícil la compartición de recursos tales como impresoras, cuyo estado es bueno y se

encuentran conectadas directamente a las estaciones de trabajo, lo que genera que funcionen solo cuando el equipo al que se encuentre conectado esté encendido.

Por otra parte los equipos de conectividad no disponen características tales como administración, calidad de servicio, prioridad de tráfico, nivel de procesamiento, etc. causando que el acceso a diversos servicios de red origine “cuellos de botella”. También cabe recalcar que los dispositivos de conexión no descritos en la tabla 2.2 y conocidos como “mini *switch*” ocasionan que el acceso a la red sea inestable causando malestar en los usuarios.

Basados en este análisis se determinará en el capítulo III los requisitos fundamentales que deben poseer los dispositivos de interconectividad, y sobretodo estar basados en el diseño de la red que se plantea en el presente Proyecto.

2.5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PASIVOS ^[50]

Son todos aquellos elementos tales como: paneles de conexión, cables, *racks*, entre otros, que se utilizan para la interconexión mecánica de los enlaces de red; su función primordial es transmitir, más no de generar o amplificar señales.

El cableado estructurado es el principal elemento pasivo de la red, el mismo que incluye todos sus componentes que a continuación se detallan y que actualmente posee la Institución.

2.5.3.1 Sistema de Cableado Estructurado

El ISTER cuenta con una red precaria en donde su principal problema es la falta de un Sistema de Cableado Estructurado, sin embargo la interconexión entre las mini “redes” se ha realizado con el uso de un cableado “**no estructurado**” y según la necesidad de conexión que el usuario requería.

Como se puede observar en la figura 2.17 la expansión e interconexión entre las “mini redes” se lo ha venido haciendo de forma directa a un *switch* de características no apropiadas y sin el uso de elementos pasivos básicos.

El no tener un sistema de cableado que cumpla con algún estándar, ocasiona que los elementos se encuentren expuestos al acceso de personal no autorizado,

creando una vulnerabilidad en la conexión de los equipos. De igual manera no posee un área definida para los equipos y dispositivos de interconexión, así mismo los *patchcords* no cuentan con una identificación que hagan mención a qué equipos brindan el servicio.



Figura 2.17 Interconexión del cableado entre las mini “redes”

La figura 2.18 ayuda a visualizar la inexistencia de un sistema de enrutamiento adecuado, ya que a pesar de que existen canaletas, los cables están fuera de las mismas quedando expuestos a la intemperie.



Figura 2.18 Canaletas para el enrutamiento

No cabe duda que la falta de un dimensionamiento y la expansión acelerada de la red ha traído múltiples problemas en el sistema de comunicaciones del ISTER y como consecuencia el deterioro precipitado de los medios de transmisión como son los cables UTP.

2.5.3.2 Sistema de Puesta a Tierra ^[44]

El Instituto no ha implementado un sistema de puesta a tierra, trayendo como consecuencia que cuando hay tormentas eléctricas en la zona, se tengan daños en los equipos en especial en las fuentes de las estaciones de trabajo.

2.5.4 ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS PASIVOS ^[45]

En base a la descripción realizada en el numeral anterior, el Instituto Superior Tecnológico “Rumiñahui” en la parte pasiva de la red se encuentra en deplorables condiciones, existiendo muchas vulnerabilidades que dan lugar a una mala interoperabilidad de la red lo que significa que en ocasiones las mini “redes” se queden sin servicio. Debido a que el sistema de cableado no sigue ningún estándar y fue levantado sin ninguna especificación técnica, los equipos y elementos se encuentran expuestos a daños físicos; así mismo las instalaciones y componentes están en malas condiciones teniendo como consecuencia pérdida de información incluso hasta la caída total de la red. El desorden en la implementación de nuevas estaciones de trabajo y de los nuevos puntos de red por medio de dispositivos inadecuados, ha llevado a que la red se encuentre expuesta a diferentes riesgos, tales como desconexiones, cortes, torceduras entre otros, lo que ocasiona que su rendimiento se vea afectado.

La vertiginosa expansión de la red ha llevado a que haya un excesivo número de cables UTP en las canaletas; además ningún elemento que forma el sistema de cableado tiene un sistema de etiquetado y por ende no se puede tener un correcto mantenimiento, gestión y administración de la red en el momento que se necesite. Si bien es cierto el sistema de cableado que posee el ISTER contiene varios elementos, se ha determinado que ninguno es acorde para ser reutilizado en el presente diseño, no cabe duda que lo expuesto se ratificará una vez realizado el diseño correspondiente en el próximo capítulo.

Una vez concluido el análisis de la parte pasiva de la red del ISTER se determina que se necesita realizar un diseño para el sistema de cableado estructurado, el mismo que debe contener un adecuado enrutamiento, un sistema de administración (etiquetado), un dimensionamiento que ajuste sus necesidades y sobretodo que esté ajustado a estándares internacionales ya descritos en el capítulo 1.

2.5.5 DESCRIPCIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

Como se detalló en la tabla 2.2 concerniente a los dispositivos de conectividad existen 4 dispositivos (AP) que dan cobertura a la red inalámbrica.

La figura 2.19 muestra cómo está instalado el punto de acceso del piso, al mismo que pueden acceder de manera libre ya que no existe ninguna política de acceso, dejando vulnerable al robo o manipulación del equipo.

Los dispositivos pueden ser configurados vía web, pudiendo observar que los mismos se encuentran con la configuración por defecto.

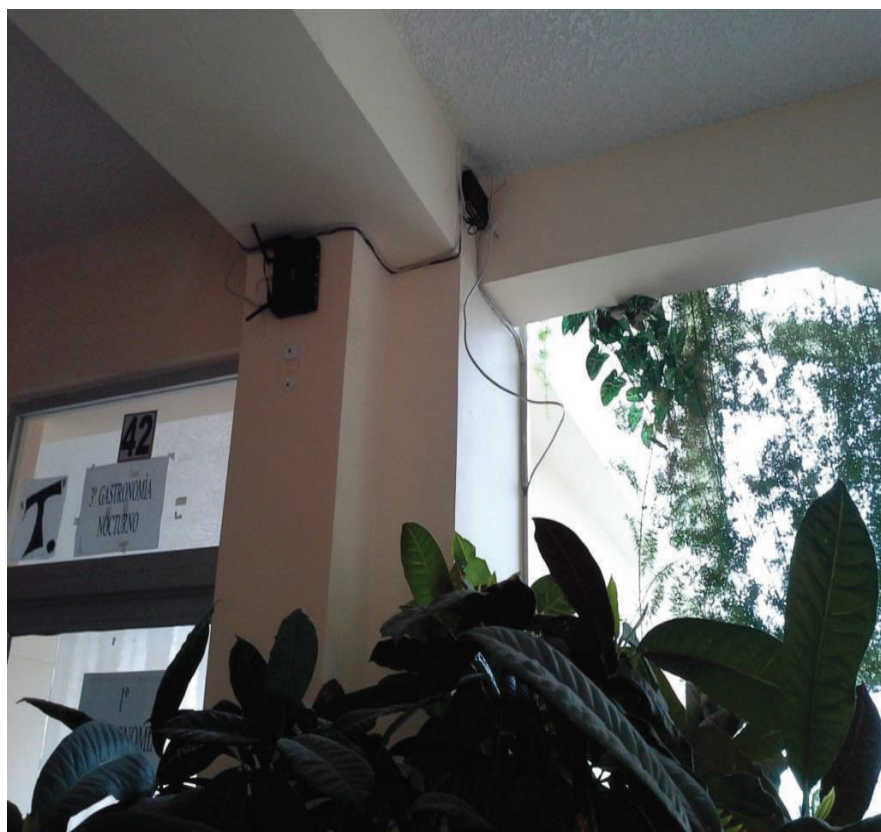


Figura 2.19 Punto de Acceso inalámbrico

2.5.6 ANÁLISIS DE LA RED INALÁMBRICA

Los dispositivos inalámbricos presentan problemas para brindar el servicio, debido a que no cubren las necesidades al momento de acceder al Internet, causando malestar en los usuarios. Las configuraciones de los AP no están acordes a las requeridas por seguridad, debido a que poseen su configuración por defecto, debiendo realizar una configuración personalizada al dispositivo.

Considerando las características de los dispositivos y en base al uso de mecanismos de cobertura se pudo observar que cuando la ubicación es mayor a 10 metros del AP la señal se atenúa, perdiéndose totalmente a los 16 metros.

2.5.7 SERVICIO DE INTERNET

El proveedor del servicio de Internet es “SURATEL”, tiene 3 *routers* de 2 Mbps con compartición de 4:1, distribuidos para las diferentes áreas.

Los 2 Mbps de uno de los *routers* son utilizados por el área de Secretaría; los otros 2 Mbps está siendo utilizada para la Coordinación, sala de profesores y Biblioteca y los otros 2 Mbps restantes está siendo utilizados por los Laboratorios uno y dos y por la red inalámbrica de la Institución.

2.5.7.1 Análisis de Servicios de Internet

Uno de los principales problemas de la red de comunicaciones del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui es el acceso hacia el Internet, debido a la mala distribución del ancho de banda y en muchos casos el indebido uso de las aplicaciones, lo que ha llevado que el servicio tenga demasiadas demoras y retardos imposibilitando el poder acceder a la web.

La figura 2.20 muestra a los tres *routers* (Tellabs 8110 ctu-r networking) a los cuales llega la señal por medio guiado de cobre, y de los mismos se reparte la señal para los departamentos ya detallados. Al tratarse de una Institución netamente educativa y con necesidad de acceder a servicios de red simultáneos tales como visualización de videos, descargas de aplicaciones o software especializado, se ha provocado que las mini “redes” colapsen o a su vez su rendimiento se vea disminuido.



Figura 2.20 *Routers tellabs 8110 ctu-r networking terminating*

Al diseñar la red se debe cumplir con muchos aspectos que garanticen un servicio de voz y datos apropiados, siendo necesario dimensionar el ancho de banda que requerirá la red para poder contratar el servicio de Internet apropiado.

2.5.8 APLICACIONES ACTUALES

Existen muchas aplicaciones que son utilizadas en la Institución, entre las que se puede mencionar: software de ofimática, antivirus, acceso a páginas web, *streaming* de video, entre los más relevantes.

A más del software ya mencionado existen carreras que necesitan aplicaciones de carácter particular es decir, aplicaciones que ciertas carreras utilizan diariamente en los laboratorios de Computación, como por ejemplo: *Java-Netbeans*, *Java Eclipse*; *Visual.Net*, *My SQL*, *SQL server*, *SQL Anywhere*, programas contables, programas de diseño gráfico, etc.

Es necesario señalar que la instalación de las aplicaciones ya mencionadas se lo ha ido haciendo de manera individual y por la inoperatividad de la red al querer realizar una actualización o mantenimiento se lo debe hacer en la máquina que lo requiera.

En la tabla 2.3 se detallan las aplicaciones con las que actualmente cuenta la Institución ya sea en los laboratorios de computación como en las estaciones de trabajo del personal administrativo.

| Software | Versión | Proveedor |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Mozilla Firefox | 13.0.1 | Mozilla Foundation |
| Office | Professional Plus 2010 | Microsoft Corporation |
| Adobe Acrobat X Pro | 10.0.0.0 | Adobe Systems |
| Adobe Creative Suite | 5.5 Master Collection | Adobe Systems |
| Java | 6.0.330 | Oracle |
| ESET NOD 32 | 4.0.437.0 | Eset Spol.s.r.o |
| Microsoft. NET Framework | 2 Extended 4 Client Profile | Microsoft |
| Microsoft SQL Server 2008 | R2 10.50.1447.4 | Microsoft Corporation |
| Microsoft Visual Studio 2010 | Ultimate 10.0.30319 | Microsoft Corporation |
| Netbeans IDE | 7.0 | Netbeans.org |
| Nero Express | 7.1.10.1.0 | Nero AG |
| Power Designer | 10.0.0.0 | Sybase INC |
| Power Builder | 10.0.0.4510 | Sybase INC |
| SQL Anywhere Studio 9 | 9.0.1.1873 | Anywhere Solutions INC |
| SLE | 2.0.0.0.0.0.0 | Centro Nacional de Computación, UNA |

Tabla 2.3 Aplicaciones actuales en el sistema de comunicaciones del ISTER

Al realizar el diseño de la red se espera que el mayor número de estaciones de trabajo cuenten con una organización adecuada en el manejo de cuentas de usuario y que contengan instalado el software útil para cada carrera y asignatura. Todas las estaciones de trabajo poseerán versiones de aplicaciones idénticas, agilizando así su mantenimiento y administración.

2.6 ESTADO DE LA RED DE TELEFONÍA

La red telefónica del ISTER está basada en una conexión directa a la PSTN, servicio que lo suministra la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT); provee de dos líneas de telefonía fija arrendadas, con los números 022331599 /

022332554. También cuenta con una línea de Telefax: 022331628, instalada en la Secretaría de la Institución. El ISTER no cuenta con una central telefónica propia para el sistema de voz; al no poseer una PBX presenta inconvenientes al momento de querer comunicarse con alguna persona en especial que labore en la Institución ya que éstas no abarcan en su totalidad a la cantidad de usuarios.

Por otra parte los departamentos que cuentan con un mayor tráfico de voz son Secretaría, Rectorado, Coordinación y Sala de Profesores, las cuales presentan un mayor número de llamadas hacia la PSTN, lo que produce que si una persona está utilizando uno de los teléfonos el servicio se bloquea para los demás usuarios, derivando en pérdidas de llamadas.

2.6.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TELEFONÍA

La red telefónica del ISTER es inadecuada debido a la cantidad de problemas que ya han sido mencionados anteriormente tales como pérdidas de llamada, bloqueo del servicio entre otros, esto al no poseer una central telefónica propia.

No cabe la menor duda que resulta primordial implementar un sistema de voz que satisfaga las necesidades de los usuarios a pesar de que el actual sistema haya cumplido medianamente con el servicio de comunicación desde y hacia fuera de la Institución. Considerando esta problemática se plantea el diseño de una red telefónica interna basado en la transmisión de paquetes de voz sobre la misma red de datos conocida como VoIP, lo que generará así una red mucho más completa, intercomunicando a los diversos departamentos, misma que generará un ahorro representativo a la Institución. Como parte final de este análisis la Institución no cuenta con teléfonos de características para el uso en redes de telefonía IP, por lo tanto los requerimientos para su adquisición se lo llevará a cabo en el próximo capítulo.

2.7 TOMA DE REQUERIMIENTOS PARA LA RED DEL ISTER

Una de la principales preocupaciones por parte de las autoridades del ISTER es el mal funcionamiento de la red de datos, misma que no cumple con las necesidades tanto de autoridades como de los estudiantes; es por ello que el diseño de la red que cumpla con estándares y sobretodo satisfaga al usuario final se ha convertido

en un tema de mucho interés, de manera que han presentado sus requerimientos para dar una solución en un futuro y así tener mayor competitividad con Instituciones de la misma índole.

Se ha procedido a la toma de requerimientos y necesidades de las autoridades, personal administrativo y docente así como estudiantes, requerimientos que deben ser provistas por la intranet de la Institución.

Basados en la toma de requerimientos se detallarán cuáles son las principales aplicaciones que se consideren necesarias y los servicios que se requieran para cumplir con dichas aplicaciones.

2.7.1 REQUERIMIENTO DE LOS SERVICIOS DE RED

Por el hecho de ser una Institución de carácter educativo superior existen varios servicios que son indispensables, de forma que puedan satisfacer las necesidades y requerimientos de los distintos tipos de usuarios de la Institución. Para ello se detallan a continuación los principales servicios que son necesarios implementar en la intranet, y los servicios propios con que la red del ISTER debe poseer.

2.7.1.1 Servidor DHCP

La red del ISTER no cuenta con un mecanismo para la asignación de direcciones IP, siendo ésta una de las principales problemáticas en la red, y más aún cuando existe una gran cantidad de estaciones de trabajo que se deberán manejar.

Basados en la problemática de asignación de direcciones IP se hace necesario implementar un servidor DHCP, el mismo que sea el encargado en asignar direcciones IP de manera dinámico, facilitando la administración y sobretodo optimizando las direcciones IP.

2.7.1.2 Servidor DNS ^[26]

Para poder realizar una identificación adecuada de los equipos de una red de manera que su control sea fácil y más eficiente, la administración y traducción de nombres se debe hacerlo por medio de un servidor de nombres, ya que resulta más sencillo reconocer a equipos por un nombre que por su respectiva dirección IP.

El servidor de nombres conocido como servidor DNS, es una base de datos distribuida y forma una estructura jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes.

2.7.1.3 Servidor Web

El Instituto Superior Tecnológico “Rumiñahui” cuenta con una página web “<http://www.instruminahui.edu.ec/>”, servicio que no es administrado por el personal de la Institución y se encuentra alojada en un servidor externo al ISTER.

El manejo propio de un servidor web es un servicio fundamental debido a que se pueda implementar otras aplicaciones adicionales tales como consulta en línea de las calificaciones de los estudiantes, implementar un sistema de matriculación, software para educación virtual y otras aplicaciones útiles en el mundo actual de la educación.

2.7.1.4 Servidor de Correo Electrónico

Dentro de la Institución no se encuentra definido un servidor de correo electrónico, aunque con el desarrollo institucional este servicio deberá ser implementado en un futuro; por tal motivo y debido a que el personal usa cuentas de correo proporcionadas por servidores externos, se debe realizar este análisis con el fin de establecer un correcto dimensionamiento para esta aplicación.

Este servicio es básico para los usuarios de una Institución y es éste el que se encargará en generar cuentas de usuario para el personal administrativo, docente y de ser necesario y requerido a estudiantes, así mismo evitará generar gastos económicos adicionales en uso de papel así como poseer un servicio institucional que le dará jerarquía tecnológica mostrando una imagen corporativa institucional.

2.7.2 REQUERIMIENTO DE LOS SERVICIOS EN TIEMPO REAL

A más de los servicios ya mencionados y los avances tecnológicos con sus nuevas tendencias, ha ido creciendo el concepto de integrar a las redes de datos con servicios en tiempo real apareciendo el concepto de redes convergentes. Entre los servicios en tiempo real se pueden mencionar a la videoconferencia y a la telefonía

sobre la red de datos más conocida como telefonía IP, en los que se deberá considerar también el concepto de la Ingeniería de Tráfico.

2.7.2.1 Telefonía IP

La Telefonía IP es una tecnología moderna que por competencia tecnológica toda Institución debe tener debido a que admite una optimización de recursos ya que tiene servicios idénticos a los servicios de la telefonía tradicional pero sobre una misma red de datos, en donde la priorización se le da a la voz.

El Instituto Superior Tecnológico “Rumiñahui” durante todo este tiempo ha venido presentando problemas al no contar con un sistema de voz apropiado.

Basados en la gran cantidad del personal con el que cuenta la Institución la demanda de voz es una prioridad debido a que en muchas ocasiones existe la necesidad de comunicarse con los profesores o personal administrativo, en donde tiene que desplazarse desde las aulas hasta poder atender una llamada, teniendo que dejar en ocasiones sus jornadas de trabajo lo que en consecuencia genera un malestar en los estudiantes, afectando la calidad de enseñanza. Se tendrá ventajas como la mensajería unificada y la ubicación de las personas.

Por tal motivo es una necesidad poseer un sistema de voz interno, el mismo que permita una comunicación óptima entre los usuarios de la red.

2.7.3 SEGURIDAD EN LA RED

Al referirse a la seguridad en la red se deben considerar aspectos complicados de controlar y manejar dentro de ella, por ende es conveniente mantener la información bajo cuidado y control, mediante el uso e implementación de políticas de seguridad. Para la implementación de la seguridad en redes existen protocolos que pertenecen a varios organismos tales como ISO/ICE de la familia 27000, la misma que posee varias recomendaciones referente a seguridad.

2.7.3.1 Análisis de la Seguridad Actual en la Red

La seguridad física y lógica de la red del ISTER ha sido una de las problemáticas al momento de proteger sus “mini redes”. El personal técnico ha optado por la

instalación de antivirus en las estaciones de trabajo como método de seguridad de la red; esta forma de protección se ha convertido en un punto vulnerable a los ataques ya que hace más de un año no se ha adquirido licencias lo que ha conllevado una desactualización del software de protección. De igual manera la seguridad en los equipos de conectividad es inapropiada, debido a que la mayor parte de los dispositivos se encuentran al alcance de personal propio y ajeno a la Institución.

El sistema de comunicaciones del ISTER poseía un *firewall* en el que se encontraban configuradas políticas de acceso; al momento de realizar el presente análisis el equipo se encontraba fuera de uso lo que conlleva a ser considerado en el diseño de la nueva red. Así mismo a pesar que cuando de seguridad se trata por lo menos se debe implementar alguna política de seguridad, mismas que los técnicos de la Institución no han considerado crear ningún instructivo de uso o manipulación de equipos de los laboratorios ni mucho menos cuenta con un plan de contingencia.

2.7.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO

Cada uno de los servicios disputan recursos por acceder a las diferentes aplicaciones dentro de la red, ocasionando que la red colapse impidiendo a los usuarios ingresar a Internet e incluso más aún a servicios internos tales como bases de datos y registro estudiantil. Internamente la Institución dispone de tres salidas a Internet de manera independiente conectadas únicamente por los canales de datos, las cuales son establecidas para otorgar una clasificación de los equipos y usuarios.

En la tabla 2.4 se muestra la asignación de las direcciones IP utilizadas en el sistema de comunicaciones del ISTER.

| RED | DESCRIPCIÓN |
|------------------|----------------------------|
| 192.168.0.0/24 | LABORATORIOS Y ESTUDIANTES |
| 192.168.100.0/24 | PROFESORES Y COORDINACIÓN |
| 192.168.200.0/24 | ADMINISTRATIVO |

Tabla 2.4 Redes internas del ISTER

Se efectúa un análisis previo de tráfico, utilizando el software analizador de tráfico Wireshark, el mismo que identifica a los protocolos que están siendo utilizados en la red, con la finalidad de corregir problemas. Este software es activado en horas en el cual se estima que el tráfico es pico. El proceder en el flujo de datos de la red es similar todos los días, en los que el acceso a los servicios es lento a partir de las 8 de la mañana que inicia las actividades académicas y se extiende hasta el mediodía, de igual manera en la jornada nocturna pero con menor impacto debido a la cantidad de alumnos que existe. El análisis del tráfico general se muestra en la figura 2.21 en ella se distinguen los picos totales de tráfico que pueden originar que la red colapse. Este problema ocurre todos los días laborables.

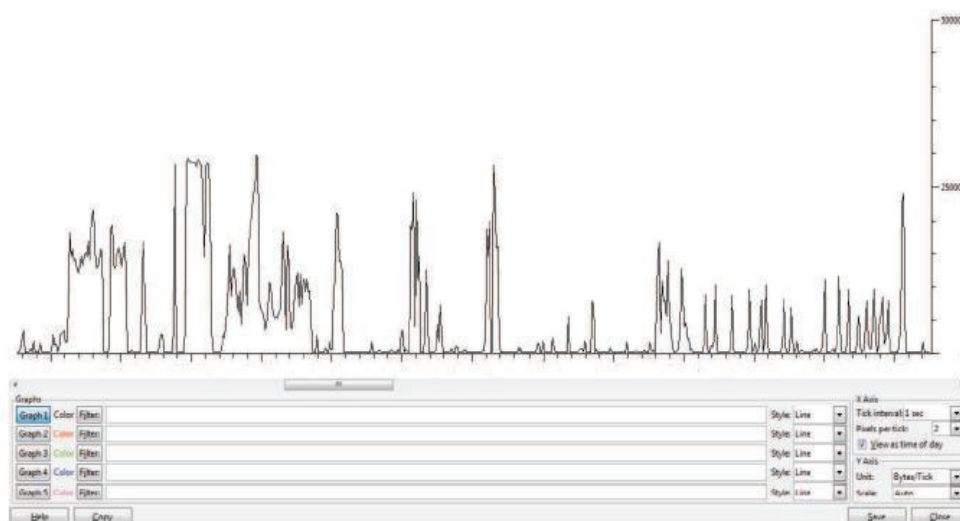


Figura 2.21 Tráfico total de red

También se realizó el análisis del tráfico de la red mediante la herramienta de software libre MRTG, que está basada en la activación del protocolo SNMP, con el fin de disponer valores más exactos del tráfico que circula hacia y desde Internet y el que atraviesa por el canal de datos.

Para poder realizar el análisis de tráfico de la red se colocó un computador con el software ya mencionado, desde el 21 de abril del 2015 hasta el 20 de agosto del 2015 y se analizaron los puertos que son de interés para este trabajo. La información que muestra la figura 2.22 indica que el tráfico que viene desde Internet supera al que se genera hacia fuera de la red; el punto que se debe destacar más es que solo se utiliza un 2,2% de la capacidad de dicho puerto.

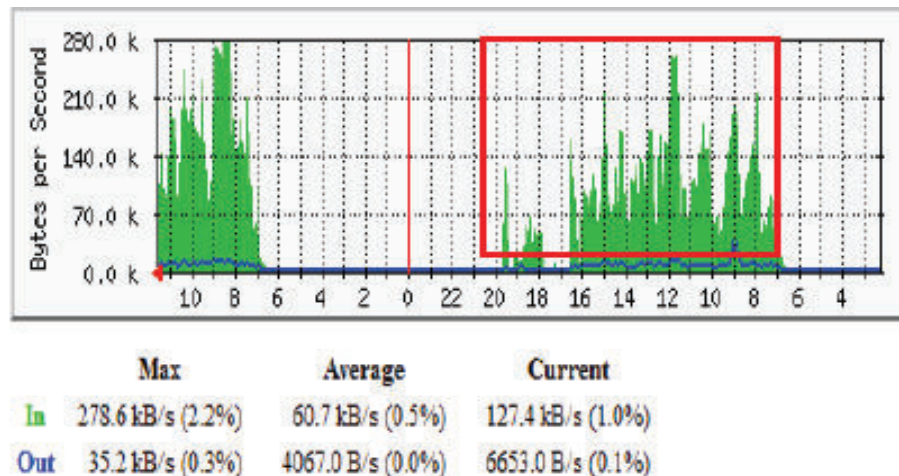


Figura 2.22 Tráfico de la red en un período de 1 día

La figura 2.23 muestra el nivel más alto del tráfico generado en el período de prueba el mismo que no supera el 2,3% de la capacidad del puerto; la información que se genera hacia Internet fue mayor, con picos importantes sin que esto conlleve a un colapso en él. Para el análisis del tráfico se lo llevó a cabo por cuatro meses, durante los cuales se hallan aspectos que de alguna manera muestran fallas de seguridad, como por ejemplo el uso de Internet cuando no hay personal en la Institución, tanto en días ordinarios como en fines de semana, en la figura 2.24, se muestra actividad mensual generadora de tráfico.

