



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**



**DISEÑO DE LA RED TELEMÁTICA DEL NUEVO EDIFICIO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentada ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**REALIZADO POR**

Ojeda Nuez, Samuel Francisco C.I. V-18.537.103

Silva Paiola, Leonardo Ildemaro C.I. V-18.269.553

**TUTOR**

Ing. José Pirrone C.I. V-5.533.711

**FECHA**

/Febrero de 2012

## Resumen

El siguiente trabajo especial de grado tuvo como fin el diseño de la red de Área Local (*LAN*) del nuevo Edificio de Ingeniería de la UCAB, el cual funcionará como edificio de Aulas y de Oficinas de los varios Departamentos que allí laboraran, así como también el Decanato y la Facultad de Ingeniería.

Se tiene previsto dotar al nuevo edificio de servicios de Telecomunicaciones como: Cobertura Wi-Fi con conexión a internet, Telefonía IP, para el área de oficinas, así como también, conexión a Internet por medio de una Red convencional de Datos. También contará con servicios de videoconferencias para algunas áreas específicas del edificio, como: el auditorio y salas de reuniones de las distintas escuelas y decanatos de Ingeniería.

Tanto el diseño de la red, como la asignación de los servicios que brindará ésta, estarán basados bajo distintos parámetros de estudio como: el ancho de banda que demanden los usuarios según el servicio que estén utilizando, la máxima capacidad de usuarios que pueda soportar cualquiera de los recursos que brinde la red, el costo de las configuraciones que se puedan hacer utilizando distintas tecnologías de transmisión de datos, etc.

Se hizo un estimado de costos de los equipos recomendados a implementar en dicha red, así como, las características mínimas que deben poseer los dispositivos, para que la red funcione correctamente.

Por último se comprobó el funcionamiento de la red mediante un *software* especializado, para detectar los posibles cuellos de botella que pueda presentar el diseño una vez ya en funcionamiento.

**Palabras claves:** redes, diseño, simulaciones, cableado, tráfico.

### **Dedicatoria / Agradecimientos**

De Leonardo; a mis padres, que siempre han estado allí para mí, y que con su apoyo incondicional me han llevado hasta éste peldaño, que es el último del pre-grado y que sé siempre estarán orgullosos de mis logros en la vida. A mi hermana Samantha, que con su forma de ser, siempre con una sonrisa, me alegra el día. Y a María Fernanda; que no sólo ha estado a mi lado, en las buenas y en las malas durante la vida universitaria, sino porque sé que siempre estará allí el resto de mi vida, para darme fuerza en cada uno de los retos que se me presenten en el futuro. A ellos se lo dedico y se lo agradezco.

De Samuel; a mi madre, que con su infinito amor siempre tuvo una palabra de aliento para ayudarme a vencer las adversidades, gracias por estar ahí apoyándome en todo lo que me proponga, siempre haré sentirte orgullosa de mi. A mi padre, que desde algún rincón del cielo, siempre estuvo observándome y nunca me abandonó, aunque físicamente no estuviste presente, siempre te sentí a mi lado, gracias por darme fuerzas para seguir adelante. A mi hermana Luisa, siempre serás mi modelo de persona a seguir, gracias por hacerme el camino más fácil. A mi hermano Daniel, que con su constancia, me enseñó que cuando uno quiere, puede lograr lo que quiere. A mi dulce abuela, gracias por darme todo ese cariño, que siempre fue oportuno en los momentos difíciles. A Cesar y Loreana, gracias por brindarme esa bonita amistad, y por ser incondicionales conmigo, hicieron que la carga fuera más llevadera.

Queremos agradecer de forma especial a los profesores José Pirrone y Luis Barroso, que con su oportuna ayuda y comentarios acertados, hicieron posible la realización de este Trabajo Especial de Grado.

## Índice de contenido

<b>DEDICATORIA / AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>VII</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
II.- OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	3
II.1.- <i>Objetivo General</i> .....	3
II.2.- <i>Objetivos Específicos del Proyecto</i> .....	3
III.- LIMITACIONES Y ALCANCES .....	3
IV.- JUSTIFICACIÓN .....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>5</b>
I.- CABLEADO ESTRUCTURADO .....	6
I.1.- <i>La Ventaja de un Cableado Estructurado</i> .....	6
II.- CABLEADO ESTRUCTURADO (PLANIFICACIÓN) .....	8
II.1.- <i>Longitud total del cable</i> .....	8
II.2.- <i>Áreas de trabajo</i> .....	8
II.3.- <i>Cuarto de Telecomunicaciones</i> .....	9
II.4.- <i>Cableado Horizontal</i> .....	9
II.5.- <i>Cableado Backbone</i> .....	9
II.6.- <i>Aplicaciones del Cableado Estructurado</i> .....	10
III.- TOPOLOGÍA DE REDES.....	11
III.1.- <i>Redes convencionales:</i> .....	11
III.2.- <i>Redes estructuradas</i> .....	12
IV.- CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CATEGORÍAS.....	13
V.- LA FIBRA ÓPTICA.....	15
V.1.- <i>Tipos de fibra óptica</i> .....	16
VI.- VOZ SOBRE IP .....	18
VII.- WI-FI (WIRELESS FIDELITY) .....	22
VII.1.- <i>Bandas de Frecuencias para Wi-Fi</i> .....	22
VIII.- REDES DE ÁREA LOCAL (LAN POR SUS SIGLAS EN INGLÉS <i>LOCAL AREA NETWORK</i> ).....	23
IX.- REDES DE ÁREA AMPLIA (WAN POR SUS SIGLAS EN INGLÉS <i>WIDE AREA NETWORK</i> ) .....	24
X.- CÓDEC H.264.....	24
XI.- TRÁFICO EN TELEFONÍA .....	25
XI.1.- <i>Intensidad y unidades del tráfico:</i> .....	25
XI.2.- <i>Grado de Servicio</i> .....	26
XI.3.- <i>Tiempo de duración promedio de la llamada:</i> .....	26
XI.4.- <i>Modelos de distribución del tráfico telefónico:</i> .....	27
XI.5.- <i>Fórmula de Erlang B:</i> .....	27
XI.6.- <i>Fórmula de Erlang B Extendido</i> .....	29
XI.7.- <i>Fórmula de Erlang C:</i> .....	29
XI.8.- <i>Fórmula de Poisson</i> .....	31
XI.9.- <i>Comparación entre la fórmula de Erlang B y Poisson:</i> .....	32
XII.- POWER OVER ETHERNET (POE) .....	33
XIII.- ¿QUÉ ES QOS ( <i>QUALITY OF SERVICE</i> )?.....	37

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>40</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>40</b>
I.- FASE 1: INVESTIGACIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE REQUIERE EL EDIFICIO. ..	40
II.- FASE 2: DISEÑO DE LA RED TELEMÁTICA .....	40
III.- FASE 3: SIMULACIÓN DE LA RED TELEMÁTICA .....	41
IV.- FASE 4: REALIZACIÓN DEL ESTIMADO DE COSTOS DE LOS EQUIPOS .....	41
V.- FASE DE CULMINACIÓN.....	41
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>42</b>
<b>DESARROLLO Y RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
I.- INVESTIGACIÓN Y DOCUMENTACIÓN .....	42
II.- DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO FÍSICO Y LOS RECURSOS A EMPLEAR EN LA RED .....	42
II.1.- Descripción sobre la distribución del espacio del edificio.....	42
II.2.- Recursos a emplear en la Red .....	45
III.- OBTENCIÓN DE LOS PLANOS DEL EDIFICIO.....	49
IV.- CÁLCULOS DE LA CAPACIDAD DE LA RED .....	55
IV.1.- Capacidad de la Red Telefónica (VoIP).....	55
IV.2.- Capacidad de la Red de Datos.....	58
IV.3.- Cálculos del Área Administrativa .....	58
IV.4.- Cálculo de Salones con Video-Conferencia y WiFi .....	60
IV.5.- Total de Cálculos de Subida y Bajada .....	62
V.- SELECCIÓN DE LA ÁREAS DE COBERTURA INALÁMBRICA Y RED CABLEADA.....	63
V.1.- Características de la Red Inalámbrica.....	65
VI.- DESARROLLO DEL CABLEADO (VERTICAL Y HORIZONTAL).....	67
VII.- CUARTO DE TELECOMUNICACIONES .....	72
VIII.- SELECCIÓN DEL MODELO QOS .....	73
IX.- SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA .....	75
IX.1.- Selección del Tipo de Cable .....	75
X.- DIRECCIONAMIENTO DE LA RED (SUB-NETTING).....	76
XI.- SELECCIÓN DE LA TOPOLOGÍA DE LA RED.....	80
XII.- SIMULACIÓN DE LA RED (OPNET) .....	81
XII.1.- Análisis de Simulación .....	90
XIII.- ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	95
XIII.1.- Estimación de Cableado Horizontal y Vertical y Equipos afines.....	95
XIV.-DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.....	99
XIV.1.- Paneles de Distribución .....	99
XIV.2.- Equipos de enrutamiento y conmutación de datos .....	100
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>103</b>
I.- CONCLUSIONES .....	103
II.- RECOMENDACIONES.....	105
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>106</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de Cableado LAN .....	10
Figura 2. Cableado sin previa planificación .....	11
Figura 3. Ejemplo de Red estructurada con posibilidad de escalabilidad.....	13
Figura 4. Diferentes tipos de Fibra Óptica utilizada en Redes Telemáticas .....	18
Figura 5. Configuración de un ATA con las Redes LAN y WAN .....	21
Figura 6. Distribución de puertos de un ATA. ....	21
Figura 7. Redes WAN y LAN .....	25
Figura 8. Modelo de tráfico para Erlang B. ....	28
Figura 9. Modelo de tráfico para Erlang B extendido. ....	29
Figura 10. Modelo de tráfico para Erlang C. ....	30
Figura 11. Modelo de tráfico de Poisson. ....	31
Figura 12. Esquema genérico PoE.....	34
Figura 13. Configuración Modo A .....	36
Figura 14. Configuración Modo B .....	36
Figura 15. Planta Piso 2 del Nuevo Edificio Ingeniería .....	44
Figura 16. Planta Piso 2 del Nuevo Edificio Ingeniería .....	44
Figura 17. Plano Planta Baja .....	52
Figura 18. Plano Piso 1.....	53
Figura 19. Planta Piso 2.....	54
Figura 20. Velocidad de Bajada Área Administrativa.....	59
Figura 21. Velocidad de Subida Área Administrativa.....	60
Figura 22. Configuración Bajada/Subida Video-Conferencia .....	60
Figura 23 Configuración Bajada/Subida WiFi .....	61
Figura 24. Zona Cobertura WiFi y Red de Datos. ....	64
Figura 25. Distribución del Piso 2 red cableada y WiFi.....	66
Figura 26. Corte Transversal del Edificio.....	67
Figura 27. Diseño de Cableado Horizontal Piso 2.....	69
Figura 28. Recorrido Cableado Horizontal Pasillo Piso 2 .....	71
Figura 29. Configuración de <i>Racks</i> en CT.....	74
Figura 30. Idea General de las VLAN .....	77
Figura 31. Perfiles de Usuarios de la Red Telemática .....	82
Figura 32. Configuración del Perfil Wi-Fi .....	83
Figura 33. Configuración del Perfil Estaciones de Trabajo Fijas con VoIP .....	83
Figura 34. Configuración de Estación de Trabajo Fija.....	84
Figura 35. Topología Estrella .....	85
Figura 36. Topología Anillo .....	86
Figura 37. Subred Piso 1 .....	87
Figura 38. Subred de Wi-Fi.....	88
Figura 39. Subred de Estaciones de Trabajo Fijas.....	89
Figura 40. Retardo Global .....	90
Figura 41. Retardo en la Red Wi-Fi .....	91
Figura 42. Carga de Ethernet Global .....	92
Figura 43. Carga en la Red Wi-Fi.....	93
Figura 44. Tráfico enviado en <i>Switch</i> de Planta Baja.....	94
Figura 45. Distribución del Cableado con <i>Patch Panel</i> .....	99

## Índice de Tablas

Tabla 1. Categorías de los cables en las Redes Estructuradas .....	14
Tabla 2. Comparación entre los distintos estándares establecidos por la IEEE.....	23
Tabla 3. Número de Unidades por piso .....	43
Tabla 4. Distribución de Servicios Planta Baja .....	45
Tabla 5. Distribución de Servicios Piso 1.....	45
Tabla 6. Distribución de Servicios Piso 2.....	46
Tabla 7. Distribución de Servicios Piso 3.....	46
Tabla 8. Distribución de Servicios Piso 4.....	47
Tabla 9. Distribución de Servicios Piso 5.....	47
Tabla 10. Totalidad de Servicios en el Edificio.....	48
Tabla 11. <i>Medidas de la Planta Baja</i> .....	49
Tabla 12. <i>Medidas del Piso 1</i> .....	49
Tabla 13. Medidas del Piso 2 .....	50
Tabla 14. <i>Medidas del Piso 3</i> .....	50
Tabla 15. <i>Medidas del Piso 4</i> .....	51
Tabla 16. <i>Medidas del Piso 5</i> .....	51
Tabla 17. Erlangs generados en los casos mencionados.....	56
Tabla 18. Resumen de Velocidades de Bajada/Subida del Edificio .....	62
Tabla 19. Velocidad de Bajada y Subidas del Edificio.....	62
Tabla 20. Zona a cubrir con Wi-Fi .....	65
Tabla 21. Altura de Niveles del Edificio .....	67
Tabla 22. Cálculo de metros de Fibra Óptica .....	68
Tabla 23. Metros de cable UTP para Piso 2 Zona Administración.....	70
Tabla 24. Metros de cable UTP para Piso 2 Zona Pasillo .....	71
Tabla 25. Total en metros Cableado Horizontal.....	72
Tabla 26. Comparación entre Verificación de Trama.....	75
Tabla 27. Direccionamiento de Sub-red .....	77
Tabla 28. Configuración de VLAN .....	78
Tabla 29. Configuración Servidores DHCP .....	79
Tabla 30. Estimación Costos Cableado Vertical (Fibra Óptica).....	96
Tabla 31. Estimación Costos Cableado Horizontal (Fibra Óptica).....	96
Tabla 32. Estimación Costos Cableado Horizontal (Cable UTP).....	97
Tabla 33. Estimación Costos Red Wi-Fi .....	97
Tabla 34. Estimación Costo Red VoIP individual .....	98
Tabla 35. Comparación en Cableado Horizontal.....	98
Tabla 36. Características del Enrutador.....	100
Tabla 37. Características del <i>Switch</i> .....	101
Tabla 38. Características del Punto de Acceso Wi-Fi .....	102

## **Introducción**

La necesidad de la Universidad Católica Andrés Bello de siempre crecer y mantener su campus como uno de sus atributos más significativos, nos ha brindado la oportunidad de realizar el siguiente Trabajo Especial Grado, el cual trata del diseño de la red telemática del nuevo Edificio de la Facultad de Ingeniería, que en la actualidad se encuentra en el proceso de proyecto y que pretende ampliar la capacidad de las infraestructuras existentes de la universidad, para satisfacer la gran demanda de estudiantes de pre-grado que viene en aumento desde hace ya varios años.

Esencialmente el siguiente Trabajo Especial Grado, consiste en 5 capítulos distribuidos de la siguiente manera; el capítulo número uno, contempla el planteamiento del problema, objetivos generales y específicos, además de la justificación del mismo. El capítulo dos, envuelve todo el marco teórico necesario para comprender los temas desarrollados en el diseño de la red y el significado de algunas tecnologías expuestas para la resolución del problema planteado.

En el capítulo tres, se expresa la metodología realizada para realizar el Trabajo Especial Grado, está subdividida en fases (por semana) de cómo se planteó y distribuyó la carga para realizar éste tomo. En el capítulo número cuatro, se presentan tanto el desarrollo como los resultados obtenidos en el diseño de la red, es donde se plantean y se escogen las mejores opciones en cuanto a la tecnología y diseño a emplear, en el nuevo edificio, a partir de los cálculos realizados y expresados durante ése capítulo.

El último capítulo, trata sobre las conclusiones y recomendaciones derivadas a lo largo de la realización del Trabajo Especial Grado y engloba todo el trabajo hecho en capítulos anteriores. Cabe destacar que los anexos serán entregados en un apéndice separado de éste tomo, en un CD. Sin más que agregar, les presentamos a continuación, el primer capítulo del: *“Diseño de la red telemática del nuevo edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello”*.

## Capítulo I

### Planteamiento del Proyecto

En el siguiente capítulo se expondrá la visión general del proyecto, dividida en cuatro partes, las cuales son; *Planteamiento del Problema* donde se relatará la situación y el marco bajo el cual se realizará el proyecto, *Objetivos* a los que se desea llegar con la realización de éste trabajo de grado, incluye *Objetivo General y Específicos*, luego se plantearán las *Limitaciones y Alcances* que se prevé contará el proyecto, y por último, la *Justificación* del por qué se necesita, o se requiere, un trabajo especial de grado con el tema propuesto.

#### I.- Planteamiento del Problema

Entre los planes de desarrollo que tiene previsto la Universidad Católica Andrés Bello está la construcción del edificio para la Facultad de Ingeniería, el cual estará dotado con tecnología de punta para poder satisfacer la demanda de servicios que se originarán una vez entre en funcionamiento dicha edificación.

Para resolver esto, se debe diseñar una red de comunicaciones capaz de ofrecer eficazmente los servicios que van a ser requeridos por la comunidad de estudiantes, profesores, personal administrativo y obrero, que van a utilizar este edificio. La red que se desea diseñar tendrá como servicios prioritarios el acceso a internet para el área administrativa del edificio mediante una red de cables estructurados, así como acceso a WI-FI en toda la edificación.

De igual manera, para el área administrativa se desea implementar telefonía sobre IP, ya que es una versión más eficiente y barata de comunicación telefónica puesto que, utiliza la misma infraestructura de red que se usa para manejar los distintos tipos de datos que se generarán en el edificio. Para el auditorio, salas de reuniones y aulas especiales que tendrá el edificio, se quiere ofrecer el servicio de video conferencias para las distintas ponencias y actividades que requieran de dicho servicio.

Diseñando esta red de comunicaciones, se les facilitará a los estudiantes el desempeño de las actividades académicas, ya que con la tecnología inalámbrica se tendrá acceso a internet sin necesidad de estar en un sitio en específico de la edificación.

La implementación de fibra óptica aumentará los costos generados por el cableado, pero a su vez, permitirá, un mayor ancho de banda para el tráfico de datos, lo que se traduce en mayor velocidad de conexión y mayor cantidad de usuarios que podrán utilizar el servicio de internet.

Con este proyecto se pretende dotar con la tecnología más novedosa en el área de telecomunicaciones al edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello, logrando así que dicha edificación tenga la característica de edificio inteligente, por la gran cantidad de servicios y soluciones que prestará a todo el personal que demande los servicios descritos y por las tecnologías involucradas en la prestación de los mismos.

## **II.- Objetivos del Proyecto**

A continuación se expondrán los objetivos que se planean alcanzar con el presente trabajo de grado.

### **II.1.- Objetivo General**

Diseñar la Red Telemática para el nuevo edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello.

### **II.2.- Objetivos Específicos del Proyecto**

- Realizar un levantamiento de necesidades y servicios de telecomunicaciones a ser prestados.
- Diseñar la red telemática que hará posible ofrecer los servicios de conexión a la red interna de la Universidad, acceso a internet, llamadas por medio de voz sobre Ip y video conferencias.
- Simular la red telemática para probar el funcionamiento de la misma y detectar las posibles fallas que se puedan presentar.
- Realizar estimado de costo de los posibles equipos que pudieran ser implementados para la realización de dicha red.

## **III.- Limitaciones y Alcances**

El presente Trabajo Especial de Grado incluye:

- Diseño y simulación de la red telemática para el nuevo edificio de ingeniería.
- Propuesta con los posibles equipos a ser implementados para el desarrollo de este proyecto, así como los costos generales para llevar a cabo el mismo.
- Cómputos métricos para la red cableada.

El Trabajo Especial de Grado tiene como principal limitante que sólo se hace el diseño del proyecto de la red telemática y no la implementación de la misma, debido a que la realización de la obra civil del nuevo edificio todavía está en fase de diseño y su construcción está prevista para terminarse en aproximadamente 7 años.

#### **IV.- Justificación**

La Universidad Católica Andrés Bello, entre sus planes de ampliación en cuanto a la infraestructura del campus universitario, planteó la posibilidad de construir un nuevo edificio de aulas para la Facultad de Ingeniería, que además albergará las distintas Escuelas y Departamentos que actualmente laboran en el edificio de laboratorios de la universidad. Dicho edificio debe contar con una red de datos apropiada para soportar el tráfico de información que se generen, tanto en las áreas de oficinas (red cableada), como en las áreas de pasillos y aulas (red inalámbrica), para ello se decidió efectuar el diseño y simulación de la red del nuevo edificio de ingeniería como parte de realización de dicho proyecto.

## Capítulo II

### Marco Referencial

En el siguiente capítulo se expondrá el material teórico que soporta la investigación realizada en éste proyecto, la misma abarca los puntos más importantes considerados al momento de diseñar una red *LAN*, entre éstos esta; *El Cableado Estructurado* que dicta las normas o pautas que se deben seguir al momento de *cablear* un edificio, o estructura física, que albergará dicha red, *Tipología de Redes* a utilizar dentro de la red *LAN* a diseñar, *Fibra Óptica* a utilizar en el cableado *backbone* del edificio, además de las *Categorías de Cables* a emplear, y por último, una breve descripción del protocolo de *VoIP* empleado para redes con dicho servicio.

Tradicionalmente, se ha visto que a los edificios se les ha ido dotando de distintos servicios de mayor, o menor nivel tecnológico. Se les ha dotado de calefacción, aire acondicionado, suministro eléctrico, megafonía, seguridad, etc. Características que no implican dificultad, y que permiten obtener un edificio automatizado.

Cuando a dichos edificios se les dota de un sistema de gestión centralizado, con posibilidad de interconexión entre ellos, y se les agrega una infraestructura de comunicaciones (voz, datos, textos, imágenes, videos, etc.), se empieza a introducir el término: “*edificios inteligentes*” o “*edificios racionalizados*”.

## **I.- Cableado Estructurado**

El desarrollo actual de las comunicaciones: vídeo conferencia, telefax, servicios multimedia, redes de computadoras, hace necesario el empleo de un **sistema de cableado estructurado** avanzado, capaz de soportar todas las necesidades de comunicación como es el P.D.S. (*Premises Distribution System*) o “Sistema Local de Distribución”.

Estas tecnologías se están utilizando en: Hospitales, Hoteles, Recintos Feriales y de exposiciones, áreas comerciales, edificios industriales, edificios de departamentos, viviendas, etc. (Martín, 2005)

### **I.1.- La Ventaja de un Cableado Estructurado**

En la actualidad, numerosas empresas poseen una infraestructura de voz (telefonía tradicional) y datos (red telemática) principalmente, disgregada o separada, según las diferentes aplicaciones, entornos y de las modificaciones que se le hayan ido realizando a través y a lo largo del tiempo. Por ello es posible que coexistan multitud de cables, cada uno para su aplicación, y algunos en desuso después de las reformas. Esto pone a los responsables de mantenimiento en serios apuros cada vez que se quiere ampliar las líneas o es necesario su reparación o revisión. (Martín, 2005).

Todo ello se puede resumir en los siguientes puntos:

- Convivencia de cable de diferentes tipos: telefónico, coaxial, pares apantallados, pares sin apantallar con diferente número de conductores, etc.
- Deficiente, o nulo, etiquetado del cable, lo que impide su uso para una nueva función incluso dentro del mismo sistema.
- Imposibilidad de aprovechar el mismo tipo de cable para equipos diferentes.
- Peligro de interferencias, averías y daños personales, al convivir en muchos casos los cables de transmisión con los de suministro eléctrico.
- Coexistencia de diferentes tipos de conectores.
- Trazados diversos de los cables a través del edificio. Según el tipo de conexión hay fabricantes que eligen la estrella, otros el bus, el anillo o diferentes combinaciones de estas topologías.

- Posibilidad de accidentes. En diversos casos la acumulación de cables en el falso techo ha provocado su deterioro.
- Recableado por cada traslado de un terminal, con el subsiguiente coste de materiales y, sobre todo, de mano de obra.
- Saturación de cables produciendo su mal funcionamiento.
- Dificultades en el mantenimiento en trazados y accesibilidad de los mismos.

Ante esta problemática parece imposible encontrar una solución que satisfaga los requerimientos técnicos de los fabricantes y las necesidades actuales y futuras de los mismos.

Sin embargo entran en juego varios factores que permiten modificar este panorama, como:

- Tendencia a la estandarización de Interfaces por parte de gran número de fabricantes.
- Evolución de grandes sistemas informáticos hacia sistemas distribuidos y redes locales.
- Generalización del PC, o compatible, en el puesto de trabajo, como terminal conectado a una red.
- Tecnologías de fabricación de cables de cobre de alta calidad, que permite mayores velocidades y distancias.
- Aparición de la fibra óptica y progresivo abaratamiento del coste de la electrónica asociada.
- Además de todo ello, algunas compañías han tenido la iniciativa de racionalizar dichos sistemas, así como dar soluciones comunes.
- Normalización de los sistemas de cableado.
- Registros actualizados de la Red Telemática Interna.
- Sistemas de Gestión de Red.

(Martín, 2005)

## II.- Cableado Estructurado (PLANIFICACIÓN)

Al planificar la instalación del cableado LAN, existen cuatro áreas físicas que se deben considerar:

- Área de trabajo
- Cuarto de telecomunicaciones, también denominado servicio de distribución
- Cableado *Backbone*, también denominado cableado vertical
- Cableado de distribución, también denominado cableado horizontal.

(Martín, 2005)

### II.1.- Longitud total del cable

Para las instalaciones de cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*), el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B especifica que la longitud combinada total del cable que abarca tres de las áreas enumeradas anteriormente, sin incluir el cable *backbone*, se limita a una distancia máxima de 100 metros por canal. Este estándar también especifica las distancias máximas de *backbone*, que abarcan desde 90 m para el cable UTP hasta 3000 m para el cable de fibra monomodo, según el tipo de medio y la aplicación. (Systems, 2009).

### II.2.- Áreas de trabajo

Las áreas de trabajo son las ubicaciones destinadas para los dispositivos finales utilizados por los usuarios individuales. Cada área de trabajo tiene un mínimo de dos conectores que pueden utilizarse para conectar un dispositivo individual a la red. Se utilizan los llamados cables *patch* para conectar dispositivos individuales a los “conectores de pared” que son las extensiones del *Switch* de distribución. La longitud permitida del cable de conexión depende de las longitudes del cable horizontal y del cable del cuarto de telecomunicaciones. El estándar EIA/TIA especifica que los cables de conexión de UTP que se usen para conectar dispositivos a los conectores de pared deben cumplir con los requisitos de rendimiento establecidos en ANSI/TIA/EIA-568-B o superarlos. (Systems, 2009).

### **II.3.- Cuarto de Telecomunicaciones**

El cuarto de telecomunicaciones es el lugar donde se realizan las conexiones a los dispositivos intermediarios. Estos cuartos contienen dispositivos intermediarios (*hubs*, *switches*, *routers* y unidades de servicio de datos [*DSU*]) que conectan la red. Estos dispositivos proporcionan transiciones entre el cableado *backbone* al cableado horizontal.

Dentro del cuarto de telecomunicaciones, los cables de conexión realizan conexiones entre los paneles de conexión, donde terminan los cables horizontales, y los dispositivos intermediarios. Los cables de conexión también interconectan estos dispositivos intermediarios.

A menudo estos cuartos tienen una doble finalidad. En muchas organizaciones, el cuarto de telecomunicaciones también incluye los servidores utilizados por la red. (Systems, 2009).

En la Figura 1, se muestra el esquema básico de un cuarto de telecomunicaciones y la distribución del cableado horizontal y del *backbone*.

### **II.4.- Cableado Horizontal**

El cableado horizontal se refiere a los cables que conectan los cuartos de telecomunicaciones con las áreas de trabajo. La longitud máxima de cable desde el punto de terminación en el cuarto de telecomunicaciones hasta la terminación en la toma del área de trabajo no puede superar los 90 metros. Esta distancia máxima de cableado horizontal de 90 metros se denomina enlace permanente porque está instalada en la estructura del edificio. Los medios horizontales se ejecutan desde un *patch panel* en el cuarto de telecomunicaciones a un *jack* de pared en cada área de trabajo. Las conexiones a los dispositivos se hacen con cables de conexión. (Systems, 2009).

### **II.5.- Cableado Backbone**

El cableado *backbone*, se refiere al cableado utilizado para conectar los cuartos de telecomunicaciones a las salas de equipamiento, donde suelen ubicarse los servidores. El cableado *backbone* también interconecta múltiples cuartos de telecomunicaciones en toda la instalación.

Los *backbones*, o cableado vertical, se utilizan para el tráfico agregado, como el tráfico de entrada o de salida de Internet, y para el acceso a los recursos corporativos en una ubicación remota. Gran parte del tráfico desde varias áreas de trabajo utilizará el cableado *backbone* para acceder a los recursos externos del área o la instalación. Por lo tanto, los *backbones* generalmente requieren de medios de ancho de banda superiores, como el cableado de fibra óptica (Systems, 2009). En la Figura 1 se muestra un esquema de cómo es el esquema de una LAN con respecto a su cableado.