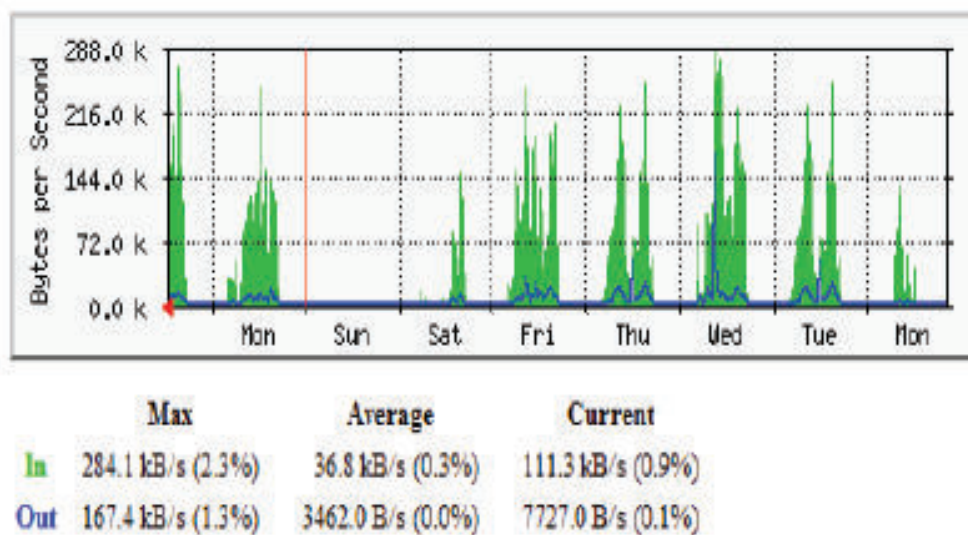


Figura 2.23 Tráfico producido durante los días de la semana

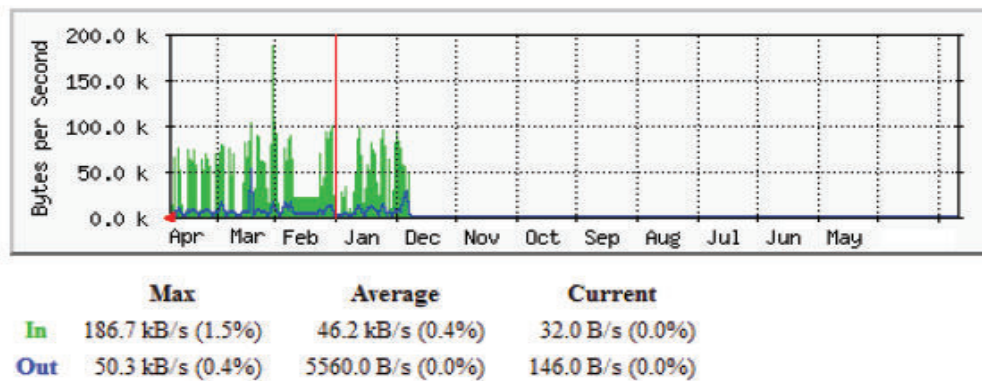


Figura 2.24 Tráfico mensual generado con valores máximo, promedio y actual

Con la información conseguida se realiza una comparación entre los valores máximos y promedio conseguidos por el software; la misma que se presenta en la tabla 2.5.

| | TRÁFICO | MÁXIMO Kbps | % | PROMEDIO | % |
|----------------|---------|-------------|-----|----------|-----|
| DIARIO | ENTRADA | 278,6 | 2,2 | 60,7 | 0,5 |
| | SALIDA | 35,2 | 0,3 | 4,067 | 0,1 |
| SEMANAL | ENTRADA | 284,1 | 2,3 | 36,8 | 0,3 |
| | SALIDA | 167,4 | 1,3 | 3,462 | 0,1 |
| MENSUAL | ENTRADA | 269,2 | 2,2 | 42,7 | 0,3 |
| | SALIDA | 67,5 | 0,5 | 4,1 | 0,1 |

Tabla 2.5 Información generada por MRTG

2.8 RESUMEN DEL ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS DE LA RED

El sistema de comunicaciones del ISTER, el mismo que está conformado por mini “redes”, carece de muchas prestaciones propias, que básicamente debe proveer, como la falta de servicios básicos tales como el servicio DNS, ya que no posee un servicio de dominio interno ocasionando que no se puedan implementar aplicaciones que dependan de este, de igual manera se convierte en un limitante la administración, gestión y su inadecuada seguridad.

La adición de nuevas redes ha conllevado a tener “redes” aisladas de una principal lo que ha causado conflictos internos de conectividad y peor aún pérdida de información; también otro de los inconvenientes está enfocado a la administración y mantenimiento de forma independiente de cada una de ellas por separado.

En base a esta problemática se plantea la unificación de las mini “redes” en una sola, de forma que se pueda organizar, estructurar y sobretodo asegurar la información generada en la Institución.

También se plantea unificar el sistema de voz con la red de datos basados en la tecnología VoIP, para así dejar de utilizar redes independientes aprovechando una misma infraestructura; para el desarrollo de este sistema de voz que se basa en la tecnología VoIP, se debe considerar conceptos fundamentales como es la calidad de servicio, lo que evitará que se generen bloqueos o pérdidas de señal y que brinde el máximo provecho a los usuarios.

También entre las consideraciones más relevantes al momento de realizar el diseño de la red y quizás la más importante es proponer un adecuado sistema de cableado estructurado acorde a las necesidades de la Institución, debido a que el sistema actual carece de las prestaciones necesarias y no cumple con ningún estándar TIA/EIA, ya que éste será el encargado de manejar y soportar la transmisión de las señales evitando fallas y pérdidas de información. También el presente Proyecto de Titulación plantea diseñar políticas, planes, procedimientos y mecanismos de seguridad basados en estándares internacionales.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS DEL “ISTER”

3.1 INTRODUCCIÓN

El precario sistema de comunicaciones del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, presenta serias deficiencias en su infraestructura física y lógica ocasionando diversas fallas. Debido a esto, se presenta un diseño que se enfoque en dar solución a estos problemas y que ofrezca soporte a nuevas aplicaciones que aparezcan en la Institución.

El realizar un diseño de red convergente para el ISTER permitirá crear un sistema articulado, centralizado, escalable, seguro y debidamente administrado, que satisfaga las necesidades de los usuarios y considerando que será de mucho beneficio para la Institución.

El personal administrativo, docente y estudiantil ha considerado la necesidad de poseer varios servicios fundamentales y de uso común en la Institución tales como: correo institucional, servicios web, descargas de archivos y comunicaciones de voz, para lo cual se deberá realizar un análisis, de manera que se pueda escoger herramientas idóneas y así proveer con servicios de alta calidad demandados por los usuarios, sin olvidar una adecuada solución técnica y económica.

Por último se hace mención que dentro de este Proyecto de Titulación se incluirá el diseño de la red inalámbrica, misma que dará solución de acceso al Internet en lugares en donde los estudiantes necesiten ingresar a la red ya sea desde equipos portátiles o móviles.

3.2 PROPUESTA PARA EL DISEÑO LÓGICO DE LA RED

La mayor parte de redes de datos están basadas en diseños jerárquicos debido a la eficiencia que presenta; este tipo de diseño ha permitido obtener escalabilidad y flexibilidad lo que ha proporcionado una fácil administración y agilidad operacional de las redes convergentes.

Diseñar redes jerárquicas significa dividir la red en capas, en donde cada capa realiza una determinada tarea específica, así como obtener un diseño modular que mejore el rendimiento de la red.

Generalmente un modelo jerárquico es el especificado por Cisco el mismo que define tres capas que son: Núcleo, Distribución y Acceso.

3.2.1 DISEÑO DE LA CAPA DE NÚCLEO

En el diseño jerárquico de red, la capa Núcleo o *Core*, constituye el *backbone* de alta velocidad. Los equipos de esta capa se encargan de interconectar los dispositivos de la capa de Distribución. Generalmente al momento de diseñar la capa Núcleo hay que considerar la importancia de la alta disponibilidad y en muchas ocasiones considerar la posibilidad de manejar equipos con redundancia.

Se considera que esta capa es la encargada de manejar grandes cantidades de tráfico, las mismas que deben ser manipuladas de forma confiable y con gran rapidez, en donde la latencia y la velocidad son factores importantes; no se deben considerar tareas de ruteo, filtrado de paquetes, listas de acceso, ya que provocarían que existan retardos de procesamiento.

Como propuesta de diseño para ser implementado en la red del ISTER se plantea que en esta capa exista un solo *switch* de *Core*. Este equipo será el encargado de interconectar los dispositivos de distribución que se presenta en esta propuesta.

El equipo deberá tener elementos redundantes, como fuente de poder, procesador, etc.

3.2.2 DISEÑO DE LA CAPA DE DISTRIBUCIÓN

Esta segunda capa constituye un punto intermedio entre los servicios de red y la capa de Acceso a la red. En esta capa se implementarán las políticas de red, tales como: ruteo, listas de acceso, filtrado, prioridades, etc. así como la redistribución entre protocolos de ruteo, VLAN y otras funciones; también se definen dominios de *broadcast* y *multicast*. El diseño de la red del ISTER contendrá un nivel de *Core*, un nivel de Distribución y otro de Acceso.

La interconexión del nivel de *Core* con el de Distribución, se lo hará mediante un *backbone* de UTP cat. 6A al igual que entre los niveles de Distribución y Acceso que se lo hará también con el mismo tipo de medio de transmisión.

El cableado desde los cuartos de telecomunicaciones hasta los equipos terminales de trabajo será del tipo Fast Ethernet con cable UTP categoría 6A que soporta sin inconvenientes 100 Mbps.

3.2.3 DISEÑO DE LA CAPA DE ACCESO

Esta capa es la encargada de interactuar con el cliente, es decir con dispositivos finales como computadoras, teléfonos IP, impresoras, entre otros. Una de la principales funciones es la de contribuir con un medio y una técnica de conexión de los equipos de la red así como controlar qué dispositivos pueden interactuar en la red.

3.3 TECNOLOGÍA DE RED

Para determinar la tecnología de red a ser utilizada en el presente diseño se han considerado las aplicaciones comunes de red, las que demandan gran cantidad del ancho de banda, sin dejar de lado que en la Institución el número de usuarios simultáneos que utilizarán la red.

Se elegirá la tecnología Gigabit Ethernet para realizar el diseño, ya que mediante la utilización de esta tecnología se cubrirán las demandas actuales y futuras mejoras que la red del ISTER ofrecerá.

La tabla 3.1 muestra las características consideradas como importantes al momento de elegir la tecnología.

3.4 TOPOLOGÍA DE RED

La topología planteada para realizar este diseño es jerárquica de tipo estrella extendida con un *backbone* de cable UTP cat. 6A.

Para el diseño de los enlaces de acceso del Sistema de Cableado Estructurado "SCE" utilizará cable UTP categoría 6A.

| Tecnología | Velocidad | Tipo Cabe/Longitud |
|-------------------------|-----------|---|
| 10BaseF | 10 Mbps | 2000 metros/Fibra Óptica |
| 10Base2 | 10 Mbps | 185 metros/Cabe coaxial |
| 10Base5 | 10 Mbps | 500 metros/Cable coaxial |
| 10Base T | 10 Mbps | 100 metros/Cable UTP |
| 100BaseT4 | 100 Mbps | 100 metros/Cable UTP |
| FastEthernet | 100 Mbps | 100 metros/Cable UTP y FO |
| Gigabit Ethernet | 1000 Mbps | Cable UTP 100 m. Fibra monomodo 2 Km |
| 10GBaseT | 10 Gbps | 100 metros Cable par trenzado y FO |
| 1000BaseSX | 1000 Mbps | 550 metros FO Multimodo |
| 1000BaseLX | 1000 Mbps | 5000 metros FO Monomodo |

Tabla 3.1 Tecnología Ethernet

Al referirse a una topología estrella extendida se deben considerar los puntos de distribución principal (MDF) y los puntos de distribución intermedio (IDF) y su ubicación.

Por lo tanto para este diseño el MDF estará ubicado en la tercera planta, específicamente en el laboratorio de Computación; y es ahí donde convergerán los demás puntos IDF, refiriéndose a los cuartos de telecomunicaciones de las distintas áreas.

La figura 3.1 presenta la topología propuesta para este diseño de red de comunicaciones del ISTER, en donde se propone utilizar tecnología tipo Giga Ethernet para el *backbone*, en la topología en estrella, que conectará las distintas áreas. Para la capa de Acceso su distribución será de tipo Ethernet Conmutada a 100 Mbps.

Una vez que se ha detallado la tecnología, topología y el modelo de la red se procede a realizar el diseño de la misma, para lo cual se ha dividido este diseño en dos partes:

- Diseño de red pasiva.
- Diseño de red activa.

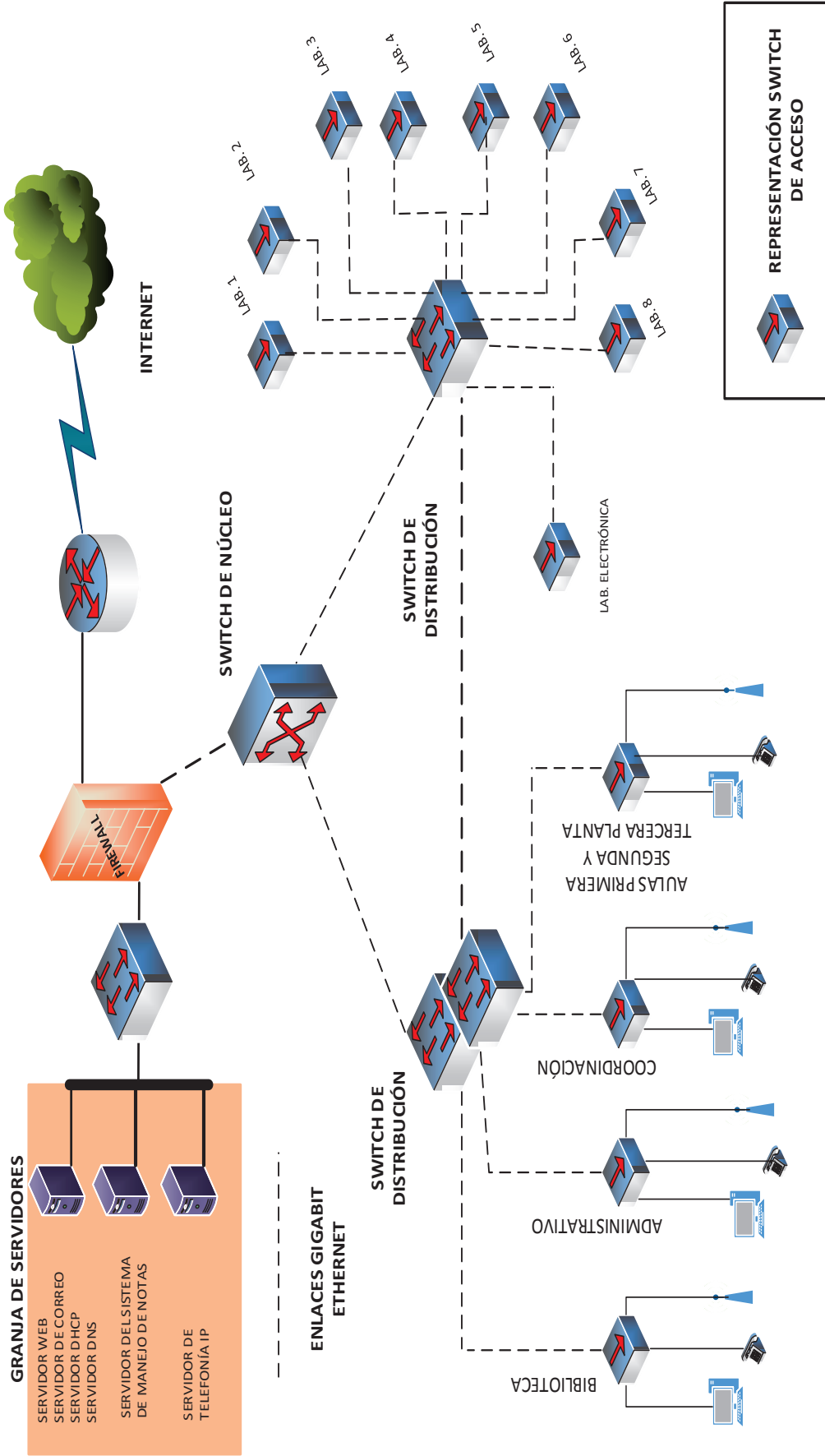


Figura 3.1 Topología de la Red del ISTER a diseñar

3.5 DISEÑO DE RED PASIVA

Este diseño estará conformado por toda la estructura física que va soportar la red, es decir todos los elementos que se utilizarán para interconectar los enlaces de una red de datos sin tener que añadirlos o cambiarlos a futuro.

3.5.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO

El realizar un adecuado diseño del Sistema de Cableado Estructurado (SCE) es fundamental, debido a que es por donde circulará toda la información, dando protección y evitando pérdidas de datos.

El Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, por el tipo de servicios que desea brindar, requiere poseer un apropiado SCE.

Para realizar un apropiado diseño del SCE se debe indicar cuál es la ubicación de los distintos puntos de red que va poseer el ISTER; esta ubicación se encuentra descrita en los planos arquitectónicos del anexo A.

3.5.1.1 Distribución de Puntos de Red del ISTER por Planta

Por facilidad de diseño y coherencia en una distribución ordenada de los puntos de red se lo realizará en base al estándar ANSI/TIA 568-C en la cual se menciona que la distancia máxima del cableado horizontal no debe ser mayor a los 90 metros sin incluir los *patchcore* del área de trabajo.

Para iniciar con el diseño del SCE se procede a detallar el número de puntos de red, su ubicación y función a la que están destinados cada uno de ellos; así mismo se debe verificar si es necesario un crecimiento en el número de usuarios por subred, de manera que exista un determinado número de puertos y espacios para un cableado estructurado futuro al menos en un período de 10 años, y así diseñar un sistema escalable.

El diseño para ubicar cada punto de la red en el sistema estará detallado para cada una de las cinco plantas (planta baja, primera, segunda, tercera y cuarta Planta Alta) del edificio ISTER.

3.5.1.1.1 Planta Baja

En esta planta, se encuentran localizadas las áreas de: Salón de Grados, Trabajo Social y Departamento Médico, Talento Humano y Archivo, Vicerrectorado, Rectorado, Información y Secretaría, Financiero y Contabilidad, Vinculación con la Comunidad, Coordinación General y Sala de Profesores y Biblioteca, mientras que en el ala occidental del edificio matriz se encuentran los talleres de Gastronomía.

La tabla 3.2 muestra el número de puntos de datos/voz los cuales se van a diseñar para una posible implementación en donde se ha considerado el crecimiento.

| Área de Trabajo | Puntos de Datos/Voz |
|---|---------------------|
| Salón de Grados | 4 |
| Trabajo social Dpto. Médico | 4 |
| Talento Humano y Archivo | 4 |
| Rectorado | 4 |
| Vicerrectorado | 4 |
| Financiero y Contabilidad | 8 |
| Secretaría e Información | 8 |
| Coordinación General y Sala de Profesores | 32 |
| Biblioteca | 20 |
| Vinculación con la Comunidad | 4 |
| Talleres de Gastronomía | 12 |
| Total | 104 |

Tabla 3.2 Distribución de Puntos de red Planta Baja

En resumen, la planta baja posee un total de 104 puntos de red activos entre los puntos de datos y voz.

3.5.1.1.2 Primera Planta Alta

Esta planta se encuentra conformada por 22 aulas en donde funcionan las carreras de Hotelería y Turismo, Gastronomía y Análisis de Sistemas. Debido a la importancia y al gran impacto que tiene el acceso al Internet se ha considerado el diseño con un solo punto simple de red para cada una de las aulas, teniendo un total de 22 puntos de red para esta planta, de tal manera que se garantice la disponibilidad de los servicios de comunicaciones si se deseara conectar físicamente a la LAN.

3.5.1.1.3 Segunda Planta Alta

En esta planta del edificio se encuentran ubicados los ocho laboratorios de Computación y las aulas de la carrera de Administración de Empresas.

En cada uno de los laboratorios se distribuirán puntos de red para cada una de las estaciones de trabajo así como para los equipos inalámbricos (AP).

A continuación se realiza una descripción en detalle de cada uno de los laboratorios así como el número de máquinas que poseen:

- Laboratorios I, II: Estos dos laboratorios cuentan con 20 estaciones de trabajo cada uno, siendo ésta su capacidad máxima; las estaciones de trabajo que se encuentran ubicadas en estos laboratorios cuentan con software especializado para la carrera de Análisis de Sistemas que en muchas ocasiones necesitan de actualización o descargas de plugging para desarrollo de ciertas prácticas.
- Laboratorios III, IV, V, VI, VII, VIII: Estos laboratorios son de características físicas similares, en donde la distribución de las áreas para los equipos es idéntica en cada uno de ellos y están conformados por 16 estaciones de trabajo.

Para cada uno de los laboratorios del ala occidental de esta planta se ha considerado diseñar el servicio de telefonía IP el cual considere un punto de voz para cada laboratorio.

Para el ala sur y el ala occidental de esta planta se considerará un punto de red por cada aula, existiendo un total de 14 aulas que son utilizadas por la carrera de Administración de Empresas las mismas que se interconectarán con el cuarto de telecomunicaciones ubicado en el ala occidental de la primera planta. Cabe mencionar que al tratarse de un edificio con infraestructura metálica pre fabricada existen tubos conduit que facilitan la interconexión entre los pisos y las alas de la planta.

En la tabla 3.3 se presenta una descripción general de los puntos de red para una futura implementación en esta planta.

| Área de Trabajo | Puntos de Datos/Voz |
|-----------------|---------------------|
| Laboratorio I | 20 |
| Laboratorio II | 20 |
| Laboratorio III | 16 |
| Laboratorio IV | 16 |
| Laboratorio V | 16 |
| Laboratorio VI | 16 |
| Laboratorio VII | 16 |
| Laboratorio VII | 16 |
| Total | 136 |

Tabla 3.3 Números de puntos de red para los laboratorios

En resumen, en esta planta se realizará el diseño para un total de 136 puntos para los laboratorios y 14 puntos para aulas, puntos entre voz y datos, los mismos que estarán implementados en *faceplate* simples y dobles.

3.5.1.1.4 Tercera Planta Alta

En esta planta en el ala sur se encuentran 7 aulas que son utilizadas por la carrera de Diseño Gráfico, mientras que en el ala occidental se localizan 6 aulas en donde funcionan las carreras de Electrónica y Electricidad, en el ala norte de esta planta se encuentran ubicadas 5 aulas y 3 laboratorios de Potencia, Digitales y Prueba de Protecciones Eléctricas, para dar acceso a la red a estas áreas se hará un diseño de red cableada en donde se conectarán dos puntos dobles de red para cada laboratorio teniendo un total de 12 puntos de red correspondiente a los laboratorios de Electrónica y Electricidad.

En resumen para esta planta se han determinado 18 aulas las mismas que poseerán un punto de red simple teniendo un total de 18 puntos de voz y datos; 3 laboratorios los cuales tendrán dos puntos dobles dando un total de 12 puntos de voz y datos.

3.5.1.1.5 Cuarta Planta Alta

Finalmente en esta planta se encuentra ubicado el Salón de Actos en donde en muchas ocasiones se dictan conferencias, foros, entre otros eventos.

En esta planta se instalarán 8 puntos de red alámbricos, además los usuarios podrán acceder al servicio de red de manera inalámbrica.

3.5.1.2 Distribución de Puntos de Red del ISTER por Zona

Con el propósito de brindar un alto grado de seguridad y de poseer una administración y gestión de la red adecuada, se plantea que para el presente diseño de red se considere una distribución de todos los puntos de red de cada una de las plantas según los tipos de usuarios que existen; es decir agrupar por zonas los puntos según los distintos perfiles que a continuación se detallan y se encuentran diseñados e ilustrados en la figura 3.1 correspondiente a la topología de la red del ISTER.

Las zonas a considerar son:

- **ZONA 1:** BIBLIOTECA
- **ZONA 2:** ADMINISTRATIVO
- **ZONA 3:** COORDINACIÓN
- **ZONA 4:** AULAS
- **ZONA 5:** LABORATORIOS

La zona 1 abarca los 20 puntos de conexión correspondientes a los puntos de red de la Biblioteca.

En la zona 2 designada para el personal Administrativo los mismos que se encuentran ubicados en el ala norte se agrupan las áreas de: Salón de Grados (4 puntos de red), Trabajo Social y Dpto. Médico (4 puntos de red), Talento Humano y Archivo (4 puntos de red), Rectorado (4 puntos de red), Vicerrectorado (4 puntos de red), Financiero y Contabilidad (8 puntos de red), Secretaría e Información (8 puntos de red), Vinculación con la Comunidad (4 puntos de red) teniendo un total de 40 puntos de red entre voz y datos.