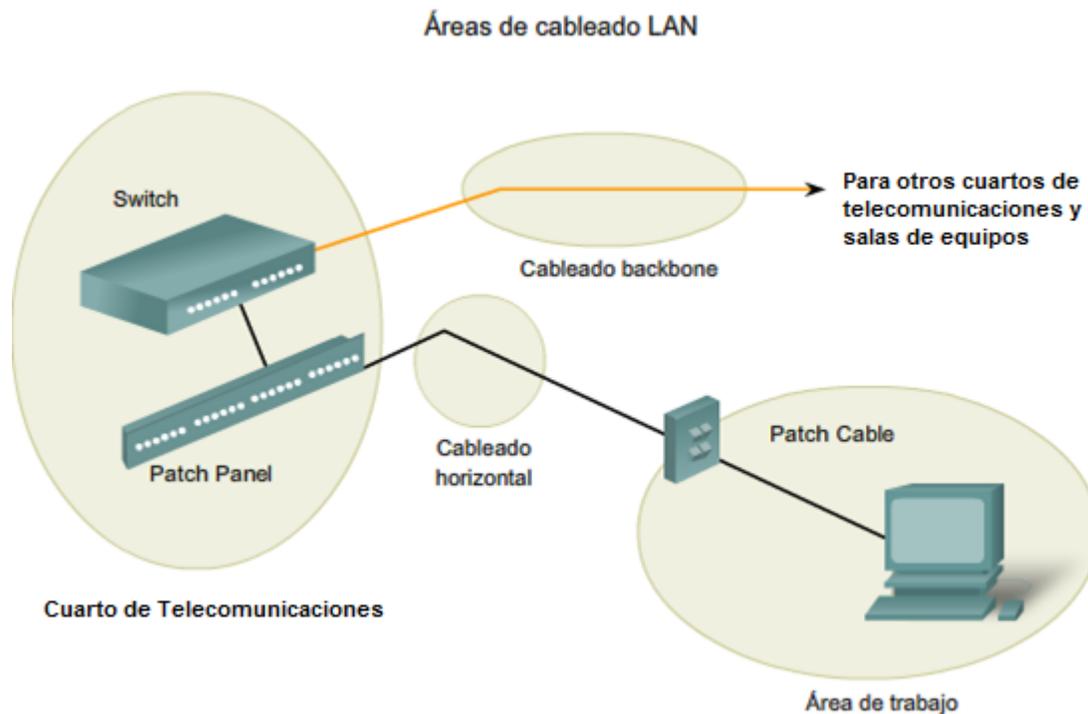


Figura 1. Esquema de Cableado LAN  
Fuente: CCNA Exploration 4.0 Aspectos Básicos de Networking.

## II.6.- Aplicaciones del Cableado Estructurado

Las técnicas de cableado estructurado se aplican en:

- Edificios donde la densidad de puestos informáticos y teléfonos es muy alta: oficinas, centros de enseñanza, tiendas, universidades, etc.

- Donde se necesite gran calidad de conexiones así como una rápida y efectiva gestión de la red: Hospitales, Fábricas automatizadas, Centros Oficiales, edificios alquilados por plantas, aeropuertos, terminales y estaciones de autobuses, etc.
- Donde a las instalaciones se les exija fiabilidad debido a condiciones extremas: barcos, aviones, estructuras móviles, fábricas que exijan mayor seguridad ante agentes externos. (Derfler, 2006).

### III.- Topología de Redes

Para establecer las diferencias entre redes estructuradas y las redes convencionales comentaremos ambas:

#### III.1.- Redes convencionales:

Como se puede observar en la Figura 2 en las redes interiores actuales, el diseño de la red se hace al construir el edificio y según hagan falta modificaciones, se harán colocando cajas interiores y sin ninguna estructura definida. Todo ello tiene el inconveniente de que no siempre se tiene una caja cerca o estructura de cableado conveniente hasta la zona necesitada, cada instalador la hace por donde lo crea más conveniente, teniendo así el edificio infinidad de diferentes trazados para el cableado.

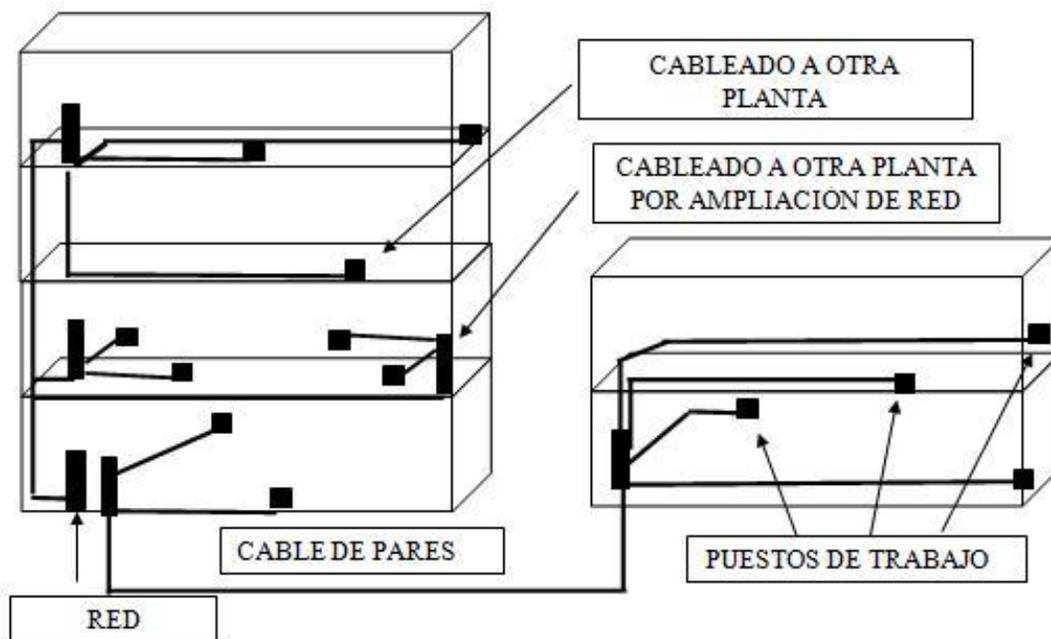


Figura 2. Cableado sin previa planificación  
Fuente: Elaboración Propia

Pero el mayor problema se encuentra cuando se requiera integrar varios sistemas en el mismo edificio. En éste caso se tendrá, además de la red telefónica, la red informática, así como la de seguridad o de control de servicios técnicos. Todo ello con el gran inconveniente de no poder usar el mismo cable para varios sistemas distintos, bien por interferencias entre los mismos o bien por no ser compatibles con los distintos equipos y sus respectivos terminales y conectores. Además, los cables están, por lo general, sin identificar y sin etiquetar (Derfler, 2006).

### **Desventajas de ésta topología**

- Diferentes trazados de cableado.
- Reinstalación para cada traslado.
- Cable antiguo acumulado y no reutilizable.
- Incompatibilidad de sistemas.
- Interferencias por los distintos tipos de cables.
- Mayor dificultad para localización de averías.

### **III.2.- Redes estructuradas**

A diferencia de una red convencional, en el cableado estructurado, como su mismo nombre lo indica, la red se estructura (o divide en tramos), para estudiar cada tramo por separado y dar soluciones a cada tramo, independientemente sin que se afecten entre sí.

En el tipo de cableado estructurado, se han dado solución a muchos de los problemas citados en el apartado anterior, por ejemplo el poder reutilizar el cable para distintos sistemas, así como, poder compartirlo entre sí y sin interferencias. También se tiene que, al tratarse de un mismo tipo de cable, se instala todo por el mismo trazado (dentro de lo posible), no hace falta una nueva instalación para efectuar un traslado de equipo, siempre que se haya sobredimensionado adecuadamente la red, lo cual trae como consecuencia que no existan cables antiguos inutilizables. Se puede ver un esquema de una Red Estructurada en la Figura 3. (Derfler, 2006).

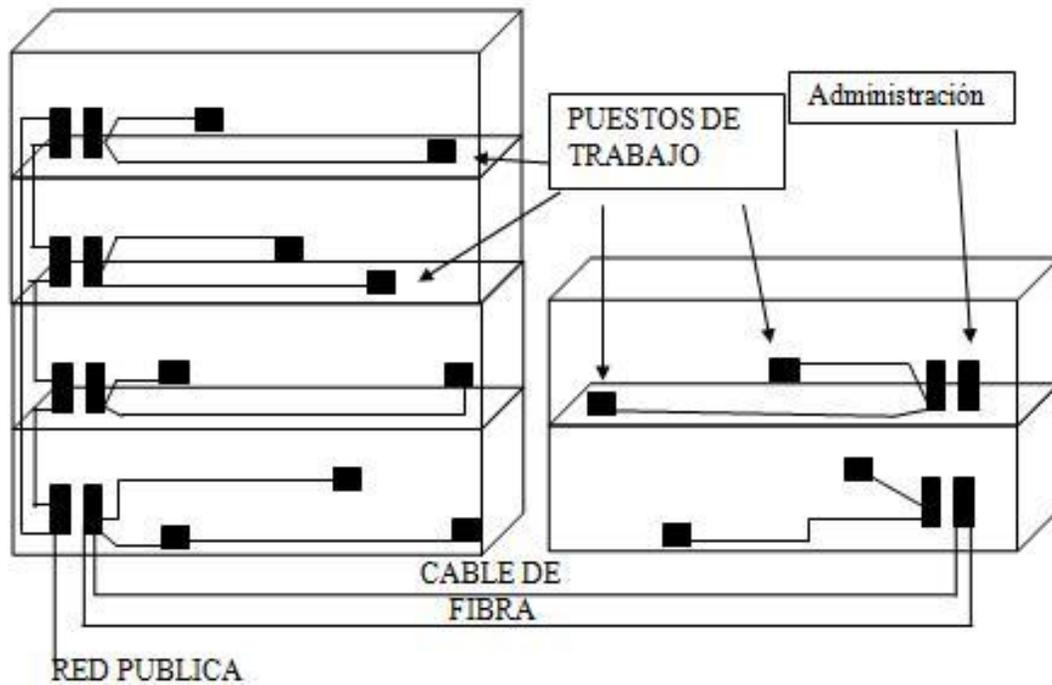


Figura 3. Ejemplo de Red estructurada con posibilidad de escalabilidad.  
Fuente: Elaboración Propia

### Ventajas

- Trazados homogéneos.
- Fácil traslados de equipos.
- Convivencia de distintos sistemas sobre el mismo soporte físico.
- Transmisión a altas velocidades para redes, además de mantenimiento y operación, más rápido y sencillo.

(Derfler, 2006).

### IV.- Conceptos básicos sobre categorías

En los sistemas de cableado estructurado, entran en juego nuevos conceptos que antes no se daban. Para entenderlo aparece el concepto de Categoría. Esto significa predefinir varios anchos de banda, y darle a cada una un nombre, tal como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Categorías de los cables en las Redes Estructuradas  
**Fuente:** Derfler, F. J. (1998). Redes Lan & Wan

CATEGORIA	VELOCIDAD Y FRECUENCIA	ETHERNET	IEEE
CAT 3	10 Mbps y 16 MHz	10BASET	802.3i
CAT 4	16 Mbps y 16 MHz		802.5
CAT 5e	100 Mbps y 100 MHz	100BASETX	802.3u
CAT 6	1000Mbps y 250 MHz	1000BASET	802.3ab
CAT 7	10000Mbps y 600MHz	10GBASET	802.3an

Lo que esta tabla da a entender es que para una Categoría 3 la velocidad máxima de transmisión es de 10 Mbps a una distancia de 100 m. Como se puede observar, lo que se proporciona es la información de una velocidad máxima de transmisión a una distancia máxima.

De igual manera todas las previsiones tendrán que ser calculadas por el responsable de diseñar la red, que además deberá anticipar la distancia máxima (en la práctica). Hay que acotar que la Tabla 1, es el estándar definido internacionalmente y es lo que en los folletos comerciales se les ofrece a los diseñadores, o responsables, del mantenimiento de la Red.

Las categorías inferiores no se tratan porque son de características de muy baja calidad para el mercado actual, por lo que no se utilizan.

(Herrera, 2003).

## V.- La Fibra Óptica

Los sistemas de comunicación por fibra óptica utilizan la energía luminosa como elemento de transmisión de información. Presentan un conjunto importante de ventajas sobre otros soportes utilizados en la transmisión de señales analógicas y digitales. Entre ellas están:

- Gran ancho de banda, lo que permite la transmisión de un gran volumen de información.
- Atenuación baja. Permite realizar enlaces de mayor longitud sin necesidad de repetidores. La atenuación depende del tipo de fibra óptica y de la longitud de onda utilizada.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas. La fibra óptica es absolutamente inmune a las radio interferencias e impulsos electromagnéticos, presentando un menor índice de errores en la transmisión de señales digitales.
- Seguridad y aislamiento eléctrico. En determinadas aplicaciones para ambientes peligrosos (ambientes explosivos o inflamables) o en electro-medicina, las fibras ópticas son imprescindibles debido a la imposibilidad de producir descargas eléctricas o chispas.
- Menor peso y volumen. Comparando las fibras ópticas y los cables coaxiales necesarios para obtener las mismas prestaciones, las primeras ocupan un volumen muy inferior y tienen menor peso.
- Seguridad frente a posibles intervenciones de la línea. Aunque no es imposible ‘pinchar’ una fibra óptica, esto es más difícil que en otros soportes y normalmente se puede detectar la intervención.

La fibra óptica también presenta algunos inconvenientes. Por ejemplo:

- No hay una estandarización de los productos, lo que plantea problemas de compatibilidad.
- Las técnicas de empalme son complejas y necesitan de equipos muy caros y personal muy cualificado.
- La instalación de los conectores es compleja y requiere un personal con formación adecuada.

- La fibra óptica puede ser dañada. Al igual que el cable de cobre, la fibra óptica puede ser deteriorada por excavaciones, corrimiento de tierras, vandalismo y accidentes.

Conceptualmente, y en determinados aspectos, un sistema por fibra óptica es similar a un sistema de microondas vía radio. Las principales diferencias son la frecuencia y el medio de transmisión. (López, 2010).

### **V.1.- Tipos de fibra óptica**

Dependiendo del tipo de propagación de la señal Luminosa en el interior de la fibra, estas se clasifican en los siguientes grupos:

- **Fibra Multimodo de índice abrupto.**

El guiado de la señal luminosa se realiza por la reflexión total en la superficie de separación entre el núcleo y el revestimiento. Señales incidentes con un ángulo cuyo seno sea inferior a la apertura numérica, provocan la aparición de multitud de modos (o dicho de forma más intuitiva, de multitud de rayos y ángulos de reflexión) propagándose por el interior de la fibra (Figura 4, parte superior). Esta es la razón del término multimodo para describir el tipo de fibra. (López, 2010).

Este tipo de fibras son las más utilizadas en enlaces de distancias cortas, hasta 1 km, y su aplicación más importante está en las redes locales.

- **Fibra Multimodo de índice gradual.**

En este caso, el cambio de índice de refracción en el interior de la fibra es gradual, lo que provoca una propagación ondulada del rayo de luz (Figura 4, parte central)

Estas fibras provocan menos modos de propagación que las de índice abrupto y son las empleadas hasta 10 Km. (López, 2010).

- **Fibras monomodo.**

Es el caso conceptualmente más simple, ya que se trata de una fibra de alto índice pero de un diámetro del núcleo tan pequeño (inferior a 10 micrómetros) que solo permite la propagación de un modo, el fundamental. Este tipo de fibra es el que permite obtener mayores prestaciones y se usa en enlaces de gran distancia.

Estas fibras presentan, no obstante, algunas desventajas, como la mayor dificultad para inyectar la señal luminosa a la fibra (apertura numérica típica de  $0.1 > \text{ángulo de incidencia de } 120^\circ$ ), mayor sensibilidad a errores mecánicos, malos tratos, empalmes defectuosos, etc. (Figura 4 parte inferior). (López, 2010).

- **Emisores y detectores.**

Los dispositivos utilizados como emisores y detectores de radiación luminosa en los sistemas de comunicaciones ópticas, son el láser de semiconductores (diodo láser) y el LED (diodo electroluminiscente). Ningún otro tipo de fuente óptica puede modularse directamente a las altas velocidades de transmisión requeridas, con tan baja excitación y tan baja salida. En función del sistema, escogemos uno u otro. El láser ofrece mejor rendimiento en anchos de banda grandes y largos alcances. Para anchos de banda menores y cortas distancias se suele escoger el LED, pues tanto el circuito de ataque como el de control son más sencillos. (Davidson & Peters, 2001)

Los componentes utilizados para emitir luz en la ventana de los 850 nm, son galio (Ga), aluminio (Al) y arsénico (As); si agregamos indio (In) y fósforo (P) podemos emitir en las ventanas de los 1300 y 1500 nm.

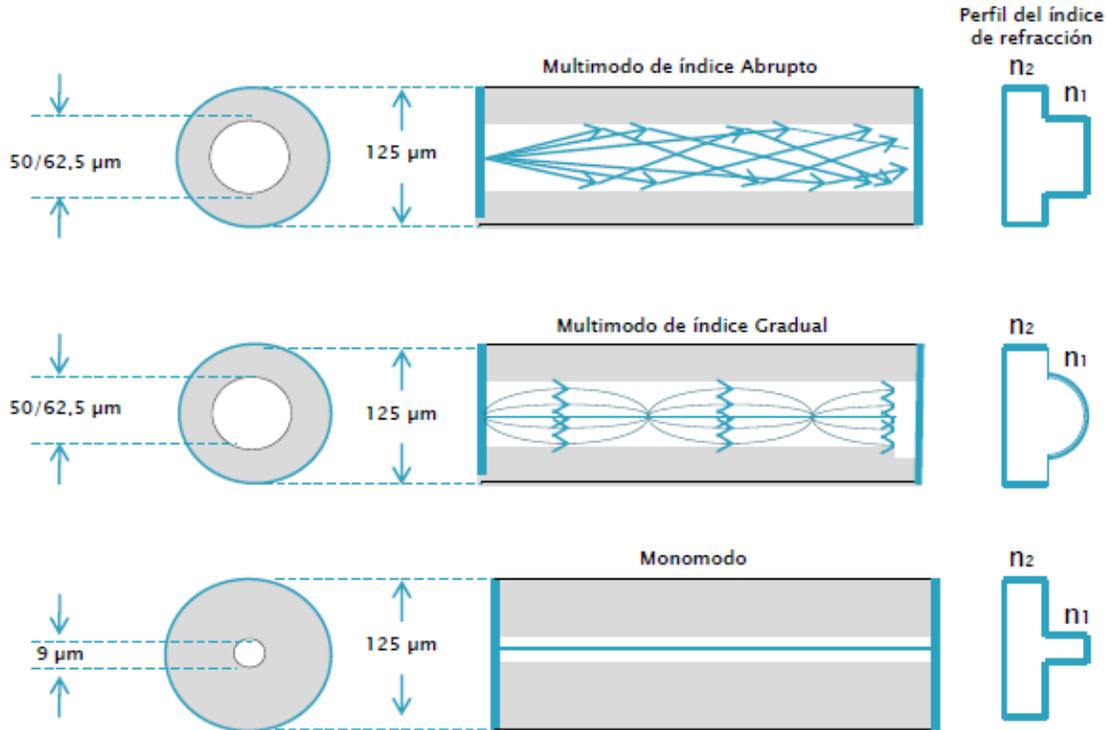


Figura 4. Diferentes tipos de Fibra Óptica utilizada en Redes Telemáticas  
Fuente: Comunicaciones Ópticas, Capítulo I por Prof. Álbaro López.

## VI.- Voz sobre IP

Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz IP o VoIP, es una tecnología que envía la señal de voz en forma digital, en paquetes, en lugar de enviarla en forma analógica, a través de circuitos, utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional o PSTN (*Public Switched Telephone Network*, Red Telefónica Pública Conmutada).

Los Protocolos que se usan para enviar las señales de voz sobre la red IP se conocen como protocolos de VoIP. Estos pueden verse como aplicaciones comerciales de la "Red experimental de Protocolo de Voz" (1973), inventada por ARPANET. (Davidson & Peters, 2001).

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo las redes de área local (LAN).

La principal ventaja de este tipo de servicios, es que evita los altos cargos de telefonía (principalmente de larga distancia) que son usuales en las compañías de la Red Pública Telefónica Conmutada (PSTN). VoIP puede facilitar tareas que serían más fáciles de realizar usando las redes telefónicas comunes:

- Las llamadas telefónicas locales pueden ser automáticamente enrutadas a un teléfono VoIP, sin importar dónde se esté conectando a la red. El usuario puede llevar consigo un teléfono VoIP en un viaje, y en cualquier sitio conectado a Internet, se podría recibir llamadas.
- Los agentes de *Call Center* usando teléfonos VoIP pueden trabajar en cualquier lugar con conexión a Internet lo suficientemente rápida.
- Algunos paquetes de VoIP incluyen los servicios extra por los que PSTN (Red Pública Telefónica Conmutada) normalmente cobra un cargo extra, o que no se encuentran disponibles en algunos países, como son las llamadas de conferencia, retorno de llamada, remarcación automática, o identificación de llamada.

Un adaptador de Teléfono Analógico (ATA, por sus siglas en Inglés) es un dispositivo usado para conectar teléfonos estándar a una computadora o red, y así el usuario sea capaz de realizar llamadas a través del Internet. Las llamadas a largas distancias utilizando el recurso por conexiones en Internet, suele ser sustancialmente más económico que las llamadas a larga distancia por telefonía tradicional, y los ATA, son la opción generalmente más económica en comparación con los teléfonos especializados de VoIP que se conectan directamente al puerto USB (*Universal Serial Bus*) para realizarlas. (Malarchuck, 2009).

Existen un sinnúmero de tipos de adaptadores para teléfonos, pero todos crean una conexión física entre el teléfono tradicional y la computadora o algún dispositivo intermedio de la red, como; *Routers o Switches*, algunos realizan una conversión analógico-digital y se conectan directamente a un servidor de VoIP, mientras que otros utilizan *software* especializado para realizar cualquiera de esas dos tareas.

El modelo más simple de los ATA, es aquél con uno, o más, conectores RJ-11 para conectar un teléfono a un conector *USB*, que a su vez se conecta a la computadora, *laptop* o

dispositivo intermedio de red. Generalmente trabaja con software especializado, que actúa como un intermediario entre el servidor VoIP y el teléfono, y su función es la de digitalizar la voz para ser transmitida a través del Internet.

Los *ATA* usualmente utilizados en empresas, u organizaciones, son aquéllos con múltiples conectores RJ-45, con conexiones de 10/100BaseT a un *Hub* ETHERNET, o a un *Switch*, y es utilizado para la conexión a redes de Área Local (*LAN*). Dicho tipo de adaptadores utiliza protocolos como el H.323 y para comunicarse con un servidor VoIP y no es necesario un software especializado. Éste tipo de *ATA* que conecta teléfonos con *LAN* es comúnmente conocido como un *Gateway* de VoIP. (Malarchuck, 2009)

En la Figura 5, se puede observar como es la configuración de *ATA* que es un *Router/Adaptador* que hace las veces de enrutador de paquetes para dispositivos distintos al teléfono IP (hacia la Red LAN) y, además, realiza selección de datos que contienen voz para poder utilizar el recurso de teléfono IP, que es el encargado de hacer la conversión de datos a voz. En la Figura 6, se observa la distribución de puertos de un equipo *ATA* marca *BROADVOICE* y el tipo de conector que utiliza cada uno, en el caso de los teléfonos, utiliza el de 2 pares de telefonía convencional, y para los segmentos de red de datos como la WAN (*Wide Area Network*) y la LAN (*Local Area Network*) se utilizan conectores de 4 pares de cobre.

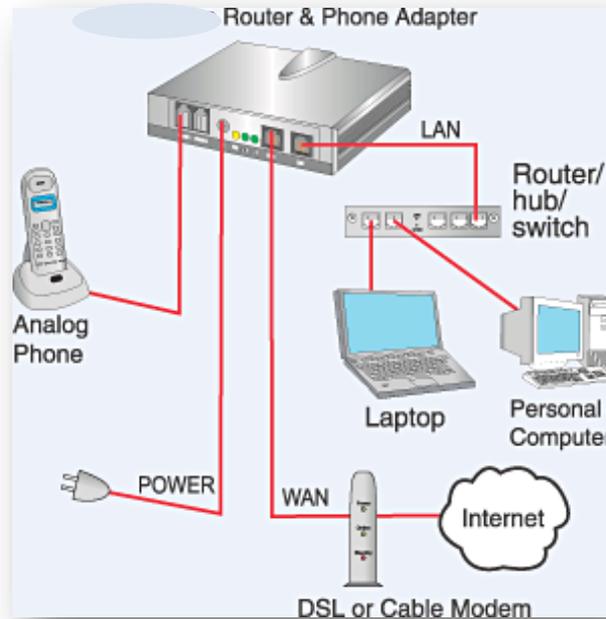


Figura 5. Configuración de un ATA con las Redes LAN y WAN  
Fuente: <http://www.broadvoice.com>

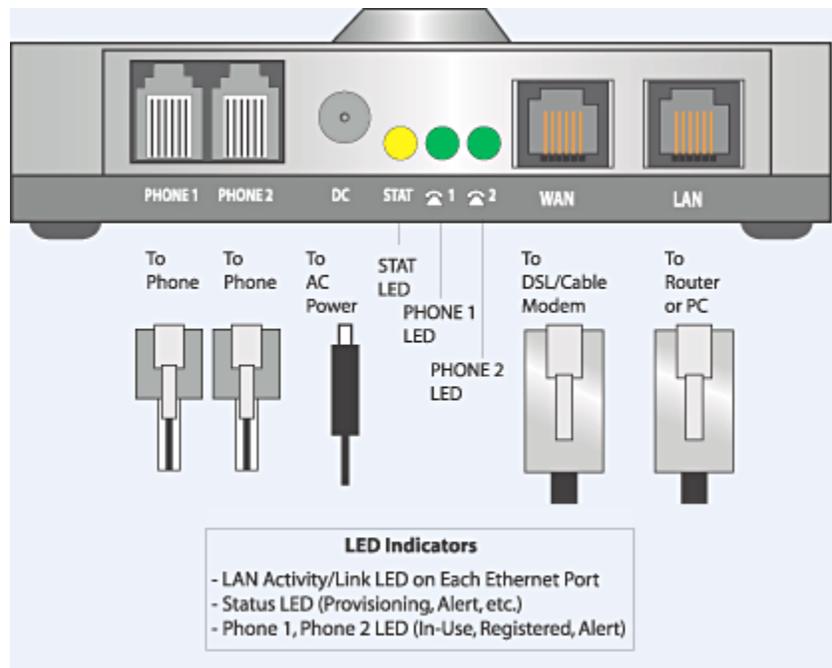


Figura 6. Distribución de puertos de un ATA.  
Fuente: <http://www.broadvoice.com>

## **VII.- Wi-Fi (Wireless Fidelity)**

El Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi *ALLIANCE* (anteriormente la WECA: *Wireless ETHERNET Compatibility ALLIANCE*), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 de la IEEE relacionados a redes inalámbricas de área local. (Moyá, 2005).

### **VII.1.- Bandas de Frecuencias para Wi-Fi**

- **Banda 2,4 GHz:**

La banda de 2,4 GHz para uso de redes WLAN (*Wireless Local Area Network*) comienza desde los 2,4 GHz hasta los 2,4835 GHz.

Está establecido, que los equipos que funcionan en esta banda de frecuencia, pueden hacerlo tanto en interiores como exteriores de edificios y la potencia máxima de emisión permitida en términos de PIRE (Potencia Isótropa Radiada Equivalente) es de 100 mW (20dBm).

El ancho de banda por canal en la banda de los 2,4 GHz es de 22 MHz y la separación entre canales de 5 MHz; por lo tanto hay 13 canales disponibles, 3 de ellos no solapados. (Moyá, 2005).

- **Banda 5 GHz:**

La banda de 5 GHz para uso en redes WLAN consta del siguiente rango de frecuencias: 5,150 GHz-5,725 GHz. Su utilización es la siguiente:

Rango de frecuencias 5.150-5.350 MHz: En esta banda el uso se restringe a redes de área local para su utilización únicamente en el interior de recintos.

Condiciones técnicas de utilización:

5150-5250MHz: 30mW (sin *TPC*, Control de Transmisión de Potencia); 120mW (con *TPC*); 200mW (*TPC/DFS*) (Selección Dinámica de Frecuencia)

5250-5350MHz: 60mW (con *DFS*); 200mW (con *TPC/DFS*).

En la Tabla 2 se muestra una comparación entre los distintos estándares de WiFi establecidos por la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

Tabla 2. Comparación entre los distintos estándares establecidos por la IEEE.  
Fuente: <http://www.ieee.org>

	IEEE 802.11	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g
<b>Fecha</b>	1997	1999	2000	2003
<b>Banda</b>	2,4 GHz	2,4 GHz	5,8 GHz	2,4 GHz
<b>Velocidad de transmisión</b>	1, 2 Mbps	1, 2, 5.5 y 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
<b>Modulación</b>	DHSS, FHSS	DHSS	OFDM	OFDM
<b>Compatibilidad</b>		Compatible con IEEE 802.11	No es compatible con ningún otro estándar	Compatible con IEEE 802.11 y IEEE 802.11b

### VIII.- Redes de Área Local (LAN por sus siglas en inglés *Local Area Network*)

Las infraestructuras de red pueden variar en gran medida en términos de:

- El tamaño del área cubierta
- El número de usuarios conectados
- El número y los tipos de servicios disponibles

Una red individual generalmente cubre una única área geográfica y proporciona servicios y aplicaciones a personas dentro de una estructura organizacional común, como una empresa, un campus o una región. Este tipo de red se denomina Red de área local (LAN). Una LAN, por lo general, está administrada por una organización única. El control administrativo que rige las políticas de seguridad y control de acceso está implementado en el nivel de red. (Aguñiga, 2005).

### **IX.- Redes de Área Amplia (WAN por sus siglas en inglés *Wide Area Network*)**

Por lo general, las organizaciones individuales alquilan las conexiones a través de una red de proveedores de servicios de telecomunicaciones. Estas redes que conectan las LAN en ubicaciones separadas geográficamente se conocen como Redes de área amplia (WAN). Aunque la organización mantiene todas las políticas y la administración de las LAN en ambos extremos de la conexión, las políticas dentro de la red del proveedor del servicio de comunicaciones las controla el TSP (*Telecommunications Service Provider*).

Las WAN utilizan dispositivos de red diseñados específicamente para realizar las interconexiones entre las LAN. Dada la importancia de estos dispositivos para la red, la configuración, la instalación y el mantenimiento de los mismos son aptitudes complementarias de la función de la red de una organización.

Las LAN y las WAN son muy útiles para las organizaciones individuales. Conectan a los usuarios dentro de la organización. Permiten gran cantidad de formas de comunicación que incluyen intercambio de correos electrónicos, capacitación corporativa y acceso a recursos. (Aguñiga, 2005)

En la Figura 7, se muestra esquema de funcionamiento y de sectorización de redes dado a su área cubierta y funciones que cumplen tanto la LAN como la WAN.

### **X.- Códec H.264**

Es un códec de alta compresión de video, que garantiza una buena calidad de la imagen, con una tasa de transmisión inferior a versiones anteriores. Es utilizado en gran cantidad de equipos de videoconferencia, variando el nivel de resolución con el cual este dotado dicho equipo.

Para los cálculos de la capacidad de la red de este proyecto se utilizará el códec de video H.264/MPEG-4 parte 10, trabajando en 1.2 niveles, con perfil extendido y una resolución de 320x240 pixeles, que es una de las configuraciones más usuales en la mayoría de las aplicaciones de video conferencia. Con esta configuración se obtiene una tasa de transmisión de 384 Kbps, tanto para el enlace de bajada como para el enlace de subida. (Davidson & Peters, 2001).

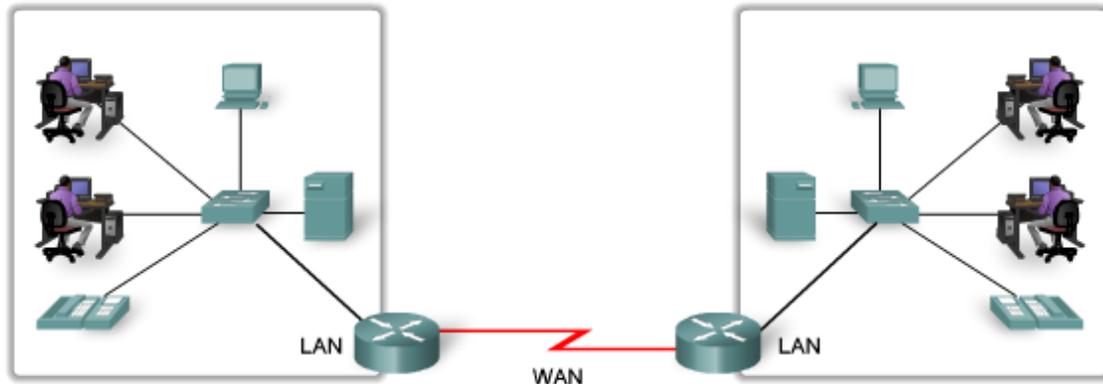


Figura 7. Redes WAN y LAN  
Fuente: CCNA Exploration 4.0 Aspectos Básicos de Networking.

## XI.- Tráfico en Telefonía

En el diseño de sistemas telefónicos un factor muy importante es la ingeniería del tráfico. Ésta juega un papel muy importante ya que busca la solución óptima, en cuanto a costo y eficiencia, en el diseño de sistemas de tráfico. Es por ello que, la industria del tráfico ha invertido un tiempo muy considerable en la investigación y desarrollo de prácticas y tablas de distribución, que nos brindan un panorama del ayer para desarrollar los sistemas del mañana. (Aguilar, 2007).

### XI.1.- Intensidad y unidades del tráfico:

La intensidad de tráfico está medida en Erlangs, donde 1 Erlang es un circuito en uso por 3600 segundos durante un tiempo de observación continuo de una hora, llamado así después de que el matemático A. K. Erlang, funda la teoría del tráfico en telefonía. (Aguilar, 2007).

La intensidad de tráfico, por definición, es el promedio de llamadas realizadas simultáneamente durante un periodo particular de tiempo. Para obtener el tráfico en Erlangs se utiliza una fórmula cuyo divisor dependerá directamente del periodo T, siendo de 3600 para el caso que se calcule en Erlangs, ya que un distinto divisor resulta en unidades distintas a éste, (por ejemplo T=100 resulta en “*Circuit Centum Seconds*”, CCS).

En la fórmula se utiliza un parámetro de vital importancia denominado “*Average Call Holding Time*”, ACHT, el cual es el promedio de duración de cada llamada y,

regularmente, se encuentra entre los 120 y 180 segundos. Otro parámetro es el número de llamadas, que es el número total de llamadas que pueden ser procesadas para un tráfico determinado.

La Ecuación 1 que se describe anteriormente se muestra a continuación:

$$Erlangs = \frac{\text{Número de Llamadas} \times ACHT(seg)}{3600 seg} \quad (1)$$

Ecuación 1. Fórmula para cálculo de Erlang

### **XI.2.- Grado de Servicio**

El grado de servicio, *GoS* por sus siglas en inglés “*Grade of Service*”, está definido como la probabilidad de que una llamada falle. Por lo tanto, un sistema de comunicación con todos los canales ocupados rechazará, debido a la congestión, a cualquier llamada adicional a las anteriores, es por ello que existirán llamadas perdidas en el proceso de transmisión, también se puede denominar **Probabilidad de Bloqueo**.

El rango del *GoS* varía de 0 hasta 1; siendo un grado de servicio ideal igual a 0 en un sistema de comunicación. Esto debido a que todas las llamadas entrantes tendrán la disponibilidad de un canal (*Probabilidad de Bloqueo* del Canal = 0). De manera inversamente proporcional un grado de servicio igual a 1 tendrá todos los canales ocupados y por lo tanto, no se obtendrá ningún servicio.

Es por esto que, un buen grado de servicio es esencial para obtener un sistema que no esté sub utilizado ni sobre provisto, es decir sea eficiente y rentable. En la vida real, se utiliza un **Grado de Servicio del 0.02** (*Estándar de Calidad Mundial*) para sistemas de comunicación telefónica. (Aguilar, 2007).

### **XI.3.- Tiempo de duración promedio de la llamada:**

Como se mencionó anteriormente, el *ACHT*, o promedio de duración de la llamada, es un parámetro muy importante en la ingeniería de tráfico. Los *ACHT* más frecuentes son los que varían de 120 a 180 segundos, 2 a 3 minutos, mientras que los *ACHT* mayores a 10 minutos ó 600 segundos son inusuales. (Aguilar, 2007).

#### **XI.4.- Modelos de distribución del tráfico telefónico:**

En las telecomunicaciones, el número de circuitos necesarios para atender una función particular se determina a través de modelos de tráfico. Estos modelos en ocasiones utilizan la palabra servidor en lugar de circuito. La palabra servidor permite el uso de estas tablas para predecir la cantidad de servidores necesarios que no son exclusivamente de telecomunicaciones. Es decir, estas tablas de tráfico pueden ser útiles para otro tipo de situaciones que no son exclusivas del tráfico en redes telefónicas.

Se utilizan diferentes modelos de distribución como lo son **Erlang B**, **Erlang B extendido**, **Erlang C** y **Poisson**; sin embargo, actualmente existen otras propuestas debido a muchos factores como lo son las costumbres, el uso, la tecnología, etc.

Entre las nuevas propuestas están: la de **Erlang K**, **JK** y **K-2**, la de **exponencial desplazada**, **logaritmo normal**, entre otras. Es por ello que se irán describiendo las fórmulas de bloqueo consideradas para esta investigación.

#### **XI.5.- Fórmula de Erlang B:**

En el modelado de tráfico utilizando la fórmula de Erlang B, las llamadas que son bloqueadas toman una nueva ruta y nunca regresan a la troncal original. Es decir, lo que diferencia este tipo de fórmula de bloqueo con las demás fórmulas es que el usuario realiza un único intento de llamada, el cual, si no logra establecerlo será enrutado otra vez de manera inmediata por una nueva ruta (tándem). La fórmula de Erlang B se ocupa, principalmente cuando se espera un porcentaje de bloqueo pequeño, o cuando no se consideran retroalimentaciones. (Aguilar, 2007).

La fórmula de Erlang B provee la probabilidad de bloqueo en la conmutación, debido a que todas las troncales están ocupadas, es decir, debido al congestionamiento.

Este es expresado como GoS, o la probabilidad de encontrar N canales ocupados. Los supuestos son seis (6):

- El tráfico es originado por un número infinito de fuentes (más de 500 fuentes).
- Las llamadas pérdidas son limpiadas, asumiendo un “holding time” de cero.

- Existe disponibilidad completa del sistema.
- La probabilidad de que un usuario esté ocupando un canal (denominado tiempo de servicio) está basada en la distribución exponencial negativa.
- Las peticiones de tráfico son representadas por una distribución de Poisson (Aleatoria).

En la Figura 8, se muestra el modelo de tráfico para Erlang B, donde se tiene una entrada de fuentes infinitas, aleatorias y con un determinado grado de servicio, que brindará el servicio a unas llamadas, y en otras en su primer intento, las bloqueará sin retroalimentación.

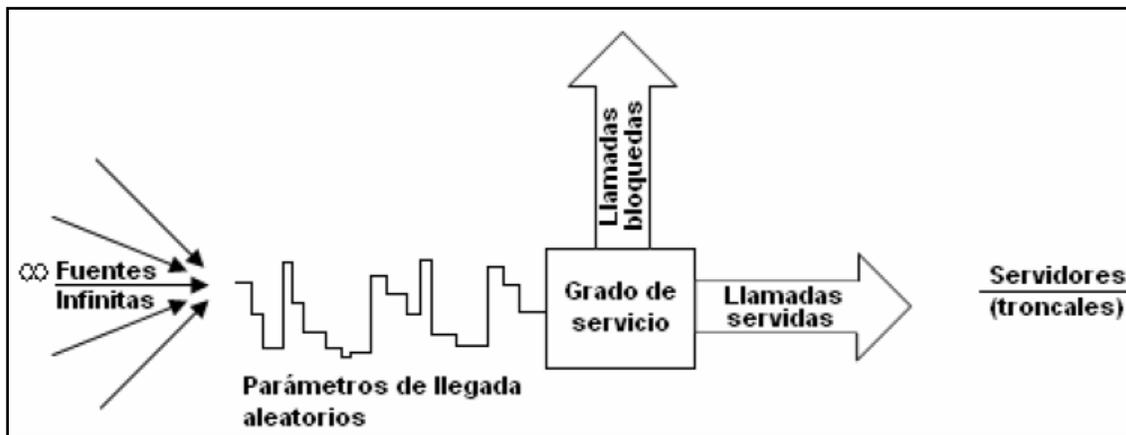


Figura 8. Modelo de tráfico para Erlang B.  
Fuente: Garduno UDLAP.

La Ecuación 2 muestra la fórmula para Erlang B:

$$B(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (2)$$

Ecuación 2. Fórmula Erlang B

Donde:

**N** = Número de canales de servicio,

**A** = Carga ofrecida en Erlang, y **B(N, A)** = Probabilidad de bloqueo.

### XI.6.- Fórmula de Erlang B Extendido

Lo que diferencia el modelo del Erlang B Extendido con el de Erlang B, es que, aunque sigue la misma suposición de entrada con fuentes infinitas y la misma fórmula, un porcentaje de llamadas bloqueadas son retroalimentadas hasta que se les brinda el servicio. La fórmula de Erlang B extendido se ocupa principalmente en modelos como lo es un “pool de modem”. Donde un “pool de modem” es un grupo de módems que normalmente son utilizados para la recepción de llamadas entrantes.

En la Figura 9 se muestra, el modelo de tráfico para Erlang B Extendido, donde se tiene una entrada de fuentes infinitas, aleatorias, con un determinado grado de servicio que brindará el servicio a unas llamadas y otras las bloqueará, siendo un porcentaje de éstas retroalimentadas hasta obtener el servicio. (Aguilar, 2007).

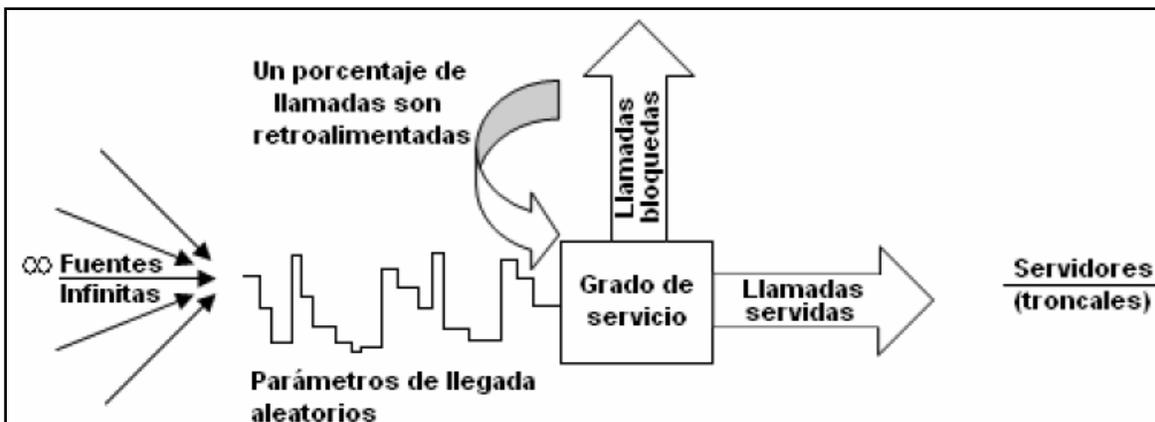


Figura 9. Modelo de tráfico para Erlang B extendido.  
Fuente: Garduno UDLAP.

### XI.7.- Fórmula de Erlang C:

El modelado de tráfico utilizando la fórmula de Erlang C se basa en la teoría de colas, para la cual se tiene un número infinito de fuentes de entrada que serán servidas o bloqueadas, la diferencia en la fórmula de Erlang C con las demás fórmulas de bloqueo es que las llamadas bloqueadas en lugar de ser retroalimentadas se almacenan en una cola esperando hasta obtener el servicio.

La fórmula de Erlang C se utiliza principalmente en el diseño de los sistemas “*Automatic Call Distribution*”, ACD. Donde un ACD distribuye las llamadas automáticamente a los puestos de contestación, para lo cual, utilizan campos de espera cuando todos los puestos están ocupados, así pues, cuando el puesto está libre la llamada del cliente podrá transferirse.

La fórmula de Erlang C, asume que una cola es formada para mantener las llamadas que no pueden ser atendidas de forma inmediata. (Aguilar, 2007).

Esto quiere decir que los clientes bloqueados serán retardados en el servicio.

Las consideraciones en el cálculo son cinco (5):

- Las fuentes son infinitas.
- El tipo de entrada es de Poisson (al azar).
- Se tendrá retardo en las llamadas pérdidas.
- El tiempo de duración de llamadas es un patrón de distribución de picos.
- Las llamadas son servidas por su arribo (cola FIFO).

En la Figura 10, se muestra el modelo de tráfico para Erlang C, donde se tiene una entrada de fuentes infinitas, aleatorias y con un determinado grado de servicio que brindará, en su primer intento, el servicio a unas llamadas y a otras las bloqueará, siendo éstas últimas almacenadas en una cola esperando hasta obtener el servicio.

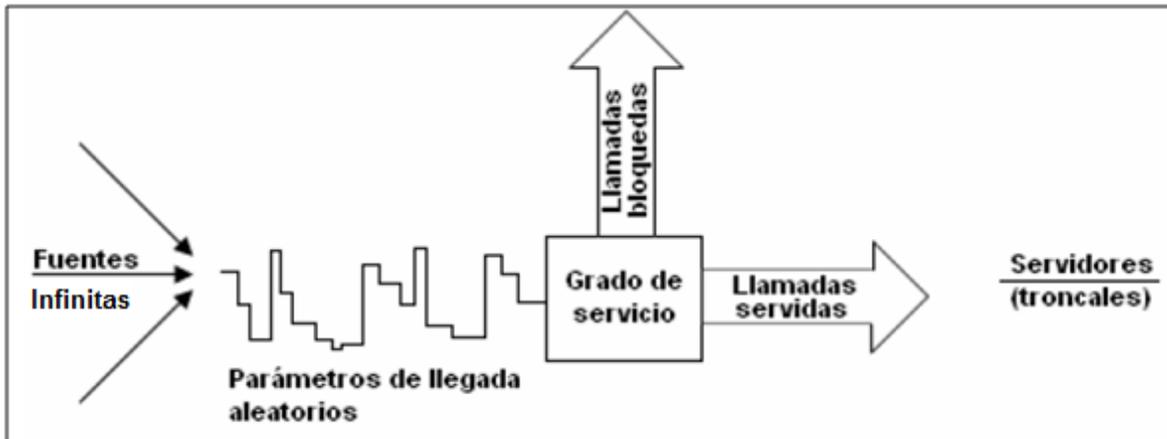


Figura 10. Modelo de tráfico para Erlang C.  
Fuente: Garduno UDLAP.

La fórmula para Erlang C es la siguiente (Ecuación 3):

$$C(N, A) = \frac{\frac{A^N}{N!(1 - A/N)}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!(1 - A/N)}} \quad (3)$$

Ecuación 3. Ecuación de Erlang C

Donde:

A = Carga ofrecida en Erlang,

N = Número de canales en servicio, y

C [N, A] = Probabilidad de bloqueo.

### XI.8.- Fórmula de Poisson

Para el modelado de Poisson se tiene un número finito de fuentes de entrada al igual que en la fórmula de Erlang C, en el cual las llamadas bloqueadas son retenidas hasta que se tiene un circuito disponible. Este tipo de fórmula es utilizada para bloqueos mayores. La fórmula de Poisson es usada para diseñar troncales para un determinado *GoS*. En la Figura 11, se muestra el modelo Poisson de manera gráfica.

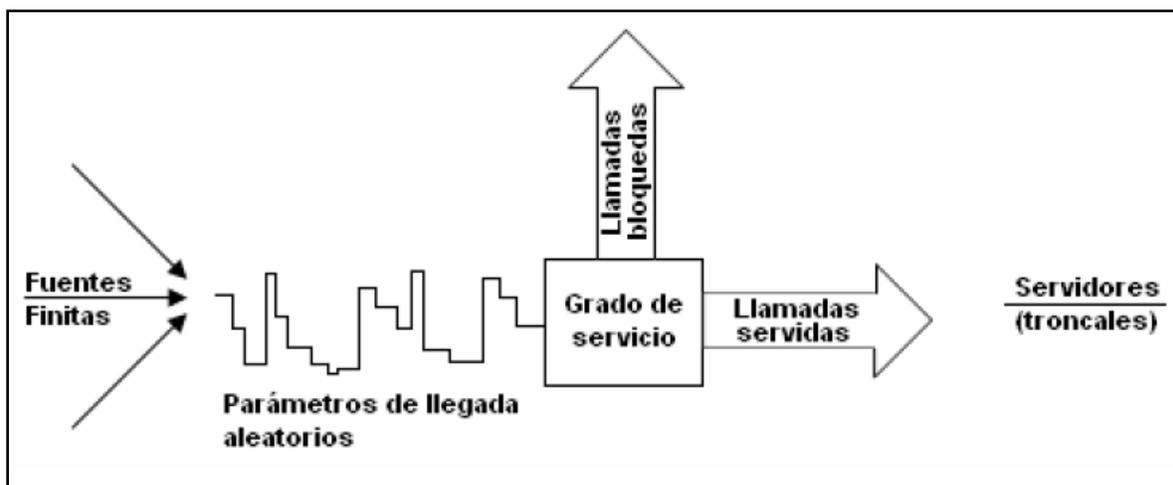


Figura 11. Modelo de tráfico de Poisson.

Fuente: Garduno UDLAP.

La fórmula de Poisson (Ecuación 4) es la siguiente:

$$Pb = e^{-A} \sum_{i=N}^{\infty} \frac{A^i}{i!} \quad (4)$$

Ecuación 4. Fórmula de Poisson.

Donde:

**Pb** = Probabilidad de bloqueo,

**A** = Carga ofrecida en Erlang, y **N** = Número de canales de servicio.

#### **XI.9.- Comparación entre la fórmula de Erlang B y Poisson:**

Una comparación entre las fórmulas de bloqueo del Erlang B y la de Poisson muestra que la fórmula de Poisson resulta una buena opción para bloqueos mayores que la que se obtiene con la fórmula de Erlang B para una carga de tráfico dada.

La fórmula de Erlang B y la de Poisson son usadas comúnmente para calcular las probabilidades de bloqueo (o *GoS*) para el sistema telefónico. Para sistemas donde se utiliza la fórmula de Erlang B y se presentan pérdidas, el acarreo de tráfico  $A'$ , que se define como: El volumen de tráfico que pasa por un conmutador, se muestra en la Ecuación 5:

$$A' = A[1 - B(N, A)] \quad (5)$$

Ecuación 5. Acarreo de tráfico

Donde:

$A'$  = Carga de tráfico acarreado

El tráfico acarreado es igual en proporción al tráfico ofrecido  $A$  que no tiene pérdida y  $A * B[N, A]$  es el tráfico perdido. (Aguilar, 2007).

## **XII.- Power Over ETHERNET (PoE)**

La tecnología *Power over ETHERNET* ó **PoE**, describe un sistema para transferir de forma segura potencia eléctrica junto con datos, a dispositivos remotos sobre un cableado categoría 3, 5, 5E ó 6 en una red ETHERNET, sin necesidad de modificar el cableado existente.

El estándar *IEEE 802.3af PoE* ofrece hasta 15.4 W de potencia DC (mínimo 44 V DC y 350 mA) para cada dispositivo. Sólo 12.95 W se asegura como disponible para los dispositivos ya que algo de potencia se disipa en los cables.

El estándar *IEEE 802.3at PoE* (ratificado en Septiembre 1 de 2009), ofrece hasta 25W de potencia. Algunos proveedores han anunciado productos que soportan el nuevo estándar 802.3at y ofrecen hasta 51W de potencia.

### **Ventajas del *Power over ETHERNET* (PoE)**

- Cableado más barato: un cableado es más barato que los repetidores USB (*Universal Serial Bus*) y se elimina la necesidad de colocar el cableado eléctrico para AC.
- En ETHERNET, es posible colocar datos a una velocidad de transmisión de un Gigabit y, en el 2009, supera la capacidad de la tecnología USB.
- Organizaciones globales pueden usar PoE donde quieran sin preocuparse por las regulaciones existentes en cada país.
- Poder colocar 48 V DC desde arreglos de baterías permite manejar mejor las interrupciones del fluido eléctrico. (Mach, 2004)

PoE es especialmente útil para teléfonos IP, *Access Point* inalámbricos, cámaras de video instaladas en la red, *Switches* de red remotos, sistemas embebidos etc. También ha sido propuesto como reemplazo del cableado MIDI (Interfaz Digital de Instrumentos Musicales) utilizado con instrumentos musicales electrónicos.

Todos los dispositivos mencionados requieren más potencia que la ofrecida por un puerto USB y a menudo deben ser colocados a mayores distancias que lo permitido en un

cable USB. Además, PoE utiliza sólo un tipo de conector: el 8P8C (RJ45), en tanto que USB tiene 4 tipos de conectores diferentes. (Mach, 2004)

En la Figura 12 se muestra un esquema genérico del uso del PoE:

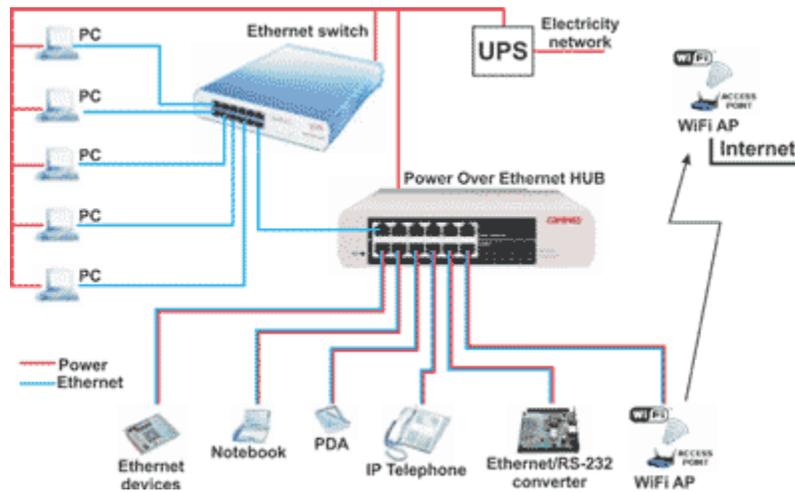


Figura 12. Esquema genérico PoE  
Fuente: (Mach, 2004)

Power over Ethernet se implementa siguiendo las especificaciones de la norma *IEEE std. 802.3af-2003* que adicionó la cláusula 33 al estándar IEEE 802.3.

Permite alimentar dispositivos para que utilicen niveles de voltaje entre 44–57 V DC (el voltaje nominal es 48 V, sobre dos de los cuatro pares de un cableado estructurado con una corriente entre 10–350 mA y una carga de potencia máxima de 15.40 W. Sólo unos 12.95 W están disponibles después de tener en cuenta las pérdidas en los cables, y, generalmente, las fuentes de potencia conmutadas (es una PSU -Power Supply Unit- electrónica) perderán otro 10–25%.

Una técnica de potencia fantasma es utilizada para permitir que los pares que transportan potencia también lleven datos. (La técnica de potencia fantasma es utilizada para alimentar micrófonos) (Mach, 2004).

Esto permite utilizar PoE no sólo con 10Base-T y 100Base-T (que sólo utilizan cuatro hilos de los ocho disponibles) si no que **se puede utilizar con 1000Base-T**, que utiliza los ocho hilos.

### **Métodos para enviar potencia usando PoE**

- **Utilizando los pares ociosos:** Un cable UTP tiene 8 hilos, entorchados en 4 pares. En 10Base-T y 100Base-T, sólo dos pares se utilizan para pasar datos, los otros dos quedan ociosos. Usar estos dos pares disponibles es la forma más barata y eficiente de utilizar PoE.
- **Utilizando los pares que transportan datos:** El estándar *IEEE 802.3af* utiliza los pares que transportan datos para llevar la potencia. Este PoE agrega potencia DC a los pares de datos utilizando transformadores de señal y potencia derivada. Un conjunto amplio de estándares técnicos, crean un sistema a prueba de errores humanos básicos (cortos, inversión de la polaridad o conexión en equipos que no soporten PoE). *IEEE 802.3af* es técnicamente más compleja. (Mach, 2004).
- El tercer tipo de PoE es una combinación de las dos anteriores permitiendo que los equipos sean compatibles con las dos, sin embargo, pueden presentarse problemas con errores humanos básicos. Este tipo de PoE mezclado, permitirá migrar al esquema estándar.

### **Los dispositivos PoE (modos modo A y modo B)**

- **Modo A:** tiene dos configuraciones alternativas (MDI y MDI-X; *Media Dependant Interface*), utilizando los mismos pares pero con diferentes polaridades. En el modo A, los hilos 1-2 (par #2 en el ponchado 568B) llevan un lado de los 48 V DC, y los hilos 3-6 (par #3 en 568B) llevan el otro lado. Estos son los mismos pares que transportan datos en 10Base-T y 100Base-T. (Mach, 2004).

En las Figura 13 se muestra la configuración Modo A:

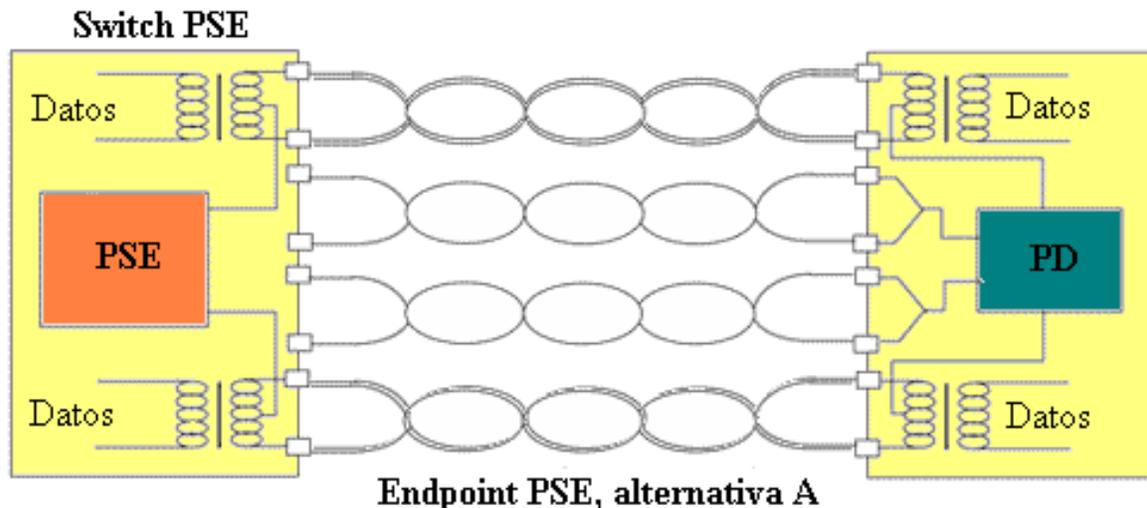


Figura 13. Configuración Modo A  
Fuente: (Mach, 2004)

- **Modo B:** Los hilos 4-5 (par #1 en ambos ponchados: 568A y 5678B) llevan un lado de la fuente DC y los hilos 7-8 (par #4 en 568A y 568B) proporcionan el retorno. Estos son los pares ociosos en 10BASE-T y 100BASE-TX. El modo B usa los 4 pares del cable. (Mach, 2004).