En la zona 3 se ubican la Coordinación General y Sala de Profesores con un total de 32 puntos de red.

La zona 4 abarca todas las aulas de todas las plantas del edificio ISTER o sea: Talleres de Gastronomía ubicados en la planta baja (12 puntos de red), aulas primera planta (22 puntos de red), segunda planta (14 puntos de red), la tercera planta (18 puntos de red) y la cuarta planta (8 puntos de red), teniendo un total de 74 puntos de red.

La zona 5 está conformada por el Laboratorio I (20 puntos de red), Laboratorios II (20 puntos de red), Laboratorios III, IV, V, VI, VII y VIII (16 puntos de red por cada uno) y los laboratorios de Electrónica y Electricidad (12 puntos de red) teniendo un total de 148 puntos de red.

La tabla 3.4 muestra un resumen del agrupamiento por zona en el cual está basado el diseño de red del ISTER, con el número de usuarios que abarca cada una de ellas.

| NÚMERO DE USUARIOS | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| ZONA 1 | ZONA 2 | ZONA 3 | ZONA 4 | ZONA 5 |
| 20 | 40 | 32 | 74 | 148 |

Tabla 3.4 Distribución de Puntos por Zona

3.5.2 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CABLEADO VERTICAL

Este subsistema es el que proveerá la interconexión entre cada uno de las zonas descritas en el numeral anterior. En base a estándares para el cableado de *backbone* y por eficiencia para las aplicaciones y servicios que se van a brindar, se ha determinado que para el diseño de este subsistema se utilice cable UTP categoría 6A. El uso dentro de este proyecto está justificado por la flexibilidad y sobre todo por la capacidad en ancho de banda que posee este medio de transmisión. En la tabla 3.5 se proporcionan las distancias que se necesita para interconectar los cuartos de telecomunicaciones, ubicados en algunas de las plantas, a fin de llegar al MDF.

| PLANTA | DISTANCIA |
|---------------------------------|--------------|
| Planta Baja – Segunda Planta | 70 m |
| Primera Planta - Segunda Planta | 60 m |
| TOTAL | 130 m |

Tabla 3.5 Longitud entre los Cuartos de Telecomunicaciones al MDF

Como parte de este diseño se ha establecido que las interconexiones entre las plantas sean de forma interna y que atraviesen ductos de manera que se puedan evitar que el cableado salga de la edificación y esté desprotegido de agentes externos.

3.5.3 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE CABLEADO HORIZONTAL ^[50]

El subsistema de cableado horizontal es la porción del sistema de cableado de telecomunicaciones que se extiende desde la salida/conector de telecomunicaciones en el Área de Trabajo hasta el *rack* ubicado en el cuarto de telecomunicaciones.

La topología del cableado horizontal es en estrella, con cada salida conectada al *rack*. Éste incluye la salida, el cable horizontal y la porción del *rack* que sirve al cableado horizontal. Los cables permitidos en el cableado horizontal son el par trenzado balanceado de 100 Ω ; específicamente para el diseño de este subsistema se considerará cable UTP categoría 6A, ya que por sus características soporta una mayor carga y servirá para enlazar los equipos de red de los armarios de comunicaciones con las áreas de trabajo en las aulas, departamentos y oficinas.

De igual forma se protegerá con canaletas a los cables que interconecten a cada una de las áreas de trabajo hasta los armarios de comunicaciones; los mismos corresponderán al estándar que ampara la utilización de este tipo de medio como es el estándar ANSI/TIA 568-C.2 que determina los parámetros mecánicos, eléctricos y de transmisión del cable UTP. El diseño de este subsistema estará estructurado desde el Área de Trabajo hasta los dispositivos de acceso; así mismo para el manejo de las terminaciones del cableado horizontal al *rack* se utilizará *patchpanels* de 24 puertos para conectar las estaciones de trabajo, con *jacks* RJ45 modulares.

También se utilizarán *patchpanels* de 16 puertos para la interconexión a nivel de capa Distribución para conectar los *switches* de Acceso con los de Distribución. En el diseño se considerará que los ordenadores de cables tengan una reserva para cable UTP para posteriores cambios de las terminaciones de ser el caso.

Utilizando el plano arquitectónico del ISTER y que se encuentra en el Anexo A, se realizará el cálculo de las distancias entre las estaciones de trabajo y sus respectivos cuartos de telecomunicaciones. Para realizar el cálculo se ha considerado una holgura de terminación de 2,5 metros y un error del 10%. Las tablas 3.6 a la 3.10 contienen la longitud en metros de cables UTP requeridos para cada zona; para el cálculo se han considerado las distancias tomadas de los planos originales del edificio el mismo que se encuentra en el Anexo A.

| Área de Trabajo | | Puntos de Red | Longitud (metros) |
|--------------------|------------|---------------|-------------------|
| ZONA 1 | Biblioteca | 20 | 400 |
| Sub – Total | | 20 | 400 |
| Holgura | | | 90 |
| Total | | | 490 |

Tabla 3.6 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 1

| Área de Trabajo | | Puntos de Red | Longitud (metros) |
|--------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|
| ZONA 2 | Salón de Grados | 4 | 170 |
| | Trab. Social y Dpto. Médico | 4 | 170 |
| | Talento Humano y Archivo | 4 | 150 |
| | Vicerrectorado | 4 | 150 |
| | Rectorado | 4 | 130 |
| | Secretaría e Información | 8 | 150 |
| | Financiero y Contabilidad | 8 | 130 |
| | Vinculación Comunidad | 4 | 125 |
| Sub – Total | | 40 | 1175 |
| Holgura | | | 218 |
| Total | | | 1393 |

Tabla 3.7 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 2

| Área de Trabajo | | Puntos de Red | Longitud (metros) |
|--------------------|----------------------|---------------|-------------------|
| ZONA 3 | Coordinación General | 32 | 276 |
| Sub – Total | | 32 | 276 |
| Holgura | | | 108 |
| Total | | | 384 |

Tabla 3.8 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 3

| Área de Trabajo | | Puntos de Red | Longitud (metros) |
|--------------------|----------------------|---------------|-------------------|
| ZONA 4 | Aulas Planta Baja | 12 | 530 |
| | Aulas Primera Planta | 22 | 745 |
| | Aulas Segunda Planta | 14 | 682 |
| | Aulas Tercera Planta | 18 | 460 |
| | Cuarta Planta | 8 | 230 |
| Sub – Total | | 74 | 2647 |
| Holgura 10% | | | 450 |
| Total | | | 3097 |

Tabla 3.9 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 4

| Área de Trabajo | | Puntos de Red | Longitud (metros) |
|--------------------|---------------|---------------|-------------------|
| ZONA 5 | Laboratorio 1 | 20 | 220 |
| | Laboratorio 2 | 20 | 220 |
| | Laboratorio 3 | 16 | 225 |
| | Laboratorio 4 | 16 | 225 |
| | Laboratorio 5 | 16 | 320 |
| | Laboratorio 6 | 16 | 320 |
| | Laboratorio 7 | 16 | 400 |
| | Laboratorio 8 | 16 | 400 |
| | Laboratorio A | 4 | 100 |
| | Laboratorio B | 4 | 120 |
| Laboratorio C | 4 | 150 | |
| Sub – Total | | 148 | 2700 |
| Holgura 10% | | | 640 |
| Total | | | 3340 |

Tabla 3.10 Distancia para el Cableado Horizontal Zona 5

La Tabla 3.11 muestra un resumen de las longitudes de cable UTP necesarias por cada zona y considerando que un rollo de cable UTP contiene 305 metros, se determina que se requieren 28 rollos para el diseño sistema de cableado horizontal.

| ZONA | Longitud (metros) |
|--------------|----------------------|
| ZONA 1 | 490 |
| ZONA 2 | 1393 |
| ZONA 3 | 384 |
| ZONA 4 | 3097 |
| ZONA 5 | 3340 |
| TOTAL | 8704 |

Tabla 3.11 Longitud total de UTP para el ISTER

3.5.3.1 Rutas para el Cableado Horizontal

El enrutamiento para el cable UTP hacia el cuarto de telecomunicaciones está ceñido a la norma TIA/EIA 569-A, la misma que define elementos y distancias máximas permisibles. A continuación se mencionan algunas alternativas para realizar el enrutamiento:

- Sistemas de piso removible
- Tubos metálicos conduit o PVC
- Sistemas bajo suelo
- Ductos y canaletas decorativas
- Sistemas de cielo falso como bandejas

Para el presente diseño se propone la utilización de canaletas decorativas, sistemas de cielo falso, tubo conduit y canaletas decorativas sin descuidar las consideraciones de la norma 569-A. Considerando que la norma dicta que la capacidad práctica para cableado de telecomunicaciones en conductos eléctricos perimetrales va desde 20 % a 40 % de relleno dependiendo de radio por cable de la flexión, así como se debe saber cuántos cables van a pasar por la canaleta. Por efectos de cálculo se considera la canaleta de 60x40 mm la misma que posee un área de 2400 mm², de la cual, solo puede ser utilizado un 60% de su área es decir 1440 mm². Cabe mencionar que el diámetro del cable UTP categoría 6A es de 9 mm y la longitud de la canaleta es de 2 m. La ecuación 3.1 presenta el cálculo del número de cables UTP que serán transportados por la canaleta 60x40 mm.

$$UTP \times \text{Canaleta}_{60 \times 40} = \frac{60\% \times 2400 \text{ mm}^2}{\text{Área Cable UTP}} = \frac{1440 \text{ mm}^2}{81 \text{ mm}^2} = 17 \text{ cables/canaleta}$$

Ecuación 3.1 Cálculo de UTP por canaleta

Una vez ya conocidos los métodos de cálculo para determinar el número de cables que pueden transportar una canaleta, la tabla 3.12 muestra un resumen del número de cables y el área de cada canaleta de PVC comerciales que se encuentran en el mercado local.

| Canaleta | Área | Número de UTP transportados |
|--------------------------|------|-----------------------------|
| Canaleta 60x40 mm | 2400 | 17 |
| Canaleta 40x40 mm | 1600 | 11 |
| Canaleta 40x22 mm | 880 | 6 |
| Canaleta 32x12 mm | 384 | 2 |

Tabla 3.12 Capacidad de cables UTP por canaleta

La arquitectura física que posee el ISTER es de tipo metálica prefabricada con techo de cielo falso, en donde existen medios conductores para cables tales como tubos conduit de PVC, lo que facilitará la canalización del cable UTP entre las áreas asignadas.

3.5.3.2 Elementos para el Cableado Horizontal

Una vez determinada la distribución de puntos por cada planta que conforma el edificio del ISTER se procede a detallar una lista de los elementos que se necesitan para el diseño de este subsistema en cada piso.

En la tabla 3.13 se detallan los elementos necesarios para el subsistema de cableado horizontal de cada una de las plantas, los que se han considerado en la cotización correspondiente en el siguiente capítulo como lotes de materiales.

Considerando un margen de error de un 10% en la cantidad de elementos detallados en la tabla 3.13, se recomienda a las autoridades del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui adquirir el material en base al estudio de costos que se lo realiza en el capítulo IV, en donde se especifican marcas que cumplan las características técnicas.

| ELEMENTOS REQUERIDOS POR CADA UNA DE LAS ZONAS | | | | | |
|---|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | | | | |
| | ZONA 1 | ZONA 2 | ZONA 3 | ZONA 4 | ZONA 5 |
| Canaleta Plástica 60x40 mm | - | - | 10 | 5 | - |
| Canaleta Plástica 40x40 mm | 30 | - | 10 | - | 20 |
| Canaleta Plástica 40x22 mm | 40 | 50 | 30 | 40 | 50 |
| Canaleta Plástica 32x12 mm | 10 | 5 | - | 10 | 30 |
| Ángulo Interno 60x40 mm | - | - | 4 | 2 | - |
| Ángulo Interno 40x40 mm | 12 | - | 4 | - | 8 |
| Ángulo Interno 40x22 mm | 16 | 16 | 8 | 12 | 16 |
| Ángulo Interno 32x12 mm | 3 | 2 | - | 4 | 8 |
| Derivación T 60x40 mm | - | - | 4 | 2 | - |
| Derivación T 40x40 mm | 12 | - | 3 | - | 6 |
| Derivación T 40x22 mm | 12 | 15 | 6 | 6 | 15 |
| Derivación T 32x12 mm | 4 | 2 | - | 2 | 8 |
| Jack Categoría 6 A | 20 | 40 | 32 | 74 | 148 |
| Face Plate Doble | 10 | 20 | 16 | - | 74 |
| Face Plate Simple | - | - | - | 74 | - |
| Patch Core Cat 6 A 3ft | 20 | 40 | 32 | 74 | 148 |
| Patch Panel 24 puertos | 1 | 2 | 2 | 4 | 7 |
| Patch Panel 16 puertos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla 3.13 Elementos para el Cableado Horizontal por Zona

3.5.4 DISEÑO DEL SUBSISTEMA CUARTO DE TELECOMUNICACIONES

Para construir este subsistema se debe considerar un área exclusiva ya que contendrá equipos de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión. Su función principal es interconectar el cableado horizontal con el cableado vertical.

Para su diseño se debe prever tanto los dispositivos actuales como futuros a ser implementados. Según la norma, el espacio no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean exclusivamente de telecomunicaciones. La normativa TIA/EIA-569-A de Rutas y Espacios de Telecomunicaciones para

Edificios Comerciales, establece que el tamaño de un cuarto de telecomunicaciones depende del espacio utilizable y del número de equipos que se encuentren en dicha área; en el presente Proyecto se considera el número de usuarios a los que se va a brindar el servicio, así como el 10% de crecimiento estimado.

Para el presente diseño se ha considerado la implementación de cuartos de telecomunicaciones, los mismos que según la norma EIA/TIA 569 no deberán exceder los 100 m de interconexión entre él y el Área de Trabajo incluidos los *patchcords*.

Los cuartos de telecomunicaciones convergerán en la sala de equipos que estará ubicada en la segunda planta alta de la Institución.

Los armarios donde se ubicarán los *switches* y *patchpanels*, se instalarán en áreas específicas teniendo en cuenta seguridad y facilidad de acceso para el administrador. En la tabla 3.14 se muestra la planta y ubicación de los cuartos de telecomunicaciones.

Cada armario es de tipo *rack* mural de 19" y de hasta 30 unidades de *rack* según su ubicación, dispositivos y elementos que contengan.

| Planta | Ubicación |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Baja | Coordinación y Sala de profesores |
| Primera Planta | Aula del Ala Occidental |
| Segunda Planta | Laboratorio de Informática |

Tabla 3.14 Distribución de *racks* en cada planta del edificio ISTER

Para una mayor eficiencia en el espacio físico y facilidad de administración se ha considerado agrupar los equipos de la zona 1, zona 2 y zona 3 correspondientes a las áreas de Biblioteca, Administrativa y Coordinación ubicarles en la Planta Baja, los equipos de la zona 4 correspondientes a las aulas de todos los pisos en la primera planta y los equipos de la zona 5 laboratorios en la segunda planta.

La tabla 3.15 presenta una descripción de los equipos que se van alojar en cada uno de los *racks* que estarán ubicados en las plantas ya mencionadas en la tabla 3.14.

| PLANTA | DETALLE | CANTIDAD | TAMAÑO (UR) |
|--------|----------------------------|----------|-------------|
| ZONA 1 | Switch 24 puertos | 1 | 1 |
| | Patchpanel de 16 puertos | 1 | 1 |
| | Patchpanel 24 Puertos | 1 | 1 |
| | Organizadores Horizontales | 1 | 2 |
| | Tomas Horizontales | 1 | 1 |
| | Total | | 6 |
| ZONA 2 | Switch 24 puertos | 2 | 2 |
| | Patchpanel 24 Puertos | 2 | 2 |
| | Organizadores Horizontales | 2 | 4 |
| | Tomas Horizontales | 1 | 1 |
| | Total | | 9 |
| ZONA 3 | Switch 24 puertos | 2 | 2 |
| | Patchpanel 24 Puertos | 2 | 2 |
| | Organizadores Horizontales | 2 | 4 |
| | Tomas Horizontales | 1 | 1 |
| | Total | | 9 |
| ZONA 4 | Switch 24 puertos | 4 | 4 |
| | Patchpanel de 16 puertos | 1 | 1 |
| | Patchpanel 24 Puertos | 4 | 4 |
| | Organizadores Horizontales | 4 | 8 |
| | Tomas Horizontales | 1 | 1 |
| | Total | | 18 |
| ZONA 5 | Switch 24 puertos | 7 | 7 |
| | Patchpanel de 16 puertos | 1 | 1 |
| | Patchpanel 24 Puertos | 7 | 7 |
| | Organizadores Horizontales | 7 | 14 |
| | Tomas Horizontales | 1 | 1 |
| | Total | | 30 |

Tabla 3.15 Dimensionamiento para los racks de Comunicaciones

La figura 3.2 muestra un ejemplo de la distribución de un *rack* de 20 UR que almacena de eficiente los equipos activos y pasivos, en esta distribución se ha considerado un espacio libre para un futuro crecimiento.

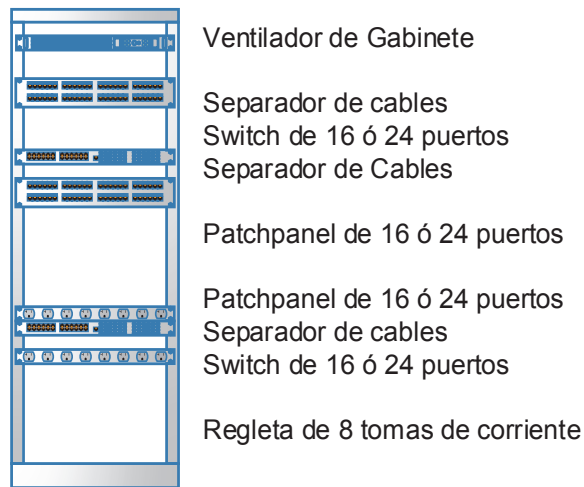


Figura 3.2 *Rack* de 20 UR

De ser el caso en los cuartos de telecomunicaciones asignados se colocará un *rack* o gabinete el cual contiene un ventilador, una bandeja para colocar un *router* inalámbrico, un *switch* de 24 puertos, separadores de cables, un *patchpanel* de 24 y 16 puertos y una regleta de 8 tomas de corriente como se puede observar en la figura 3.3.

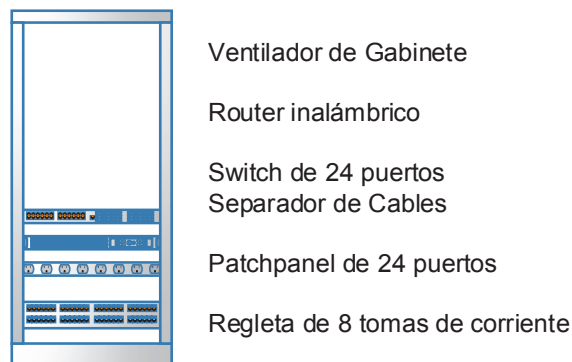


Figura 3.3 *Rack* o gabinete para los cuarto de telecomunicaciones

Por seguridad cada *rack* dispondrá de llaves para evitar la manipulación inapropiada por parte de alumnos, profesores o personas externas a la Institución.

Se considera que en la segunda planta se ubicará el *rack* principal en donde se encontrará la sala de equipos y el cuarto de telecomunicaciones de la zona 5.

La cantidad de equipos que se encontrarán en el *rack* principal se detalla en la tabla 3.16 los cuales serán a los que se dará alojamiento.

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TAMAÑO (UR) |
|-----------------------------------|----------|-------------|
| Switch 24 puertos | 3 | 3 |
| Patch Panel de 16 puertos | 1 | 1 |
| Patch Panel de 24 puertos | 3 | 3 |
| Organizadores Horizontales | 3 | 6 |
| Servidores | 3 | 3 |
| Tomas Horizontales | 2 | 2 |
| Monitor | 1 | 2 |
| Total | | 20 |

Tabla 3.16 Dimensionamiento para el *rack* principal

Para el alojamiento de los equipos que están previstos a ser implementados en el *rack* principal se va a reutilizar el *rack* existente, mismo que tiene una medida de 40 UR y 19 pulgadas de ancho mismo que en base a lo detallado es pertinente con el dimensionamiento de los equipos que contendrá.

3.5.5 SUBSISTEMA SALA DE EQUIPOS

El Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui contará con una sala de equipos en donde se centralizarán los servicios de red. Ésta se ubicará en la segunda planta alta perteneciente a al área de administración de los laboratorio de Sistemas.

Se ha elegido esta ubicación debido a que ya existe la acometida de Internet a esta área y además debido a que el personal de Sistemas podrá administrar la red de manera eficiente.

Se colocará un armario de comunicaciones que dispondrá de una bandeja para el *modem-router* de salida a Internet, ya que el ingreso desde la acometida hacia el armario se encuentra en dicha área; además se colocarán *switches* de 24 puertos, tres separadores de cable, dos *patchpanel* de 24 puertos, dos bandejas para alojar un monitor LCD y un teclado, un conmutador de video, 3 servidores, y una regleta de 8 tomas de corriente. ^[30]

3.5.6 ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO ^[32]

Estará basada en la norma TIA/EIA 606-A la misma que hace mención a edificios comerciales, en la que se dictan parámetros para la correcta administración y se determina la regla para identificación de los elementos del sistema de cableado estructurado, considerando conexiones de hardware, escalerillas, canales, cableado horizontal y vertical.

3.5.6.1 Etiquetado

Para realizar el etiquetado, se va a considerar la utilización de autoadhesivos en el cable en sus dos terminaciones, en el *faceplate* y en los *patchpanel* del cuarto de telecomunicaciones, consideraciones definidas en la norma EIA/TIA 606-A. Para diferenciar la salida de datos con la de la voz, se procede a establecer el siguiente formato, en donde se reconoce a que *rack* de telecomunicaciones estará conectado dependiendo del área en la que se encuentra.

La tabla 3.17 muestra la identificación del área con su debida denominación.

| ÁREA | Identificación |
|--|----------------|
| Biblioteca | B |
| Administrativo | A |
| Coordinación y Sala de Profesores | C |
| Sala de Clase | S |
| Laboratorios | L |

Tabla 3.17 Etiquetado del cableado para las diferentes áreas

La etiquetación de los elementos del SCE se va realizar mediante la especificación de la zona determinada en la tabla 3.17; para facilidad de la administración de las salidas se va considerar que en los puntos que sean de voz exista un distintivo para especificar cuál es el servicio que está prestando. De igual manera para realizar este proceso se considerarán los siguientes aspectos:

- Lugar de ubicación del punto de red.
- Zona a la que pertenece el punto de red.
- Identificación del puerto en el *patchpanel*

Una vez considerados los aspectos para el etiquetado se procede a establecer su identificación, la misma que debe ser única para que de esta manera se tenga un eficaz sistema de identificación para los elementos de cableado.

Un ejemplo de una etiqueta sería como la que se muestra en la figura 3.4.



Figura 3.4 Nomenclatura para el Etiquetado

Donde:

- PB: Lugar donde se encuentra el cuarto de telecomunicaciones para este caso tenemos:
 - PB: Planta Baja
 - P1: Primera planta
 - P2: Segunda planta
 - P3: Tercera planta
 - P4: Cuarta planta
- A: Área a la que pertenece (A: Administrativo, B: Biblioteca, C: Coordinación, S: Aulas, L: Laboratorios)
- 01: Puerto al que se conecta en el *patchpanel*

Como es de interés de la Institución poseer un adecuado sistema de cableado estructurado el mismo que debe cumplir con estándares EIA/TIA, para su instalación se recomienda contratar los servicios para las pruebas de certificación de cableado estructurado, al fin de garantizar que se cumpla con los requerimientos establecidos en la norma ya mencionada.

El detalle del etiquetado que se propone para todos los puntos de la red se encuentra descrito en el Anexo B.

3.5.7 CONSIDERACIONES GENERALES

Las siguientes consideraciones estarán ligadas tanto para la sala de equipos como para los cuartos de telecomunicaciones en donde se debe definir ciertas especificaciones fundamentales al momento de ser implementados.

3.5.7.1 Iluminación

Se considerará como un aspecto importante la iluminación en donde se colocarán luminarias suficientemente claras facilitando la visibilidad de los equipos activos y elementos pasivos de manera que se pueda operar de manera correcta. La iluminación debe ser de 500 luxes como un valor mínimo a una distancia de un metro del piso, implementando interruptores de dos estados.

3.5.7.2 Sistema de Potencia

El diseño de este sistema asegurará la disponibilidad de los servicios de red e información de los usuarios, de manera que garantice la integridad funcional de los dispositivos de conectividad así como de los computadores de las áreas de trabajo. Para ellos es necesario tener un sistema de UPS que provea energía durante un tiempo de respaldo, evitando que los equipos sufran daños ante un eventual corte de energía.

La red eléctrica de todo el sistema de comunicaciones del ISTER contará con la energía regulada proporcionada por el sistema UPS; para ello se determina en primera instancia las cargas eléctricas que consumen los dispositivos de conectividad y computadores que conforman el sistema.

Se colocarán en cada uno de los *racks* regletas supresoras de picos de 8 tomas de corriente que proveerán 120 voltios y 20 Amperios.

Como consideración de cálculo, el consumo de los dispositivos es medido en Vatios en tanto que los UPS tienen como unidad de medida los KVA. Si se toma en cuenta el factor de potencia se tendrá la siguiente transformación.

$$10000 \text{ VA} * 0.6 = 6000 \text{ Watts}$$

Si se considera que la fuente de poder de un computador es de 300 Watts y está conectado con un monitor de 100 Watts, su consumo total sería de 400 Watts. Se calcula el número de UPS de 10 KVA se requiere en el caso de un corte de energía considerando el número de computadores que se tiene.

$$6000 \text{ W} / 400 \text{ W} = 15 \text{ PC}$$

Con cada UPS de 10 KVA se podrá dar protección a 15 estaciones de trabajo en donde según la necesidad se detallará el número de UPS que mediante el diseño se propone utilizar.

3.5.7.3 Aterrizaje para protección de los equipos

La implementación de un adecuado sistema de puesta a tierra es fundamental debido a que la zona en donde está situado el Instituto se encuentra vulnerable a tormentas eléctricas. La norma EIA/TIA 607 señala el criterio para interconectividad de los sistemas de tierra de los edificios así como el soporte a dispositivos y sistemas de Telecomunicaciones. El sistema de aterrizaje está compuesto por los siguientes elementos:

- *TMGB*.- Barra principal de puesta a tierra
- *TGB*.- Barra puesta a tierra
- *TBB*.- Unión vertical para telecomunicaciones

De acuerdo al diseño que se plantea de cada uno de los gabinetes y *rack* saldrá un medio conductor de 8 AWG hacia los TGB, los mismos que mediante los TBB se conectarán a la TMGB del edificio. La figura 3.5 muestra el diseño para el Sistema de aterrizaje el cual se propone para su implementación en el ISTER; en ella se describe la diagramación genérica del sistema de aterrizaje de puesta a tierra que se propone para ser implementado, el mismo que dará protección a los equipos activos de red para el presente diseño.

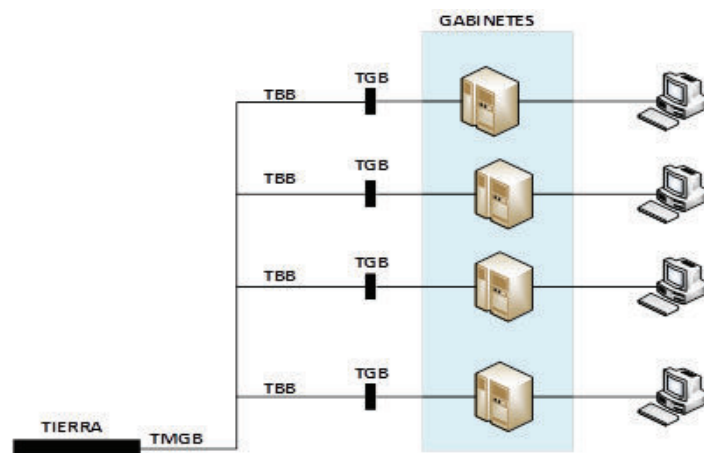


Figura 3.5 Sistema de aterrizaje de puesta a tierra para el ISTER

3.6 DMZ ^[33]

La Zona Desmilitarizada (DMZ), es aquella que se encuentra ubicada entre la red interna de una Institución y una red externa que comúnmente es el Internet. El objetivo de esta Zona Desmilitarizada es permitir interconexión entre la red interna y externa a la DMZ, por lo tanto se protegerá a la red interna en el caso de que intrusos comprometan o vulneren la seguridad de los equipos situados en la zona desmilitarizada. El diagrama de la figura 3.6 muestra la propuesta para la DMZ diseñada para la implementación de la red del ISTER. El diseño de la DMZ generalmente deberá considerar un equipo *firewall*, debido a que éste filtrará el tráfico al ingresar a la red local; el *firewall* que se utilizará para el presente diseño será por defecto de Linux, el mismo que será manipulado desde *WebMin* para implementar las reglas de control de acceso requeridas para la seguridad de la red.

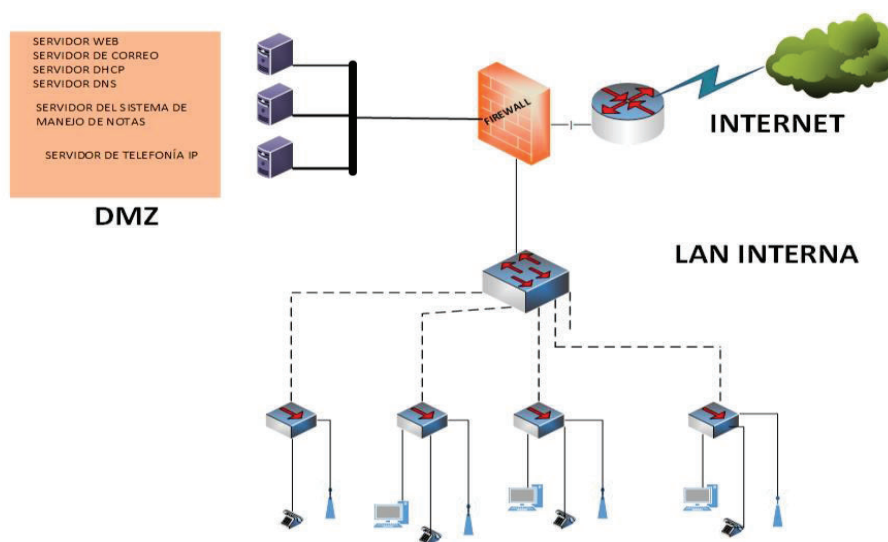


Figura 3.6 Zona Desmilitarizada del ISTER

3.7 PLANEAMIENTO DEL DIRECCIONAMIENTO IP

En el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui existirán 337 puntos de red divididos en puntos de voz y datos, los mismos que conectarán equipos terminales tales como servidores, PCs, teléfonos, impresoras, etc. Para mejorar el uso y eficiencia en el direccionamiento se va hacer uso de VLSM (Máscaras de subred de longitud variable); además para todo el direccionamiento se establece una dirección clase B privada que es la 172.16.0.0 con 16 bits de máscara de subred.

Se ha organizado a la Institución en varias subredes las mismas que se detallan en la tabla 3.18, en donde se indican las áreas que abarcan y el número de puntos de red que han sido considerados para el presente diseño.

| SUBRED | DESCRIPCIÓN | No HOST |
|--------------|-----------------------------------|------------|
| R1 | Laboratorios | 148 |
| R2 | Salas de clase y auditorio | 74 |
| R3 | Administrativo | 40 |
| R4 | Coordinación y Sala de Profesores | 32 |
| R5 | Biblioteca y Sala de Lectura | 20 |
| R6 | Equipos Wireless | 20 |
| R7 | DMZ | 3 |
| Total | | 337 |

Tabla 3.18 Número de direcciones IP para servicios de red

A continuación se detallan parámetros del direccionamiento IP válidas y el número de usuarios para cada segmento, tanto para los grupos de usuarios establecidos así como para los servicios de la red del ISTER.

En la tabla 3.19 se podrá observar detalladamente todos los parámetros necesarios al momento de que un equipo acceda al sistema de comunicaciones diseñado.

| VLAN | Subred | IP Inicial Válida | IP Final Válida | IP Broadcast | #Usuario s |
|---------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| Laboratorios | 172.16.0.0/24 | 172.16.0.1 | 172.16.0.254 | 172.16.0.255 | 148 |
| Salas de clase | 172.16.1.0/25 | 172.16.1.1 | 172.16.1.126 | 172.16.1.127 | 74 |
| Administrativo | 172.16.1.128/26 | 172.16.1.129 | 172.16.3.190 | 172.16.3.191 | 40 |
| Coordinación | 172.16.1.192/26 | 172.16.1.193 | 172.16.1.254 | 172.16.1.255 | 32 |
| Biblioteca | 172.16.2.0/27 | 172.16.2.1 | 172.16.2.30 | 172.16.2.31 | 20 |
| Equipos Wireless | 172.16.2.64/27 | 172.16.2.65 | 172.16.2.190 | 172.16.2.191 | 20 |
| DMZ | 10.0.0.0/29 | 10.0.0.1 | 10.0.0.6 | 10.0.0.7 | 3 |
| Total | | | | | 337 |

Tabla 3.19 Direcciones IP para cada servicio y tipo de usuario

3.8 VLAN

Como ya se indicó anteriormente en el capítulo I, una VLAN (LAN virtual) es un dominio lógico de *broadcast*, la misma que puede atravesar múltiples segmentos físicos de una LAN.

Las VLAN son fundamentalmente utilizadas para segmentar, mejorar y dar seguridad a las redes de datos. Para el presente Proyecto de Titulación se han creado segmentos de red también conocidas como subredes, de manera que se brinde una flexibilidad en su administración.

3.8.1 VLAN LABORATORIOS

Esta red virtual estará destinada para los laboratorios de la segunda planta y los laboratorios de Electrónica, los mismos que estarán restringidos para cierto tipo de contenidos, al igual que las descargas se habilitarán solo en el caso de que el docente lo requiera para su libre navegación.

3.8.2 VLAN SALAS DE CLASE

Permitirá que a un futuro existan equipos que posean software de registro de asistencia para poder conectar a la red del ISTER de forma que toda la información pueda ser almacenada en una base de datos dedicada a esta función.

3.8.3 VLAN ADMINISTRATIVO

Estará destinada al intercambio y acceso a la información solo para personal autorizado los mismos que podrán consultar datos tales como: oficios, notificaciones, calificaciones de los alumnos entre otros, esto permitirá que exista un mayor control en la manipulación de registros.

3.8.4 VLAN COORDINACIÓN Y SALA DE PROFESORES

Admite el intercambio de información entre cada uno de los curules de los profesores y Coordinadores de carrera. Esta VLAN está creada de manera que la información de cada una de las materias y documentación administrativa pueda ser compartida entre los docentes del ISTER.

3.9 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO

De acuerdo al análisis previamente realizado en el capítulo anterior, el sistema de comunicaciones del ISTER está siendo utilizado exclusivamente para la navegación web a través del Internet; es por ello que la importancia de realizar un diseño en donde se puedan incluir servicios tales como correo electrónico, descargas de archivos y aplicaciones de VoIP se convierte indispensable. Para realizar este dimensionamiento se ve necesario realizar un estudio adecuado para determinar el ancho de banda de cada uno de los servicios que se desean implementar.

3.9.1 CAPACIDAD DEL CANAL PARA CORREO ELECTRÓNICO

En el presente diseño se prevé dar servicio por medio de la creación de cuentas de un correo institucional, en donde se planea que este sea el medio para informar sobre eventos, reuniones, comunicados para el personal administrativo, docente e incluso alumnos; para ello se ve necesario acceder a una cuanta de usuario del correo electrónico institucional. Se estima que el tamaño promedio de un correo electrónico es de 250 KB, y asumiendo que un usuario revisa 5 mail promedio en la hora pico entonces se procede al cálculo de la capacidad del canal que demandará este servicio:

$$AB = \frac{250KB}{1mail} \times \frac{5 mail}{1 hora} \times \frac{1 hora}{3600 s} \times \frac{8 bit}{1 Byte} = 2,77kbps$$

Ecuación 3.2 Capacidad de canal requerido para Correo Electrónico

3.9.2 CAPACIDAD DEL CANAL PARA ACCESO A LA WEB

En la mayoría de las Instituciones el acceso web se ha convertido en uno de los servicios indispensables, en donde el estimado de datos de navegación que un usuario puede acceder es de 1 página cada 30 segundos, y el tamaño promedio de una página es de 315 KB, el cual ha sido determinado de acuerdo al monitoreo del sistema de comunicaciones del ISTER.

De igual manera se determinó que entre los sitios más visitados están las redes sociales, correo electrónico, YouTube, IESS, Ministerio de Educación, SENESCYT

entre otros. Una vez detallados ciertos aspectos y condiciones para la navegación en Internet se procede a realizar el cálculo del ancho de banda demandado por este servicio.

$$AB = \frac{315KB}{1pag.} \times \frac{8\text{ bits}}{1\text{ Byte}} \times \frac{1\text{ pag.}}{30\text{ seg}} = 84\text{ Kbps}$$

Ecuación 3.3 Capacidad de canal requerido para el acceso a la Web

3.9.3 CAPACIDAD DEL CANAL PARA DESCARGAS DE INTERNET

Considerando que la capacidad promedio de un archivo es de 2000 KB y estimando que un usuario puede descargarse 2 archivos en 1 hora, se determina la capacidad de canal requerida en este caso.

$$AB = \frac{2000\text{ KB}}{1\text{ descargas}} \times \frac{2\text{ descargas}}{1\text{ hora}} \times \frac{1\text{ hora}}{3600\text{ seg}} \times \frac{8\text{ bit}}{1\text{ byte}} = 8.89\text{ Kbps}$$

Ecuación 3.4 Capacidad de canal requerido para Descargas

3.9.4 CONSIDERACIONES PARA LA CONEXIÓN A INTERNET

Una vez determinado el tráfico estimado promedio que cada usuario necesita para ciertas aplicaciones tales como correo electrónico, navegación o descargar información y suponiendo que no todos los usuarios van usar todas las aplicaciones al mismo tiempo, se plantea considerar un nivel de simultaneidad, de manera que el diseño de red para el ISTER sea el óptimo.

Este nivel de simultaneidad es necesario para saber cuántos usuarios utilizan los servicios concurrentemente y estimar un valor aproximado para el intercambio de información, así se tienen los siguientes valores:

- Correo Electrónico 10%
- Tráfico Web 30%
- Descargas de archivos 10%

Esta determinación equivale a que el total de usuarios que hagan uso de la red dependiendo de la aplicación, por ejemplo, harán uso en un mismo instante de la

aplicación de correo electrónico un estimado del 10% de los usuarios, mientras que para la navegación entre otras aplicaciones de red se planea un estimado del 30% y un 10% para descarga de archivos.

Debido a que el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui no posee actualmente un número suficiente puntos de red, se ha planteado ya en este diseño los posibles puntos a implementarse, en donde se encuentren localizados equipos finales.

En la tabla 3.20 se presenta un número de usuarios finales de la red del ISTER.

| Área | Número de Usuarios Potenciales |
|--------------|--------------------------------|
| ZONA 1 | 10 |
| ZONA 2 | 20 |
| ZONA 3 | 16 |
| ZONA 4 | 15 |
| ZONA 5 | 74 |
| Total | 135 |

Tabla 3.20 Número de usuarios potenciales finales de la red del ISTER

3.9.5 CAPACIDAD DE CANAL PARA LA WLAN

Para realizar el cálculo del ancho de banda demandado por la WLAN se debe considerar que el servicio principalmente más utilizado es el servicio web sin dejar de lado servicios de la red cableada como VoIP (ver numeral 3.10.3), descargas de archivos.

Para ello se ha considerado pertinente utilizar por fines de cálculo un 40% de los valores ya encontrados de cada uno de los servicios.

Por lo tanto se procede a realizar el cálculo del ancho de banda que usará la red inalámbrica para todos los servicios.

$$AB\ WLAN = 40\% (AB\ mail + AB\ web + AB\ ftp + AB\ VoIP)$$

$$AB\ WLAN = 40\% (2,77 + 84 + 8,89 + 87.2) = 73,14\ Kbps$$

3.9.6 CAPACIDAD DE CANAL REQUERIDO PARA DATOS

Para efectuar este cálculo de ancho de banda se toma como consideración el número de usuarios estimados para cada una de las zonas, la aplicación de acuerdo al promedio calculado anteriormente y la simultaneidad del uso.

La tabla 3.21 muestra el tipo de aplicación, el área, ancho de banda promedio por usuario, el porcentaje de simultaneidad y el número de usuarios estimado por zona.

| Aplicación | Área | AB Promedio por usuario [Kbps] | [%] Simultaneidad | Usuarios estimados | AB [Kbps] |
|---|--------|--------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Correo Electrónico | ZONA 1 | 2,77 | 10% | 10 | 2,77 |
| | ZONA 2 | | | 20 | 5,54 |
| | ZONA 3 | | | 16 | 4,43 |
| | ZONA 4 | | | 15 | 4,1 |
| | ZONA 5 | | | 74 | 20,5 |
| Total Ancho de banda Correo Electrónico | | | | 135 | 37,4 |
| Tráfico Web | ZONA 1 | 84 | 30% | 10 | 252 |
| | ZONA 2 | | | 20 | 504 |
| | ZONA 3 | | | 16 | 403,2 |
| | ZONA 4 | | | 15 | 378 |
| | ZONA 5 | | | 74 | 1864,8 |
| Total Tráfico Web | | | | 135 | 3402 |
| Descargas | ZONA 1 | 8,89 | 10% | 10 | 8,89 |
| | ZONA 2 | | | 20 | 17,78 |
| | ZONA 3 | | | 16 | 14,22 |
| | ZONA 4 | | | 15 | 13,33 |
| | ZONA 5 | | | 74 | 65,78 |
| Total Descargas | | | | 135 | 120,015 |
| WLAN | ZONA 1 | 73,14 | 40% | 10 | 292,56 |
| | ZONA 2 | | | 20 | 585,12 |
| | ZONA 3 | | | 16 | 468,09 |
| | ZONA 4 | | | 15 | 438,84 |
| | ZONA 5 | | | 74 | 2164,94 |
| Total WLAN | | | | 135 | 3949,56 |
| TOTAL | | | | | 7508,97 |

Tabla 3.21 Ancho de Banda total por aplicación

3.9.7 ANCHO DE BANDA DE LA CONEXIÓN A INTERNET

Con los valores del Ancho de Banda determinados para cada una de las aplicaciones y considerando que el cálculo de tráfico para VoIP está diseñado solo para uso interno, es decir que no saldrá a la nube, se procede a realizar un resumen con lo cual se obtienen los valores totales que se generarán en la intranet. La tabla 3.22 muestra un resumen de los valores ya calculados correspondientes a la capacidad del Ancho de Banda de las aplicaciones requerido.

| Aplicación | Ancho de Banda (Kbps) |
|--------------------|--------------------------|
| Correo Electrónico | 37,4 |
| Web | 3402,00 |
| Descargas | 120,015 |
| Red inalámbrica | 3949,56 |

Tabla 3.22 Ancho de Banda total para todas las áreas

Para realizar el presente cálculo se consideran las descargas que se realizan desde el Internet, el acceso a la web y el uso de correo electrónico.

A continuación se procede a detallar cada uno de los valores del ancho de banda utilizado por estos servicios:

$$Capacidad\ ISP = Capacidad_{mail} + Capacidad_{web} + Capacidad_{descargas} + Capacidad_{wlan}$$

$$Capacidad\ ISP = 0,0374 + 3,402 + 0,120 + 3,949 = 7,5084\ Mbps$$

En base a los cálculos ya detallados en donde se determina la capacidad de canal que demandará cada una de las aplicaciones, se establece que el enlace hacia el Internet debe ser de mínimo 7,5084 Mbps, por lo que se recomienda a las autoridades del ISTER contratar un enlace dedicado de 8 a 10 Mbps.

3.10 TELEFONÍA IP

Para el diseño de la red de telefonía IP del ISTER se analizará la solución mediante el uso de software libre utilizando Elastix y Trixbox CE los cuales están basados en Asterisk.

3.10.1 REQUERIMIENTOS DE VOZ

Los requerimientos de voz estarán basados en los usuarios existentes y en aquellos que tendrán una extensión telefónica a partir del presente diseño para este Proyecto. El servicio telefónico provisto en este diseño está dirigido al personal que labora en la Institución. En la actualidad, la Institución cuenta con 60 personas, distribuidas entre Docentes y Administrativos en la que no todos poseen un sitio de trabajo fijo. El número de extensiones telefónicas estará determinado en función del número de usuarios que van a tener acceso a la red de voz, por medio del nuevo diseño de la red de datos integrada.

Cabe mencionar que se va poder acceder a la red de voz mediante la utilización de los denominados *softphones*. Este software, instalado y configurado de manera adecuada proporcionará funcionalidades idénticas a los teléfonos en hardware. Con esto se pretende hacer generalizado el uso de este servicio en la Institución, sin recurrir a gastos mayores.

3.10.2 CÓDEC DE AUDIO PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ

Se convierte en necesidad el seleccionar el códec más adecuado para optimizar los recursos en la transmisión de voz, debido a que es éste el encargado en optimizar el ancho de banda por la compresión que utiliza.

Entre los códecs más utilizados se tienen:

- G.711 de 64 Kbps
- G.729A de 8 Kbps
- G.723.1 de 5.3 Kbps
- G.723.1 de 6.3 Kbps

De todos los códecs mencionados se ha determinado el uso del códec G.711, debido a su alta calidad, y su alto grado de aceptación por sus características.

Este códec al no poseer compresión también reduce el tiempo de procesamiento de los dispositivos, resultando beneficioso para la disminución de latencia lo que conlleva a una buena calidad de la voz.

3.10.3 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA

Al realizar el diseño del sistema integrado en la red convergente de voz y datos para la Institución es necesario considerar que se consumirán recursos en la etapa de procesamiento de los dispositivos, así como del ancho de banda total de la red. Para ello se deben tomar en cuenta las cabeceras de sobrecarga que incrementa la red para el transporte de la información como son los correspondientes a los PDU de IP, UDP y RTP de los paquetes de voz, así como del tipo de enlace, códec y técnica de compresión que serán utilizados.

Al tratarse de una LAN, se utiliza la trama Ethernet siendo la correspondiente a voz aquella que se muestra en la figura 3.7.

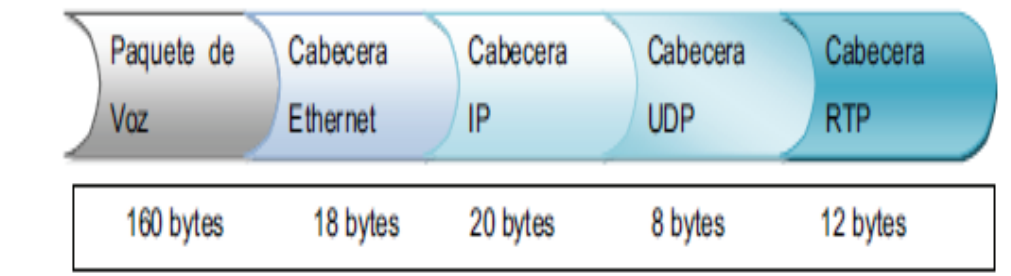


Figura 3.7 Formato de la trama Ethernet de VoIP

Como se puede verificar las cabeceras IP, UDP y RTP contienen un total de 40 bytes, a los cuales se les añade 18 bytes de trama, dando un *overhead* de 58 bytes lo que conlleva a un ancho de banda requerido de:

$$AB_{requerido} = AB_{código} \times \frac{\text{Tamaño del overhead} + \text{Tamaño del paquete de voz}}{\text{Tamaño del paquete de voz}}$$

Considerando que el códec G.711 tiene un ancho de banda de 64 kbps se determina:

$$AB_{requerido} = 64 \text{ kbps} \times \frac{58 \text{ bytes} + 160 \text{ bytes}}{160 \text{ bytes}} = 87.2 \text{ Kbps}$$

Se determina que cada canal ocupará 87.2 Kbps, y si se ha considerados que 60 son los usuarios a futuro, se tendrá un máximo consumo de ancho de banda de

5.232 Mbps. Considerando un grado de simultaneidad del uso de telefonía en un 30% se tendrá:

$$AB_{total} = 87.2 \text{ Kbps} \times 60 \text{ usuarios} = 5.232 \text{ Mbps}$$

$$AB_{total} = 87.2 \text{ Kbps} \times (60 \text{ usuarios})30\% = 1.5696 \text{ Mbps}$$

3.10.4 ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Existen varias alternativas para la implementación de telefonía, en el presente diseño se plantea en función a los requerimientos de la Institución sin olvidar la factibilidad de su implementación en un futuro y la capacidad del sistema que ofrezca el mayor de los beneficios.

3.10.4.1 Solución por Hardware

La solución por software en el afán de integrar servicios en redes convergentes ha creado dispositivos que brinden esta solución, tales son los casos de *routers*, *switches*, etc., los mismos que implementan diferentes funcionalidades de una central telefónica.

El hecho de implementar una solución de voz mediante elementos de *networking*, optimiza el uso de la red integrada al tener compatibilidad con casi todos los protocolos empleados. Uno de los principales problemas al utilizar este tipo de solución es el que su escalabilidad e interoperabilidad lo que trae como consecuencia poseer equipos de un solo fabricante.

3.10.4.2 Soluciones por Software

Existen diversas soluciones para telefonía IP por medio del uso software, las más utilizadas y difundidas en los diseños son aquellas que están basadas en software libre, tanto por la información como por la reducción considerable de costos ya que se trata de licencias GPL.

En la actualidad la solución más popular para la implementación de sistemas telefónicos es Asterisk, de la cual se derivan otras distribuciones como Elastix y Trixbox entre las más reconocidas.

A estos sistemas telefónicos se pueden conectar diversos tipos de terminales IP tales como teléfonos IP nativos, teléfonos analógicos con adaptadores y *softphones*; para el presente diseño y considerando la posibilidad de tener terminales analógicos conectados directamente a puertos FXS del servidor, se ha determinado que para la Institución le resulta más conveniente este tipo de solución ya que deberá instalar tarjetas PCI en los equipos que sean considerados.

Entre las opciones reconocidas y que se puede recomendar está Elastix, en donde la escalabilidad e integración son características fundamentales al momento de decidir por esta solución.

3.10.4.2.1 Solución basada en Elastix

Elastix fue inicialmente usado por Asterisk como una interfaz de soporte de llamadas en donde su principal característica está en ser software libre, característica en donde su código fuente puede ser manipulado, estudiado y compartido.

Éste posee una gran comunidad que respalda este proyecto y permite que se encuentren actualizaciones y soluciones a ciertos problemas cada cierto tiempo, las que dependen del paso de la fase beta a la versión estable. Otro punto a considerar es la facilidad con la que se puede trabajar. Este software cuenta con una interfaz web que a diferencia de trabajar con Asterisk mediante consola, permite la creación de extensiones de forma fácil y permite el diagnóstico en tiempo real de la utilización del servidor y las conexiones que se encuentren activas.

El software permite la interconexión con la PSTN de la CNT. La implementación de hardware para esta conexión es necesaria; existen dos soluciones para esto, la utilización de tarjetas FXO o la implementación de *Gateway* como un equipo adicional.

3.10.4.2.2 Trixbox CE

Se propone como solución para telefonía IP a Trixbox debido a que se han considerado dos características importantes como son: flexibilidad y su libre distribución.