En las Figura 14 se muestra la configuración Modo B:

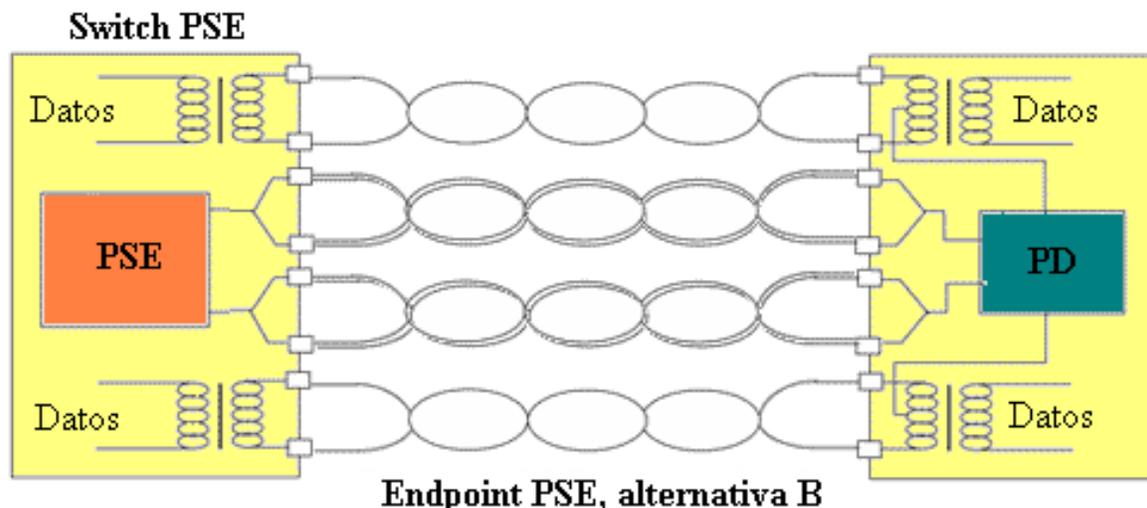


Figura 14. Configuración Modo B  
Fuente: (Mach, 2004)

### **XIII.- ¿Qué es QoS (*Quality of Service*)?**

QoS se define como la habilidad de la red para proporcionar un mayor o especial servicio a un conjunto de usuarios o aplicaciones en detrimento de otros usuarios o aplicaciones.

Para implementar QoS hay que llevar a cabo tres pasos:

- Identificar tipos de tráfico y sus requerimientos.
- Clasificación del tráfico basándose en los requerimientos identificados.
- Definir las políticas para cada clase.

#### **Identificación del tráfico y sus requerimientos**

Es el punto de partida para la implementación del QoS y conlleva los siguientes apartados:

- Llevar a cabo auditoría de red. Se aconseja tomar estos datos durante los momentos en que la red esté más ocupada así como durante otros períodos.
- Determinar la importancia de cada aplicación. El modelo de negocio determinará la importancia de cada aplicación. Se pueden definir clases de tráfico y requerimientos para cada clase.
- Definir niveles de servicio para cada clase de tráfico. Cada clase identificada previamente ha de tener un nivel de servicio que constará de características como ancho de banda, retraso, preferencia a la hora de descarte, etc.

#### **Clasificación de Tráfico**

- **Clase VoIP**, como indica su nombre es todo el tráfico correspondiente a VoIP
- **Clase de aplicaciones de misión crítica**, corresponde a aplicaciones de alta importancia
- **Clase de tráfico de señalización**, pertenece al tráfico de señalización de VoIP, video, etc.
- **Clase de tráfico de aplicaciones de transacción**, son del tipo de bases de datos interactivas, etc.

- **Clase Best-effort**, engloba el tráfico no estipulado en las anteriores y se le proporciona el ancho de banda que sobre.
- **Clase sin importancia**, servicios o aplicaciones que se consideran inferiores a Best-effort. Pueden ser e-mail personal, aplicaciones P2P, juegos online, etc.

#### **Definición de Políticas para cada clase**

- Especificar un ancho de banda máximo.
- Especificar un ancho de banda mínimo garantizado.
- Asignar niveles de prioridad.
- Usar herramientas que sean adecuadas para la congestión gestionándola, eliminándola, etc.

#### **Modelos de QoS**

- **Modelo Best-effort**

Significa que no hay QoS aplicado, de manera que todos los paquetes dentro de la red son independientemente del tipo que sean reciben el mismo trato. Como beneficio de este sistema está la facilidad de implementación, ya que no hay que hacer nada para ponerlo en funcionamiento, pero tiene como desventaja que no es posible garantizar ningún tipo de servicio a ninguna aplicación.

- **Modelo de servicios integrados**

Proporciona QoS de extremo a extremo, y es basado en la señalización explícita y reserva de recursos de red para aquellas aplicaciones que los necesitan. El protocolo de señalización empleado es el **RSVP** (*Resource Reservation Protocol*). Cuando una aplicación tiene un requerimiento de ancho de banda RSVP va salto por salto a lo largo del camino intentando hacer la reserva solicitada en cada uno de los *routers* que se encuentra en la ruta. Si la reserva se puede hacer la aplicación podrá operar, pero si algún elemento en el camino no tiene los recursos suficientes, la aplicación tendrá que esperar.

- **Modelo de servicios diferenciados**

Éste modelos es el más actual de los tres y ha sido desarrollado para suplir las deficiencias de los anteriores. El tráfico es en principio clasificado y marcado. A medida que fluye en la red va recibiendo distinto trato dependiendo de su marca.

Éste modelo usa **PHB**, (*Per-Hop Behavior*), que hace referencia al comportamiento por salto. Esto significa que cada salto en el camino está programado para proporcionar un nivel de servicio específico a cada clase de tráfico.

Hay que tener en cuenta que;

- El tráfico es clasificado
- Las políticas de QoS son aplicadas dependiendo de la clase.
- Se debe elegir el nivel de servicio para cada tipo de clase que corresponderá a unas necesidades determinadas.

Las ventajas principales son la escalabilidad y habilidad para soportar muchos tipos de niveles de servicio. Como desventaja, no es absolutamente garantizado y es más complejo de implementar. (Systems, 2009)

## Capítulo III

### Metodología

A continuación se muestra la metodología de investigación, que se empleó para la realización del presente Trabajo especial de Grado, está dividido por 5 fases;

#### **I.- Fase 1: Investigación de los servicios de Telecomunicaciones que requiere el edificio.**

- a) Investigación para realización del marco teórico: se procedió a recolectar información bibliográfica de trabajos anteriores en la biblioteca de la UCAB e internet para desarrollar el marco teórico en el cual estará fundamentado el trabajo especial de grado.
  
- b) Obtención de planos y entrevista con las autoridades encargadas del proyecto: se logró mediante reuniones con el Decano de la facultad de Ingeniería Ingeniero José Ochoa, el revisor de trabajo especial de grado Ingeniero Luis Barroso, el tutor del trabajo especial de grado Ingeniero José Pirrone y el encargado del proyecto del nuevo edificio de ingeniería, Ingeniero Ricardo Rivas, los cuales plantearon la visión de los productos que esperaban del trabajo especial de grado y de los servicios que querían que el edificio ofreciera. El ingeniero Ricardo Rivas fue quien facilitó los planos del edificio, los cuales serán usados para realizar las actividades que se describirán a continuación.

#### **II.- Fase 2: Diseño de la Red Telemática**

- a) Levantamiento de necesidades y servicios: Una vez obtenidos los planos del edificio y teniendo el conocimiento de los servicios que se van a ofrecer, se procedió a estimar la cantidad de puntos de acceso y su ubicación dentro de cada una de las áreas del edificio para generar una tabla con esta información.
  
- b) Cálculo de la capacidad de la Red Telemática: Al contar con las necesidades y servicios que se ofrecerán dentro del edificio se continua con el diseño de la red telemática, el próximo paso fue el cálculo de la capacidad de la red telemática basándose en la cantidad de usuarios estimada que soportará dicha red y la tasa de transmisión que posee cada servicio que se desea ofrecer.

- c) Diseño de la topología de la red telemática: Con esta actividad se culmina el diseño de la red telemática. Para su realización se estudiaron distintas topologías de redes y se escogió la más conveniente basándose en la cantidad de usuarios que soportará la red, los tipos de servicios que se ofrecerán y los posibles equipos y tecnología a utilizar.

### **III.- Fase 3: Simulación de la Red Telemática**

- a) Simulación de la Red Telemática: Una vez obtenida la topología a utilizar se probó mediante un *software* de simulación para detectar los puntos de posibles fallas que se pudieran presentar.

### **IV.- Fase 4: Realización del estimado de costos de los equipos**

- a) Realización del estimado de costos de posibles equipos: teniendo la topología de la red y el levantamiento de servicios y necesidades, se conocen las especificaciones de los equipos necesarios para su implementación y es posible estimar la cantidad y tipo de equipos que se necesitan en la red telemática. Esto permitió un estimado de los costos de los equipos que serán necesarios.

### **V.- Fase de Culminación**

Elaboración del tomo: luego de culminar todas las actividades propuestas para la realización del trabajo especial de grado se procederá a realizar el tomo correspondiente.

## Capítulo IV

### Desarrollo y Resultados

#### I.- Investigación y Documentación

Luego de la fase inicial, que consistió en la recolección y clasificación del material teórico, pertinente para la toma de decisiones sobre el diseño de la Red Telemática, se realizó la selección sobre el tipo de cables (según categorías), equipos intermedios (*Routers*, *Switches* y Puntos de Acceso) y equipos terminales (teléfonos IP) que darán una solución satisfactoria al problema planteado, cumpliendo así con los objetivos propuestos.

#### II.- Distribución del Espacio Físico y los Recursos a emplear en la Red

##### II.1.- Descripción sobre la distribución del espacio del edificio

Para poder realizar la red telemática del nuevo edificio, lo primero que se tuvo que estudiar y detallar fueron los planos de la infraestructura y conocer la distribución física por piso del mismo.

El edificio cuenta con 7 niveles, distribuidos de manera ascendente de la siguiente manera: posee la Planta Semi-Sótano que es un área destinada para Estacionamiento de Vehículos, seguido de la Planta Baja-Plaza hasta la Planta Piso 5. Las áreas con que cuenta el edificio están identificadas de la siguiente manera: Auditorios para Conferencias, Escuelas, Aulas (comunes), Aulas Especiales y Salas de Estudios Generales. A continuación se detallarán las distintas áreas según su uso o aplicación:

- **Auditorio:** Es un espacio destinado para la realización de conferencias bien sea en vivo o de manera remota mediante videoconferencia para una multitud concurrente.
- **Departamentos/Escuelas:** Es un área destinada para las oficinas, cubículos y puestos de trabajo en general del personal que labora en las distintas Escuelas o Departamentos que conforman la Facultad de Ingeniería de la UCAB.
- **Aulas (comunes):** Son los lugares destinados para las actividades académicas de todos los cursos de las Escuelas de Ingeniería de la UCAB.

- **Aulas Especiales:** Son aulas de mayor tamaño que las aulas comunes y que serán empleadas para distintas actividades académicas, donde se necesite un espacio más amplio.
- **Cubículos:** Son Espacios destinados para los profesores, o estudiantes, para estudiar o realizar consultas.

En la Tabla 3, se muestra la distribución por piso de las áreas señaladas en el punto anterior:

Tabla 3. Número de Unidades por piso  
**Fuente:** Elaboración Propia

Plantas	Auditorios	Departamentos Escuelas	Aulas (comunes)	Aulas Especiales	Cubículos	Total Por Piso
Baja-Plaza	1	0	8	0	0	9
Piso 1	0	5	12	1	14	32
Piso 2	0	2	11	2	0	15
Piso 3	0	2	14	1	0	17
Piso 4	0	2	11	1	0	13
Piso 5	0	1	0	0	0	1
<b>TOTALES</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>56</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>87</b>

En la Figura 15, se muestra una sección del plano del Piso 2 con la distribución física de las Aulas comunes (Aula 1 y Aula 2) y, en la parte superior izquierda, se muestra el Aula Especial. En la Figura 16, se muestra la distribución de los espacios destinados para una de las Escuelas que operará en el Piso 2 del nuevo Edificio.

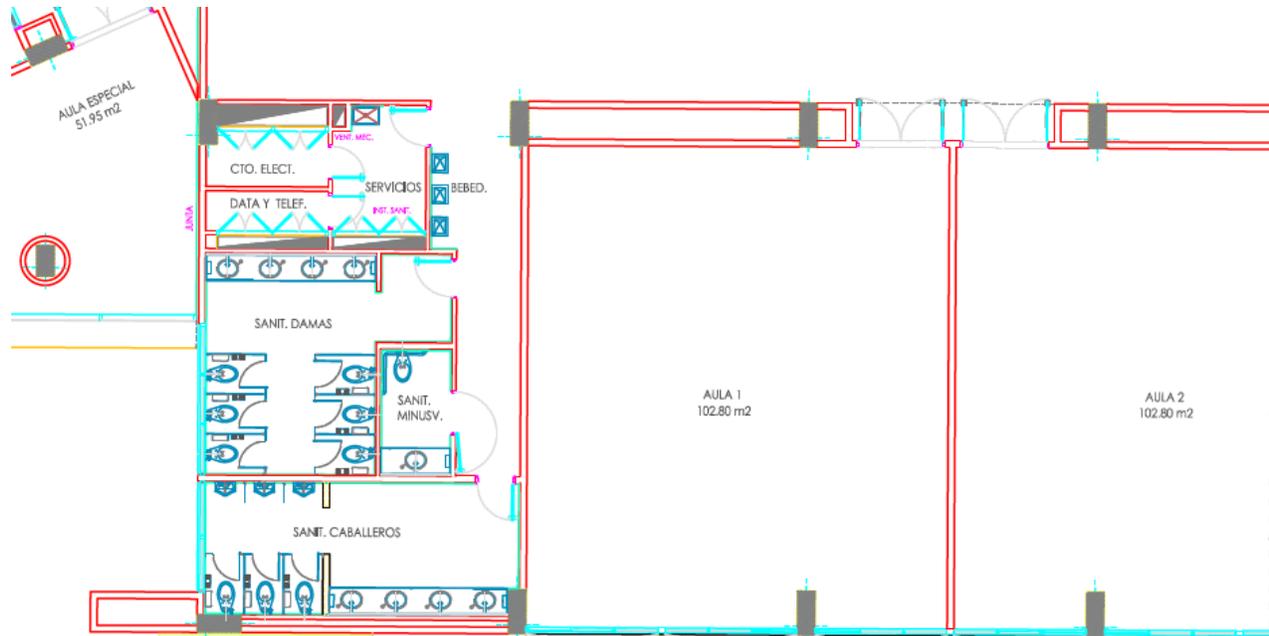


Figura 15. Planta Piso 2 del Nuevo Edificio Ingeniería  
Fuente: Decanato Facultad Ingeniería UCAB

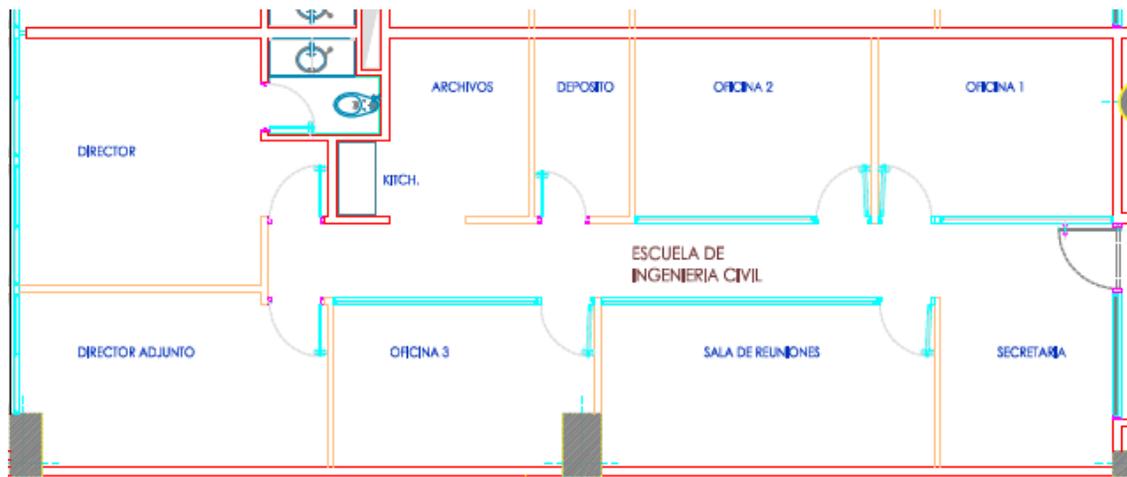


Figura 16. Planta Piso 2 del Nuevo Edificio Ingeniería  
Fuente: Decanato Facultad Ingeniería UCAB

## II.2.- Recursos a emplear en la Red

Luego del estudio y reconocimiento de la distribución del Espacio Físico del nuevo Edificio, se prosiguió con la distribución de la cantidad de recursos necesarios para brindar los servicios de la red. Tales servicios fueron establecidos luego de varias reuniones con los encargados de la obra Civil del Edificio, el Decano de la Facultad de Ingeniería; Ing. José Ochoa e Ing. Ricardo Rivas. En las siguientes **Tablas** (Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7,

Tabla 8 y Tabla 9), se presentan de manera global, los servicios y la cantidad especificada por Planta, que se le brindarán al Edificio:

Tabla 4. Distribución de Servicios Planta Baja

<b>PLANTA BAJA</b>	<b>VoIP</b>	<b>Puntos de Red</b>	<b>Puntos de Acceso WiFi</b>	<b>Videoconferencia</b>
<b>Auditorio</b>	0	5	2	1
<b>Aulas Comunes (7 en Total)</b>	0	0	3 <sup>1</sup>	0
<b>Aula Especiales (1 en Total)</b>	0	0	1 <sup>1</sup>	1
<b>TOTALES</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5. Distribución de Servicios Piso 1

Fuente: Elaboración Propia

<b>PISO 1</b>	<b>VoIP</b>	<b>Puntos de Red</b>	<b>Puntos de Acceso WiFi</b>	<b>Videoconferencia</b>
<b>Departamento Física</b>	5	5	1	0
<b>Departamento Química</b>	5	5	1	0
<b>Departamento Geometría Descriptiva</b>	5	5	1	0
<b>Departamento Matemáticas</b>	10	10	1	0
<b>Departamento Humanidades y Lenguaje</b>	10	10	1	0
<b>Cubículos (14 en Total)</b>	0	15	1	0
<b>Aulas Comunes (12 en Total)</b>	0	0	6	0
<b>Aula Especial</b>	0	0	1	1
<b>TOTALES</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>13</b>	<b>1</b>

Tabla 6. Distribución de Servicios Piso 2  
Fuente: Elaboración Propia

<b>PISO 2</b>	<b>VoIP</b>	<b>Puntos de Red</b>	<b>Puntos de Acceso WiFi</b>	<b>Videoconferencia</b>
Escuela Ciencias Básicas	15	20	1	1
Escuela de Civil	15	20	1	1
Aulas Comunes (11 en Total)	0	0	6 <sup>2</sup>	0
Aulas Especiales (2 en Total)	0	0	1 <sup>2</sup>	2
<b>TOTALES</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

Tabla 7. Distribución de Servicios Piso 3  
Fuente: Elaboración Propia

<b>PISO 3</b>	<b>VoIP</b>	<b>Puntos de Red</b>	<b>Puntos de Acceso WiFi</b>	<b>Videoconferencia</b>
Escuela de Telecomunicaciones	15	20	1	1
Escuela de Informática	15	20	1	1
Aulas Comunes (14 en Total)	0	0	7	0
Aula Especial	0	0	1	1
<b>TOTALES</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>3</b>

Tabla 8. Distribución de Servicios Piso 4  
Fuente: Elaboración Propia

<b>PISO 4</b>	<b>VoIP</b>	<b>Puntos de Red</b>	<b>Puntos de Acceso WiFi</b>	<b>Videoconferencia</b>
<b>Decanato</b>	5	20	1	2
<b>Escuela de Industrial</b>	15	20	1	1
<b>Aulas Comunes (11 en Total)</b>	0	0	6	0
<b>Aula Especial</b>	0	0	1	1
<b>TOTALES</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

Tabla 9. Distribución de Servicios Piso 5  
Fuente: Elaboración Propia

<b>PISO 5</b>	<b>VoIP</b>	<b>Puntos de Red</b>	<b>Puntos de Acceso WiFi</b>	<b>Videoconferencia</b>
<b>Decanato</b>	3	8	2	1
<b>TOTALES</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Cabe destacar que tantos los puntos de Telefonía VoIP como los de la Red de Datos Convencionales, estarán dispuestos solamente para áreas de trabajo como oficinas y cubículos en las áreas de **Departamentos/Escuelas** en la correspondiente Planta donde se hallen y que la zona de cobertura WiFi, está planeada para la totalidad de la Planta; dentro de las **Aulas** (comunes y especiales), **Departamentos/Escuelas** por igual. Para los **Cubículos** del Piso 1 (14 en Total) está planeado colocar un solo punto de acceso WiFi que cubra la totalidad del espacio de dichas áreas.

En la Tabla 10, se muestra el total de los servicios por Piso y la suma total de los mismos con la que contará el nuevo Edificio.

Tabla 10. Totalidad de Servicios en el Edificio  
Fuente: Elaboración Propia

PLANTAS/PISOS	VoIP	Puntos de Red	Puntos de Acceso WiFi	Videoconferencia
<b>Planta Baja</b>	0	5	6	2
<b>Piso 1</b>	35	50	13	1
<b>Piso 2</b>	30	40	9	4
<b>Piso 3</b>	30	40	10	3
<b>Piso 4</b>	20	40	9	4
<b>Piso 5</b>	3	8	2	1
<b>TOTALES</b>	<b>118</b>	<b>183</b>	<b>49</b>	<b>15</b>

<sup>1</sup> Dada la distribución física de la Planta Baja, con Aulas Comunes (7 en total) y una sola Aula Especial, se diseñó el arreglo de los puntos de acceso Wi-Fi de manera que por cada 2 Aulas (de cualquier tipo) exista un punto de acceso, quedando de la siguiente manera:

- Aulas Comunes (1 y 2 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aulas Comunes (3 y 4 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aulas Comunes (5 y 6 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aula Común 7 y Aula Especial comparten un Punto de Acceso.

Arrojando como total 4 puntos de Acceso para Aulas (Especiales y Comunes) en dicha Planta.

<sup>2</sup> Dada la distribución física del Piso 2, con Aulas Comunes (11 en total) y Aulas Especiales (2 en Total), se diseñó el arreglo de los puntos de acceso WiFi de manera que por cada 2 Aulas (de cualquier tipo) exista un punto de acceso, quedando de la siguiente manera:

- Aulas Comunes (1 y 2 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aulas Comunes (3 y 4 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aulas Comunes (5 y 6 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aulas Comunes (7 y 8 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aulas Comunes (9 y 10 según los Planos) comparten un Punto de Acceso
- Aula Común 11 y Aula Especial 2 comparten un Punto de Acceso.
- Aula Especial 1 tiene un Punto de Acceso sin compartir.

Arrojando como total 7 puntos de Acceso para Aulas (Especiales y Comunes) en dicho Piso.

El resto de los Pisos con su distribución de servicios estarán contemplados en los puntos siguientes.

### III.- Obtención de los Planos del Edificio

A continuación se presentan los planos de la Planta Baja, Piso 1 y Piso 2. Cabe destacar que se tomará como modelo el Piso 2, para la distribución del cableado horizontal, *backbone* y cobertura Wi-Fi, siendo análogas las explicaciones desde el Piso 3 hasta el Piso 5, por tener características similares. También se presentará una descripción detallada de las áreas, desde Planta Baja hasta Piso 5 en las Tablas: 11, 12, 13, 14, 15 y 16.

Tabla 11. *Medidas de la Planta Baja*  
Fuente: Elaboración Propia

Espacio	Área en metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Auditorio	364,45
Aula 1	67,5
Aulas (desde la 2 hasta la 7)	104,15 c/u
Aula 8	126,50
Pasillo de Aulas	340

Tabla 12. *Medidas del Piso 1*  
Fuente: Elaboración Propia

Espacio	Área en metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Escuelas	35 c/u
Cubículos	14 c/u
Aula 1, Aula 2 y Aula 3	58,05 c/u
Aula 4	57
Aula 5	58,6
Aula 7	54,5
Aula 8, Aula 9 y Aula 10	58,05 c/u
Aula 11 y Aula 12	58,6 c/u
Aula Especial	126,5
Pasillo de Aulas	340

Tabla 13. Medidas del Piso 2  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Espacio</b>	<b>Área en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)</b>
Escuelas	35 c/u
Aula 1 y Aula 2	102,8 c/u
Aula 3, Aula 4 y Aula 5	46 c/u
Aula 6, Aula 7 y Aula 8	68,8 c/u
Aula 9, Aula 10 y Aula 11	46 c/u
Aula Especial 1	52
Aula Especial 2	126,5
Pasillo de Aulas	340

Tabla 14. Medidas del Piso 3  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Espacio</b>	<b>Área en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)</b>
Escuelas	35 c/u
Aula 1, Aula 2 y Aula 3	68,8 c/u
Aulas (desde la 4 a la 9)	46 c/u
Aula 10, Aula 11 y Aula 12	68,8
Aula 13 y Aula 14	58,10 c/u
Aula Especial	52
Pasillo de Aulas	340

Tabla 15. *Medidas del Piso 4*  
Fuente: Elaboración Propia

Espacio	Área en metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Escuelas	35 c/u
Aula 1 y Aula 2	102,8 c/u
Aula 3, Aula 4 y Aula 5	46
Aula 6, Aula 7 y Aula 8	68,8
Aula 9, Aula 10 y Aula 11	46
Aula Especial 1	52
Aula Especial 2	126,5
Pasillo de Aulas	340

Tabla 16. *Medidas del Piso 5*  
Fuente: Elaboración Propia

Espacio	Área en metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Escuela	135
Pasillo	340

En las Figuras 17, 18 y 19, se muestran los planos de Planta Baja, Piso 1 y Piso 2 respectivamente, para mejor visualización de los mismos puede observar el apéndice A en el CD anexo a éste tomo.