Trixbox está bajo la distribución Centos de Linux y se considera como una central telefónica IP basada en Asterisk que incluye:

- Servidor Web Apache
- Administrador de bases de datos
- Correo de Voz integrado con e-mail
- *Text-to-Speech*
- Autoconfiguración del hardware Zaptel de Digium

Entre las ventajas que posee Trixbox se tienen:

- Posee un ambiente gráfico para la administración de la centralita IP
- No es software licenciado, es de tipo GPL
- Permite una configuración personalizada de acuerdo a los requerimientos de la Institución.
- Está en constante actualización lo que mejora cada vez más la aplicación

3.10.4.3 Trixbox como solución a utilizar en el ISTER

Detalladas las dos alternativas para telefonía IP se ha considerado como solución el uso de la marca comercial Trixbox, respaldadas por las cuestiones de soporte y escalabilidad. Cabe mencionar que Trixbox ha tenido gran acogida tanto a nivel nacional como internacional, siendo nominada a premios de software libre.

Cabe indicar que Trixbox ofrece modularidad, robustez y sobre todo un interfaz amigable fácil de usar.

3.10.5 ACCESORIOS PARA LA TELEFONÍA IP

Como ya se determinó anteriormente el número de usuarios que se prevé tengan acceso a la red de voz son 60 los mismos que estarán conformados por el personal administrativo y docente. Por lo tanto para la elección de los teléfonos IP se determina que deberán poseer las siguientes características básicas:

- PoE support (802.3af)
- Soporte de códecs G.729
- Soporte DHCP

- Poseer dos puertos Fast Ethernet
- QoS (802.1p)
- Soporte con VLAN (802.1q)
- Calidad de voz
- Id de llamadas
- Llamada en espera

Adicionalmente, existe software que realiza funciones de un teléfono IP conocido como *softphones*, el cual puede ser instalado en el equipo terminal y ser utilizado como un dispositivo de voz juntamente con audífonos y un micrófono.

3.11 PUNTOS DE ACCESO INALÁMBRICO

Al tratarse de una Institución de educación superior en donde uno de los requerimientos es dar cobertura inalámbrica para el acceso a los servicios de red, es de suma importancia colocar puntos de acceso en lugares específicos. Estos lugares serán cada una de las alas norte, sur y occidental en donde se ubicarán a mitad del cada pasillo de cada planta.

La tecnología *Wi-Fi* o inalámbrica utiliza frecuencias de radio RF para transmitir la información, en donde una de las ventajas al hacer uso de esta tecnología es facilitar la integración con la red cableada. A más de las ventajas de cobertura que posee la tecnología inalámbrica, es que las frecuencias que se utiliza son de uso libre.

Se proveerá servicios de red inalámbrica para las áreas como: Biblioteca, Salón de Actos, Sala de Profesores, Laboratorios y los pasillos de cada uno de los pisos de la Institución, de manera que se dé un alto desempeño a la red así como también se reduzca el nivel de inseguridad que presentan este tipo de redes. Los factores que se considerarán para este diseño son:

- Selección de la tecnología a utilizar
- Tipo de Aplicaciones soportadas
- Número de usuarios
- Identificadores de red (SSID)

- Área de cobertura
- Seguridad

3.11.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR

Realizando un análisis comparativo de los diferentes estándares *Wi-Fi* que se pueden utilizar para el diseño de redes inalámbricas: IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g y el 802.11n, la tabla 3.23 da un resumen y una breve comparación de las cuatro enmiendas del IEEE 802.11 más importantes respecto de la tasa de transmisión.

| Estándar | Frecuencia | Técnica de Modulación | Tasa de transmisión nominal | Descripción |
|---------------------|------------|-----------------------|--|---|
| 802.11 ^a | 5 GHz | OFDM | 54 Mbps | 8 Canales no solapados |
| 802.11b | 2.4 GHz | DSSS, CCK | 11 Mbps | 14 Canales no solapados. |
| 802.11g | 2.4 GHz | OFDM, DSSS, CCK | 54 Mbps | 14 Canales no solapados. Compatibilidad con el 802.11b |
| 802.11n | 2.4 GHz | OFDM | 360/600 Mbps | Mejora los estándares anteriores agregando MIMO |
| 802.11ac | 5 GHz | OFDM | 433 Mbps 1.3 Gbps (teóricamente) | Utiliza hasta 8 flujos MIMO e incluye modulación de alta densidad (256 QAM) |

Tabla 3.23 Enmiendas del IEEE 802.11

En este diseño se plantea utilizar IEEE 802.11n por su cobertura y tasa de transmisión nominal que ofrece en interiores.

La norma 802.11n aprovecha muchas de las enmiendas previas pero la gran diferencia es la introducción del concepto de MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*), lo que implica utilizar varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia así como la distancia del enlace.

3.11.2 TIPO DE APLICACIONES SOPORTADAS

Se ejecutarán aplicaciones similares a las que se ejecutan en la red cableada tales como: acceso web, descarga y transferencia de archivos, correo electrónico. El tipo de aplicaciones que demanden un mayor uso de ancho de banda serán limitadas ya que podrían causar excesivo tráfico y colapsar la red. De las consideraciones

relativas a las redes inalámbricas la velocidad es la que más incidirá en la distancia al punto de acceso.

3.11.3 NÚMERO DE USUARIOS

La estimación de usuarios potenciales que utilizarán la red inalámbrica se realizó en base a la utilización de cada una de las áreas de la Institución. En el área de Biblioteca, actualmente los estudiantes poseen equipos portátiles para realizar consultas; considerando esto se dimensiona que el número de usuarios potenciales será de 20.

En las áreas Administrativas y Coordinación General se estima que existirán 20 usuarios potenciales. En el bloque de aulas y Salón de Actos al ser espacios físicos amplios se estima brindar servicio a 100 usuarios potenciales.

Las áreas de Laboratorios de Computación al ser utilizados en su mayoría por los estudiantes de sistemas, los mismos que poseen equipos portátiles y se planea dar servicio a 90 usuarios potenciales.

En Electrónica y Electricidad existen laboratorios y que según el requerimiento van existir equipos portátiles de los estudiantes en donde se consideran 20 usuarios potenciales.

Para cada una de las áreas descritas y considerando que la red no está funcionando a su máxima capacidad, se calcula que el tráfico a generar no será constante y por lo tanto la red inalámbrica solucionará cualquier problema de acceso a la red.

En la tabla 3.24 se muestra un resumen de los usuarios que se estima que harán uso de la red inalámbrica. De acuerdo a estas premisas, se tendrán aproximadamente 250 usuarios conectados de manera simultánea a la red inalámbrica, siendo ésta la situación más crítica de acceso.

3.11.4 IDENTIFICADORES DE RED (SSID)

Los identificadores de la red inalámbrica servirán para reconocer de manera fácil los APs dentro de la Institución. Se plantea utilizar un solo SSID de acceso a la red inalámbrica, de manera que se pueda mantener una red organizada y de menor

dificultad de acceso al momento de conectar dispositivos portátiles y móviles, así como mejorar su administración.

| Áreas | Número de Usuarios Potenciales |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Administrativo | 20 |
| Biblioteca | 20 |
| Aulas y Salón de actos | 100 |
| Laboratorios de Informática | 90 |
| Laboratorios Electrónica | 20 |
| Total | 250 |

Tabla 3.24 Resumen de usuarios de la red Inalámbrica

Por la facilidad de trasladarse de un lugar a otro dentro de la Institución se planea tener como resultado asignar un solo SSID, un acceso constante sin necesidad de volver a conectar seleccionando otro SSID y contraseña diferente.

Para el presente diseño se sugiere que el SSID con la que se manejará en toda la Institución sin importar el piso o área será: **ISTER**

Los mecanismos de seguridad tanto como para el acceso a la red así como para la configuración del dispositivo serán acorde a lo descrito en el apartado 3.11.7 subtema de Seguridad

3.11.5 ÁREA DE COBERTURA

Para brindar el servicio de red inalámbrica se ha determinado sitios específicos dentro de la Institución de forma teórica, debido a que no se cuenta con los equipos necesarios para determinar las áreas de cobertura por medio de un *site survey* activo.

Para lograr que la señal de red sea óptima en todo el edificio se colocarán *Access Point* dependiendo del lugar de la necesidad, tales como los pasillos de cada piso, oficinas administrativas, biblioteca y de ser el caso aulas.

Mediante el estudio de los planos se pudo deducir que los rangos de cobertura *indoor* son de 32 metros de los equipos estandarizados en 802,11n, los mismos que estarán instalados en tres sitios específicos de cada una de las plantas.

3.11.6 CONEXIÓN DE LA WLAN CON LA LAN

Los *access points* se conectarán directamente a puntos exclusivos de red, los mismos que estarán dimensionados en el *switch* de acceso.

Las alimentación eléctrica destinada a estos equipos no serán consideradas ya que se recomienda el uso de equipos que soporten el estándar 802.3af (*PoE, Power over Ethernet*).

3.11.7 SEGURIDAD

El punto más vulnerable de una red de comunicaciones de cualquier Institución son las redes inalámbricas, por lo que es de suma importancia proteger a los dispositivos de acceso que en este caso son los *Access Point*, por medio de contraseñas sugeridas por organismos internacionales de seguridad, de manera que sean fuertes y sobretodo difíciles de descifrar.

En el capítulo 1 como sustentación teórica se mencionaron los diferentes métodos de seguridad para accesos inalámbricos. Para el presente diseño y basados en el análisis de entre los varios mecanismos descritos se plantea utilizar el esquema WPA2 el mismo que funciona con clave previamente compartida además de los algoritmos TKIP basados en *Advanced Encryption Standard (AES)*.

Para el acceso a la red y a la configuración de los dispositivos se plantea utilizar dos contraseñas diferentes, una con el objetivo de que el personal encargado en la administración sea único con privilegios para cambiar configuraciones y la otra para dar acceso de acuerdo a los requerimientos de los usuarios que se presenten.

La clave para el ingreso a la configuración de los *Access Point* está planteada de manera que cumpla con ciertas recomendaciones tales como letras mayúsculas, minúsculas y números; la misma estructura deberá tener las claves de acceso a la red inalámbrica.

Para generar estas claves, tanto la de configuración como la de acceso a la red se ha utilizará el sitio web <http://www.clavessegura.org/>. Los equipos de acceso inalámbrico deberán poseer características mínimas tales como velocidad de

transmisión, interfaces de red, estándares y protocolos que soportan, algoritmos de cifrado, métodos de encriptación, protocolos de administración y ciertas características adicionales que se muestran en la tabla 3.25.

| CONSIDERACIONES MÍNIMAS DE ACCESS POINT | |
|---|--|
| Velocidad de Transmisión | 54 Mbps |
| Interfaces de Red | RJ45 LAN 10/100/1000 Mbps |
| Estándares y Protocolos | IEEE 802.11 a/b/g/n IEEE 802.3 af IEEE 802.3 u IEEE 802.1 q IEEE 802.1 p |
| Algoritmo de Cifrado | MD5, AES |
| Métodos de Encriptación | TKIP, WPA, WPA2 |
| Protocolos de Administración | SNMP, HTTP |
| Consideraciones Adicionales | FILTRADO DE DIRECCIONES DHCP GARANTÍA DEL FABRICANTE COBERTURA |

Tabla 3.25 Consideraciones mínimas de los equipos *Access Point*

3.12 DISEÑO DE LA RED ACTIVA

Para realizar el diseño de la red activa del ISTER hay que considerar todos los servicios que ofrecerá, de manera que facilite el detalle de las características que deben poseer los equipos activos para un funcionamiento eficiente y efectivo dependiendo de la capa en que se implemente.

Entre las características más importantes que se deben considerar al momento de elegir los dispositivos se tienen:

- Número de puertos
- Memoria y Procesador
- Rendimiento
- Características eléctricas
- Administración
- Estándares y Protocolos

Para realizar el presente diseño se ha tomado en cuenta características fundamentales para los diferentes *switches*, entre las cuales se mencionan:

- *IEEE 802.1q*.- Soporte de redes locales virtuales VLAN, de manera que se pueda poseer una adecuada administración y asignación de roles y seguridades.
- *IEEE 802.1p*.- Para asignación de prioridades de tráfico, debido que circulará tráfico de datos y voz por la LAN.
- *IEEE 802.1v*.- Necesaria para dar clasificación de VLAN por puerto y por protocolo.
- *IEEE 802.1w*.- Es un estándar necesario para una configuración de STP, ya que facilitará el manejo de redundancia de los enlaces con *Spanning Tree*, lo que asegurará una alta disponibilidad de la red.
- *IEEE 802.3x*.- Transmisión y recepción simultáneos y control de flujo.
- *IEEE 802.3z*.- Para la conexión con parámetros Gigabit Ethernet entre dispositivos de red por medio de fibra óptica.
- *IEEE 802.3ab*.- Permite una conexión de equipos de usuario por medio de tarjetas de red 10/100 Mbps y máximo 1000 Mbps mediante cable UTP.
- *IEEE 802.3ad*.- Para el diseño de red, se requiere trabajar con este tipo de estándar que permita agrupar varios enlaces entre el *switch* de Núcleo y los de Distribución-Acceso.
- *IEEE 802.3af*.- Protocolo para la alimentación sobre Ethernet también conocido como *Power over Ethernet* (PoE).

3.12.1 SWITCH DE NÚCLEO

En base al análisis realizado previamente en el capítulo II se ha resuelto colocar un *switch* de Núcleo, el mismo que se instalará en la segunda planta alta del edificio; en la figura 3.1 se presenta el diseño de red propuesto para el presente Proyecto de Titulación.

Basados en diseños sugeridos por Cisco, este *switch* de *Core* interconectará con los *switches* de Distribución que estarán ubicados en los diferentes sitios determinados por el presente diseño de red y que estarán interconectados por cables UTP cat. 6A. Entre las características relevantes que debe disponer este equipo están: conectividad de VLAN, posibilidad de diferenciar el tipo de tráfico y calidad de servicio.

Los puertos del *switch* deberán tener la capacidad de sensar de manera automática la velocidad del equipo que se conecte a su interfaz, pudiendo ser 10, 100, 1000 Mbps; también debe tener la elección de configurar los puertos tanto a Half Dúplex como Full Dúplex. Además de definir algunos aspectos considerados como relevantes es necesario determinar el ancho de banda de transmisión, que no es más que la velocidad de operación por puerto del *switch*, en definitiva se refiere a la suma total de los anchos de banda máximo de cada puerto en un *switch*.

El *backplane* es la tarjeta lógica donde están conectados físicamente los puertos del *switch* y cuya salida está conectada a un bus de alta velocidad encargado de transmitir la información, aunque de manera más indirecta se puede ver al *backplane* como la velocidad de la tarjeta interna y los buses. De esta manera se define entonces la capacidad del *backplane* como el ancho de banda que tiene un *switch* para soportar la comunicación entre sus puertos.

A continuación se procede a calcular al ancho de banda del *backplane* de la siguiente manera:

$$C_{BP} = \#Puertos\ Cobre * 2 * 1000\ Mbps + \#Puertos\ Fibra * 2 * 1000\ Mbp$$

$$C_{BP-CORE} = 12 * 2 * 1000\ Mbps + 4 * 2 * 1000Mbps$$

$$C_{BP-CORE} = 32\ Gbps$$

Como parte de la propuesta de diseño para dispositivos de esta capa se recomienda adquirir un *switch* que soporte STP (*Spanning Tree Protocol*), debido a que se va implementar redundancia en los enlaces que forman la LAN del ISTER.

Así mismo cabe mencionar que los *switches* de *Core*, así como Distribución y Acceso deben ser administrables y soportar una administración remota.

3.12.2 SWITCH DE DISTRIBUCIÓN

El modelo jerárquico que se propone que en la capa Distribución se haga uso de dos equipos; de manera que en la propuesta de diseño de la red se interconecten éstos con el *switch* de *Core* y los *switches* de Acceso. Los *switches* de esta capa deberán soportar la configuración de VLAN debido a que se efectuará una diferenciación de tráfico de datos con el de voz, de forma que se tenga un canal

más eficiente y sobretodo con calidad de servicio. La capacidad de *backplane* para estos equipos considerando que tendrán 24 puertos de cobre y 4 puertos de fibra deberá ser:

$$C_{BP-distribucion} = \#Puertos\ Cobre * 2 * 1000\ Mbps + \#Puertos\ Fibra * 2 * 1000\ MbS$$

$$C_{BP-distribucion} = 24 * 2 * 1000\ Mbps + 4 * 2 * 1000Mbps$$

$$C_{BP-CORE} = 56\ Gbps$$

Como se puede ver en el cálculo de la capacidad de *backplane* se ha considerado los 4 puertos de fibra que a pesar que no vayan a ser utilizados por características propias del equipo se lo ha estimado.

3.12.3 SWITCH DE ACCESO

En base a las características generales ya mencionadas de los dispositivos de red, es fundamental describir especificaciones técnicas más detalladas al momento de proponer el uso de un determinado equipo involucrado en el diseño de la capa Acceso. Dentro del diseño propuesto se procedió a determinar que se necesitan un total de 314 puntos de red sin incluir los puntos inalámbricos los mismos que son 20 así como los de la DMZ que son 3 y se encuentran distribuidos en cinco zonas según el rol que desempeñan los usuarios. Los *switches* de esta capa deberán soportar una capacidad de *backplane*; para lo cual se debe considerar el número de puertos que serán utilizados simultáneamente en la hora pico dentro del ISTER. Para el diseño se ha considerado una hora pico y que al menos 20 de los 24 puertos disponibles están siendo utilizados en el mismo momento por tanto se tiene la ecuación:

$$C_{BP} = \#Puertos\ Cobre * 2 * 100$$

$$C_{BP} = \{(20 * 100Mbps) + (1 * 1000)\}x2$$

$$C_{BP-CORE} = 6\ Gbps$$

Las tablas 3.26, 3.27 y 3.28 muestra los requerimientos y características que deben cumplir los *switches* de *Core*, *Distribución* y *Acceso* que serán usados para el presente diseño. En cada una de las tablas se detallan la capacidad de *backplane*, los estándares y protocolos que soportan cada uno de ellos al igual que el detalle del número de puertos que deben contener.

| REQUERIMIENTO | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------|--|
| CAPACIDAD DE <i>BACKPLANE</i> | 32 Gbps |
| ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS | IEEE 802.1w IEEE 802.1q IEEE 802.1p IEEE 802.1v IEEE 802.3x IEEE 802.3z IEEE 802.3d IEEE 802.3u IEEE 802.3ab IEEE 802.3af IEEE 802.3ad |
| PROTOCOLOS DE ADMINISTRACIÓN | SNMP v1, v2, v3, Telnet |
| RENDIMIENTO | Baja latencia Alta capacidad de conmutación Soporte SPT Tamaño elevado en tablas de enrutamiento y MAC |
| PUERTOS | Puertos RJ45 <i>Autosensing</i> 10/100/1000 Puerto serial de consola RJ45 Puertos fijos 1000/10000 SPF |
| MEMORIA Y PROCESADOR | 1024 MB SDRAM 512 MB <i>Flash</i> 4 MB de <i>Buffer</i> |
| CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIÓN | 110 – 120 VAC a 50/60 Hz |

Tabla 3.26 Requerimientos mínimos del *switch* de *Core*

| REQUERIMIENTO | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------------|--|
| CAPACIDAD DE <i>BACKPLANE</i> | 56 Gbps |
| ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS | IEEE 802.1w IEEE 802.1q IEEE 802.1p IEEE 802.1v IEEE 802.3x IEEE 802.3z IEEE 802.3d IEEE 802.3u IEEE 802.3ab IEEE 802.3af |
| PROTOCOLOS DE ADMINISTRACIÓN | SNMP v1, v2, v3 Telnet |

Tabla 3.27 Requerimientos mínimos de los *switches* de Distribución (1 de 2)

| REQUERIMIENTO | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------|--|
| RENDIMIENTO | Baja latencia Alta capacidad de conmutación Soporte SPT Tamaño elevado en tablas de enrutamiento Tamaño elevado en tablas de direcciones MAC |
| PUERTOS | Puertos RJ45 <i>Autosensing</i> 10/100/1000 Puerto serial de consola RJ45 Puertos fijos 1000/10000 SPF Según requerimiento 16 puertos |
| MEMORIA Y PROCESADOR | 1024 MB SDRAM 512 MB <i>Flash</i> 4 MB de <i>Buffer</i> |
| CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIÓN | 110 – 120 VAC a 50/60 Hz |
| OTRAS ESPECIFICACIONES | 1 Unidades de <i>Rack</i> (UR) 0°C -40°C |

Tabla 3.27 Requerimientos mínimos de los switches de Distribución (2 de 2)

| REQUERIMIENTO | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------------|---|
| CAPACIDAD DE <i>BACKPLANE</i> | 6,8 Gbps |
| ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS | IEEE 802.1w IEEE 802.1q IEEE 802.1p IEEE 802.1x IEEE 802.3d IEEE 802.3u IEEE 802.3x IEEE 802.3af |
| PROTOCOLOS DE ADMINISTRACIÓN | SNMP v1, v2, v3, Telnet |
| RENDIMIENTO | Baja latencia Alta capacidad de conmutación |
| PUERTOS | Puertos RJ45 <i>Autosensing</i> 10/100 Mbps Puerto serial de consola RJ45 Según requerimiento 24 puertos |
| THROUGHPUT | 6 Mpps |
| ALIMENTACIÓN | 110 – 120 VAC a 50/60 Hz |

Tabla 3.28 Características de los *switches* de Acceso

En la tabla 3.29 se procede a determinar la cantidad de *switches* de Acceso de 24 puertos que se requieren para cada una de las zonas.

| Ubicación | Número de Usuarios | Cantidad |
|-----------|--------------------|----------|
| ZONA 1 | 20 | 1 |
| ZONA 2 | 40 | 2 |
| ZONA 3 | 32 | 2 |
| ZONA 4 | 74 | 4 |
| ZONA 5 | 148 | 7 |

Tabla 3.29 Número de *switches* necesarios por zona

Una vez determinados los equipos así como los puertos utilizados, en la tabla 3.30 se procede a enumerar los puertos disponibles para futuras expansiones o adecuaciones de la red del ISTER.

| Ubicación | Número de Puertos | Número de Usuarios | Puertos Disponibles |
|--------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| ZONA 1 | 24 | 20 | 4 |
| ZONA 2 | 48 | 40 | 8 |
| ZONA 3 | 48 | 32 | 16 |
| ZONA 4 | 96 | 74 | 22 |
| ZONA 5 | 160 | 148 | 12 |
| TOTAL | 376 | 314 | 62 |

Tabla 3.30 Número de puertos utilizados y libres de los *switches*

3.13 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS SERVIDORES

Los diferentes servicios que ofrecerá la red de la Institución estarán alojados en una granja de equipos servidores, de tal forma que faciliten su control y administración; a continuación se realiza una breve descripción de los servicios ofrecidos por la red del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui:

- *Correo Electrónico*: Mediante este tipo de servicio se agilizará el envío de documentación así como comunicados de eventos y reuniones que la Institución planifique, para ello los usuarios que tendrán acceso a este servidor serán el personal administrativo, docente con planeación futura a los alumnos.
- *WEB*: Este servicio estará dedicado para la página del ISTER, cuyo acceso estará permitido para los cibernautas de la red tanto interna como externa, actualmente existe una página oficial de la Institución..

- *DNS*: este servicio permitirá la gestión de nombres que enmascaren las direcciones IP de forma que sean nombre genéricos de fácil manejo administrativo para los equipos de red de la Institución.
- *DHCP*: Permite asignar una dirección IP de manera dinámica dentro de cada red segmentada, esto con el fin de evitar que el usuario final tenga que configurar su dirección IP cada vez que un usuario se traslade de un área a otra en el caso de la red inalámbrica.
- *Telefonía IP*: El servicio de telefonía IP estará implementado bajo *Asterisk Trixbox*, este servicio ejecutará algunas funciones como la de almacenar, registrar e incluso buzones de voz.
- *Firewall*: Se adquirirá un equipo *firewall* de tal forma que ayude con la protección de la intranet de intrusos que intenten vulnerar el sistema de seguridad de la red.

Estos servicios que ofrece la red de la Institución estarán implementados en equipos de grandes características en relación a procesador, memoria RAM y espacio en disco.

Los sistemas operativos en los cuales se implementarán estos servicios serán Linux UBUNTU y Windows server 2008.

En la tabla 3.31 se presentan las características recomendadas para los Sistemas Operativos mencionados anteriormente.

| CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS | WINDOWS 2008 | LINUX / UBUNTU |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Procesador | 4 GHz | 4 GHz |
| Memoria RAM | 4 GHz | 4 GHz |
| N° de Procesadores | Hasta 4 | 2 |
| Espacio de Disco | 40 GB | 40 GB |
| Tarjeta gráfica | Super VGA con resolución de 800-600 | Aceleradora gráfica con Open GL |
| Unidad de DVD | Estándar | Estándar |

Tabla 3.31 Características de equipos Servidores para Windows y Linux

Con estas especificaciones se evitará que el sistema colapse y se llegue a generar el típico “cuello de botella” que se puede producir por el grado de simultaneidad de usuarios que maneja la Institución.

3.13.1 HARDWARE Y SOFTWARE DE LOS EQUIPOS SERVIDORES

Establecidos los sistemas operativos a ser instalados en cada uno de los servidores al igual que la plataforma informática sobre la cual se instalarán los servicios es necesario conocer los requerimientos específicos para cada uno de los equipos servidores. Por lo tanto se definirá la aplicación más adecuada para instalarse en cada servidor y características de hardware para un adecuado funcionamiento.