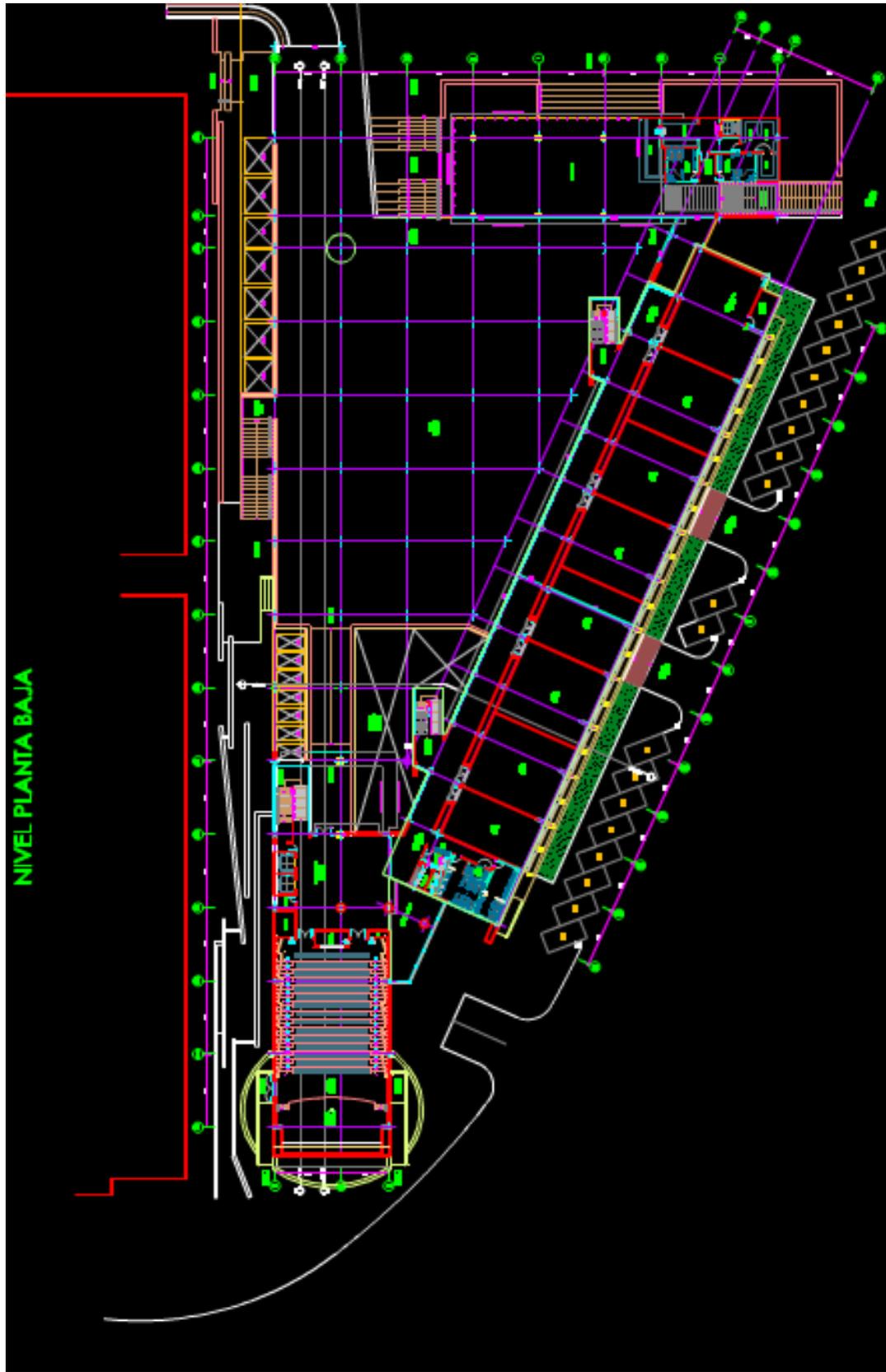


Figura 17. Plano Planta Baja  
Fuente: Decanato Facultad Ingeniería

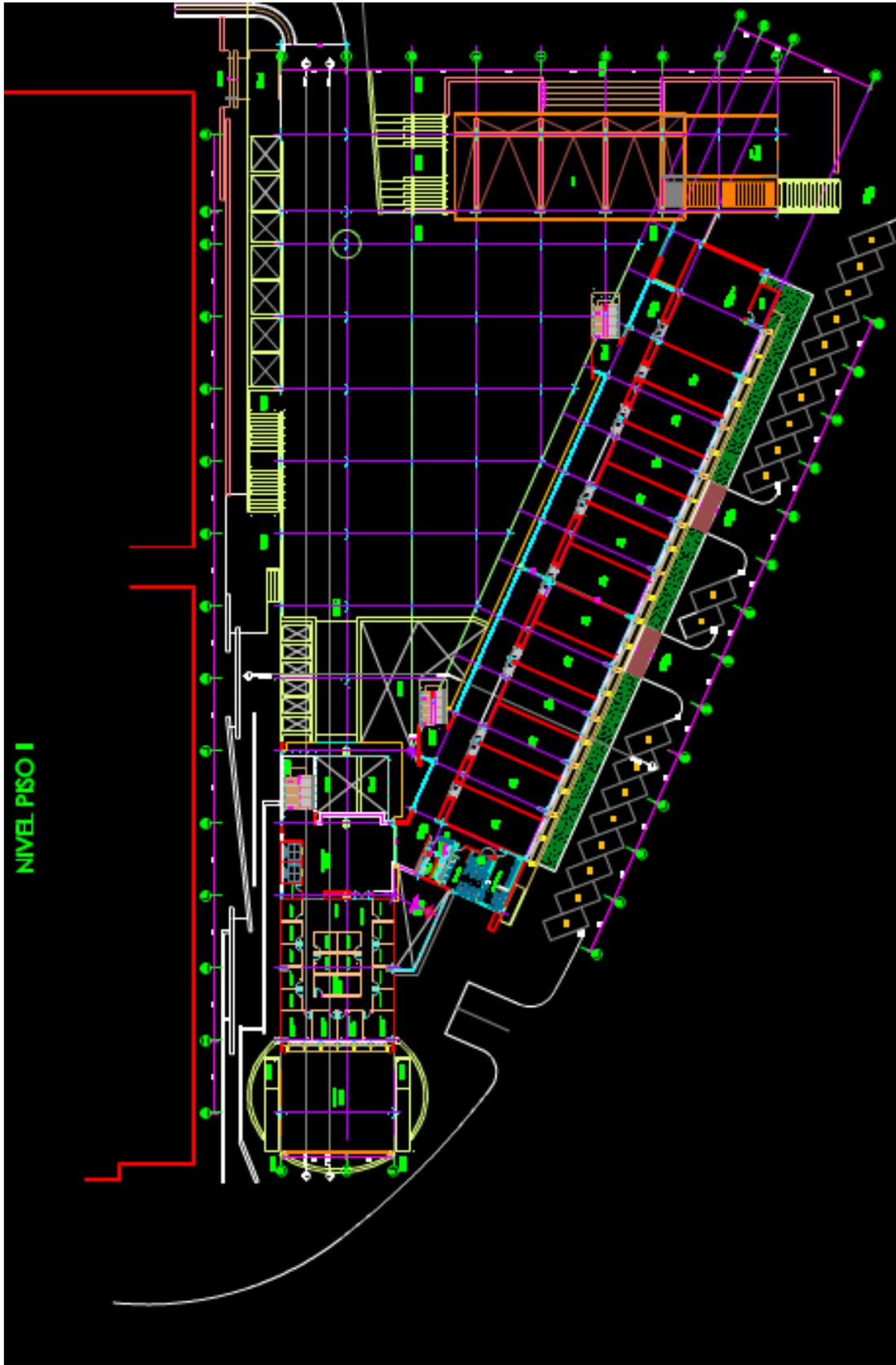


Figura 18. Plano Piso 1  
Fuente: Decanato Facultad Ingeniería

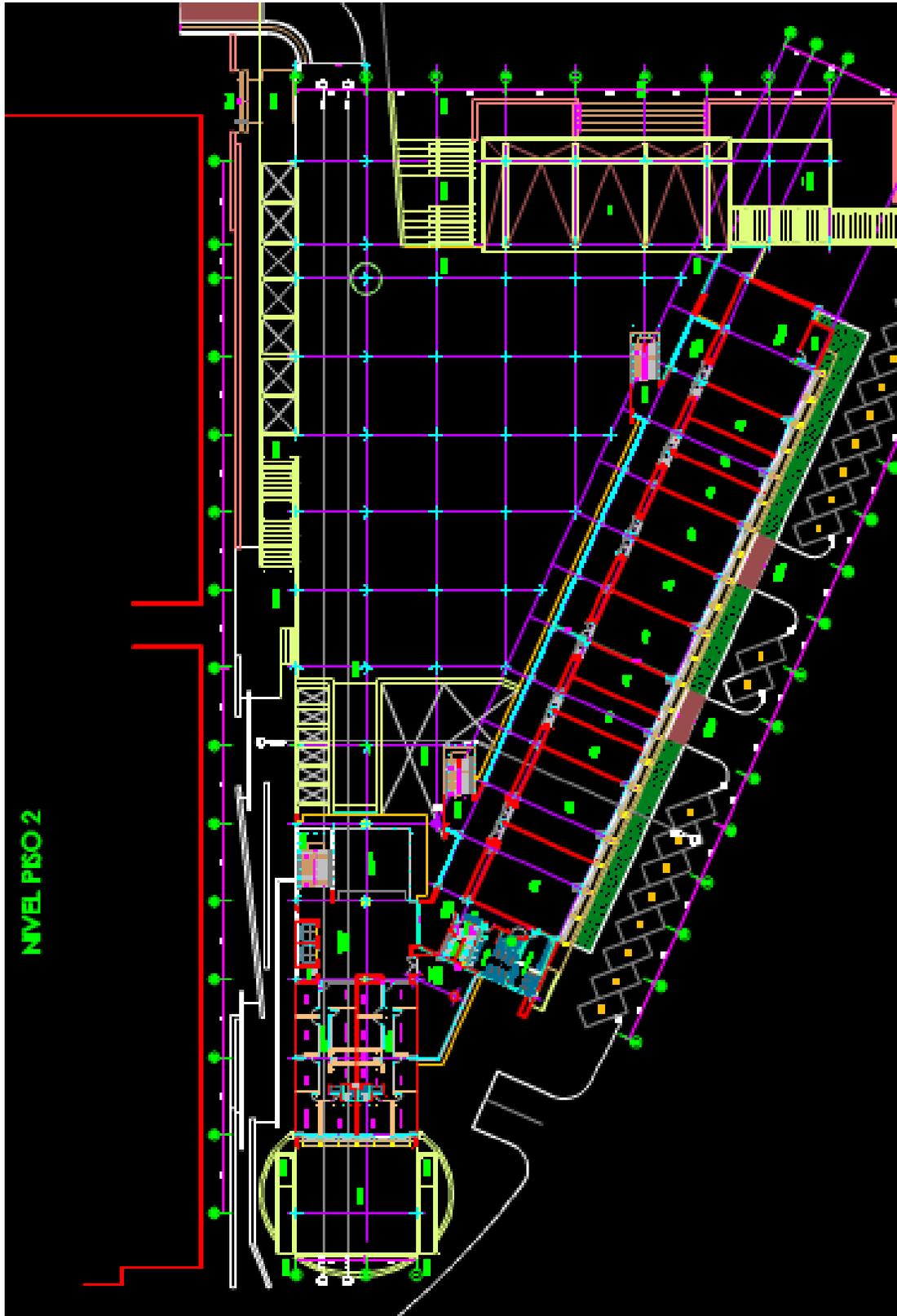


Figura 19. Planta Piso 2  
Fuente: Decanato Facultad Ingeniería

#### **IV.- Cálculos de la capacidad de la Red**

##### **IV.1.- Capacidad de la Red Telefónica (VoIP)**

Para calcular la capacidad de la red se tomaron en consideración dos escenarios por separado, el primero la telefonía IP y el segundo la red de datos, ya que se calculan de manera distinta.

En el caso de la telefonía IP se utilizó como referencia la tasa de bits que genera el códec utilizado en el teléfono IP, en éste caso se empleó el códec G.729a de la ITU-T, ya que es un códec que utiliza poco ancho de banda en comparación con otros. Dicho códec posee una tasa de transmisión de 8 Kbps y un ancho de banda ETHERNET de 39.2 Kbps.

Como se señaló con anterioridad, el edificio contará con 118 teléfonos IP, y se asumirá que el número de unidades telefónicas que pudieran ser ocupadas en la hora pico es de 48 teléfonos, lo cual representa aproximadamente el 41% del número total de teléfonos que se dispondrán en el Edificio. Ahora, se estudiará por partes el tráfico telefónico dependiendo de su destino u origen.

Se pueden prever tres casos, el primero; que se genere o se reciba una llamada desde el edificio en estudio, hacia o desde la red telefónica externa a la Universidad, el segundo caso es que se genere o reciba una llamada hacia o desde un teléfono dentro de la universidad, y el tercer caso es que se haga o reciba una llamada hacia o desde un teléfono dentro del mismo edificio.

De éstos 48 teléfonos que pueden estar ocupados en la hora pico, la mitad será para llamadas hacia afuera de la universidad, es decir, 24 llamadas, con una duración promedio de 3 minutos, de la otra mitad se supondrá que se harán 14 llamadas a teléfonos que estén dentro de la universidad y las 10 llamadas restantes serán hechas hacia teléfonos dentro del edificio. La duración promedio de las llamadas de los dos últimos casos será de 5 minutos, estos valores de ocupación se obtuvieron de hacer el promedio de la duración de llamadas que se hacen interna y externamente en una oficina con central telefónica de acuerdo con (Aguilar, 2007).

La dispersión de tráfico se hizo mediante el estudio de campo en el edificio de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello, tomando como referencia la cantidad de llamadas que se hacen hacia el exterior e interior de la Universidad, así como, las llamadas que se hacen dentro del edificio de Laboratorios.

Al usar los datos descritos con anterioridad se obtiene la Tabla 17, la cual muestra los Erlangs que se generan para cada uno de los casos descritos.

Tabla 17. Erlangs generados en los casos mencionados  
**Fuente:** Elaboración Propia

Llamadas fuera de la UCAB (Erlangs)	Llamadas dentro de la UCAB (Erlangs)	Llamadas dentro del Edificio (Erlangs)
$\frac{3 \text{ min}}{60 \text{ min}} * 24 = 1,2$	$\frac{5 \text{ min}}{60 \text{ min}} * 14 = 1,67$	$\frac{5 \text{ min}}{60 \text{ min}} * 10 = 0,83$

Para calcular la cantidad de líneas telefónicas necesarias se utilizaron dos modelos de tráfico telefónico para comparar los resultados que arrojaron dichos modelos.

Los modelos escogidos son el modelo de Poisson y Engset. Para este proyecto el modelo que más se amolda a las características de tráfico telefónico que se desea diseñar es el modelo de Poisson, ya que se dispondrá de un número de fuentes finitas, las llamadas serán retenidas hasta que se cuente con una línea disponible, el patrón de llegada de las llamadas será al azar y la duración de las llamadas seguirán un patrón de picos.

La fórmula de Poisson es la siguiente (Ecuación 4):

$$Pb = e^{-A} \sum_{i=N}^{\infty} \left( \frac{A^i}{i!} \right) = 0,02$$

Se quiere que la probabilidad de bloqueo sea menor o igual a 0,02 (en términos de porcentaje sería 2%) ya que es el Estándar de Calidad Mundial, según (Aguilar, 2007) debido a que define un grado de servicio de buena calidad.

Ingresando los datos mostrados en la Tabla 17, en la fórmula de *Poisson* y variando los valores iniciales de “i”, donde “i” es el número de líneas, hasta obtener un valor de probabilidad de Bloqueo menor o igual a 0,02, se obtuvieron los siguientes resultados:

Llamadas fuera de la UCAB

$$Pb = e^{-(1,2)} \sum_{i=5}^{\infty} \left( \frac{1,2^i}{i!} \right) = 0,007457$$

Llamadas dentro de la UCAB

$$Pb = e^{-(1,67)} \sum_{i=6}^{\infty} \left( \frac{1,67^i}{i!} \right) = 0,00736$$

Llamadas dentro del Edificio de Ingeniería

$$Pb = e^{-(0,83)} \sum_{i=4}^{\infty} \left( \frac{0,83^i}{i!} \right) = 0,0102$$

De estos resultados, se observa que se necesitarán 5 líneas telefónicas para las llamadas de fuera de la Universidad, 6 líneas telefónicas para llamadas dentro de la Universidad y 4 líneas telefónicas para llamadas dentro del edificio de Ingeniería, resultando que se necesitan un total de 15 líneas para satisfacer el grado de servicio que se desea ofrecer.

De modo análogo se hizo el cálculo del tráfico telefónico empleando el modelo de Engset, con el cual se obtuvo que se necesitarán 5 líneas telefónicas para las llamadas fuera de la Universidad, 5 líneas telefónicas para llamadas dentro de la Universidad, y 4 líneas telefónicas para llamadas dentro del edificio de Ingeniería. Sumando los resultados de los tres casos se obtiene que se necesitarán 14 líneas telefónicas para satisfacer el grado de servicio que se desea ofrecer.

Además de las razones expuestas con anterioridad para la escogencia del modelo de tráfico telefónico, se puede apreciar que con el modelo de *Poisson* se obtuvo un número mayor de líneas telefónicas, razón por la cual se dice que es el modelo indicado para este proyecto.

El ancho de banda que será necesario para las llamadas IP se obtiene de multiplicar las 15 líneas telefónicas que se calcularon usando el modelo de tráfico de *Poisson*, por 39,2 Kbps (*Kilobits por Segundos*) que es la tasa de transmisión en el enlace de bajada. Esto nos arroja unos 588 Kbps en el enlace de bajada, para el enlace de subida como la comunicación es bidireccional se requiere del mismo ancho de banda.

#### **IV.2.- Capacidad de la Red de Datos**

En el cálculo de la red de datos se hará por tres áreas específicas, la primera; el área administrativa, la segunda; el área de salones especiales con el servicio de video conferencias y, por último, los salones con acceso a Wi-Fi.

#### **IV.3.- Cálculos del Área Administrativa**

Para realizar la estimación de tráfico se consideró cada servicio por separado, siendo el correo electrónico el primero de ellos.

Se desea ofrecer a cada puesto de trabajo del área administrativa acceso a internet y a la telefonía IP. Para el acceso a internet, la velocidad que se quiere proveer a los usuarios es de 100 Kbps (unos 12,5 KBps) en el enlace de bajada, ya que esta tasa de transmisión es suficiente para acceder a un servidor de correo electrónico, utilización de herramientas administrativas empleadas por el personal de las distintas Escuelas, etc.

Se tomará el uso de correo electrónico como parámetro (máximo) de la navegación por la web, teniendo en cuenta que se decidió calcularlo como un acceso “Moderado”.

Multiplicando esta velocidad de transmisión por los 183 puntos de red que tendrá el edificio, se obtiene que sólo para datos de navegación se necesitaran 18.300 Kbps. Además como se señaló anteriormente la tasa de transmisión para telefonía IP es de 39,2 Kbps, la cual se redondea a 40 Kbps para facilitar los cálculos.

Con éste dato y el número de teléfonos IP (total = 118) se calcula el tráfico que se necesitará para éstos, el cual es de 4720 Kbps. Al sumar estas velocidades se obtiene la tasa de transmisión para el enlace de bajada, la cual da como resultado 23020 Kbps.

También se conoce que el enlace de bajada representa el 66,66% de la capacidad total de la red, con éste dato se puede calcular el tráfico para el enlace de subida, el cual representa el 33,33% del tráfico total de la red.

Luego, como se le asignó 100 Kbps para navegación web para el enlace de bajada, el enlace de subida será de 50 Kbps, a ése resultado se le multiplica el número de puntos de red (183), para obtener la velocidad de transmisión para la navegación web, la cual es de 9150 Kbps, y por último, se le suma el tráfico para telefonía el cual es el mismo que se obtuvo para el enlace de bajada, tal operación da como resultado que para el enlace de subida se necesitan 13780 Kbps para el tráfico en el área administrativa. En la Figura 20 se muestra la totalidad de los cálculos del área administrativa.

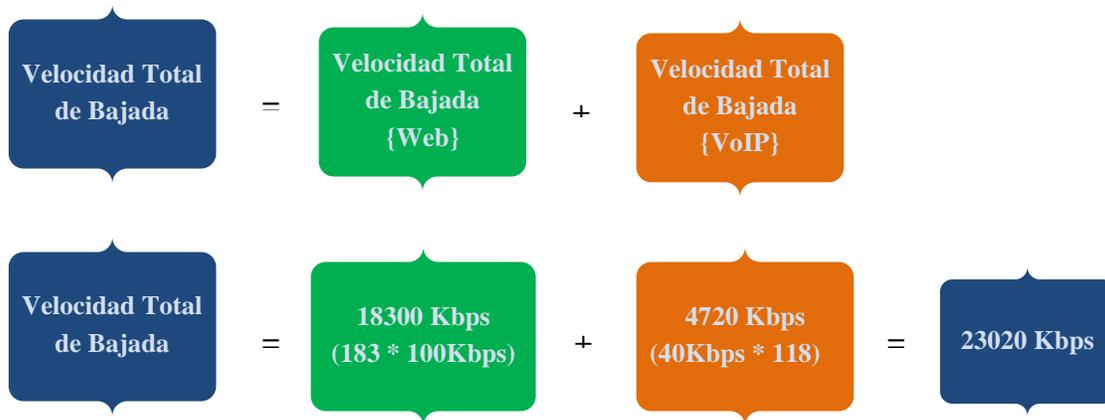


Figura 20. Velocidad de Bajada Área Administrativa  
Fuente: Elaboración Propia

De manera similar en la Figura 21, se muestra el cálculo del enlace de subida para el área administrativa:

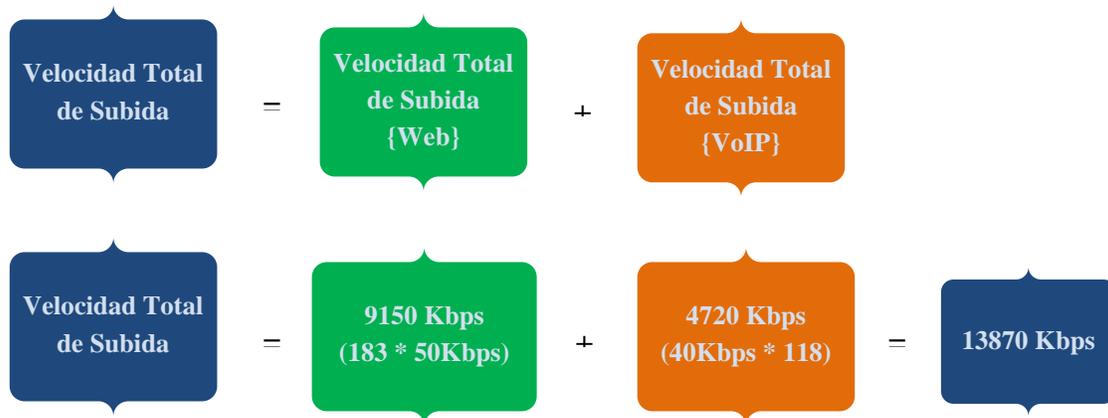


Figura 21. Velocidad de Subida Área Administrativa  
Fuente: Elaboración Propia

#### IV.4.- Cálculo de Salones con Video-Conferencia y WiFi

Para la videoconferencia, se trabajará con el códec de video H.264 en 1.2 niveles, como se mencionó en el marco teórico, trabajando con una tasa de transmisión de 384 Kbps tanto para el enlace de bajada como para el enlace de subida. Como ya se expuso en la distribución de los servicios que se prestarán en el edificio, se sabe que habrán 15 salones especiales que contarán con videoconferencia, al multiplicar la velocidad de una videoconferencia por el número de salones, se obtiene que tanto para el enlace de subida como en el de bajada la velocidad de transmisión será de 5760 Kbps en total para todos los salones especiales. En la Figura 22 se muestra un resumen de lo expuesto:



Figura 22. Configuración Bajada/Subida Video-Conferencia  
Fuente: Elaboración Propia

Por último, se calcula el tráfico en las áreas con acceso a Wi-Fi, las cuales cuentan con 49 Puntos de Acceso y cierta cantidad de usuarios. Para el cálculo de usuarios que soportará esta sección de la red, se estima que en promedio cada punto de acceso soportará 8 usuarios conectados simultáneamente, que es aproximadamente una cuarta parte de los alumnos que estén en el área donde se localiza cada punto de acceso.

A éstos usuarios se les desea ofrecer una velocidad de transmisión de 100 Kbps, por las mismas razones expuestas anteriormente, al multiplicar la velocidad de transmisión por el número de usuarios que soportará en promedio cada punto de acceso, por el número de puntos de acceso se obtiene que para el enlace de bajada la velocidad de transmisión será de 39200 Kbps.

Para el enlace de subida, la velocidad de transmisión para cada usuario será de 50 Kbps, por las razones mencionadas anteriormente, y haciendo la misma operación que para el enlace de bajada, pero con esta nueva velocidad se obtiene que la tasa de transmisión para el enlace de subida será de 19600 Kbps. En la Figura 23, se muestra en resumen los resultados de dichos cálculos.

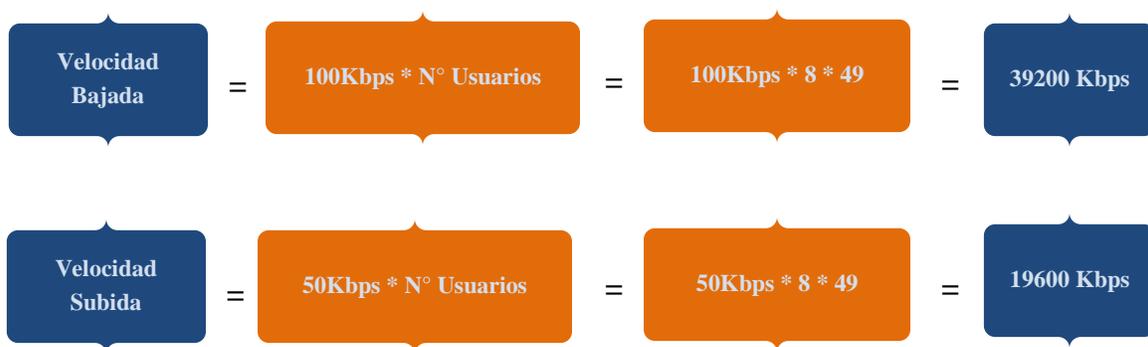


Figura 23 Configuración Bajada/Subida WiFi  
Fuente: Elaboración Propia

#### IV.5.- Total de Cálculos de Subida y Bajada

Una vez realizados los cálculos parciales, especificando cada área, o tipo de servicio a brindar, el siguiente paso es la totalización de los enlaces de Subida y los enlaces de Bajada que debe contar la Red para asegurar el funcionamiento correcto de la misma. En la Tabla 18 se muestra el resumen de los cálculos previos:

Tabla 18. Resumen de Velocidades de Bajada/Subida del Edificio  
Fuente: Elaboración Propia

Área o Servicio	Bajada	Subida	Total
Área Administrativa	23.020 Kbps	13.870 Kbps	36.890 Kbps
Video-Conferencia	5.760 Kbps	5.760 Kbps	11.520 Kbps
Wi-Fi	39.200 Kbps	19.600 Kbps	58.800 Kbps
<b>TOTALES</b>	<b>67.980 Kbps</b>	<b>39.230 Kbps</b>	<b>107.210 Kbps</b>

En la Tabla 19, se muestra el total de velocidad de Bajada y Subidas en las unidades más comunes, al momento de comparar y elegir los dispositivos de red intermedios que deben emplearse de manera que soporte la carga:

Tabla 19. Velocidad de Bajada y Subidas del Edificio  
Fuente: Elaboración Propia

Enlaces	Kilobits por Segundos (Kbps)	Megabits por Segundos (Mbps)	Kilo-Bytes por Segundos (KBps)	Mega-Bytes por Segundos (MBps)
Bajada	67.980	67,98	8.497,5	8,4975
Subida	39.230	39,23	4.903,75	4,903

## V.- Selección de la Áreas de Cobertura Inalámbrica y Red Cableada

Como se planteó anteriormente, la Red del nuevo Edificio de la Facultad de Ingeniería contará con una sección de cobertura inalámbrica (Wi-Fi) para áreas administrativas y áreas de salones y una de red convencional Cableada para las zonas administrativas.

El total de usuarios en la red convencional cableada, se contabilizó en un total de 183 puntos, de los cuales se distribuyen entre el auditorio de Planta Baja, y los distintos Departamentos y Facultades que se localizan desde el Piso 1 hasta el Piso 5. Para el presente proyecto se dispondrá como cableado horizontal (Cableado en cada Piso) el contemplado en la tecnología *ETHERNET* con Par Trenzado (categoría 5UTP), la cual entre sus características tiene una velocidad de 100Mbps y una distancia máxima de 100 metros.

En la red inalámbrica se anticiparon un total de 49 *Access Points*, para darle cobertura a las zonas antes mencionadas, el número total de usuarios que pueden estar conectados simultáneamente dependerá del número de personas que así lo necesiten, pero para efectos de cálculos, se estableció un promedio de 8 personas por *Access Point*, dando un total de 392 usuarios. En la Figura 24, se muestra como se estableció en la Planta Baja del edificio, los puntos de red convencional (*ETHERNET*) y la zona de cobertura Wi-Fi a distribuirse en dicha planta.

Como se puede observar, se dispondrán de varios *Access Point* a lo largo del pasillo del Edificio, colocándose uno por cada 2 salones de manera que sea más dirigida y eficiente la cobertura de cada *Access Point*. Una de las principales características que deben tener los *Access Point* a emplear es precisamente que sean directivos, es decir que tengan la capacidad de confinar su señal en un ángulo cerrado y que trabajen en distintas frecuencias para que los que se dispongan de manera consecutiva no se interfieran, y luego se puedan reutilizar en otra zona, libre de interferencia.



Figura 24. Zona Cobertura WiFi y Red de Datos.  
Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

-  Access Point Inalámbrico.
-  Zona de Cobertura Wi-Fi con una frecuencia "F1" determinada.
-  Zona de Cobertura Wi-Fi con una frecuencia "F2" determinada.
-  Punto de Red de Datos.

Como se muestra en la Figura 24, a lo largo del pasillo se disponen *Access Point* consecutivos con gran directividad, utilizando frecuencias distintas entre *Access Point* consecutivos, para evitar que se interfieran y creen problemas en la conexión, sin embargo se presta la posibilidad de re-utilización de frecuencias en zonas alejadas del *Access Point*, mostrado con la misma frecuencia.

También, se puede observar en el área del auditorio, que hay 2 *Access Point* para cubrir el área completa del mismo, con distintas frecuencias, que se solapan en algún punto, pero que no se interfieren entre sí. También se disponen 5 puntos de red convencional dentro del auditorio como apoyo, o segunda opción, de conectividad a la red.

El total del área cubierta por la zona Wi-Fi es de 1390 metros cuadrados, en la Planta Baja, además de los 5 puntos de red cableada con que contará. En la Tabla 20, se señala el total en metros cuadrados, que debe cubrir la red inalámbrica Wi-Fi por piso.