Para una alta eficiencia en el desempeño y no causar una saturación en los servidores así como facilitar la administración de los mismos y evitar vulnerabilidades en la seguridad o que estos equipos se conviertan en “cuellos de botella” dentro de la red se ha decidido separar los servicios de la siguiente manera:

- Servidor DNS, correo electrónico
- Servidor de servicios en tiempo real para telefonía
- Servidor WEB, FTP y DHCP

Para los servicios Web, FTP, DHCP, DNS y Correo Electrónico, se recomienda instalar en un solo equipo que actúe como servidor, ya que estos trabajan conjuntamente y los requerimientos de hardware no son críticos.

Así, el servidor Web además de la publicación de la página web del Instituto, alojará la base de datos de las calificaciones del ISTER para el acceso a ellas mediante una dirección pública. Para realizar este tipo de consultas hará uso del servidor FTP, a través de una interfaz segura para evitar ataques.

El uso coordinado y conjunto entre DNS y Correo Electrónico ayudará en la traducción de nombres como info@instruminahui.edu.ec, a direcciones IP para la comunicación en este caso un *Mail Server Agent*. Sin embargo se recomienda la virtualización de estos servicios en dos sistemas operativos diferentes alojados en un solo equipo servidor. Cabe recalcar que para esta solución las consideraciones de saturación de memoria, velocidad del procesador, y tamaño en disco son

primordiales para que la solución no colapse y no se genere un “cuello de botella” en la red, debido al grado de simultaneidad de acceso de los usuarios.

A continuación se presenta las recomendaciones en lo que se refiere a software y hardware para brindar estos servicios.

3.13.1.1 Servidor de Correo Electrónico

Para realizar el diseño de este servicio se poseen diversas alternativas de software especializado, en donde se han seleccionado aquellos que tienen características relevantes a más de ser los más comunes y sobre todo de libre distribución. Entre las características que se han considerado como relevantes se tienen:

- SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), es el protocolo de Internet para la transmisión de correo electrónico. Puede ser transmitido de manera plana o por seguridad encriptado por ejemplo sobre SSL (*Secure Socket Layer*) o TLS (*Transport Layer Security*).
- IPv6 para asignación de direcciones de Internet y asegurar el funcionamiento con esta versión del protocolo IP.
- Puede almacenar información a través de una base de datos como por ejemplo SQL, MySQL o en un sistema de archivos.
- Filtros *antispam* tales como *DNSSBL (DNS-based Block List)*, *Gray Listing*.

Entre los servidores de correo electrónico que comúnmente son utilizados se tienen a Postfix (Unix), Sendmail (Unix), Qmail (Unix) y Zimbra.

3.13.1.1.1 Postfix

Como solución a este servicio de red el software Postfix es una alternativa efectiva; el mismo posee métodos de autenticación para SMTP, lo que hace que el envío y recepción de *mails* pueda realizarse a través de un canal seguro de comunicaciones.

Puede ser configurado para utilizar almacenamiento tanto en una base de datos como en un sistema de archivos, lo cual brinda flexibilidad en el caso de que se desee incrementar la capacidad o migrar hacia otro servidor.

Para que Postfix pueda funcionar correctamente se necesita además instalar *Dovecot* que incorpora protocolos IMAP, POP3 para el funcionamiento del servidor. Sin embargo, es necesario anotar que por facilidad de administración del servicio se requiere de una interfaz gráfica para la revisión y envío de correos por parte de los usuarios. Para ello debe ser instalado paralelamente *Squirrelmail* que es una aplicación web, compatible con protocolos IMAP, POP3 y basada en PHP.

3.13.1.2 Servidor Web

Este servicio alojará y publicará la página web del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui; el personal técnico de la Institución será el encargado en administrar y gestionar cambios cuando los haya en este servidor.

Tendrá la funcionalidad de aceptar y responder las solicitudes cuando se realicen consultas por medio del protocolo HTTP. Uno de los beneficios de tener un servidor web en su red interna es que los administradores pueden modificar y actualizar la información, así como ofrecer escalabilidad y flexibilidad al sistema. La seguridad de la información podrá protegerse y se podrán ejecutar copias de seguridad en cualquier instante.

Se recomienda el uso de software libre, por el hecho de ser los más utilizados además disponer de la documentación y la facilidad de poder ser instalados y configurados sin necesidad de licencias.

Entre los parámetros a ser tomados en cuenta para la elección del software para el servidor web se pueden mencionar:

La autenticación para negociar credenciales entre el servidor web y el navegador puede ser básica o encriptada. La autenticación encriptada es mucho más segura, pues protege la contraseña enviada a través de la red a diferencia de la autenticación básica, que realiza este proceso en texto plano lo que la vuelve más vulnerable.

El protocolo HTTPS, permite la transmisión de información sensible de una manera segura a través de un canal cifrado. Respecto del contenido dinámico se recomienda que soporte los siguientes protocolos:

- CGI (*Common Gateway Interface*): Permite a un cliente solicitar datos de un programa ejecutado en el servidor web.
- FastCGI: CGI atiende una petición a la vez, con Fast CGI se incrementa su escalabilidad y rendimiento atendiendo varias peticiones al mismo tiempo.
- SSI (*Server Side Includes*): Permite el uso del contenido dinámico, generado durante una petición.
- PHP (*Hypertext Pre-processor*): Permite la generación de páginas web dinámicas.
- ASP.net: Es un *framework* comercializado por Microsoft, permite la generación de sitios web dinámicos y servicios web XML.

Entre las opciones de software más conocidos para sistemas operativos Linux se pueden mencionar: Apache, Nginx, Cherokee, Lighttpd. En la tabla 3.32, se presentan algunas de las características de cada uno de ellos.

| SERVIDOR | PLATAFORMAS | AUTENTICACIÓN PARA EL ACCESO | CONTENIDO DINÁMICO |
|----------------|-----------------|---------------------------------|--|
| Apache HTTP | Windows / Linux | Básica / Encriptada | CGI, Fast CGI, SSI, PHP, ASP.net |
| Ngnix HTTP | Linux | Básica / Encriptada | CGI, SSI, PHP |
| Cherokee | Windows / Linux | Básica / Encriptada | CGI, SSI, PHP |
| Lighttpd | Windows / Linux | Básica / Encriptada | CGI, Fast CGI, SSI |

Tabla 3.32 Características de los servidores web para la intranet

Tomando en consideración esto se selecciona el software Apache, puesto que de este servidor web existe abundante soporte técnico en Internet; además tiene una arquitectura modular que permite añadir funciones adicionales si así es requerido por los usuarios. Una de las ventajas de Apache *Server* es la robustez frente a las versiones ligeras tales como lighttpd. Con lo referente a la seguridad este servidor admite el uso de autenticación básica y cifrada, además del protocolo HTTPS, finalmente su portabilidad permite su operación en cualquier plataforma sea Linux o Windows.

3.13.1.2.1 Apache Server

Apache es simplemente el servidor web más conocido y más utilizado, en gran parte por sus características de configuración, bases de datos para autenticación y negociación de contenido. Es un servidor web HTTP de código abierto implementado en HTTP 1.1. Entre otras características, funciona bajo plataformas Linux, Windows y Macintosh.

Este servidor es principalmente utilizado para la publicación de páginas web tanto estáticas como dinámicas. Junto con MySQL (Servidor de base de datos) y los lenguajes de programación PHP/Perl/Python forman los sistemas XAMP. Apache es un servidor modular y mucha de su funcionalidad está implementada por módulos externos que el programa principal carga durante su inicialización. La configuración predeterminada sólo activa los módulos más comunes, pero activar nuevos módulos es tan simple como ejecutar `a2enmod módulo`; similarmente, podrá desactivar un módulo ejecutando `a2dismod módulo`.

3.13.1.3 Servidor DNS Y DHCP

Como se explicó anteriormente, la función del servidor DNS es la de traducir el nombre de un dominio a una dirección IP; para el caso del Instituto el dominio será:

`@instruminahui.edu.ec`

Para implementar este servicio es recomendable la utilización del servidor BIND, el cual viene por defecto en los servidores con sistema operativo Linux. Este servicio permite eliminar la carga excesiva en la red además de ser de distribución gratuita.

Este servidor es el más utilizado, en general, por lo que puede llegar a ser considerado como un estándar de facto; es muy importante señalar que funciona como una base de datos distribuida que mantiene información sobre las direcciones textuales de las redes. El servidor DHCP viene por defecto en todas las distribuciones para servidores en Centos, por lo cual simplemente se debe configurar para asignar que las máquinas conectadas a la red reciban una IP dinámicamente. Se recomienda esta alternativa debido al número de equipos

finales del Instituto, pero será decisión de los administradores asignar las direcciones IP dinámicamente o de manera estática.

3.13.1.4 Servidor Telefonía IP (Trixbox)

Las características para el servidor de telefonía se encuentran detalladas a continuación y éstas son:

- Procesador *Core i5 @700Mhz*.
- Memoria RAM 512 MB.
- Doble fuente de alimentación.
- Soporte para tarjetas PCI.
- Tarjeta PCI FXO con soporte para 8 puertos analógicos.

3.14 SEGURIDAD DE LA RED

La planificación de la seguridad en el diseño de la red del ISTER, es de suma importancia, ya que de esto depende el buen desempeño de la red, evitando trabajos posteriores y pérdidas de información y posibles daños a la red. Algunos puntos a considerar son:

- Accesos no autorizados.
- Daño intencionado y no intencionado.
- Uso indebido de información (robo de información).

El nivel de seguridad de la red dependerá de su tamaño e importancia de la información. Se definen las políticas referentes a los usuarios y sus contraseñas, los métodos de acceso a los servidores y a los sistemas. Se define la complejidad que debe reunir las contraseñas y su validación dentro de la red, el tiempo de trabajo de las estaciones de trabajo, áreas de acceso por cada usuario, etc.

3.14.1 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS

Se referirá como activo a aquel dispositivo, documento o personal que genera, almacena, transporta o hacen uso de la información según sea su función. La tabla 3.33 muestra la clasificación del tipo de información y el área que lo posee.

| Tipo de información | Lugar | Descripción de la información |
|---------------------|------------------------------|---|
| Administrativa | Oficinas de autoridades | Actas, convenios, estatutos, reformas académicas, mallas curriculares |
| | Secretaría | Actas, oficios, notas |
| | Vinculación con la comunidad | Acuerdos para realización de pasantías, información socioeconómica de los estudiantes |
| | Contabilidad | Pagos de facturas de compras, asignaciones presupuestarias, roles de pagos |
| Académica | Biblioteca | Proyectos de titulación, Inventario de libros y revistas |
| | Coordinación | Curules de los profesores, documentos de asentamiento de notas |
| Externa | Servidor de notas | Calificaciones, registros de asistencia |

Tabla 3.33 Clasificación de los documentos de la Institución

La mayor parte de la información que posee el ISTER está de manera impresa, existen pocos documentos digitalizados, la única información que está digitalizada son las calificaciones semestrales alcanzadas por los estudiantes al cual tienen acceso la secretaria y se encuentra almacenada en un servidor de calificaciones.

Al no poseer un sistema de comunicados tales como memorandos, comunicados, oficios, etc. se recomienda la migración a un sistema digitalizado de manera que se optimicen estos procesos que comúnmente son utilizados.

Finalmente dentro de los activos se puede considerar la seguridad de los individuos relacionados al manejo de la información, debido a que pueden ser víctimas de los ataques mediante Ingeniería Social, además que son los encargados de la creación de la información.

3.14.2 SEGURIDAD FÍSICA DE LA RED

Consiste en la aplicación de barreras físicas y procedimientos de control, como medidas de prevención y contramedidas ante amenazas a los recursos e información confidencial. También se refiere a los controles y mecanismos de

seguridad dentro y alrededor de la Sala de Equipos así como los medios de acceso remoto al y desde el mismo; implementados para proteger el hardware y medios de almacenamiento de datos. Entre las consideraciones más relevantes para este tipo de seguridad se plantea:

- Análisis de la topografía de la red de manera que se pueda determinar los puntos más vulnerables de ataque por intrusos o usuarios mal intencionados.
- Controlar la ubicación de los equipos, los mismos que fueron distribuidos en el diseño de cableado estructurado, es decir tener los dispositivos de comunicación en áreas seguras en donde el acceso a los usuarios esté restringido.
- Readequar los cuartos de telecomunicaciones con material y ambiente térmico apropiado de manera que cumplan con las especificaciones técnicas de los estándares de seguridad referidos por la IEEE y ANSI.

La seguridad física para esta propuesta de diseño es de suma importancia. Se recomienda implementar un sistema de ingreso que puede contener aspectos biométricos para el cuartos de equipos, el cual es el más sensible dentro del presente diseño o a su vez instalar un dispositivo de acceso que permita el ingreso de un código o la lectura de una identificación por medio de una tarjeta.

La seguridad de la información en el Área de Trabajo estará a cargo del usuario a quien se asignó el equipo, el mismo que estará consiente del tipo e importancia de la información que manipula así como de las pertenencias que se lo han entregado; se recomienda manejar cuantas de usuario con claves de ingreso a los equipos. El personal de laboratorio, será encargado del custodio de los dispositivos ubicados en cada una de las áreas donde se ubican los *racks*, de igual manera deben mantener un inventario actualizado de la adquisición, traspaso y salida de los equipos y accesorios pertenecientes a la Institución.

3.14.3 CONTROL DE ACCESO LÓGICO

Para el control lógico de acceso se deben implementar mecanismos adecuados de autenticación, para el acceso a la configuración de los equipos, usuarios y métodos de conexión seguras.

Los dispositivos de interconectividad deben estar protegidos con una configuración segura a fin de evitar ataques que provoquen pérdida de la información. La configuración de todos los equipos servidores y de conectividad se manejará mediante claves robustas que tendrán letras mayúsculas, minúsculas, números y signos, que no sean indicios de nombres de manera que no sean fáciles de descifrar debiendo ser establecidas por el administrador.

Uno de los mecanismos, en caso de ataques, estará dado por la creación y configuración de las VLAN, lo cual conlleva a realizar una segmentación de la red, la misma que permitirá tener un control preventivo sobre los pequeños segmentos de red y de características similares. Las listas de control de acceso (ACL) de los *switches*, permitirán la restricción de ciertas direcciones IP. Otros aspectos importantes con lo referente a la seguridad lógica de la red son:

- Manejar algoritmos de cifrado robustos y variados tales como DES, 3DES, AES.
- Poseer controles de prevención y detección de intrusos (IPS –IDS) de forma que se pueda monitorizar el tráfico circulante de la red considerado como no autorizado.
- Filtrar el contenido de búsqueda y navegación de la red, ya que al ser una Institución educativa es coherente bloquear ciertas páginas que no están acorde a las actividades educativas.

3.14.4 POLÍTICAS PARA LOS USUARIOS

Las políticas de seguridad que se plantean a los usuarios están dadas por el rol que desempeñan cada uno de ellos. Las políticas de administración deberán estar documentadas de manera que todo el personal esté conforme a la estructura institucional de acceso y modificación. A continuación se plantean algunas de las políticas a ser observadas por los miembros del ISTER.

3.14.4.1 Políticas de uso de la red

Los servicios existentes en la red del ISTER son exclusivamente con fines laborales, de investigación o de nivel educativo, excluyendo cualquier otra actividad

de índole comercial o separada de los fines educativos de la Institución. La pérdida de información que se dé por el mal manejo o el acceso a sitios denegados será de exclusiva responsabilidad del usuario asignado y responsable del equipo. Los usuarios no podrán ingresar a otros equipos o información a los cuales no han sido autorizados, ya que al tener un desconocimiento del acceso a ciertos archivos podrán modificar o interferir con el normal desempeño del personal de otras áreas.

Para el uso de ciertos recursos se emitirán credenciales de usuario, las mismas que serán únicas e intransferibles y serán de propiedad y responsabilidad del usuario. Las contraseñas de los usuarios tendrán una validez de hasta 45 días, la misma que deberá ser actualizada de manera obligatoria por el usuario.

3.14.4.2 Políticas para el uso de hardware y software

Las políticas de uso para computadores, copadoras, proyectores e impresoras que se encuentren conectados en la red estarán basadas en el cuidado y limpieza externa dada por la persona quien custodia el bien, se prohíbe tener cerca bebidas o alimentos cerca de éstos ya que podrían causar daños irreparables.

Cada usuario será responsable de precautelar y manejar sus recursos físicos como lógicos refiriéndose éstos a las contraseñas de inicio de sesión, de manera de poder evitar intrusiones no autorizadas. Los requerimientos para la instalación de nuevo software así como el cambio o salida de equipo informático deberán ser reportados al administrador de red de forma que sea autorizada y aprobada por el mismo.

3.14.4.3 Políticas para la administración de los equipos de red

El personal del Departamento Informático del ISTER, serán los únicos encargados de la administración, supervisión y mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de interconexión.

Para realizar una adecuada administración se deberá poseer de software especializado que permita la prevención y detección de posibles problemas o daños en los equipos de comunicación así como en equipos finales de usuario. El uso de software especializado para la administración de la red emitirán reportes y alarmas, los mismos que generarán automáticamente reportes de *logs* de errores ocurridos

en la red, con lo que se podrá disponer de un adecuado control y seguimiento de los mismos.

Existirá un documento creado por el administrador de la red el mismo que contendrá aspectos importantes tales como informes de ciertas acontecimientos sucedidos en la red y las claves de acceso y de control de los dispositivos, este documento deberá reposar en un lugar de completa reserva y con el conocimiento de su existencia a la máxima autoridad.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

4.1 ANTECEDENTES

Luego del análisis realizado en el Capítulo II sobre la situación actual de la red del ISTER y de haber definido las características para el diseño de la red convergente, en el presente capítulo, se realiza el análisis de los costos a partir de proformas de equipos y elementos disponibles en el mercado a nivel nacional.

Para la selección de los dispositivos y elementos que se podrían utilizar se ha tomado en consideración que los mismos cumplen con los requerimientos técnicos ya determinados. Para un adecuado análisis de costos y con el propósito que sea de fácil interpretación se ha dividido éste en tres partes, que se detallan a continuación:

- Costos referenciales de la red pasiva
- Costos referenciales de la red activa
- Costos referenciales de operación y mantenimiento

4.2 COSTOS REFERENCIALES DE LA RED PASIVA

La red pasiva diseñada para el ISTER va ser la encargada de la propagación de los datos a través de la Institución, es decir, en ésta se encontrará el detalle de todos los elementos que la conforman tales como: el sistema de cableado estructurado, gabinetes, cables UTP, *racks*, etc.

Dentro de los costos de la red pasiva se analizarán, principalmente, los costos referentes a la implementación del Sistema de Cableado Estructurado que soporte la red multiservicios. Estos costos incluyen los cables, *patchcords*, conectores, canaletas, escalerillas, *racks* y sistemas de protección tanto física como eléctrica que debe incluir la nueva red del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui.

La tabla 4.1 contiene una lista genérica de elementos y materiales que se requieren para la red pasiva diseñada en cada una de sus zonas.

| ELEMENTOS REQUERIDOS PARA LA RED PASIVA DISEÑADA | | |
|---|--|---|
| DESCRIPCIÓN | | |
| | MEDIDA | ESQUEMA |
| Canaleta Plástica | 60x40 mm 40x40 mm 40x22 mm 32x12 mm |  |
| Angulo Interno | 60x40 mm 40x40 mm 40x22 mm 32x12 mm |  |
| Derivación T | 60x40 mm 40x40 mm 40x22 mm 32x12 mm |  |
| Jack Categoría 6 A | N/A |  |
| Face Plate Doble | 2UR |  |
| Face Plate Simple | N/A |  |
| Patch Core Cat 6 A | 3 ft (pies) |  |
| Patch Panel | 24 puertos |  24 Puertos CAT6 |

Tabla 4.1 Elementos de la red pasiva (1 de 2)

| ELEMENTOS REQUERIDOS PARA LA RED PASIVA DISEÑADA | | |
|--|---------------------------|---|
| DESCRIPCIÓN | | |
| | MEDIDA | ESQUEMA |
| Tubo Conduit EMT | 12.7 mm (1/2 pulg.) x 3 m |  |
| Rack | 24 UR |  |
| Gabinetes de Pared | 12 UR 10 UR |  |
| Cable UTP Cat 6A | 305 m |  |

Tabla 4.1 Elementos de la red pasiva (2 de 2)

Las tablas 4.2 a al 4.6 contienen los elementos necesarios por cada una de las zonas determinadas en el capítulo anterior.

Para las cinco zonas se han detallado los costos de acuerdo a proformas de casas comerciales que se han consultado y son distribuidoras de estos elementos de Cableado Estructurado.

ELEMENTOS REQUERIDOS ZONA 1

| It | Descripción | Cant. | Unidad | Marca | V/Unit USD \$ | V/Total USD \$ |
|---|---|-------|----------------------|------------|------------------|-------------------|
| 1.- ÁREA DE TRABAJO | | | | | | |
| 1.1 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6ª | 20 | Unidad | PANDUIT | 7,92 | 158,40 |
| 2.- HORIZONTAL | | | | | | |
| 2.1 | Face plate de 2 port | 10 | Unidad | PANDUIT | 2,00 | 20,00 |
| 2.2 | Jack UTP Cat 6 | 20 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 123,20 |
| 2.3 | Cable UTP 4 P, Cat 6A | 490 | Metros | PANDUIT | 0,65 | 318,50 |
| 2.4 | Caja plástica decorativa | 10 | Unidad | DEXSON | 2,50 | 25,00 |
| 3.- CUARTO DE TELECOMUNICACIONES | | | | | | |
| 3.1 | Rack Cerrado de pared, 12 ur, 1 ventilador | 1 | Unidad | CONNECTION | 350,00 | 350,00 |
| 3.2 | Regleta eléctrica de 19", para rack | 1 | Unidad | QUEST | 60,00 | 60,00 |
| 3.3 | Bandeja fija de 2 RMS | 1 | Unidad | QUEST | 35,00 | 35,00 |
| 3.4 | Organizador horizontal 2 RMS, frontal y posterior | 1 | Unidad | QUEST | 30,00 | 30,00 |
| 3.5 | Patchpanel modular para 24 puertos, 1 RMS, | 1 | Unidad | PANDUIT | 35,00 | 35,00 |
| 3.6 | Patchpanel modular para 16 puertos, 1 RMS, | 1 | Unidad | PANDUIT | 28,00 | 28,00 |
| 3.7 | Jack RJ45, Cat 6 | 20 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 123,20 |
| 3.8 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 1 metros Cat. 6, | 20 | Unidad | PANDUIT | 5,00 | 100,00 |
| 4.- MEDIOS DE CONDUCCIÓN | | | | | | |
| 4.1 | Medios de conducción plástico: canaleta 60x40 mm, canaleta 40x22 mm, accesorios | 0,5 | Lote | NACIONAL | 1600,00 | 800,00 |
| 5.- MANO DE OBRA CABLEADO ESTRUCTURADO | | | | | | |
| 5.1 | PUNTOS DE INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO CAT. 6A, CON ETIQUETACIÓN | 20 | Unidad | RGSYSTEM | 28 | 560,00 |
| 5.2 | PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN DE CABLEADO | 1 | Lote (\$7,00 C/U) | RGSYSTEM | 140,00 | 140,00 |
| SUBTOTAL 1 (SIN IVA) | | | | | | 2906,30 |

Tabla 4.2 Elementos de la red pasiva zona 1

ELEMENTOS REQUERIDOS ZONA 2

| It | Descripción | Cant. | Unidad | Marca | V/Unit USD \$ | V/Total USD \$ |
|---|---|-------|----------------|----------------|------------------|-------------------|
| 1.- ÁREA DE TRABAJO | | | | | | |
| 1.1 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6 ^a | 40 | Unidad | PANDUIT | 7,92 | 316,80 |
| 2.- HORIZONTAL | | | | | | |
| 2.1 | Face plate de 2 port | 20 | Unidad | PANDUIT | 2,00 | 40,00 |
| 2.2 | Jack UTP Cat 6 | 40 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 246,40 |
| 2.3 | Cable UTP 4 P, Cat 6A | 1393 | Metros | PANDUIT | 0,65 | 905,45 |
| 2.4 | Caja plástica decorativa | 20 | Unidad | DEXSON | 2,50 | 50,00 |
| 3.- CUARTO DE TELECOMUNICACIONES | | | | | | |
| 3.1 | Rack Cerrado de pared, 12 ur, 1 ventilador | 1 | Unidad | CONNECT ION | 350,00 | 350,00 |
| 3.2 | Regleta eléctrica de 19", para rack | 1 | Unidad | QUEST | 60,00 | 60,00 |
| 3.3 | Bandeja fija de 2 RMS | 1 | Unidad | QUEST | 35,00 | 35,00 |
| 3.4 | Organizador horizontal 2 RMS, frontal y posterior | 2 | Unidad | QUEST | 30,00 | 60,00 |
| 3.5 | Patchpanel modular para 24 puertos, 1 RMS, | 2 | Unidad | PANDUIT | 35,00 | 70,00 |
| 3.6 | Patchpanel modular para 16 puertos, 1 RMS, | 0 | Unidad | PANDUIT | 28,00 | 0,00 |
| 3.7 | Jack RJ45, Cat 6 | 40 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 246,40 |
| 3.8 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 1 metros Cat. 6, | 40 | Unidad | PANDUIT | 5,00 | 200,00 |
| 4.- MEDIOS DE CONDUCCIÓN | | | | | | |
| 4.1 | Medios de conducción plástico: canaleta 60x40 mm, canaleta 40x22 mm, accesorios | 0,8 | Lote | NACIONAL | 1600,00 | 1200,00 |
| 5.- MANO DE OBRA CABLEADO ESTRUCTURADO | | | | | | |
| 5.1 | PUNTOS DE INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO CAT. 6A, CON ETIQUETACIÓN | 40 | Unidad | RGSYSTEM | 28 | 1120,00 |
| 5.2 | PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN DE CABLEADO | 1 | Lote (\$ 7,00) | RGSYSTEM | 280,00 | 280,00 |
| SUBTOTAL 2 (SIN IVA) | | | | | | 5180,05 |