Tabla 20. Zona a cubrir con Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

Pisos	Número de Access Point	Zona de cobertura en m <sup>2</sup>
Planta Baja	6	1.390
Piso 1	13	1.058,3
Piso 2	9	1.067,95
Piso 3	10	1.058,45
Piso 4	9	1.067,95
Piso 5	2	305

En la Figura 25, se muestra la distribución en el Piso 2 del Edificio de los puntos de red cableada en la zona administrativa, para dos Escuelas, que además tendrán cobertura inalámbrica Wi-Fi en adición a la red cableada.

De igual manera, se planeó que se dispongan *Access Point* con frecuencias distintas para que la señal se solape, pero que no se interfieran entre sí, y que se puedan conectar mayor número de usuarios por medio inalámbrico y asegurar una cobertura total de todo el espacio administrativo.

#### V.1.- Características de la Red Inalámbrica

**SSID (Nombre de identificación de red):** ING-WIRELESS, distintivo para diferenciar las redes inalámbricas existentes en la UCAB, como lo son UCABWIRELESS y BIBLIOTECA

**Seguridad:** Portal Cautivo (Usuario y Contraseña), pide como requisito de conexión y acceso a la red inalámbrica, que el usuario se identifique con un nombre de usuario (correo de la universidad) y una contraseña previamente establecida.

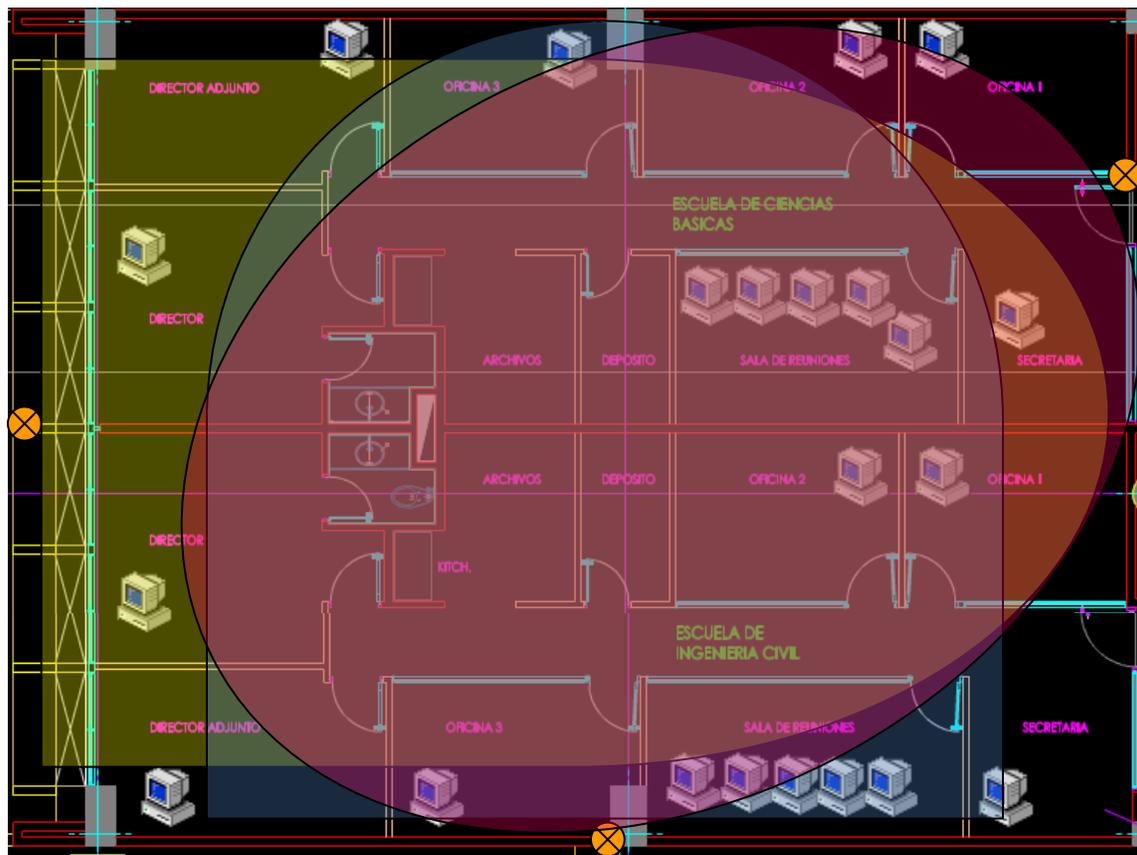


Figura 25. Distribución del Piso 2 red cableada y WiFi  
Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

⊗ Access Point Inalámbrico.

■ Zona de Cobertura Wi-Fi con una frecuencia "F1" determinada.

■ Zona de Cobertura Wi-Fi con una frecuencia "F2" determinada.

■ Zona de Cobertura Wi-Fi con una frecuencia "F3" determinada.

■ Punto de Red de Datos.

## VI.- Desarrollo del Cableado (Vertical y Horizontal)

Para la realización del cableado vertical o “backbone”, se propone la utilización de fibra óptica para cubrir lo que serían las rutas troncales de información de la red. El estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B** que es el más común y más utilizado al momento de planificar un cableado estructurado, sugiere que aparte de que el cableado vertical no presente tensiones a lo largo de su recorrido por la estructura del edificio, se deje un exceso de aproximadamente 3 metros dentro de los cuartos de equipos para prever futuras modificaciones o nuevas interconexiones. En la Figura 26, se muestra un corte transversal del edificio para calcular un aproximado de cuantos metros de cable de fibra óptica se necesitarán para cubrir la red en su totalidad.

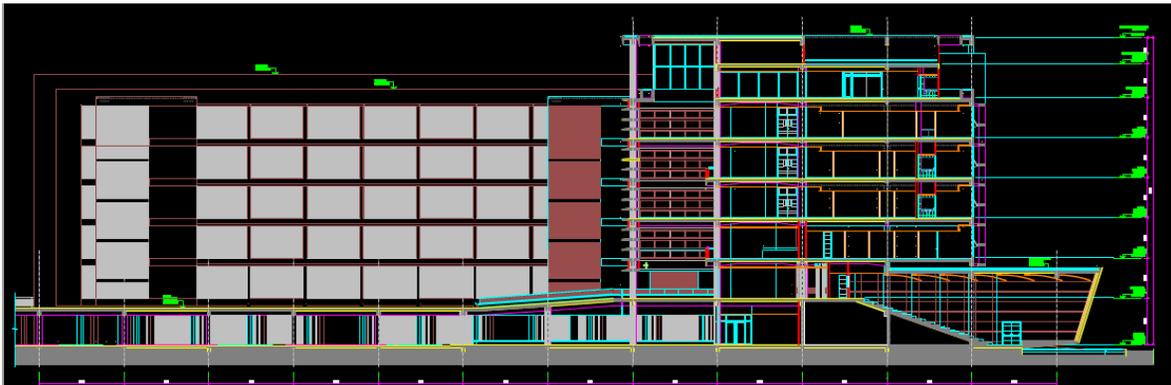


Figura 26. Corte Transversal del Edificio  
Fuente: Decanato UCAB

Por piso se tienen las siguientes medidas, mostradas en la Tabla 21:

Tabla 21. Altura de Niveles del Edificio  
Fuente: Elaboración Propia

Nivel	Metros
Sótano	4.90
Planta Baja	4.20
Piso 1	4.20
Piso 2	4.20
Piso 3	4.20
Piso 4	4.20
Piso 5	3.60
Sala de Máquinas	2.75
<b>TOTAL</b>	<b>32.25</b>

Haciendo un estudio detallado de los planos y de la localización de los cuartos de telecomunicaciones, se obtienen las cantidades mostradas en la Tabla 22:

Tabla 22. Cálculo de metros de Fibra Óptica  
Fuente: Elaboración Propia

Tramos	Metros de Fibra Óptica
Desde Planta Baja a Piso 1	6
Desde Planta Baja a Piso 2	11
Desde Planta Baja a Piso 3	15
Desde Planta Baja a Piso 4	19
Desde Planta Baja a Piso 5	23
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>

En cuanto al cableado horizontal, se realizará un estimado por piso del total en metros a emplearse desde el cuarto de telecomunicaciones (cuarto de los *Switches*) hasta los *Access Points* en los pasillos, y hasta las zonas administrativas a las distintas Escuelas y Departamentos.

En la Figura 27, se muestra una fracción del plano del Piso 2 y el recorrido diseñado para el cableado horizontal hasta la zona administrativa, se debe hacer notar que el recorrido marcado en la Figura 27, representa el troncal completo de cables que deben llegar hasta la zona requerida y la cantidad de metros en total a emplearse se calcularon multiplicando por el número de estaciones que se dispongan.

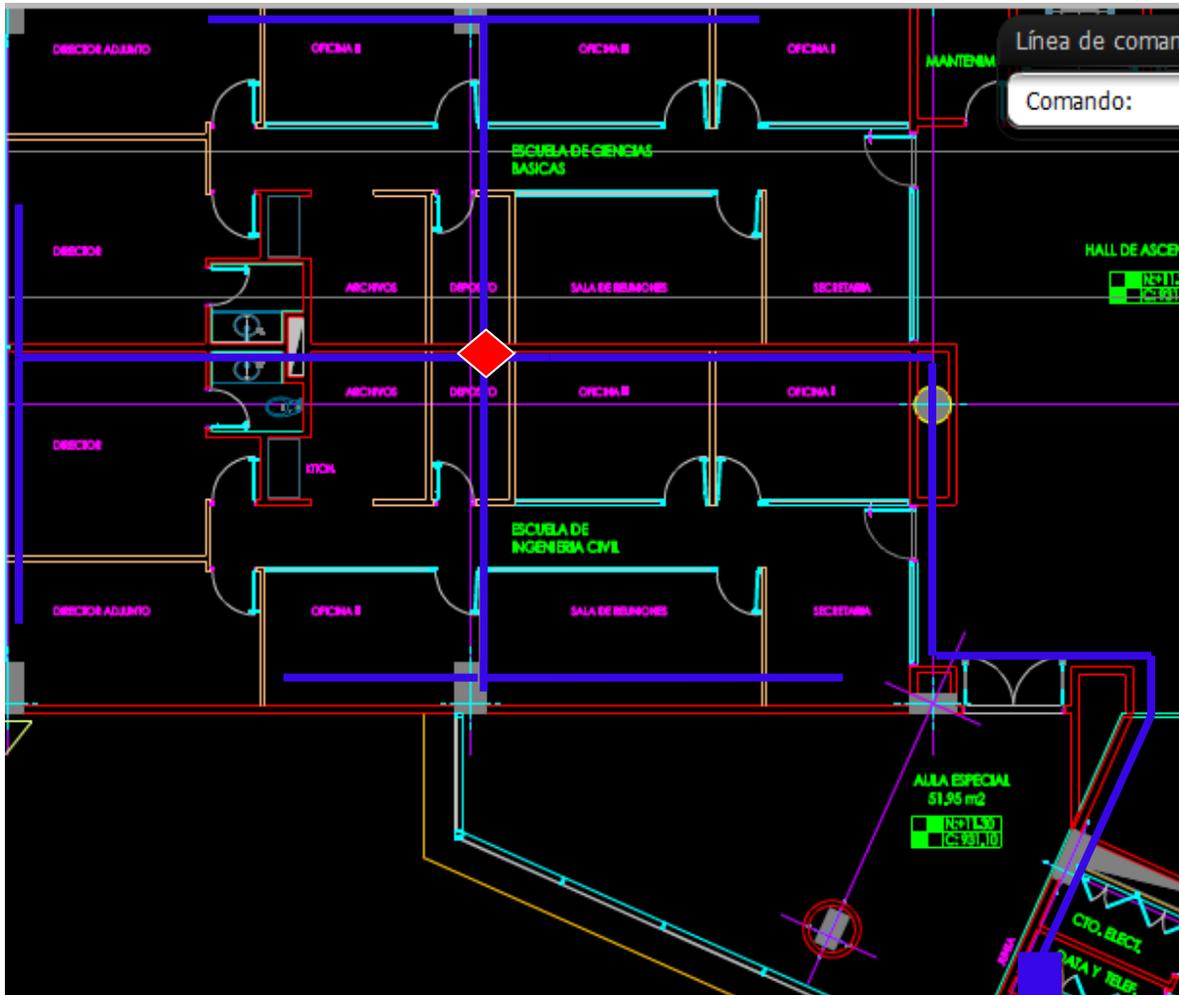


Figura 27. Diseño de Cableado Horizontal Piso 2  
Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

-  Rack o Estante que contiene los *Switch* en el Cuarto de Telecomunicaciones
-  Línea de Cableado UTP (*Unshielded Twisted Pair*).
-  Punto hasta dónde llegará el troncal completo para luego distribuirse.

El recorrido total de la Figura 27 es de 81 metros, pero los metros de cable UTP total hacía la zona administrativa, se distribuyen de la siguiente manera mostrada en la Tabla 23:

Tabla 23. Metros de cable UTP para Piso 2 Zona Administración  
Fuente: Elaboración Propia

Tramos	Puntos de Red	VoIP	Access Point	Metros a Recorrer	Total Metros de Cable UTP
Troncal (Cuarto de datos hasta la distribución en las oficinas)	40	30	2	26	1872
Hacia Arriba de la distribución	4	4	0	20	160
Hacia Abajo de la distribución	7	3	0	16	160
Hacia la izquierda de la distribución	3	3	0	19	114
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>81</b>	<b>2306</b>

En la Figura 28, se muestra el diseño propuesto de cableado horizontal para la zona de salones y pasillo donde se encuentran los *Access Points* que brindarán los servicios de manera inalámbrica.



Figura 28. Recorrido Cableado Horizontal Pasillo Piso 2  
Fuente: Elaboración Propia

Leyenda:

-  *Access Points*
-  *Rack o Estante en el Cuarto de Telecomunicaciones (CT)*
-  *Recorrido del cable UTP a lo largo del pasillo.*

En la Tabla 24, se muestra el total de cable requerido para completar el recorrido del Piso 2:

Tabla 24. Metros de cable UTP para Piso 2 Zona Pasillo  
Fuente: Elaboración Propia

Tramos	Metros
Desde el CT al 1er <i>Access Point</i>	14
Desde el CT al 2do <i>Access Point</i>	33,5
Desde el CT al 3er <i>Access Point</i>	40
Desde el CT al 4to <i>Access Point</i>	53
Desde el CT al 5to <i>Access Point</i>	66
Desde el CT al 6to <i>Access Point</i>	72,5
<b>TOTAL</b>	<b>279</b>

En la Tabla 25, se muestra un estimado del total en metros de cable UTP categoría 5, que se debe emplear para completar el recorrido del cableado horizontal de cada uno de los pisos del edificio, debido a que las medidas se hicieron de acuerdo a los planos y no a una medida física directamente en el edificio, se debe considerar una tolerancia en el total de un +10% sobre la medida total para cada piso:

Tabla 25. Total en metros Cableado Horizontal  
Fuente: Elaboración Propia

Pisos	Zona Administrativa (metros)	Pasillo (metros)	Total (metros)
<b>Planta Baja</b>	210	74	312,4
<b>Piso 1</b>	2883	403	3.614,6
<b>Piso 2</b>	2306	279	2.843,5
<b>Piso 3</b>	2306	310	2.877,6
<b>Piso 4</b>	2306	279	2.843,5
<b>Piso 5</b>	120	0	132
<b>TOTALES</b>	-	-	<b>12.623,6</b>

## VII.- Cuarto de Telecomunicaciones

El cuarto de Telecomunicaciones o Cuarto de Equipos, como también se le conoce, es aquél que resguarda los dispositivos intermedios de red (*Switch, Router, Hub, Bridge, etc*). Se puede considerar como la primera barrera de seguridad en las medidas de resguardo y protección de la red, ya que aísla a dichos dispositivos de personas no autorizadas a manipularlos.

Al igual que la estructuración de los cableados horizontales y verticales, el estándar más empleado actualmente es el **ANSI/TIA/EIA-568-B**, el cual es el empleado por la región y asegura la interoperabilidad de equipos de distintos fabricantes.

De acuerdo al estándar, los Cuartos de Telecomunicaciones deben poseer un espacio sólo para el alojamiento de equipos intermedios de red, los cuales deben encontrarse debidamente apilados unos encima de otros en los llamados *Racks*, o Estantes que poseerán soportes tanto en la base (ajustada al piso) como en la cima (ajustada al techo), para proporcionar espacio para el paso del cableado vertical a través de los pisos, que según el estándar deben estar contenidos dentro de ductos de 100 milímetros (4 pulgadas) y para el cableado horizontal, dependiendo de la cantidad de cables que llevará el troncal hacia las áreas de trabajo, se debe escoger un ducto con una holgura del 25% para asegurar no “asfixiar” o “aplstar” los conductores que contendrán.

En la Figura 29, se muestra la configuración de los *Racks*, según el estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B**, tanto para equipos intermedios dispuestos para Datos como para telefonía IP.

El edificio contará con 5 Cuartos de Telecomunicaciones situados entre Planta Baja y el Piso 4, éste último tendrá los dispositivos que surtirán servicios al propio Piso 4 y al Piso 5 que no posee Cuarto de Telecomunicaciones.

### **VIII.- Selección del modelo QoS**

El modelo de QoS propuesto es el “**servicios diferenciados**”, ya que en la actualidad es el más empleado, dado que el tráfico es previamente marcado y clasificado antes de dar el próximo salto al siguiente equipo intermedio de red, con lo cual se provee una mayor cantidad de tipos de niveles de servicios y siendo muy capaz de soportar escalabilidad en la red.



Figura 29. Configuración de Racks en CT  
Fuente: (Herrera, 2003)

## IX.- Selección de la Tecnología

### IX.1.- Selección del Tipo de Cable

Existen varios parámetros al momento de la escogencia de la tecnología a emplearse en la red. Se debe pensar en un poco más allá de la visión actual que se tiene, tanto de la red como de los recursos a emplearse a través de ella, según los cálculos realizados y expresados en la Tabla 18. Resumen de Velocidades de Bajada/Subida) el total de tráfico generado en la hora pico es de 107.210 Kbps = 107,21 Mbps, repartidos en 67,980 Mbps para bajada y 39,230 Mbps para la subida.

Esto permite afirmar, dentro de las consideraciones actuales de uso de la red, que se necesitarán medios de transmisión con capacidades mayores a 100 Mbps y se requerirá una mayor capacidad si se considera la posibilidad de ampliar la red o aumentar los recursos requeridos por los usuarios. En la Tabla 26, se resume las características de las tecnologías existentes de ETHERNET:

Tabla 26. Comparación entre Verificación de Trama  
Fuente: (Malarchuck, 2009)

Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Distancia Máxima	Topología
10Base2	10 Mbps	Coaxial	185 m	Bus (Conector T)
10BaseT	10 Mbps	Par Trenzado	100 m	Estrella (Hub o Switch)
10BaseF	10 Mbps	Fibra óptica	2000 m	Estrella (Hub o Switch)
100BaseT4	100Mbps	Par Trenzado (categoría 3UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (hub) y Full Duplex (switch)
100BaseTX	100Mbps	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (hub) y Full Duplex (switch)
100BaseFX	100Mbps	Fibra óptica	2000 m	No permite el uso de hubs
1000BaseT	1000Mbps	4 pares trenzado (categoría 5e ó 6UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseSX	1000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	550 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseLX	1000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	5000 m	Estrella. Full Duplex (switch)

Se puede observar que, de acuerdo a las especificaciones de la red, la tecnología adecuada para soportar dicha demanda del cableado horizontal es 1000BaseT, ya que su

velocidad es de 1000 Mbps y soporta la topología Estrella que será una de las topologías propuestas para la solución del tráfico a través de la red.

También se especifica en la Tabla 24, que el mayor recorrido que se tiene en el cableado horizontal es de 72,5 metros y el cable 1000BaseT, según Tabla 26, puede llegar hasta los 100 metros sin sufrir atenuación, por lo que cumple a cabalidad con dicha exigencia.

En cuanto a la selección del tipo de cableado vertical a implementar, se decide por el 1000BaseSX, que proporciona la velocidad de 1000 Mbps necesaria y además, resulta ser Fibra Óptica multimodal (más económica en el mercado) y puede cumplir con los tramos especificados para el *backbone* expuestos en la Tabla 22, donde el mayor de éstos es de 23 metros y, dado que la distancia máxima que alcanza la Fibra 1000BaseSX es de 550 metros, está muy por debajo de ese límite lo que resultará en un servicio más que suficiente.

Según el estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B**, la Fibra Óptica multimodo debe ser de una longitud de onda de 62,5/125  $\mu\text{m}$  y para el cableado horizontal propone una categoría = 5 (mínima), por lo que se recomienda la 5e.

#### **X.- Direccionamiento de la Red (*Sub-Netting*)**

Para la configuración del direccionamiento de la red, se tomaron en cuenta el máximo de usuarios que se pueden tener en cada sub-red, según la Tabla 10. En el Piso 2, se prevé un total de aproximadamente 190 usuarios, hay que hacer la salvedad que se está tomando en cuenta que cada *Access Point* en el Piso 2 estará a su máxima capacidad y que probablemente la red pueda aumentar en el número de usuarios en un futuro, se propondrá la red de Clase C: **192.168.0.0** con máscara de **/24: (255.255.255.0)** para proporcionar una cantidad de 256 usuarios para cada piso, dándole así la oportunidad de crecer en un 34% a cada sub-red.

Como en cada piso se albergarán distintos Departamentos o Escuelas, se ha decidido que se separarán cada zonas de trabajo de manera lógica en los *Switch*, empleando VLAN (*Virtual LAN*: Redes LAN virtuales) es decir, que a cada sub-red de cada piso, se dividirá en sub-redes más pequeñas, para que exista intercomunicación entre usuarios de la misma Escuela o Departamento de manera más eficiente y con menos congestión para el *Switch*

principal y exista un mejor aprovechamiento del *Switch* en cada piso. Hay que destacar que, de igual manera se mantiene la comunicación entre usuarios de distintas Escuelas o Departamentos o entre distintos pisos a través del *Router* (dispositivo de Capa 3).

En la Figura 30, se muestra un esquema general de cómo funcionarán las VLAN, al conectar varios usuarios a las interfaces de los puertos del *Switch* de un determinado piso, y separarlos lógicamente para que de este modo se reduzcan los dominios de difusión, evitando la sobrecarga de tráfico innecesario y previniendo la formación de cuellos de botella que puedan disminuir el rendimiento de la red

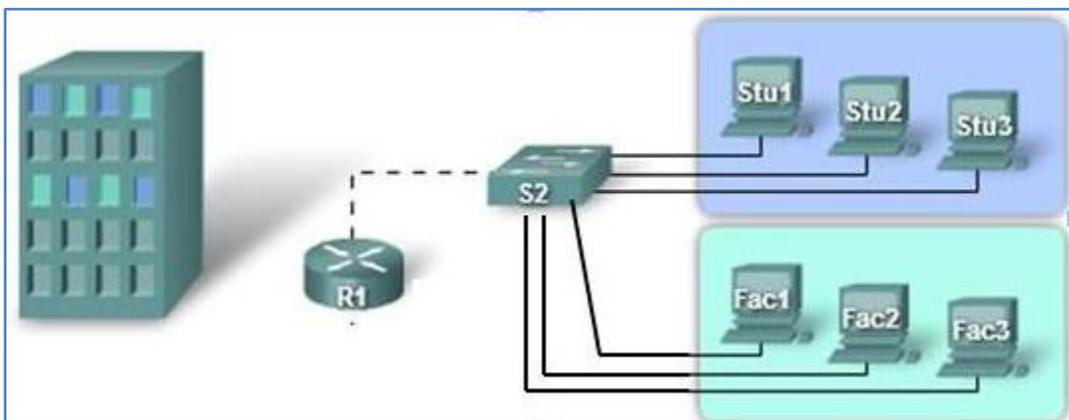


Figura 30. Idea General de las VLAN  
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 27, se muestra el direccionamiento y la asignación de VLAN en los distintos pisos del edificio:

Tabla 27. Direccionamiento de Sub-red  
Fuente: Elaboración Propia

Piso	Dirección Sub-Red	Dirección (1er Host)	Dirección (Último Host)	Dirección Broadcast
Planta Baja	192.168.1.0	192.168.1.1	192.168.1.254	192.168.1.255
Piso 1	192.168.2.0	192.168.2.1	192.168.2.254	192.168.2.255
Piso 2	192.168.3.0	192.168.3.1	192.168.3.254	192.168.3.255
Piso 3	192.168.4.0	192.168.4.1	192.168.4.254	192.168.4.255
Piso 4	192.168.5.0	192.168.5.1	192.168.5.254	192.168.5.255
Piso 5	192.168.6.0	192.168.6.1	192.168.6.254	192.168.6.255

En la Tabla 28, se muestra la configuración para las VLAN de cada piso, con sus respectivos rangos de direcciones IP y su debida identificación al Departamento o Escuela que represente.

Tabla 28. Configuración de VLAN  
Fuente: Elaboración Propia

Pisos	Número de VLAN	Nombre de VLAN	Inicio de VLAN	Fin de VLAN
Planta Baja	10	Auditorio	192.168.1.1	192.168.1.127
	11	Pasillo-PB	192.168.1.128	192.168.1.254
Piso 1	12	Física	192.168.2.1	192.168.2.42
	13	Matemática	192.168.2.43	192.168.2.84
	14	Química	192.168.2.85	192.168.2.126
	15	Lenguaje	192.168.2.127	192.168.2.168
	16	Geometría	192.168.2.169	192.168.2.210
	17	Pasillo-P1	192.168.2.211	192.168.2.254
Piso 2	18	Ciencias	192.168.3.1	192.168.3.84
	19	Civil	192.168.3.85	192.168.3.168
	20	Pasillo-P2	192.168.3.169	192.168.3.254
Piso 3	21	Telecom	192.168.4.1	192.168.4.84
	22	Informática	192.168.4.85	192.168.4.168
	23	Pasillo-P3	192.168.4.169	192.168.4.254
Piso 4	24	Decanato-P4	192.168.5.1	192.168.5.84
	25	Industrial	192.168.5.85	192.168.5.168
	26	Pasillo-P5	192.168.5.169	192.168.5.254
Piso 5	27	Decanato-P5	192.168.6.1	192.168.6.254

La utilización de las VLAN está justificada por 2 factores de peso, el primero, ya se explicó que es el hecho de que ayuda a descongestionar y a emplear rutas eficaces a comunicaciones entre dos o varios usuarios dentro del edificio. Y la segunda, es que posee una gran manejabilidad al momento de realizar cambios futuros, porque al ser configurado por *software*, se tiene la facilidad de realizarle cambios estructurales a la red si existe algún caso de ampliación en un futuro.

Para asegurar el funcionamiento de las VLAN, está sobre-entendido que se tienen que configurar los enlaces entre *Switches* como troncales y habilitar el protocolo VTP (*VLAN Trunking Protocol*) en cada uno de los *Switches*, configurando en modo “*Server*” el *Switch* principal de la red y como modo “*Client*” el resto de los *Switches* que se encuentran en los distintos pisos.

Así como también tener en consideración, la creación de sub-interfaces en el *router* para el enrutamiento inter-*VLAN*, de manera que se puedan comunicar computadores de distintas *VLANs*.

Como toda red que cuente con Puntos de Acceso Inalámbricos debe contar con un servidor DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), que es el encargado de asignar direcciones IP a los distintos usuarios que deseen conectarse vía Wi-Fi, y que la usarán por un determinado tiempo, dando la posibilidad de re-utilizar dicha dirección IP para conexiones futuras. En la Tabla 29, se muestra la configuración de dicho servidor, en función al rango de direcciones disponibles a otorgar y las *VLAN* que debe manejar:

Tabla 29. Configuración Servidores DHCP  
Fuente: Elaboración Propia

<b>VLAN</b>	<b>Inicio de Rango</b>	<b>Fin de Rango</b>
10	192.168.1.1	192.168.1.100
11	192.168.1.128	192.168.1.254
12	192.168.2.1	192.168.2.8
13	192.168.2.43	192.168.2.50
14	192.168.2.85	192.168.2.92
15	192.168.2.127	192.168.2.135
16	192.168.2.169	192.168.2.176
17	192.168.2.211	192.168.2.254
18	192.168.3.1	192.168.3.8
19	192.168.3.85	192.168.3.92
20	192.168.3.169	192.168.3.254
21	192.168.4.1	192.168.4.8
22	192.168.4.85	192.168.4.92
23	192.168.4.169	192.168.4.254
24	192.168.5.1	192.168.5.8
25	192.168.5.85	192.168.5.92
26	192.168.5.169	192.168.5.254
27	192.168.6.1	192.168.6.100

En cada rango se deja una banda de resguarda de direcciones IP, en caso de que se tenga que implementar otro dispositivo de red (*Switch, Router*) adicional en la topología, todo esto según las normas en el estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B**.

## **XI.- Selección de la Topología de la Red**

Para la topología de la red se conocen como las más usadas la topología tipo estrella y tipo anillo. La topología tipo estrella tiene como características que todos los nodos de la red se conectan a un nodo central, pasando todo el tráfico de la red por este nodo. En la topología tipo anillo, cada nodo de la red se conecta con un nodo aledaño hasta cerrar el círculo, formando así una especie de anillo, donde el tráfico circula de nodo a nodo hasta llegar a su destino.

La ventaja de la topología estrella es que si deja de funcionar un nodo el resto de la red no se verá afectada. También necesita que los nodos de las subredes tengan mucha inteligencia, ya que el nodo central es el encargado de la mayor cantidad de procesamiento de los datos, por lo cual, los costos disminuyen al colocar dispositivos de menor capacidad de procesamiento. Como principal desventaja es que si falla el nodo central el resto de la red dejará de funcionar.

La ventaja de la topología tipo anillo es que utiliza menos cableado respecto a la topología anterior y se pueden cubrir mayores distancias, pero tiene el gran defecto de que si un nodo falla, puede provocar que la red colapse y deje de funcionar, además de que es complicada la detección de fallas. Al tener que procesar cada nodo, datos de la mayoría de la red, tienen que tener gran capacidad de procesamiento, lo que genera un incremento de los costes de los mismos.

Por lo expuesto, se llegó a la conclusión de que la mejor topología para la red a implementar es la topología tipo estrella, ya que mejora el rendimiento tanto de los recursos económicos como de los equipos, permitiendo una mejor detección de fallas, mantenimiento y escalabilidad. El nodo central conectará los dispositivos de la red del edificio de Ingeniería con los servicios de internet, con la red de la UCAB, el servidor de VoIP y el enrutador principal. En las subredes se utilizará la topología tipo estrella también para conectar las computadoras y los puntos de acceso de Wi-Fi a los *Switch* de cada piso. En las simulaciones se hará una comparación del rendimiento de las topologías expuestas en este punto para demostrar lo que se ha dicho.

## **XII.- Simulación de la Red (OPNET)**

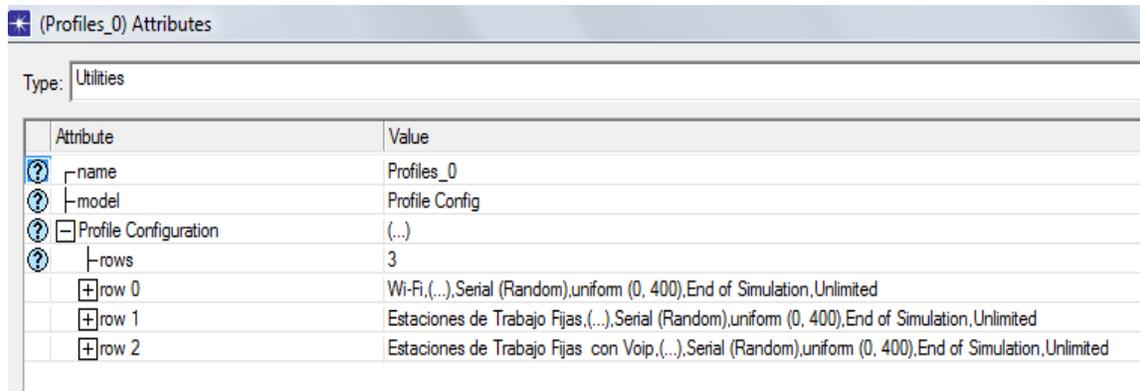
Basándose en los datos de la Tabla 10, la cual muestra la totalidad de servicios que se desea ofrecer en el edificio de Ingeniería, se realizó la simulación del tráfico de la red, comparando dos topologías de redes, para observar cual es más eficiente y ofrece mejor calidad de servicio a los usuarios, se plantean la topología de Estrella y la Topología de Anillo.

Para realizar las simulaciones se utilizó el *software* de simulación OPNET, en su versión *IT Guru Academic Edition 9.1*, la cual, es una versión académica sin costo, con ciertas restricciones al momento de hacer las simulaciones, por ejemplo, solo permite realizar 50 millones de eventos en la simulación, por lo que se simularon 25 minutos de tráfico (en la hora pico). Otra restricción es que no permite colocar más de un dispositivo de videoconferencia, lo cual, se modeló simulando este tipo de tráfico con aplicaciones de tráfico pesado en una estación de trabajo (computadoras).

Para configurar el funcionamiento de los computadores, tanto fijos como inalámbricos, se deben especificar las aplicaciones que ejecutarán dichos dispositivos, esto se hace asignándole perfiles según el uso que se le vaya a dar a las máquinas. Se configuraron dos tipos de perfiles principales para los usuarios que usarán la red del nuevo edificio, un perfil de **tráfico suave para la red Wi-Fi**, y un perfil de **tráfico pesado para las estaciones de trabajo fijas**, que serán utilizadas por el personal administrativo.

Las estaciones de trabajo fijas permiten simular VoIP, por esto, se configuró un perfil más para usuarios de la red fija, adicionándole la aplicación de VoIP a las máquinas que contarán con dicho servicio.

En la Figura 31, se muestran los perfiles de usuarios configurados de acuerdo con los resultados de los cálculos de la red en sus distintas etapas,



Attribute	Value
name	Profiles_0
model	Profile Config
Profile Configuration	(...)
rows	3
row 0	Wi-Fi(...),Serial (Random),uniform (0, 400),End of Simulation,Unlimited
row 1	Estaciones de Trabajo Fijas(...),Serial (Random),uniform (0, 400),End of Simulation,Unlimited
row 2	Estaciones de Trabajo Fijas con Voip(...),Serial (Random),uniform (0, 400),End of Simulation,Unlimited

Figura 31. Perfiles de Usuarios de la Red Telemática  
Fuente: Elaboración Propia

Se pueden observar los tres perfiles que se ejecutarán en la simulación, el primer perfil llamado Wi-Fi, es el perfil que emulará a los usuarios que se conecten a la red inalámbrica, el segundo con el nombre estaciones de trabajo fija, será para usuarios de área administrativa que se conectan a los puntos de red, y por último el perfil estaciones de trabajo fija con VoIP, es idéntico al perfil anterior pero este cuenta con la aplicación de VoIP.

Los perfiles de usuarios se configuraron de forma que las maquinas se encendieran progresivamente, desde el minuto cero hasta el minuto 5 de la simulación, para observar cómo se comporta el trafico y el retardo, mientras la red comienza a funcionar, y luego, cuando ya todos los dispositivos están encendidos.

La Figura 32, muestra como se configuró el perfil Wi-Fi, el cual, contiene las aplicaciones, en su versión de trafico ligero, de acceso a la base de datos, correo electrónico, transferencia de archivos y navegación Web con tráfico pesado.

Se utilizó la distribución uniforme para que las aplicaciones tengan la misma probabilidad de ocurrencia y se ejecuten de forma serializada.

Profile Name	Wi-Fi
Applications	(...)
rows	4
+row 0	Database Access (Light),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 1	Email (Light),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 2	File Transfer (Light),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 3	Web Browsing (Heavy HTTP1.1),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
Operation Mode	Serial (Random)
Start Time (seconds)	uniform (0, 400)
Duration (seconds)	End of Simulation
+ Repeatability	Unlimited

Figura 32. Configuración del Perfil Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 33, ilustra la configuración del perfil Estaciones de Trabajo Fijas con VoIP, la cual, tiene las aplicaciones, en sus versiones de tráfico pesado de acceso a la base de datos, correo electrónico, transferencia de archivos, sesión Telnet, navegación Web, impresión de archivos y voz sobre IP.

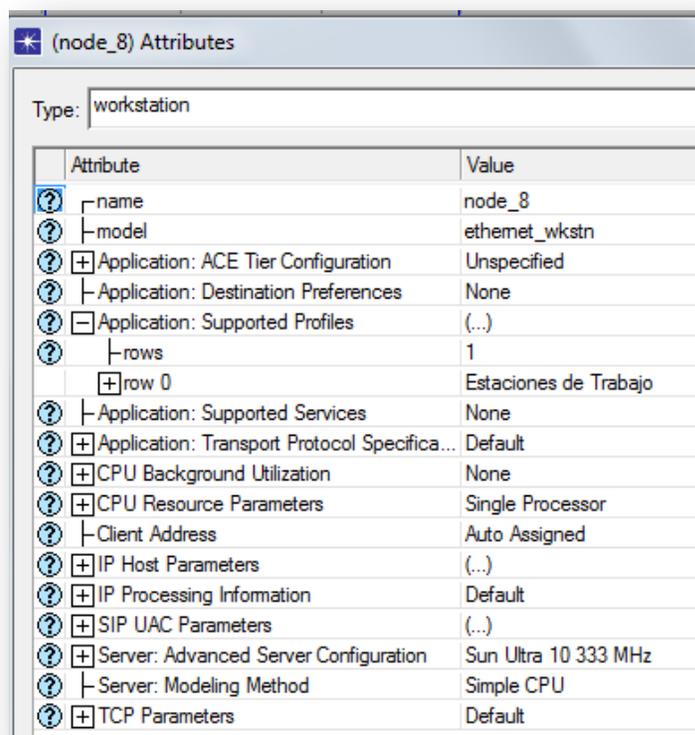
Profile Name	Estaciones de Trabajo Fijas con Voip
Applications	(...)
rows	7
+row 0	Database Access (Heavy),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 1	Email (Heavy),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 2	File Transfer (Heavy),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 3	Telnet Session (Heavy),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 4	Web Browsing (Heavy HTTP1.1),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 5	File Print (Light),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
+row 6	Voice over IP Call (PCM Quality),uniform (5,10),End of Profile,Unlimited
Operation Mode	Serial (Random)
Start Time (seconds)	uniform (0, 400)
Duration (seconds)	End of Simulation
+ Repeatability	Unlimited

Figura 33. Configuración del Perfil Estaciones de Trabajo Fijas con VoIP  
Fuente: Elaboración Propia

Se seleccionó tráfico pesado ya que estas maquinas pertenecen al área administrativa y hacen uso de una cantidad mayor de recursos. La diferencia de este perfil

con el perfil de Estaciones de Trabajo Fijas es que, este último, no posee la aplicación de VoIP.

La Figura 34 muestra un ejemplo de configuración de los computadores, resaltando el campo perfiles soportados, cuyo valor dependerá de si es una estación de trabajo inalámbrica, o fija y con VoIP. Los demás valores se mantuvieron los que trae por defecto el simulador OPNET.



Attribute	Value
name	node_8
model	ethemet_wkstn
Application: ACE Tier Configuration	Unspecified
Application: Destination Preferences	None
Application: Supported Profiles	(...)
rows	1
row 0	Estaciones de Trabajo
Application: Supported Services	None
Application: Transport Protocol Specifica...	Default
CPU Background Utilization	None
CPU Resource Parameters	Single Processor
Client Address	Auto Assigned
IP Host Parameters	(...)
IP Processing Information	Default
SIP UAC Parameters	(...)
Server: Advanced Server Configuration	Sun Ultra 10 333 MHz
Server: Modeling Method	Simple CPU
TCP Parameters	Default

Figura 34. Configuración de Estación de Trabajo Fija  
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 35, muestra la topología estrella, en donde el *Switch* principal se conecta al Servidor de servicios y a cada uno de los *Switch*s de piso. Se separó cada piso en contenedores de subredes las cuales se mostrarán en un ejemplo de éstas más adelante. El cableado de toda la red se efectuó usando cable de categoría 100baseT.

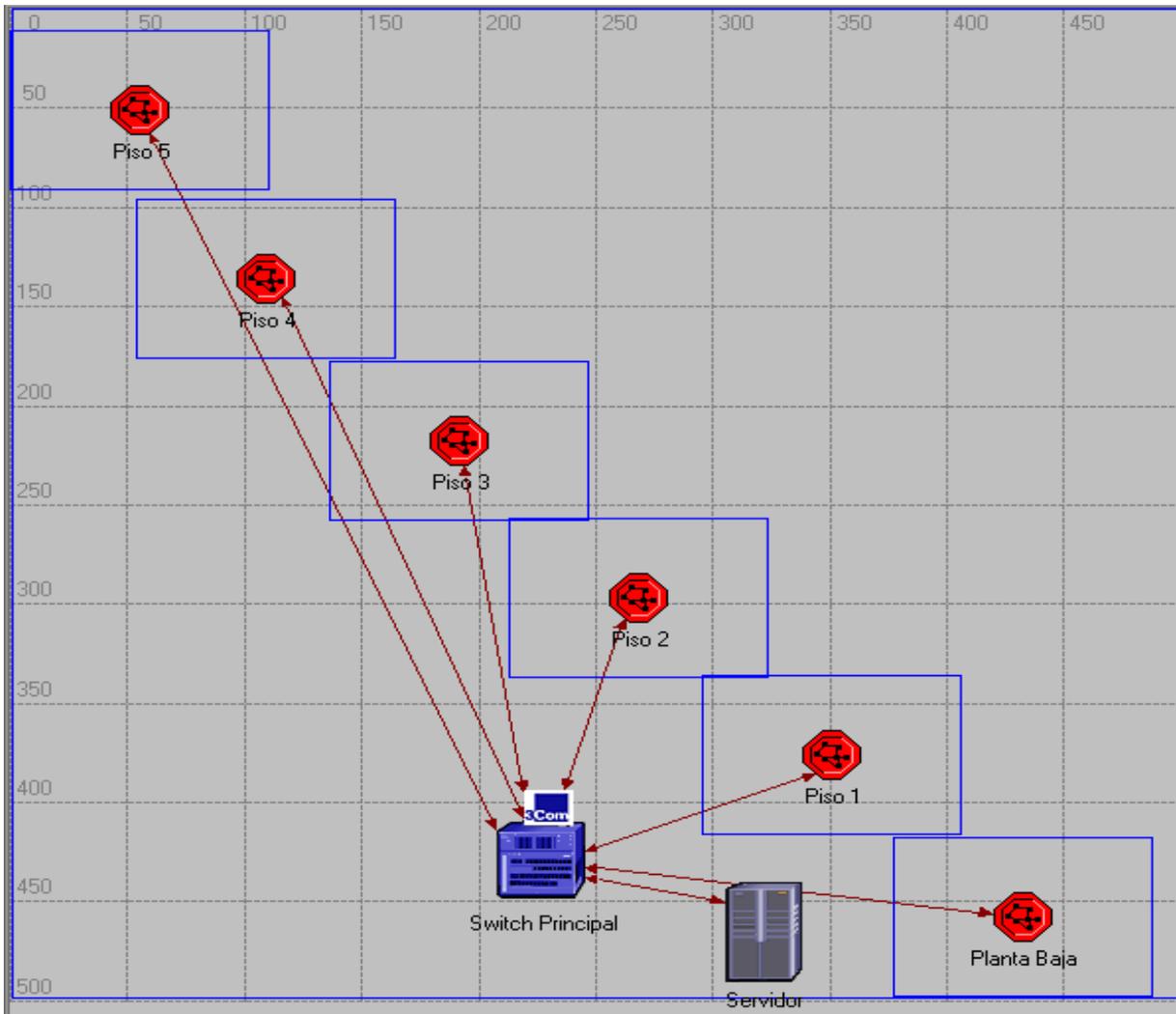


Figura 35. Topología Estrella  
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 36, muestra la composición de la topología Anillo, en la cual cada *Switch* de piso se conecta con los *Switch* de los pisos aledaños. El *Switch* principal cierra el anillo conectando la red con el servidor principal.

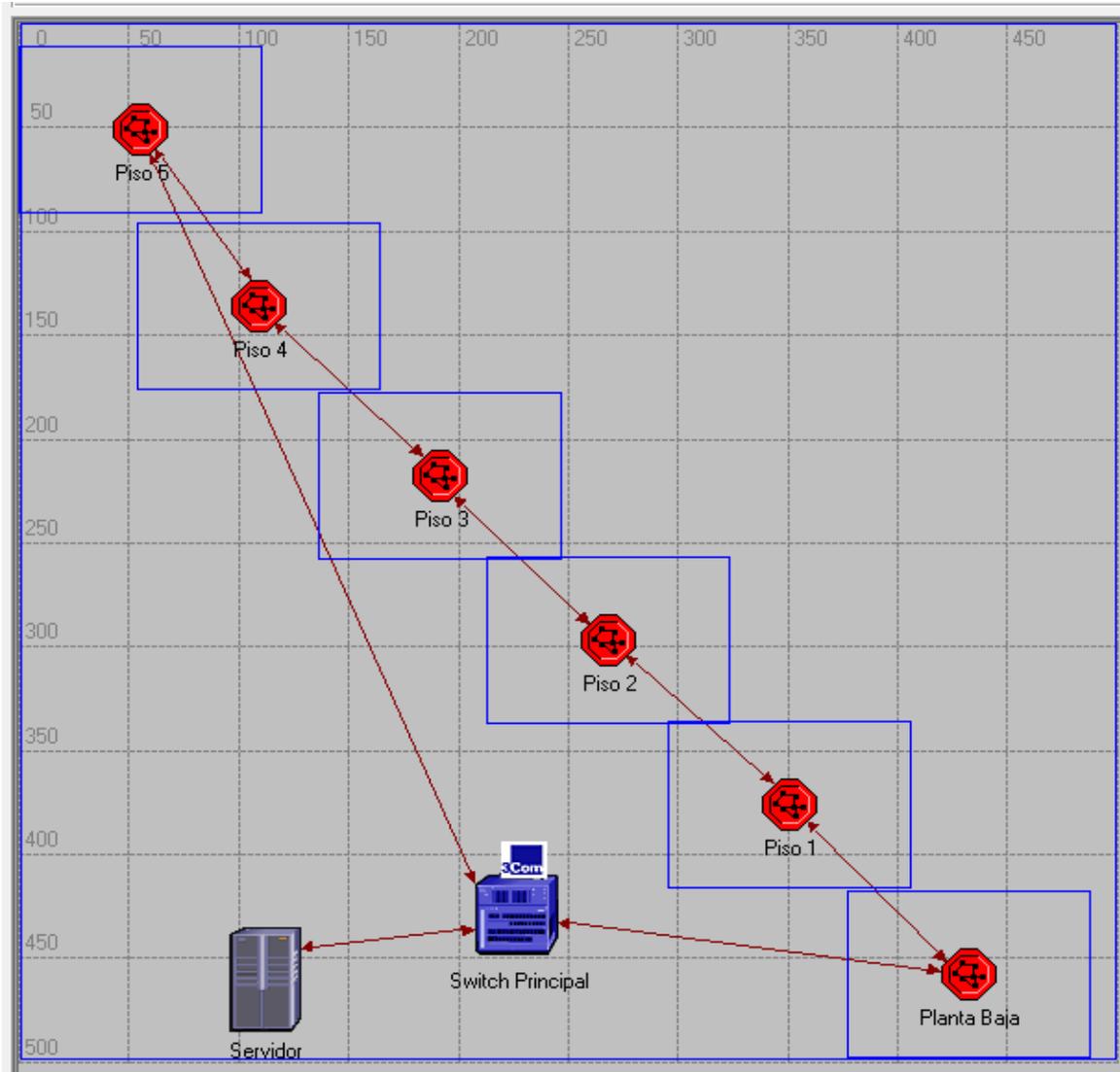


Figura 36. Topología Anillo  
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 37, muestra un ejemplo de la distribución de cómo se colocaron los elementos de red en cada uno de los pisos, se separaron los puntos de acceso inalámbricos en contenedores de subredes. Los puntos de acceso se conectan con el *Switch* de piso.

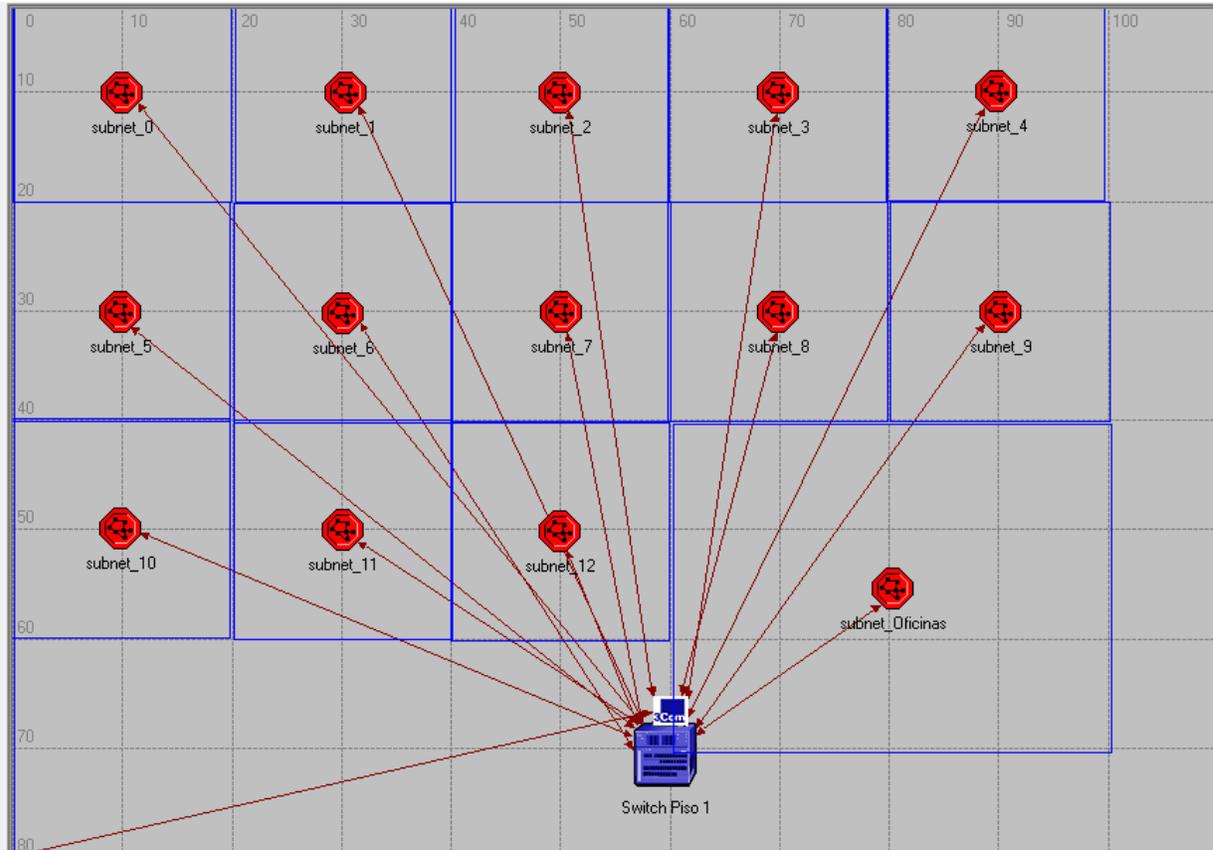


Figura 37. Subred Piso 1  
Fuente: Elaboración Propia

De igual forma se configuraron los computadores fijos, conectados todos a un *Switch* y esté conectado al *Switch* de piso. El *Switch* de piso recibe y envía el tráfico proveniente de los pisos y servidor, y lo distribuye en las respectivas subredes inalámbricas y fija. Las subredes de Wi-Fi están en los contenedores identificados como Sub-net desde la número 0 hasta la número 12. La subred fija esta en el contenedor subnet\_Oficinas.

La Figura 38, muestra un ejemplo de cómo se colocaron los elementos que conforman las subredes inalámbricas, la cual contiene un punto de acceso que está conectado con el *Switch* de piso por un cable 100baseT, y los computadores inalámbricos conectados vía Wi-Fi.

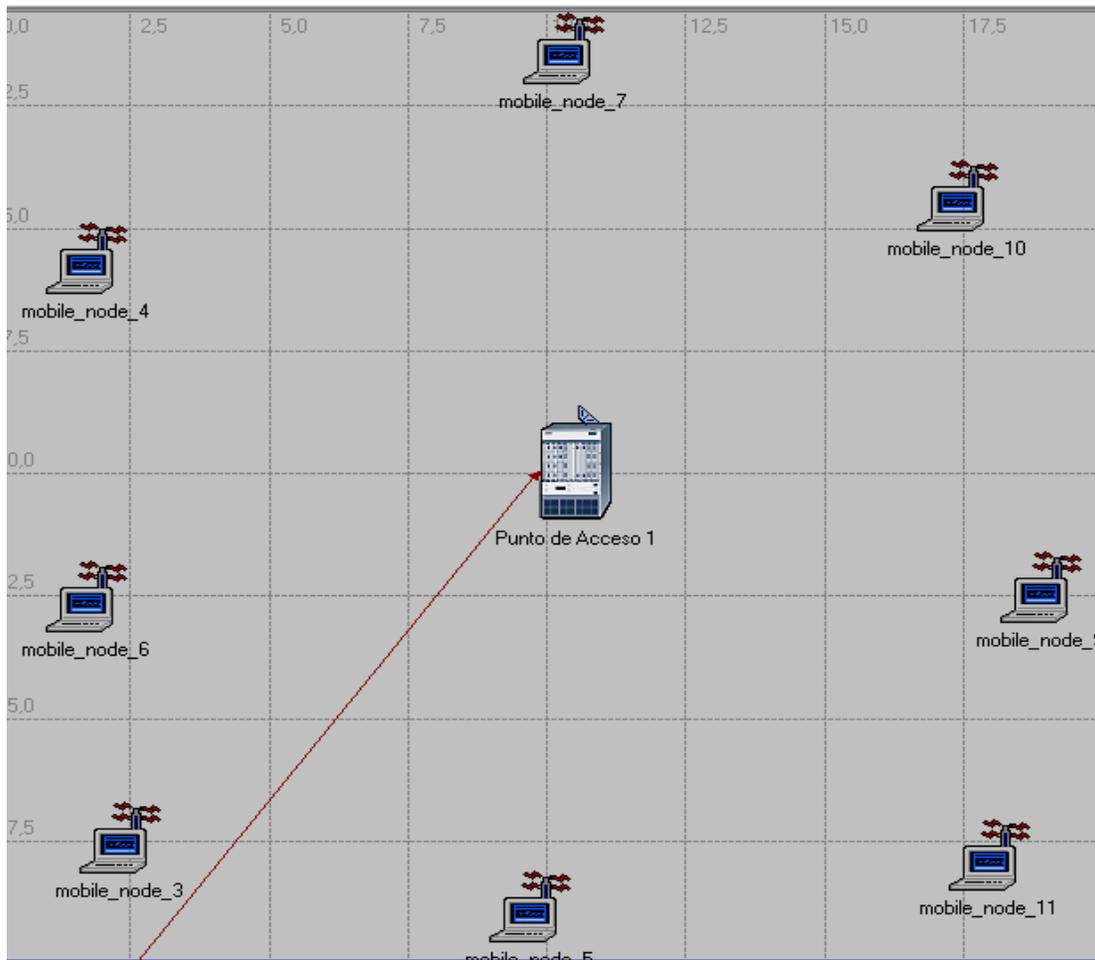


Figura 38. Subred de Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

La Figura 39, muestra un ejemplo de cómo se dispusieron los equipos que conforman las subredes de Estaciones de Trabajo Fijas. El *Switch* de la subred se conecta con el *Switch* de piso y a su vez está conectado con todos los computadores.

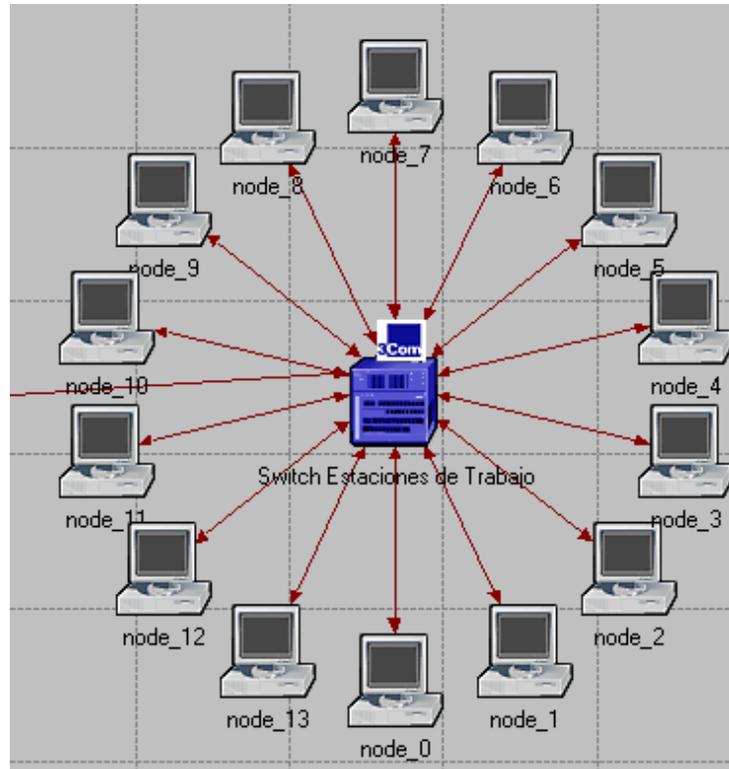


Figura 39. Subred de Estaciones de Trabajo Fijas  
Fuente: Elaboración Propia

## XII.1.- Análisis de Simulación

Se puede apreciar en la Figura 40, como es el retardo global de ambas topologías. Al iniciar la simulación ocurre un pico que supera los 4 milisegundos, debido que en esos instantes los Puntos de Acceso Wi-Fi y *Switches* se están encendiendo y cargando la configuración de inicio, luego de este pico, el retardo se mantiene oscilando entre valores de 0.3 y 0.5 milisegundos, demostrando que el sistema es estable, ya que, el retardo no tiene tendencia al infinito. También se observa que el retardo de la topología de anillo es en promedio 0.1 milisegundo mayor que el de la topología estrella, debido a que en la topología de anillo los datos de un nodo intermedio tienen que pasar por cada uno de los *Switches* subsiguientes hasta llegar al servidor. Se puede también destacar que se cumple con la recomendación de la ITU G.114, la cual establece que el retardo debe ser menor a 150 milisegundos para VoIP y videoconferencia para que no se vea afectada la calidad de estos servicios.