Tabla 4.3 Elementos de la red pasiva zona 2

ELEMENTOS REQUERIDOS ZONA 3

| It | Descripción | Cant. | Unidad | Marca | V/Unit USD \$ | V/Total USD \$ |
|---|---|-------|---------------|------------|------------------|-------------------|
| 1.- ÁREA DE TRABAJO | | | | | | |
| 1.1 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6ª | 32 | Unidad | PANDUIT | 7,92 | 253,44 |
| 2.- HORIZONTAL | | | | | | |
| 2.1 | Face plate de 2 port | 16 | Unidad | PANDUIT | 2,00 | 32,00 |
| 2.2 | Jack UTP Cat 6A | 32 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 197,12 |
| 2.3 | Cable UTP 4 P, Cat 6A | 384 | Metros | PANDUIT | 0,65 | 249,60 |
| 2.4 | Caja plástica decorativa | 16 | Unidad | DEXSON | 2,50 | 40,00 |
| 3.- CUARTO DE TELECOMUNICACIONES | | | | | | |
| 3.1 | Rack Cerrado de pared, 12 ur, 1 ventilador | 1 | Unidad | CONNECTION | 350,00 | 350,00 |
| 3.2 | Regleta eléctrica de 19", para rack | 1 | Unidad | QUEST | 60,00 | 60,00 |
| 3.3 | Bandeja fija de 2 RMS | 1 | Unidad | QUEST | 35,00 | 35,00 |
| 3.4 | Organizador horizontal 2 RMS, frontal y posterior | 2 | Unidad | QUEST | 30,00 | 60,00 |
| 3.5 | Patchpanel modular para 24 puertos, 1 RMS, | 2 | Unidad | PANDUIT | 35,00 | 70,00 |
| 3.6 | Patchpanel modular para 16 puertos, 1 RMS, | 0 | Unidad | PANDUIT | 28,00 | 0,00 |
| 3.7 | Jack RJ45, Cat 6A | 32 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 197,12 |
| 3.8 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 1 metros Cat. 6A, | 32 | Unidad | PANDUIT | 5,00 | 160,00 |
| 4.- MEDIOS DE CONDUCCIÓN | | | | | | |
| 4.1 | Medios de conducción plástico: canaleta 60x40 mm, canaleta 40x22 mm, accesorios | 0,5 | Lote | NACIONAL | 1600,00 | 800,00 |
| 5.- MANO DE OBRA CABLEADO ESTRUCTURADO | | | | | | |
| 5.1 | PUNTOS DE INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO CAT. 6A, CON ETIQUETACIÓN | 32 | Unidad | RGSYSTEM | 28 | 896,00 |
| 5.2 | PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN DE CABLEADO | 1 | Lote (\$7,00) | RGSYSTEM | 224,00 | 224,00 |
| SUBTOTAL 3 (SIN IVA) | | | | | | 3624,28 |

Tabla 4.4 Elementos de la red pasiva zona 3

ELEMENTOS REQUERIDOS ZONA 4

| It | Descripción | Cant. | Unidad | Marca | V/Unit USD \$ | V/Total USD \$ |
|---|---|-------|---------------|------------|------------------|-------------------|
| 1.- ÁREA DE TRABAJO | | | | | | |
| 1.1 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6A | 74 | Unidad | PANDUIT | 7,92 | 586,08 |
| 2.- HORIZONTAL | | | | | | |
| 2.1 | Face plate de 1 port | 74 | Unidad | PANDUIT | 1,87 | 138,38 |
| 2.2 | Jack UTP Cat 6A | 74 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 455,84 |
| 2.3 | Cable UTP 4 P, Cat 6A | 3340 | Metros | PANDUIT | 0,65 | 2171,00 |
| 2.4 | Caja plástica decorativa | 74 | Unidad | DEXSON | 2,50 | 185,00 |
| 3.- CUARTO DE TELECOMUNICACIONES | | | | | | |
| 3.1 | Rack Cerrado de pared, 20 ur, 1 ventilador | 1 | Unidad | CONNECTION | 350,00 | 350,00 |
| 3.2 | Regleta eléctrica de 19", para rack | 1 | Unidad | QUEST | 60,00 | 60,00 |
| 3.3 | Bandeja fija de 2 RMS | 1 | Unidad | QUEST | 35,00 | 35,00 |
| 3.4 | Organizador horizontal 2 RMS, frontal y posterior | 4 | Unidad | QUEST | 30,00 | 120,00 |
| 3.5 | Patchpanel modular para 24 puertos, 1 RMS, | 4 | Unidad | PANDUIT | 35,00 | 140,00 |
| 3.6 | Patchpanel modular para 16 puertos, 1 RMS, | 1 | Unidad | PANDUIT | 28,00 | 28,00 |
| 3.7 | Jack RJ45, Cat 6A | 74 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 455,84 |
| 3.8 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 1 metros Cat. 6A, | 74 | Unidad | PANDUIT | 5,00 | 370,00 |
| 4.- MEDIOS DE CONDUCCIÓN | | | | | | |
| 4.1 | Medios de conducción plástico: canaleta 60x40 mm, canaleta 40x22 mm, accesorios | 1,0 | Lote | NACIONAL | 1600,00 | 1600,00 |
| 5.- MANO DE OBRA CABLEADO ESTRUCTURADO | | | | | | |
| 5.1 | PUNTOS DE INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO CAT. 6A, CON ETIQUETACIÓN | 74 | Unidad | RGSYSTEM | 28 | 2072,00 |
| 5.2 | PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN DE CABLEADO | 1 | Lote (\$7,00) | RGSYSTEM | 518,00 | 518,00 |
| SUBTOTAL 4 (SIN IVA) | | | | | | 9285,14 |

Tabla 4.5 Elementos de la red pasiva zona 4

ELEMENTOS REQUERIDOS ZONA 5

| It | Descripción | Cant. | Unidad | Marca | V/Unit USD \$ | V/Total USD \$ |
|---|---|-------|---------------|------------|------------------|-------------------|
| 1.- ÁREA DE TRABAJO | | | | | | |
| 1.1 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 7 pies Cat. 6ª | 148 | Unidad | PANDUIT | 7,92 | 1172,16 |
| 2.- HORIZONTAL | | | | | | |
| 2.1 | Face plate de 2 port | 74 | Unidad | PANDUIT | 1,87 | 138,38 |
| 2.2 | Jack UTP Cat 6A | 148 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 911,68 |
| 2.3 | Cable UTP 4 P, Cat 6A | 8704 | Metros | PANDUIT | 0,65 | 5657,60 |
| 2.4 | Caja plástica decorativa | 74 | Unidad | DEXSON | 2,50 | 185,00 |
| 3.- CUARTO DE TELECOMUNICACIONES | | | | | | |
| 3.1 | Rack Cerrado de pared, 30 ur, 1 ventilador | 1 | Unidad | CONNECTION | 350,00 | 350,00 |
| 3.2 | Regleta eléctrica de 19", para rack | 1 | Unidad | QUEST | 60,00 | 60,00 |
| 3.3 | Bandeja fija de 2 RMS | 1 | Unidad | QUEST | 35,00 | 35,00 |
| 3.4 | Organizador horizontal 2 RMS, frontal y posterior | 7 | Unidad | QUEST | 30,00 | 210,00 |
| 3.5 | Patchpanel modular para 24 puertos, 1 RMS, | 7 | Unidad | PANDUIT | 35,00 | 245,00 |
| 3.6 | Patchpanel modular para 16 puertos, 1 RMS, | 1 | Unidad | PANDUIT | 28,00 | 28,00 |
| 3.7 | Jack RJ45, Cat 6A | 148 | Unidad | PANDUIT | 6,16 | 911,68 |
| 3.8 | Patch/Line cord, UTP 4 P de 1 metros Cat. 6A, | 148 | Unidad | PANDUIT | 5,00 | 740,00 |
| 4.- MEDIOS DE CONDUCCIÓN | | | | | | |
| 4.1 | Medios de conducción plástico: canaleta 60x40 mm, canaleta 40x22 mm, accesorios | 1,0 | Lote | NACIONAL | 1600,00 | 1600,00 |
| 5.- MANO DE OBRA CABLEADO ESTRUCTURADO | | | | | | |
| 5.1 | PUNTOS DE INSTALACIÓN DE CABLEADO ESTRUCTURADO CAT. 6A, CON ETIQUETACIÓN | 148 | Unidad | RGSYSTEM | 28,00 | 4144,00 |
| 5.2 | PRUEBAS DE CERTIFICACIÓN DE CABLEADO | 1 | Lote (\$7,00) | RGSYSTEM | 1036,00 | 1036,00 |
| SUBTOTAL 5 (SIN IVA) | | | | | | 17424,50 |

Tabla 4.6 Elementos de la red pasiva zona 5

Detallados los costos por cada uno de los elementos que se van a necesitar para una implementación a futuro de la red diseñada a continuación se presenta en la tabla 4.7 un resumen de los costos para la red pasiva.

| ZONA | VALOR |
|------------------------|--------------|
| SUBTOTAL 1 | \$ 2.906,30 |
| SUBTOTAL 2 | \$ 5.180,05 |
| SUBTOTAL 3 | \$ 3.624,28 |
| SUBTOTAL 4 | \$ 9.285,14 |
| SUBTOTAL 5 | \$ 17.424,50 |
| TOTAL (SIN IVA) | \$ 38.420,27 |

Tabla 4.7 Valor total de la red pasiva

4.3 COSTOS REFERENCIALES DE LA RED ACTIVA

Para efectuar el análisis de los costos de la red activa se han considerado elementos como: *switches*, servidores y *Access Point*. Se efectuará una comparación entre características técnicas de 3 marcas.

4.3.1 EQUIPOS DE CONECTIVIDAD

Para el presente Proyecto de Titulación se han considerado equipos de conectividad de las marcas Cisco, HP y D-link, debido a la confiabilidad y facilidad de conseguirlos en el mercado nacional.

4.3.1.1 Equipos Cisco

4.3.1.1.1 Cisco Catalyst 2960 24 TS – L

La figura 4.1 muestra la imagen del equipo *Cisco Catalyst 2960* de 24 puertos.



Figura 4.1 Cisco Catalyst 2960 24 TS – L

Puertos e Interfaces: 24 administrables + 4 SFP (24 x 10/100/1000 + 4 x SFP)

Capacidad de conmutación: 176 Gps

Rendimiento: 41.7 Mpps

Protocolos de gestión: SNMP 1-2, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, SSH, TFTP, HTTPS.

Características y cumplimiento de normas: Conmutación Layer 2, autosensor por dispositivo, asignación dirección dinámica IP, negociación automática, soporte BOOTP, soporte ARP, equilibrio de carga, soporte VLAN, señal ascendente automática (MDI/MDI-X automático), snooping IGMP, soporte para Syslog, soporte *DiffServ*, Broadcast Storm Control, soporte IPv6, Multicast Storm Control, Unicast Storm Control, admite Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), admite Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP). IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1s, IEEE 802.3ah, IEEE 802.1ab (LLDP)

Costo sin IVA: \$2695.15

4.3.1.1.2 Cisco WS Catalyst 3560 G24 TS- S

La figura 4.2 muestra la imagen del equipo *Cisco WS Catalyst 3560 G24 TS- S*.



Figura 4.2 Cisco WS Catalyst 3560 G24 TS- S

Puertos: 24 x 10/100/1000 + 4 x Gigabit SFP

Rendimiento: 38.7 mpps

Protocolo de direccionamiento: RIP-1, RIP-2, HSRP, direccionamiento IP estático, RIPng

Protocolo de gestión remota: SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, SSH-2

Características y cumplimiento de normas: Capacidad duplex, conmutación Layer 3, conmutación Layer 2, auto-sensor por dispositivo, Encaminamiento IP, soporte de DHCP, negociación automática, soporte ARP, concentración de enlaces, soporte de MPLS, soporte VLAN, señal ascendente automática (MDI/MDI-X automático), snooping IGMP, limitación de tráfico, activable, admite Spanning Tree Protocol (STP), admite Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), admite Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP), snooping DHCP, soporte de Dynamic Trunking Protocol (DTP).

IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1s

Costo sin IVA: \$4,182.70

4.3.1.2 HP

4.3.1.2.1 HP 4210g 24 puertos

La figura 4.3 se observa la estructura correspondiente al *switch* HP 4210g de 24 puertos.



Figura 4.3 HP 4210g 24 puertos

Puertos: 24 puertos RJ-45 autosensing 10/100/1000

Capacidad de conmutación: 128 Gbps

Rendimiento: Hasta 95.2 mpps

Características y cumplimiento de normas: Puertos 10 Gigabit Ethernet opcionales, (IEEE 802.3 tipo 10BASE-T, IEEE 802.3u tipo 100BASE-TX, IEEE 802.3ab tipo 1000BASE-T), Auto-MDIX, Duplex: 10BASE-T/100BASE-TX: half o full duplex; 1000BASE-T, full duplex. 4 Puertos duales 10/100/1000 (IEEE 802.3 tipo 10BASE-T, IEEE 802.3u tipo 100BASE-TX, IEEE 802.3ab tipo 1000BASE-T); 802.3z, 1 puerto para consola RJ-45; Soporta un máximo de 4 puertos 10-GbEthernet. IEEE 802.1ag, IEEE 802.1D, IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q.

Costo sin IVA: \$2,145.90

4.3.1.2.2 HP E4510 24 G 24 puertos

En la imagen de la figura 4.4 se observa al switch HP E4510 24 G de 24 puertos.



Figura 4.4 HP E4510 24 G 24 puertos

Puertos: 24 RJ-45 auto-negotiating 10/100/1000

Capacidad de conmutación: 176 Gbps

Rendimiento: Hasta 93.2 mpps

Características y cumplimiento de normas: Puertos (IEEE 802.3 tipo 10Base-T, IEEE 802.3u tipo 100Base-TX, IEEE 802.3ab tipo 1000Base-T), 4 puertos SFP 10/100/1000 auto negociables (IEEE 802.3 tipo 10Base-T, IEEE 802.3u tipo 100Base-TX, IEEE 802.3ab tipo 1000Base-T), 802.3z. IEEE 802.1ag, IEEE 802.1D, IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q (GVRP), IEEE 802.1s, IEEE 802.1v VLAN, IEEE 802.1w, IEEE 802.1X, IEEE 802.3ad, IEEE 802.3ae, IEEE 802.3x, CIDR, DHCP, RADIUS VLAN & Priority, IPv6, OSPFv3 para IPv6, SNMPv1/v2c/v3, IEEE 802.1

Costo sin IVA: \$3.220,29

4.3.1.3 D-LINK

4.3.1.3.1 DGS-1210-24

La figura 4.5 muestra la imagen correspondiente a *switch* D-LINK DGS-1210 de 24 puertos.



Figura 4.5 DGS-1210-24

Puertos: *Switch* con 24 puertos Gigabit y 4 puertas SFP

Capacidad de conmutación: 48 Gbps

Rendimiento: 35,7 mpps

Características y cumplimiento de normas: IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE802.3ab, IEEE 802.3z, Soporta operación Half/Full-Duplex, Auto-negociación, Soporta Auto MDI-X/MDI-II, Soporta control de flujo de IEEE 802.3x, Soporta IGMP v1,v2, Spanning Tree, 802.3ad, Port Mirroring, Estándar 802.1Q, 256 grupos de VLAN en total, Max 256 Grupos VLAN estático, soporta 01 VLAN de administración, ACL, QoS, soporta 802.1p.

Costo sin IVA: \$420,00

4.3.1.3.2 DGS 3612

La figura 4.6 contiene la imagen del *switch* DGS 3612 de 24 puertos.



Figura 4.6 DGS 3612

Puertos: 12 puertos 10/100/1000BASE-T

4 combo puertos SFP/1000BASE-T

Capacidad de conmutación: 24 Gbps

Rendimiento: 17,86 mpps

Características y cumplimiento de normas: IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.ab, IEEE 802.3z, soporta operaciones Half/Full-Duplex, IEEE 802.3x, soporta 802.1D, 802.1w, 802.1s, 802.3ad, soporta 802.1AX, Port Mirroring, GVRP, Cisco CDP, VLAN, 802.1Q, 802.1v, VLAN Trunking, soporta 802.1p, ARP Proxy.

ACL. Soporta RIP v1/v2, OSPF , BGP, Ruta estática, control de ancho de banda, SSH, SSL, motor de seguridad D-Link, enmascaramiento DHCP, RADIUS, 802.1X, autenticación WEB y basada en MAC. Soporta RMON, SNMP, administración web. Soporte para IPv6, Auto MDI/MDIX, IEEE 802.1p (etiquetas de prioridad), 802.1 d.

Costo sin IVA: \$2.688,00

4.3.1.4 Cumplimiento de requerimientos

Una vez detallados e identificados los dispositivos que podrán ser utilizados para la implementación de la red de comunicaciones de voz y datos del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, se procede a cotejar entre las características de los equipos acorde al detalle de especificaciones que se realizó en el capítulo anterior.

Con el cotejamiento de las características se establecerá el cumplimiento de los requerimientos de la Institución para una posible implementación de la red de comunicaciones.

Para los equipos descritos anteriormente en los cuales se ha mencionado las características técnicas y económicas encontradas en el mercado se procede a detallar en la tabla 4.8 el cumplimiento de requerimientos de las 3 alternativas de los *switches* de Distribución y Acceso.

La comparación entre características de los *switches* de Core se encuentran detallados en la tabla 4.9

| DETALLES DE HARDWARE | DESCRIPCIÓN | CISCO Catalyst 2960 | HP HP 4210g | D-LINK DGS-1210 |
|------------------------------|--|---------------------|-------------|-----------------|
| BACKPLANE | 56 Gbps | ✓ | ✓ | No |
| ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS | IEEE 802.1w | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.1q | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.1p | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.1v | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3x | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3z | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3d | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3u | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3af | ✓ | ✓ | ✓ |
| MEMORIA Y PROCESADOR | 1024 MB SDRAM 512 MB Flash | ✓ | ✓ | ✓ |
| PROTOCOLOS DE ADMINISTRACIÓN | SNMP v1, v2, v3 Telnet | ✓ | ✓ | ✓ |
| RENDIMIENTO | Baja latencia Alta capacidad de conmutación Soporte SPT Tamaño elevado en tablas de enrutamiento | ✓ | ✓ | ✓ |
| PUERTOS | Puertos RJ45 Autosensing 10/100/1000 Puerto serial de consola RJ45 Puertos fijos 1000/10000 SPF | ✓ | ✓ | ✓ |
| ALIMENTACIÓN | 110 – 120 VAC a 50/60 Hz | ✓ | ✓ | ✓ |
| OTRAS ESPECIFICACIONES | 1 Unidades de Rack (UR) 0°C -40°C | ✓ | ✓ | ✓ |
| COSTOS [USD] (sin IVA) | | \$2695.15 | \$2,145.90 | \$420.00 |

Tabla 4.8 Características de los switches de Distribución y Acceso

| REQUERIMIENTO | DESCRIPCIÓN | Cisco Catalyst 3560 G24S | HP E4510 24 G 24 | D-Link DGS 3612 |
|---------------------------------|---|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| BACKPLANE | 32 Gbps | ✓ | ✓ | ✓ |
| ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS | IEEE 802.1w | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.1q | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.1p | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.1v | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3x | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3z | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3d | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3u | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3af | ✓ | ✓ | ✓ |
| | IEEE 802.3ad | ✓ | ✓ | ✓ |
| PROTOCOLOS DE ADMINISTRACIÓN | SNMP v1, v2, v3, Telnet | ✓ | ✓ | ✓ |
| RENDIMIENTO | Baja latencia Alta capacidad de conmutación Soporte SPT Tamaño elevado en tablas de enrutamiento | ✓ | ✓ | ✓ |
| PUERTOS | Puertos RJ45 <i>Autosensing</i> 10/100/1000 Puerto serial de consola RJ45 Puertos fijos 1000/10000 SPF | ✓ | ✓ | ✓ |
| MEMORIA Y PROCESADOR | 1024 MB SDRAM 512 MB Flash | ✓ | ✓ | ✓ |
| CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIÓN | 110 – 120 VAC a 50/60 Hz | ✓ | ✓ | ✓ |
| COSTO [USD] sin IVA | | \$ 4,182.70 | \$ 3220,29 | \$ 2688 |

Tabla 4.9 Características mínimas para el *switch* de Core

Con el análisis realizado de cada uno de los *switches*, se procede a seleccionar como alternativa más conveniente para el proyecto a los *switches* de marca HP tanto para Distribución, Acceso y Core por características y ventajas económicas que poseen.

La justificación de haber escogido *switches* HP está basada en que se brinda a la red una estandarización de criterios frente a los equipos Cisco.

Los equipos Cisco; en su mayor parte utilizan protocolos propietarios que a pesar de cumplir con las características mencionadas, limitan el uso de ciertas funcionalidades de la red multiservicios.

Los *switches* D-Link detallados que cumplen con las características mencionadas, son del tipo *Smart* implicando esto que sean semi-administrables. Estos equipos del tipo *Smart* soportan configuración de ciertas características, siendo esta la una limitante en caso de integración de funcionalidades adicionales o administración por medio de *scripts* de configuración, que faciliten la gestión de la red.

En la tabla 4.10 se presentan los costos que generará la adquisición de los equipos de conectividad correspondientes a cada capa, siendo la alternativa de *switch* de marca HP la seleccionada para el ISTER.

| DETALLE | CANTIDAD | COSTO UNIT. | COSTO TOTAL |
|--------------------------|----------|-------------|--------------|
| CAPA DE CORE | 1 | \$ 3.220,29 | \$ 3.220,29 |
| CAPA DISTRIBUCIÓN | 2 | \$ 3.220,29 | \$ 6.440,58 |
| ZONA 1 | 1 | \$ 2.145,90 | \$ 2.145,90 |
| ZONA 2 | 2 | \$ 2.145,90 | \$ 4.291,80 |
| ZONA 3 | 2 | \$ 2.145,90 | \$ 4.291,80 |
| ZONA 4 | 4 | \$ 2.145,90 | \$ 8.583,60 |
| ZONA 5 | 7 | \$ 2.145,90 | \$ 15.021,30 |
| Total sin IVA | | | \$43.995,27 |

Tabla 4.10 Costo total equipos de conectividad

4.3.2 FIREWALL

El firewall planteado para dar solución a la protección de la red será de tipo hardware y será el encargado en comprobar la información procedente de Internet o de una red y, a continuación, bloquea o permite el paso de ésta al equipo, en función de la configuración del firewall, en el presente capítulo se hace una

comparación para la selección de equipos de protección o seguridad, a partir de las especificaciones técnicas y costos de 3 marcas de equipos disponibles.

4.3.2.1 ASA 5505 Appliance with S/W-10 Users 8 Port DES

La figura 4.7 corresponde a la imagen del equipo *firewall ASA 5505 Appliance with S/W-10 Users 8 Port DES*.

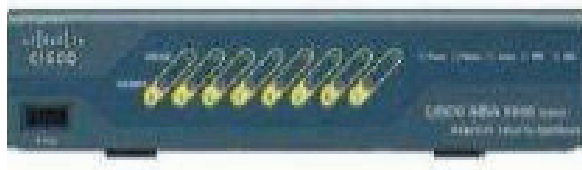


Figura 4.7 ASA 5505 Appliance with S/W-10 Users 8 Port DES

Características:

Permite VPN, crear hasta diez conexiones mediante IPSec y SSL, 8 Puertos RJ-45 10/100Base-TX, dos incluyen PoE, 1 Puerto RJ-45 para administración por consola, 3 puertos USB 2.0.

4000 conexiones por Segundo y 10000 Concurrent Connection

Soporte para 802.1Q VLAN

ASA 5500 Nivel base de encriptación (DES)

Costo sin IVA: \$634,37

4.3.2.2 HP S200-S UTM Appliance

La figura 4.8 corresponde a la imagen del equipo *firewall HP S200-S UTM Appliance*.



Figura 4.8 HP S200-S UTM Appliance

Puertos: 5 puertos Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet

Red / Protocolo de transporte: L2TP, ICMP/IP, IPSec, PPPoE

Protocolo de gestión remota: SNMP v1, SNMP v3, SNMP 2c, HTTP, HTTPS,
FTP, SSH, Telnet

Conexiones concurrentes: 60000

500 Túneles IPSec VPN simultáneos, 512 Túneles L2TP VPN simultáneos

Características: Protección *firewall*, Encaminamiento IP, soporte de NAT, asistencia técnica VPN, soporte ARP, soporte VLAN, limitación de tráfico, prevención contra ataque de DoS (denegación de servicio), soporte IPv6, análisis de antivirus, Sistema de prevención de intrusiones (IPS), filtrado de URL, prevención de ataque DDos, protección anti-spam, Quality of Service (QoS), Servidor DHCP, DNS proxy.

Algoritmo de encriptación: 3DES, AES, DES, MD5, SHA-1

Costo sin IVA: \$4.116,00

4.3.2.3 DFL-860 ENetDefend UTM *Firewall*

La figura 4.9 corresponde a la imagen del equipo *firewall* DFL-860 ENetDefend.



Figura 4.9 DFL-860 ENetDefend UTM *Firewall*

Puertos: DB9, RS-232 para administración, 2 Puertos WAN Ethernet 10/100 Mbps Ethernet, 1 Puerto DMZ Ethernet 10/100 Mbps Ethernet, 7 Puertos LAN Ethernet 10/100 Mbps Ethernet.

Sesiones Concurrentes: 20.000

Sesiones por segundo: 4.000

Características: Ruteo, Network Address Translation (NAT), Port Address Translation (PAT), OSPF Dynamic Routing, Port Forwarding, Configuración de políticas programables en el tiempo, DHCP, Rutas estáticas. Soporta IEEE 802.1q VLAN: hasta 8 VLAN, IP Multicast: IGMP v3 ruteo y reenvío (compatible con v1 y v2), HTTP, FTP, H.323, POP3, SMTP, SIP, TFTP, TLS 1.0 (RFC 2246), Sistema de Detección y Prevención de Intrusos (IDS/IPS), balanceo de carga. Protocolo IPSec, DES/3DES/AES/TwoFish/Blowfish/CAST-128/NULL.

Algoritmo de autenticación: MD5, SHA-1

Comprobación del encabezado MIME para filtrar extensiones de archivos
Protección de tasa del correo electrónico (por el protocolo SMTP solamente). Lista negra de DNS basada en Peso

Costo sin IVA: \$1.932,00 USD

Como se puede observar en los detalles para equipos *Firewall*, los equipos HP y D-link presentan las mejores características de seguridad para el *firewall* respecto al equipo Cisco. Se recomienda la utilización de *firewalls* de marca HP de manera que se pueda mantener homogeneidad en la red de datos.

4.3.3 RED INALÁMBRICA

La red inalámbrica del ISTER estará equipada con equipos D-link y HP debido a que son dispositivos que cumplen con características especificadas para la implementación de la red. Una de las ventajas al escoger la opción D-link se debe a la facilidad de manejo y configuración.

4.3.3.1 Marca comercial D-LINK

4.3.3.1.1 *Wireless Access Point DAP-1353*

La imagen de la figura 4.10 hace referencia al *Access Point DAP 1353* el mismo que posee las características definidas a continuación.

Puerto de 10/100/1000BASE-TX: IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab

Estándar: IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n



Figura 4.10 *Access Point* DAP 1353

Modulación: 802.11b: DQPSK, DBPSK, DSSS, y CCK; 802.11g y n: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, OFDM

Modos de Operación: *Access Point*, WDS with AP, WDS

Seguridad: WPA, WPA2, 4 SSID Para segmentación de Red, Filtro de dirección MAC, Función de deshabilitar SSID broadcast, 802.1Q VLAN, Quality Of Service (QoS), Soporte 802.11x RADIUS, 802.3 af, 802.3

Costo sin IVA: \$130

4.3.3.2 Marca comercial HP

4.3.3.2.1 HP 3Com Airconnect 9550

La imagen de la figura 4.11 hace referencia al *Access Point* HP 3Com Airconnect 9550 el mismo que posee las características definidas a continuación.



Figura 4.11 *Access Point* HP 9550

Conectividad: 10BASE-T 10/100/1000 RJ-45.

Algoritmo de seguridad: WPA2- Enterprise, WPA2, AES/TKIP; WEP 64/128-bit.

Cumplimiento de estándares del mercado: IEEE 802.3i, 802.3u, 802.3ab, 802.3af, 802.11d, 802.1X; 802.11g, 802.11n draft 2.0; WMM, WPA2/WPA *Wi-Fi*.

Protocolo de Gestión: SNMP v1 & v2c

La tabla 4.11 muestra la solución seleccionada para la red inalámbrica al igual que el costo que conllevaría la adquisición de los equipos.

| CANTIDAD | DISPOSITIVO | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|----------|-----------------------|-----------------|-------------|
| 10 | ACCESS POINT DAP-1353 | \$162,00 | \$1623,34 |

Tabla 4.11 Costos de *Access Point*

4.3.4 SERVIDORES

Con el análisis efectuado en el presente Proyecto de Titulación y apoyados con los requerimientos del personal de la Institución, se recomienda el uso de servidores HP Proliant ML350G6. Estos servidores poseen compatibilidad con equipos de interconectividad que van a ser instalados en la red además de la robustez y fiabilidad que poseen.

Entre las características más importantes se mencionan las de la tabla 4.12.

| | Memoria RAM | Disco Duro | Velocidad del procesador |
|------------------------------|-------------|------------|--------------------------|
| Servidor 1 | 5.7 GB | 300 GB | 400 MHz |
| Servidor 2 | 3 GB | 300 GB | 2.2 GHz |
| Servidor de Antivirus | 2 GB | 400 MB | 800 MHz |

Tabla 4.12 Características básicas para los servidores

Una de las ventajas al haber seleccionado estos equipos es que se pueden instalar acorde a las necesidades de los usuarios, permitiendo ampliarlos; además destaca su confiabilidad ante fallos mediante la implementación de una fuente de

alimentación redundante, ventiladores, memoria RAM y capacidad de almacenamiento que pueden ser adquiridos por separado. Estos equipos pueden ser ampliados mediante la implementación de un procesador adicional, pudiendo llegar hasta 192 GB de memoria; además posee integración con tarjetas Gigabit Ethernet.

Una de las características prioritarias para la implementación de este proyecto recae en la capacidad de virtualización, importante para brindar algunos de los servicios que prestará la red. Se recomienda que para los servidores 1 (Web, FTP, DHCP, DNS y Correo Electrónico) y servidor 2 (Voz y video), se consideren dos servidores HP Proliant ML350G6 para tener características de redundancia en caso de falla de alguno de ellos.

En el servidor 2 se considera además una mayor capacidad de memoria debido al procesamiento de voz y video que debe realizar. El servidor de antivirus será implementado en el equipo que actualmente funciona como servidor ya que cumple con los requerimientos y características para este tipo de servicio. En la tabla 4.13 se presentan las características y costos de los servidores que se recomiendan para la Institución.

| Servidor | Procesador | Memoria RAM | Tarjeta de red | Disco Duro | Fuente de Poder | Costo (USD) |
|-----------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------|
| Servidor 1 y 2 | Procesador QUADCORE Intel® Xeon® E5620 | 2 DDR3-1066, HT, (3GB) HP PC3-10600 | Red Gigabit NC326i PCI-e doble puerto | 2 HP 300GB SAS DP HDD | HP 460W HE 12V ML350G 6 | \$ 3.450,00 |
| | Intel Core 2 Quad @ 2.4 Ghz | 4 GB | Realtek 8168/8111 | Disco duro Samsung Samsung HD322HJ | -- | -- |

Tabla 4.13 Características mínimas para los servidores

4.3.5 TELEFONÍA IP ^[72]

En el servidor 2 se implementará el servicio de telefonía IP el mismo que estará basado en un servicio soportado por software. Se planea instalar un único complemento que va a ser instalado en éste, que es la tarjeta para soportar los puertos analógicos que van a servir para conectar a la red para llamadas hacia la red telefónica pública.

Los costos para estas tarjetas y teléfonos IP se especifican en la tabla 4.14.

| Equipo | Cantidad | Costo unitario [USD] | Costo total [USD] |
|--|----------|----------------------|-------------------|
| Tarjeta Openvox A800P 8 puertos FXO | 2 | 460,00 | 920,00 |
| Teléfono Grandstream GXP1450 | 60 | 85,00 | 5100,00 |
| Total sin IVA | | | 6020,00 |

Tabla 4.14 Costos para la Telefonía IP

Se ha seleccionado tarjetas Openvox frente a las Diguim por la recomendación de los proveedores ya que éstas presentan características de confiabilidad. Las tarjetas descritas en la tabla 4.14, toleran 8 troncales analógicas, que cumplirían los requerimientos que se especificaron en el capítulo III, más las líneas que funcionarán como teléfonos directos.

Una vez determinada la solución de Telefonía IP que cumple con los requerimientos técnicos para este proyecto se procede con el desglose y análisis de costos. Se hará énfasis en los beneficios que la solución aporta al diseño de la red y al costo total de la inversión, a corto y mediano plazo.

Los costos para la solución de Telefonía IP se desglosan en: hardware y software; licencias, instalación, soporte y mantenimiento.

La tabla 4.15 incluye precios del servidor de Telefonía IP, de gama media y de recepción, *softphone*, ATAs y *gateways*, así como también precios que incluyen accesorios y tarjetas adicionales que requieren todos los equipos.

| DESCRIPCIÓN | CANT. | PRECIO UNIT. | PRECIO FINAL |
|---|-------|--------------|--------------|
| Servidor de Telefonía IP, incluye 60 usuarios | 1 | \$ 12.860,00 | \$ 12.860,00 |
| Botonera teléfono recepción | 2 | \$ 340,00 | \$ 680,00 |
| ATA para teléfonos analógicos y faxes | 6 | \$ 220,00 | \$ 1.320,00 |
| Gateway de voz, SIP trunking para 25 sesiones. Incluye 1 tarjeta PVDM3-16 y 2 tarjetas VIC2-4FXO | 1 | \$ 5.290,00 | \$ 5.290,00 |
| TOTAL sin IVA | | | \$ 20.150,00 |

Tabla 4.15 Costos de equipos e instalación de telefonía IP

4.3.6 COSTO TOTAL DE LA RED ACTIVA

En la tabla 4.16 se muestra un resumen de cada uno de los costos y el costo total de la red activa la misma que se deja a consideración para las autoridades de la Institución.

| Item | Costo |
|---|--------------|
| Equipos de Conectividad | \$ 43.995,27 |
| <i>Firewall</i> | \$ 4.116,00 |
| Servidores | \$ 3.450,00 |
| Telefonía IP (Modulo FXO + 60 teléfonos) | \$ 26.530,00 |
| Red Inalámbrica | \$ 1.623,34 |
| TOTAL sin IVA | \$ 79.714,61 |

Tabla 4.16 Costo total de la red activa

4.4 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE SERVICIO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Detallados los costos de la red activa se procede a tomar en cuenta ciertos valores no considerados y que son posteriores a la instalación es decir costos de servicio, operación y mantenimiento.

Para el costo de servicio de Internet se ha analizado la propuesta comercial del proveedor de este servicio en la ciudad de Sangolquí, como es el caso de CNT. Entre las principales características del proveedor se tiene el costo de instalación y sobretodo de la disponibilidad del servicio por el lapso de un año.

En cuanto al valor del servicio de Internet la tabla 4.17 muestra el costo de servicio por 10 Mbps con compartición 1:1 asimétrico, al igual que otros valores relacionados para un adecuado funcionamiento de la red.

| DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO ESTIMADO MENSUAL | COSTO/MES |
|--|-------------|
| Costos referenciales de Servicio | \$ 680,00 |
| Costos referenciales de Operación | \$ 700,00 |
| Costos referenciales de Mantenimiento | \$ 200,00 |
| Subtotal | \$ 1.580,00 |
| 12% IVA | \$ 189,60 |
| TOTAL | \$ 1.769,60 |

Tabla 4.17 Costo mensual de Servicio Operación y Mantenimiento de la red

4.5 COSTO TOTAL DE LA RED

Considerando los numerales anteriores, se procede a determinar el valor total que conllevaría una posible inversión para la implementación de la red para el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, para ello se debe diferenciar entre el costo de inversión inicial y los valores recurrentes para el ISTER.

La tabla 4.18 presenta el resumen de los valores de inversión estimados para la implementación. Estos costos ya contienen los rubros correspondientes a la instalación y etiquetado así como la garantía de la parte pasiva y activa.

| DESCRIPCIÓN | COSTO |
|--|---------------|
| Costos referenciales de la red pasiva | \$ 38.420,70 |
| Costos referenciales de la red activa | \$ 79.714,61 |
| Subtotal | \$ 118.135,31 |
| 12% IVA | \$ 14.176,24 |
| Total | \$ 132.311,55 |

Tabla 4.18 Costo total de la inversión para la red integral de voz y datos

Los valores que constan en este capítulo se obtuvieron en base a proformas realizadas en diferentes distribuidoras de los elementos a utilizar en la red; la sugerencia para el Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui determinará una alternativa de solución, sin embargo la Institución puede elegir libremente qué elementos o dispositivos pueden utilizar en caso de ser implementada la red de voz y datos diseñada, sin dejar de lado cuando cumplan con las características técnicas reconocidas en el Proyecto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis de la situación actual del sistema de comunicaciones del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui, se determinó las debilidades que existían en ella. A pesar que el sistema de comunicaciones era precario fue posible evaluar el desempeño de utilización de la red, con el fin de perfeccionar y ampliar servicios y recursos que esta aprovisiona.
- Con este análisis se obtuvo un punto de inicio para proponer una nueva perspectiva para el sistema de comunicaciones de la Institución de manera que facilite efectuar un adecuado diseño de red.
- Para el diseño de la red de voz y datos se planteó un esquema modular basado en capas jerárquico-centralizado con topología en estrella establecida en niveles, los mismos que están conformado por la capa de Acceso, capa de Distribución y la capa de Núcleo. Las ventajas de utilizar este esquema radican en ofrecer rendimiento, escalabilidad y seguridad, dividiendo de este modo, que si hubiera la necesidad de extender nuevos puntos de red no alterarán el diseño ya que utilizarán el esquema de conexión ya existente.
- La propuesta de diseño suministra redundancia a nivel de equipos de conectividad, y enlaces de comunicación; con el uso de este mecanismo se evitará que los recursos existentes de la red se vean afectados simultáneamente, lo que inducirá que siempre exista un dispositivo o medio de transmisión de respaldo.
- Para el presente Proyecto de Titulación se ha considerado la propuesta de implementación de telefonía IP la misma que traerá beneficios económicos para la Institución, disminuyendo el gasto en líneas telefónicas; además ofrecerá flexibilidad para la instalación de nuevas extensiones. Esta situación no se puede dar al momento con la red telefónica analógica en funcionamiento debido a que existen solo dos líneas contratadas para la Institución. Además en caso de ser necesario se pueden instalar otros

dispositivos adicionales como teléfonos por software o añadir equipos analógicos a la red mediante adaptadores.

- Permitir ingresar a la red de la Institución de manera inalámbrica admitirá a los diferentes usuarios tener la posibilidad de utilizar sus dispositivos personales en sitios donde implementar puntos físicos de red resulta complicado o simplemente la implementación de ésta signifique un desperdicio de recursos. Además se puede ofrecer servicios de red a usuarios temporales.
- El presente diseño contempla la implementación de los servicios básicos de una intranet tales como DNS, MAIL, DHCP así como, permitirá brindar una plataforma apropiada para implementaciones de servicios integrados futuros.
- Dentro de las consideraciones para el diseño se aseguró la compatibilidad en los equipos de conmutación para que utilicen una tecnología estándar, de manera que la propuesta planteada brinde sustentabilidad para el rendimiento de la red. Para escoger los equipos se tomó en cuenta la escalabilidad, confiabilidad, cumplimiento de las características técnicas, y sobre todo la disponibilidad de los dispositivos en el mercado local.
- La alternativa tecnológica escogida fue la propuesta por HP, la cual constituye la más viable económicamente y técnicamente, debido a que no trabaja con protocolos propietarios y las funcionalidades de los equipos son estándares para trabajar con cualquier tecnología.
- El diseño propuesto para el Sistema de Cableado Estructurado es capaz de soportar un alto número de servicios, de forma que no sería un impedimento para el aumento de aplicaciones a futuro. Los equipos de conectividad tienen puertos adicionales a los que serán instalados para proveer estos servicios.
- Actualmente en la Institución la mayoría de los equipos de conectividad presentan características precarias para poder integrarlos en la nueva red. El servidor 2 es reutilizado para brindar el servicio de antivirus en la nueva red debido a que posee las características adecuadas para este fin.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para cada uno de los servicios básicos de la Intranet que se diseñaron (*mail*, telefonía IP) que serán manejadas por los usuarios dentro de la Institución, se recomienda brindar capacitación previa a su utilización, en donde se especifiquen las opciones, funcionalidad y beneficios que presentan cada una de ellas, de tal manera que los usuarios agilicen sus labores cotidianas explotando al máximo estas aplicaciones de red.
- Se sugiere que el *backbone* sea canalizado por los ductos existentes del edificio y de ser necesario canalizar por vía aérea, apegado a las normas establecidas y cuidando la integridad del este medio de transmisión, con el fin de evitar el corte accidental o provocado de los enlaces de comunicaciones, a lo que se puede añadir un nivel de redundancia tal como se especificó en el diseño.
- Se recomienda la realización de pruebas de cobertura de la red inalámbrica, con los equipos activos en funcionamiento de forma que se pueda determinar sitios que no posean cobertura, así como establecer la ubicación más acertada de los equipos.
- Seguidamente se recomienda realizar una adecuada administración de la red, debido a que es fundamental tener la documentación y bitácoras de los sucesos de la red pasiva y activa. La documentación debe contener las políticas de administración, seguridad, claves de acceso, configuraciones de los equipos, contratos con proveedores, SLAs, y manuales de usuarios de los diferentes programas computacionales.
- Se sugiere delegar a un profesional para que realice las veces de administrador de red ya que de ser necesario se solicitará tener esta información disponible, para poder realizar cambios en la infraestructura rápidamente así como detectar fallas o errores en la misma.
- Se recomienda como una alternativa implementar un sistema de administración para el monitoreo de los equipos, debido a que los equipos seleccionados soportan el protocolo de administración SNMP. Este software de administración facilitará y reducirá el tiempo para encontrar errores, suministrando una comunicación fiable en la red.

- Es necesario implementar políticas de seguridad como de uso de la red, y que sean difundidas entre los usuarios, de manera que se cree un ambiente responsable en el manejo y uso de los equipos y dispositivos de red. Actualmente no existe un adecuado manejo de reportes de incidencias ni mucho menos leyendas de uso de laboratorios lo cual ocasiona desconocimiento de los problemas operativos de los equipos.
- Se recomienda vincular personal calificado al equipo de TIC de manera que atiendan las necesidades de mantenimiento y operación de la red. Este personal deberá estar capacitado y sobre todo actualizado frente a los avances tecnológicos del día a día.
- Con lo que se refiere al sistema de protección eléctrica, es necesario la protección de los Cuartos de Telecomunicaciones y de la Sala de Equipo, debido a que poseen los equipos más sensibles de la red. Para el efecto se sugiere el uso de tomas eléctricas polarizadas en cada uno de los *racks*; conectadas a su vez a un sistema de puesta a tierra.
- Debido al alto costo que representa la adquisición de UPS para todos los laboratorios de computación, se recomienda solamente la compra de equipos de regulación y respaldo de voltaje, ya que una falla de energía sería crítica provocando el daño de los mismos y una posible pérdida de información que manejan los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAZURTO, J. & MENA, D. (2011). Rediseño de la red del Instituto Tecnológico Superior Central Técnico. Quito.
- [2] PERUGACHI, F. (2010). Reingeniería de la red LAN del Ilustre Municipio del cantón Rumiñahui. Quito.
- [3] SOLANO, D. (2009). Estudio y diseño de una red de voz y datos para Unidad Educativa Municipal Quitumbe utilizando la tecnología Gigabit Ethernet para soportar servicios en tiempo real de VoIP, video seguridad y videoconferencia. Quito.
- [4] GRANDA, A. & MONTOYA, O. (2013). Rediseño de la red del instituto nacional Mejía. Quito.
- [5] BROWN, K. (2004). IP Telephony Unveiled. CISCO PRESS.
- [6] CASTRO. A. (2011). Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información (2 da. ed.). Buenos Aires.
- [7] CHAFFIN, L. (2006). Building a VoIP Network with Multimedia Communication Server 5100.
- [8] GREGORY, P. (2008). Comunicaciones Unificadas para Dummies. Wiley Publishing.
- [9] Ing. HIDALGO, P. (2010). Redes de Área Local (LAN).
- [10] RUSSELL, T. (2008). Session Initiation Protocol, (SIP). Controlling Convergent. McGraw-Hill.
- [11] STALLINGS, W. (2004). Comunicaciones y Redes de Computadores (7ma. ed.). Madrid: Prentice Hall.
- [12] TANENBAUM, A. (2011). Redes de Computadoras (5ta ed. ed.). Boston.

- [13] TRAMULLA, J. (2010). Software libre para Servicios de Información Digital. Madrid.
- [14] VINUEZA, M. (2010). Fundamentos y Normas de Sistemas de Cableado Estructurado. Quito.
- [15] <http://culturacion.com/dispositivos-basicos-para-conexion-de-redes/>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [16] <http://bibliomatica.blogspot.com/2014/10/elementos-de-redes-de-computadores.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [17] <http://es.slideshare.net/cbreeto/capa-2-11677720>. Disponible a Diciembre de 2015. Disponible a Diciembre de 2015.
- [18] <http://redes13.cs.buap.mx/pdf/UNIDAD%204.pdf>. Disponible a Diciembre de 2015. Disponible a Diciembre de 2015.
- [19] <http://es.slideshare.net/MarcoAntonioArenasPorcel/tecnologas-lanwan>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [20] https://sites.google.com/site/comdatosgrupo4/contenidos/cap4_conmutacion-enrutamiento. Disponible a Diciembre de 2015. Disponible a Diciembre de 2015.
- [21] <http://www.textoscientificos.com/redes/redes-virtuales>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [22] <https://es.scribd.com/doc/17481738/Cisco-CCNA-3-Exploration-Conmutacion-y-Conexion-Inalambrica-de-Lan-Version-4-0-Espanol>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [23] <http://definicion.de/cableado-estructurado/#ixzz3wWHmYi8J>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [24] http://hera.cnice.mec.es/redes2/contenido/Pdf/mod1_3.pdf. Disponible a Diciembre de 2015.

- [25] <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [26] <http://lifewithdjbdns.org/es/#Los%20componentes%20de%20djbdns>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [27] <http://myslide.es/documents/manual-redes-558491622630d.html?>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [28] <http://obedhr.blogspot.com/>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [29] <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/380/1/38760tfc.pdf>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [30] <http://serverpruebas.com.ar/news31/nota05.htm>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [31] http://sinfotecnia.com/prestashop/product.php?id_product=11. Disponible a Diciembre de 2015.
- [32] http://sinfotecnia.com/prestashop/product.php?id_product=17. Disponible a Diciembre de 2015.
- [33] <http://ticdeveloper.blogspot.com/2008/10/implemente-una-zonadesmilitarizada-dmz.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [34] <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3451/52096-9.pdf?sequence=9>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [35] <http://www.adslzone.net/tutorial-44.18.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [36] <http://www.analytic.ru/articles/lib228.pdf>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [37] <http://www.bloginformatico.com/topologia-de-red.php>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [38] http://www.brissongroup.com/pdf/whitepapers/UnderstandSIP_WP.pdf. Disponible a Diciembre de 2015.

- [39] <http://www.configurarequipos.com/doc858.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [40] <http://www.ece.cmu.edu/~ece796/documents/g728e.pdf>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [41] http://www.global-b2b-network.com/b2b/96/529/82200/sell_jack_rj45.html
Disponible a Diciembre de 2015.
- [42] <http://www.ietf.org/rfc/rfc4749.txt>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [43] <http://www.infomat.es/xpunlimited.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [44] <http://www.informaticamoderna.com/UPS.htm>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [45] http://www.instalaciones.com.pe/satra_canaletas.html. Disponible a Diciembre de 2015.
- [46] http://www.itu.int/ITU-D/cyb/publications/2003/IP-tel_report-es.pdf. Disponible a Diciembre de 2015.
- [47] <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.729.1/en>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [48] <http://www.liberaliatempus.com/dns-bind.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [49] http://www.martel.com.ec/productos_detalle.php?id=313&idiom=1&
Disponible a Diciembre de 2015.
- [50] http://www.olaretta.com/index.php?option=com_content&view=article&id=60&limitstart=2. Disponible a Diciembre de 2015.
- [51] <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Estandar-VoIP-Redes-servicios-banda-ancha>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [52] <http://www.saulo.net/pub/inv/SegWi-Fi-art.htm>. Disponible a Diciembre de 2015.

- [53] <http://www.slideboom.com/presentations/100915/calidad-de-servicio>.
Disponible a Diciembre de 2015.
- [54] <http://www.slideshare.net/ocwmexico/sistemas-de-cableado-estructurado>.
Disponible a Diciembre de 2015.
- [55] http://www.syscom.com.mx/tecnologias_voip.htm. Disponible a Diciembre de 2015.
- [56] <http://www.telefoniavozip.com/voip/protocolos-en-la-telefonía-ip.htm>.
Disponible a Diciembre de 2015.
- [57] <http://www.textoscientificos.com/redes/firewalls-distribuidos/soluciones-seguridad/políticas-seguridad>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [58] http://www.uazuay.edu.ec/estudios/electronica/proyectos/redes_de_datos_lan2.pdf. Disponible a Diciembre de 2015.
- [59] <http://www.voipforo.com/H323vsSIP.php>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [60] <http://www.voip-info.org/wiki/view/WideBandIPPhones>.
Disponible a Diciembre de 2015.
- [61] <https://es.scribd.com/doc/58928259/Guia-Para-La-Creacion-de-Un-Cableado-Estructurado>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [62] <https://es.scribd.com/doc/77723929/Com-Put-Adores-Servidores-y-Redes-Lan>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [63] https://es.wikipedia.org/wiki/Real_time_control_protocol. Disponible a Diciembre de 2015.
- [64] <https://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [65] https://portal.etsi.org/stq/workshop2007presentations/Quinquis_slides.pdf
Disponible a Diciembre de 2015.

- [66] https://www.youtube.com/watch?v=HkCeosIKR_M. Disponible a Diciembre de 2015.
- [67] <https://www.youtube.com/watch?v=jkuKwaZGjYI&feature=related>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [68] <http://www.masWi-Fi.com/blog/2012/03/ubiquiti-nanostation-m2-manual-como-punto-de-acceso-ap/>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [69] http://www.trendnet.com/langsp/products/proddetail.asp?prod=150_TEW-638PAP&cat=124. Disponible a Diciembre de 2015.
- [70] <http://www.vendetutti.com/aviso-tarjeta-digium-original-tdm410p-para-4-modulos-fxo-fxs-centrales-ip-asterisk-trixbox-elastix-c33393.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [71] <http://www8.hp.com/es/es/home.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [72] http://www.shopydoo.es/ofertas-telefono_fijo-hp_3101sp_basic_speaker_phone.html. Disponible a Diciembre de 2015.
- [73] <https://www.hpe.com/us/en/networking/switches.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [74] https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_VoIP_software. Disponible a Diciembre de 2015.
- [75] <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573542.html>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [76] <http://www.instruminahui.edu.ec>. Disponible a Diciembre de 2015.
- [77] <http://www.voipforo.com/H323vsSIP.php>

ANEXOS

ANEXO A. Planos Arquitectónicos del Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui

ANEXO B. Etiquetado de los puntos de red