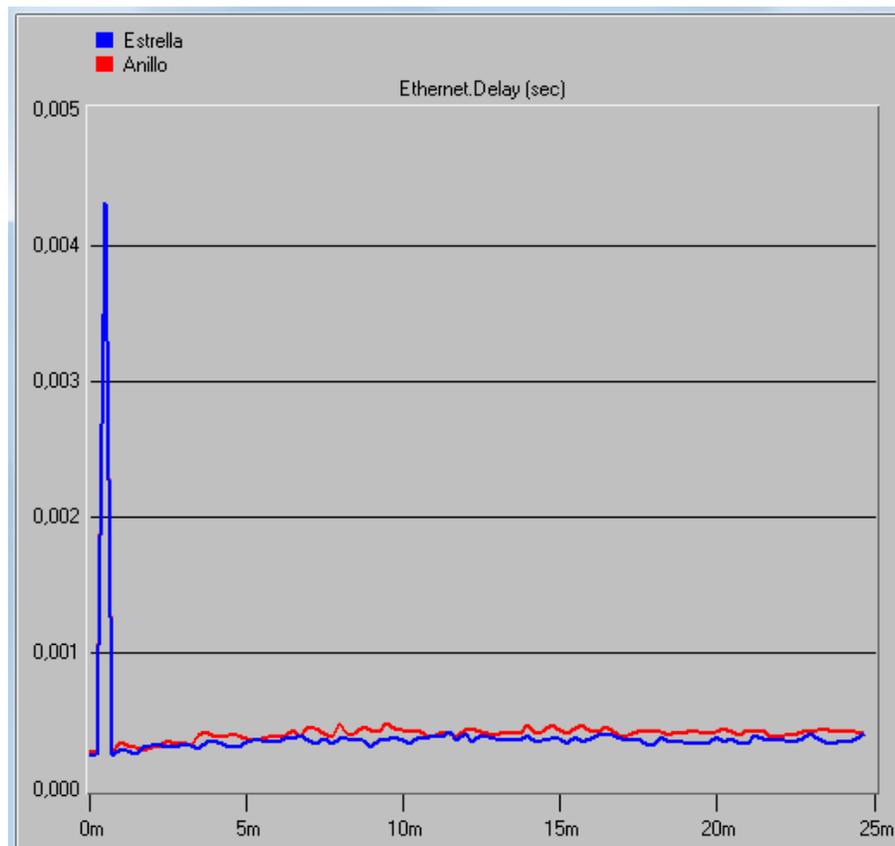


Figura 40. Retardo Global  
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 41, se observa el retardo en la Red Wi-Fi, pudiéndose apreciar que es mayor que el retardo global, debido a que en esta red la velocidad de transmisión de los equipos es menor, ya que se trabaja con el estándar 802.11.g, el cual, opera en una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, en cambio en la red cableada, las velocidades superan los 100 Mbps, debido a las características de los dispositivos y que el cableado es de categoría 1000baseT.

Análogamente, se aprecia que el retardo se mantiene en un margen constante y no tiende al infinito, por lo que se puede afirmar que el sistema es estable. Como en el caso anterior se cumple con la recomendación G.114 de la ITU, ya que el retardo es menor a 15 milisegundos.

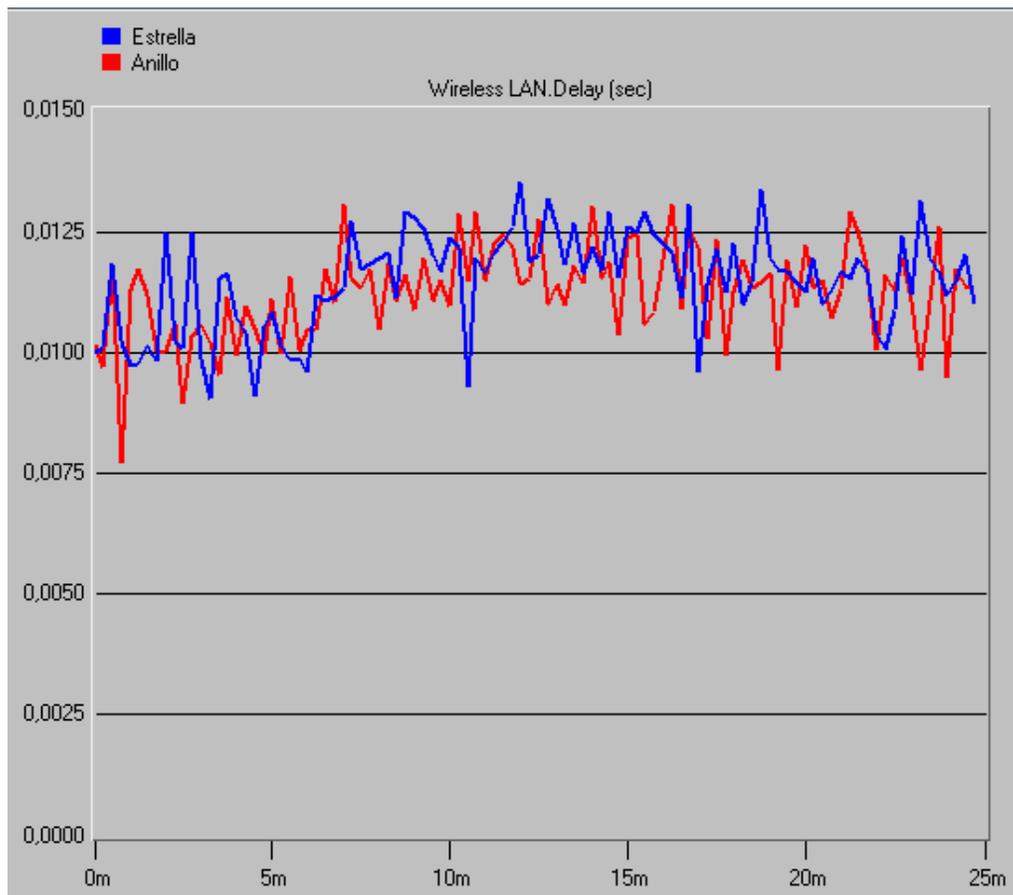


Figura 41. Retardo en la Red Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 42, se muestra la carga de ETHERNET global medida en el servidor, se aprecia cómo va creciendo la carga hasta que se estabiliza tomando valores entre 50.000 Kbps y 100.000 Kbps, corroborando los valores calculados estimados para el tráfico de la red. Se configuró el simulador para que los equipos vayan encendiendo progresivamente al comenzar la simulación hasta el minuto 5, donde ya todos los computadores deberían estar encendidos, por esto, se ve que la carga va creciendo hasta dicho minuto y después tiende a estabilizarse. Se observa que en ambos escenarios la carga mantiene aproximadamente el mismo nivel.

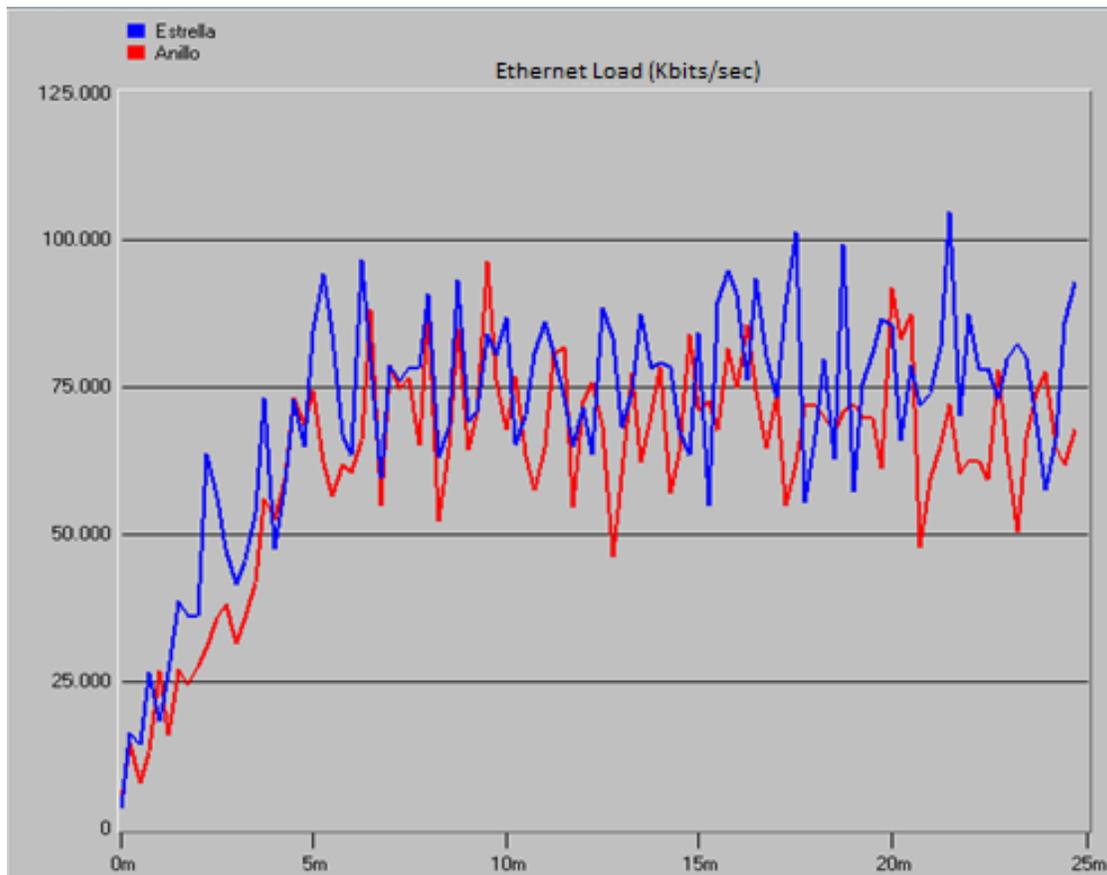


Figura 42. Carga de Ethernet Global  
Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en la Figura 42, se puede apreciar que en la Figura 43, la carga de la red Wi-Fi va aumentando hasta el minuto 5, por las razones expuestas con anterioridad, hasta que se mantiene oscilando entre 10.000 y 25.000 Kbps, lo cual representa aproximadamente un cuarto del tráfico global.

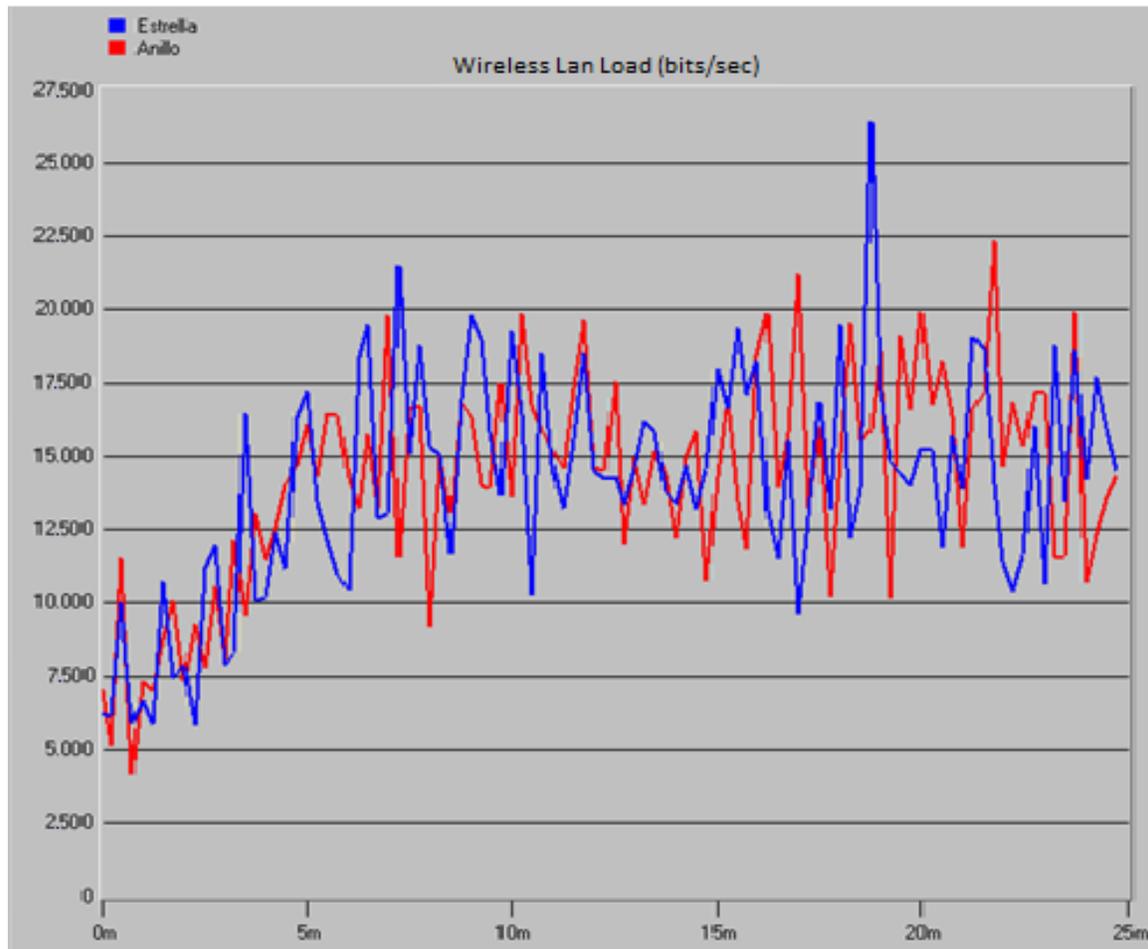


Figura 43. Carga en la Red Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

Los gráficos mostrados en la Figura 44, son la razón por la cual la topología de Anillo puede resultar más costosa que la topología Estrella, ya que los *Switches* de piso tienen que ser de una capacidad mayor debido a que deben manejar el tráfico de los demás pisos, en cambio en la topología de Estrella solo deben manejar el tráfico de su propio piso, lo que es una diferencia muy grande entre ambas topologías, como se puede apreciar. Se observa cómo se incrementa el tráfico a medida que los computadores se van encendiendo como se explicó con anterioridad.

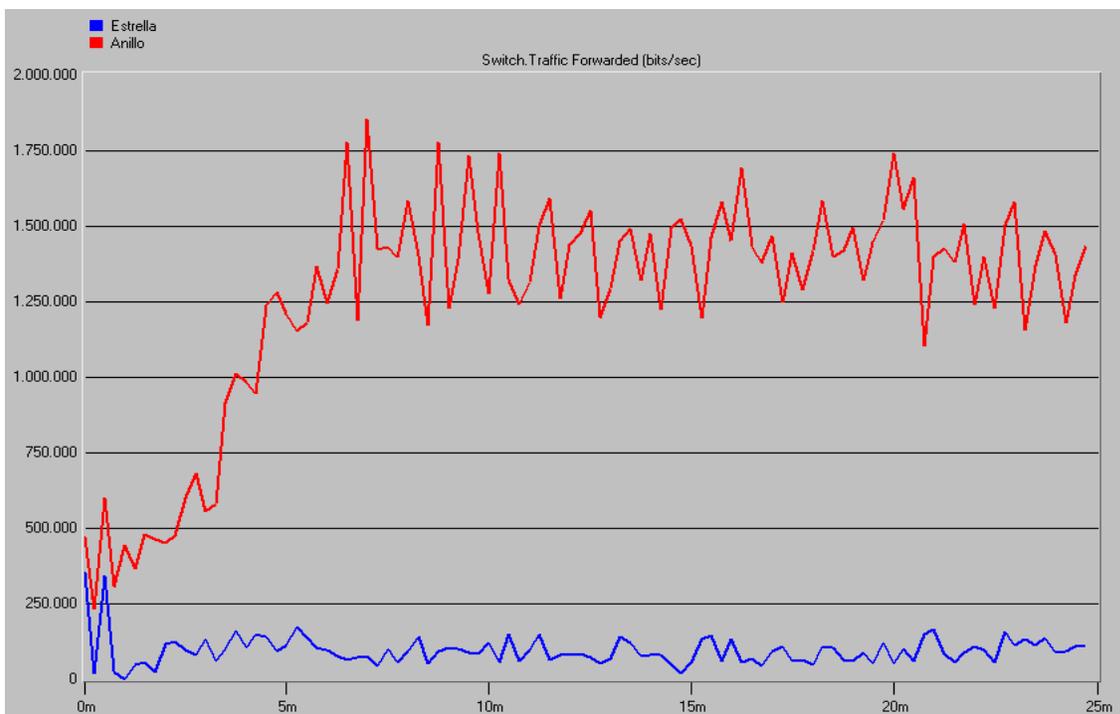


Figura 44. Tráfico enviado en *Switch* de Planta Baja  
Fuente: Elaboración Propia

### **XIII.- Estimación de Costos**

#### **XIII.1.- Estimación de Cableado Horizontal y Vertical y Equipos afines**

Para realizar un estimado de costos en cuanto al cableado horizontal y vertical, se propondrán dos (2) escenarios, el primero con el cableado horizontal y cableado vertical, totalmente con fibra óptica, tomando en cuenta los cambios significativos que deben tener los equipos terminales (computadoras, teléfonos IP, etc.) ya que deben poseer la interfaz de red adecuada (*ONIC Optical Network Interface Network*) para soportar las grandes velocidades y gran ancho de banda que ofrece el medio.

El segundo escenario es el más común utilizado por aquéllos que emplean el estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B**, que tiene el cableado vertical (*backbone*) con fibra óptica y el cableado horizontal (de distribución) con alguna de las categorías de cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*), en éste caso el 5e.

Se realizó una investigación tanto para equipos terminales, cableados y equipos intermedios de red, de acuerdo a los requerimientos técnicos expresados anteriormente y se calculó el promedio de precio para cada uno. Utilizándose el cambio monetario de Bolívar Fuerte (BsF) a Dólar (\$), el cual actualmente se encuentra en 4,30 BsF por cada US\$ 1. A continuación, en las siguientes tablas (Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32) se muestran los resultados de la estimación de costos en los distintos escenarios.

Tabla 30. Estimación Costos Cableado Vertical (Fibra Óptica)  
Fuente: Elaboración Propia

Equipos	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)	Costo unitario BsF	Costo Total BsF
Fibra óptica multimodal 62,5/125 micrones 6 hilos	74	5,02	371,48	21,59	1.597,36
<i>Router</i>	1,00	4.900,00	4.900,00	21.070,00	21.070,00
Panel de distribución de fibra	20,00	60,50	1.210,00	260,15	5.203,00
<i>Patchcords</i>	24,00	16,00	384,00	68,80	1.651,20
<i>PatchPannel fibra 56 puertos</i>	20,00	90,50	1.810,00	389,15	7.783,00
<i>Transceiver GBIC</i>	12,00	82,45	989,40	354,54	4.308,00
<b>Total</b>	-	-	<b>9.664,88</b>	-	<b>41.612,56</b>

Tabla 31. Estimación Costos Cableado Horizontal (Fibra Óptica)  
Fuente: Elaboración Propia

Equipos	Cantidad	Costo por unidad (USD)	Costo total (USD)	Costo por unidad (BsF)	Costo Total (BsF)
Fibra Optica MM 62,5/125 6 hilos	2306	5,02	11.576,12	21,586	49.777,32
<i>Switch 256 puertos 1000baseLx con conectores SC + 2 puertos ópticos</i>	6	4.000,50	24.003,00	17202,15	103.212,90
<i>Patch panel 24 puertos conectores SC</i>	10	95	950,00	408,5	4.085,00
<i>Patch Panel 48 puertos conectores SC</i>	5	155,5	777,50	668,65	3.343,25
<i>Patchcord SC –SC</i>	701	15	10.515,00	64,5	45.214,50
Puntos SC	258	6,5	1.677,00	27,95	7.211,10
Tarjeta de interfaz de red	300	100,5	30.150,00	432,15	129.645,00
<b>Total</b>			<b>79.648,62</b>		<b>342.489,07</b>

Tabla 32. Estimación Costos Cableado Horizontal (Cable UTP)  
Fuente: Elaboración propia

Equipos	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)	Costo unitario (BsF)	Costo Total (BsF)
Cable UTP Categoría 5e	2.400,00	1,39	3.336,00	5,98	14.344,80
Patch Panel 24 puertos	10,00	39,99	399,90	171,96	1.719,57
Patch Panel 32 puertos	5,00	54,00	270,00	232,20	1.161,00
Patch Panel 48 puertos	8,00	78,00	624,00	335,40	2.683,20
Conectores RJ45 macho	450,00	0,50	225,00	2,15	967,50
Conectores RJ45 hembra	270,00	1,53	413,10	6,58	1.776,33
Placas de pared	140,00	2,81	393,40	12,08	1.691,62
Rack 19 pulgadas	15,00	379,07	5.686,05	1.630,00	24.450,02
Patchcord cat 5e	410,00	1,65	676,50	7,10	2.908,95
Switch 256 puertos	6,00	3.863,00	23.178,00	16.610,90	99.665,40
<b>Total</b>			<b>35.201,95</b>		<b>151.368,39</b>

En la Tabla 33, se muestra la estimación de costos para la red inalámbrica:

Tabla 33. Estimación Costos Red Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

Equipos	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)	Costo unitario (BsF)	Costo total (BsF)
Access point	49,00	542,55	26.584,95	2.332,97	114.315,29

En la Tabla 34, se muestra la evaluación de la red telefónica de manera individual:

Tabla 34. Estimación Costo Red VoIP individual

Fuente: Elaboración Propia

Equipos	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)	Costo unitario (BsF)	Costo Total (BsF)
<i>Patch Panel 24 puertos</i>	8,00	35,00	280,00	150,50	1.204,00
<i>Patch Panel 32 puertos</i>	8,00	54,00	432,00	232,20	1.857,60
Conectores RJ45 macho	130,00	0,50	65,00	2,15	279,50
Conectores RJ45 hembra	75,00	1,53	114,75	6,58	842,11
Placas de pared	128,00	2,81	359,68	12,08	1.546,62
<i>Patchcordcat 5e</i>	128,00	1,65	211,20	7,10	908,16
Central IP-PBX	1,00	6.955,00	6.955,00	29.906,50	29.906,50
<i>Gateway voz</i>	1,00	1.530,00	1.530,00	6.579,00	6.579,00
<i>Hardphones</i>	60,00	116,00	6.960,00	498,80	29.928,00
Estaciones de voz	4,00	255,00	1.020,00	1.096,50	4.386,00
<b>Total</b>			<b>17.927,63</b>		<b>77.437,50</b>

En la Tabla 35, se muestra un cuadro comparativo de los dos escenarios propuestos para el cableado horizontal, se puede observar que la opción de Fibra Óptica supera en un 226,26% a la opción del cableado UTP categoría 5e.

Tabla 35. Comparación en Cableado Horizontal

Fuente: Elaboración Propia

Cableado Horizontal	Dólar (\$)	Bolívar Fuerte (BsF)
Fibra Óptica	75.648,12	342.489,07
UTP categoría 5e	31.338,95	151.368,39

#### XIV.- Descripción de las Características de los Equipos

Una vez hechos los cálculos para los distintos tipos de tráfico y con los resultados obtenidos con la simulación, es posible plantear las características que deben tener los equipos de la red telemática.

##### XIV.1.- Paneles de Distribución

Los paneles de distribución son los dispositivos que organizarán la distribución del cableado de la red, se utilizarán los llamados *Patch Panels* para hacer esto. Para la red de fibra óptica se recomienda usar al menos un *Patch Panel* de 16 puertos, dejando puertos libres para posibles servicios que se quieran implementar en el futuro o para crecimiento de la red.

Para la red cableada con cobre, igualmente se deben utilizar *Patch Panels* para la distribución del cableado a los puestos de trabajo, la cantidad de puertos varía según la cantidad de equipos que tenga cada piso.

En la Figura 45, se puede apreciar cómo quedará el cableado distribuido por medio del uso de los *Patch Panels*, con los cuales se puede hacer una distribución más organizada y de fácil acceso para mantenimiento y ampliación de la red.

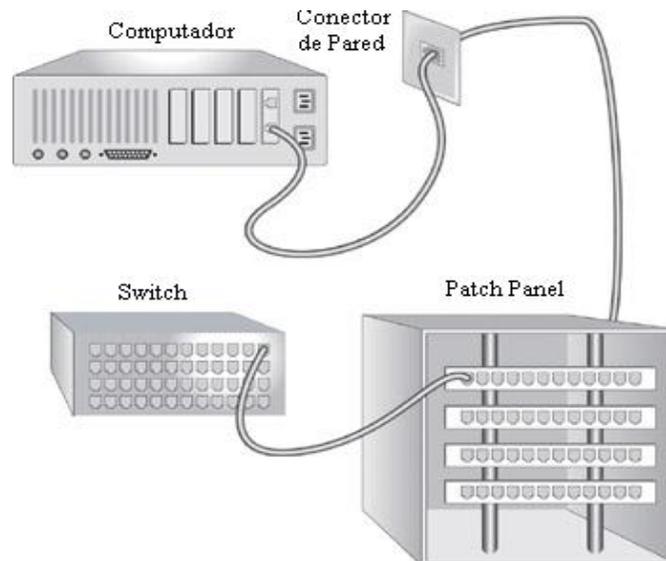


Figura 45. Distribución del Cableado con *Patch Panel*  
Fuente: <http://flylib.com/books/en/1.56.1.72/1/>

#### XIV.2.- Equipos de enrutamiento y conmutación de datos

Para la conmutación y enrutamiento de los datos se necesitarán dispositivos como enrutadores, *Switches* y puntos de acceso inalámbricos, cuyas características se describirán a continuación. En la Tabla 36, se muestran las características que deben tener los enrutadores de la red.

Tabla 36. Características del Enrutador  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Estándares</b>	IEEE 802.1Q (VLAN), IEEE 802.3af (Power Over ETHERNET), IEEE 802.1ah, IEEE 802.1ag (Operaciones, Administración y Mantenimiento), IEEE 802.3 10Base-T ETHERNET IEEE 802.3u 100Base-TX Fast ETHERNET IEEE 802.3ab 1000Base-T Gigabit ETHERNET, IEEE P802.1p (QoS)
<b>Protocolos de Enrutamiento</b>	OSPF, RIP, IS-IS, BGP, DVMRP, IGMPv3, PIM-SSM, Static IP Routing, PIM-SM, soporte para IPv4 y IPv6.
<b>Data Rate</b>	10/100/1000Mbps
<b>Interfaces</b>	Interfaz para fibra óptica SC y para RJ45 mínimo 4 puertos de cada uno
<b>Transductor de Fibra/Cobre</b>	SFP (Small Form-Factor Pluggable) Al menos 2 módulos
<b>Seguridad</b>	Encriptación de datos, Firewall
<b>Servicios</b>	Integración de servicios para soporte de voz y video, soporte de VPN y QoS, administración remota mediante SNMP
<b>Alimentación Principal</b>	120/230 V (50/60 Hz)

Cabe destacar que dichos equipos deben tener módulos de expansión, para agregarle futuros servicios que los fabricantes de los equipos puedan desarrollar en un futuro y así garantizar la escalabilidad de la red para cambios que se puedan presentar en la misma. De igual forma, deben contar con el estándar IEEE 802.3af, el cual ofrece alimentación a los equipos por medio de los cables de red, garantizando así el funcionamiento de los equipos de voz si ocurre algún fallo de la energía principal. Por último, mencionar la importancia de que los equipos cuenten con módulos SFP (*Small Form-Factor Pluggable*) los cuales permiten la comunicación entre la red ETHERNET y la red de Fibra Óptica.

En la tabla 37, se muestran las especificaciones mínimas que deben tener los *Switches* que formarán parte de la red telemática.

Tabla 37. Características del *Switch*  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Estándares</b>	IEEE 802.1Q (VLAN), IEEE 802.3af (Power Over ETHERNET), IEEE 802.1ah, IEEE 802.1ag (Operaciones, Administración y Mantenimiento), IEEE 802.3 10Base-T ETHERNET IEEE 802.3u 100Base-TX Fast ETHERNET IEEE 802.3ab 1000Base-T Gigabit ETHERNET, IEEE P802.1p (QoS)
<b>Data Rate</b>	10/100/1000Mbps
<b>Interfaces</b>	Interfaz para fibra óptica SC y para RJ45
<b>Transductor de Fibra/Cobre</b>	SFP (Small Form-Factor Pluggable) Al menos 2 módulos
<b>Cantidad de Puertos</b>	24/48
<b>Seguridad</b>	Encriptación de datos, Firewall
<b>Servicios</b>	Integración de servicios para soporte de voz y video, soporte de VPN y QoS, Soporte DHCP, soporte para IPv4 y IPv6, Servicio de Itinerancia. administración remota mediante SNMP
<b>Alimentación Principal</b>	120/230 V (50/60 Hz)

Deben ser apilables para poder colocarlos en estantes de forma que sean accesibles para su configuración, sustitución, mantenimiento, etc. Al igual que los enrutadores deben trabajar con el estándar de PoE (*Power over ETHERNET*) para garantizar la energía a los equipos de Voz sobre IP.

La Tabla 38, presenta las especificaciones mínimas que deben tener los puntos de acceso inalámbricos que conforman la red Wi-Fi.

Tabla 38. Características del Punto de Acceso Wi-Fi  
Fuente: Elaboración Propia

<b>Estándares</b>	802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b, IEEE 802.3af (Power Over ETHERNET), IEEE 802.1ag (Operaciones, Administración y Mantenimiento), IEEE P802.1p (QoS), 802.1Q(VLAN), IEEE 802.3 (ETHERNET), 802.1x (security authentication), 802.11i security WPA/WPA2, WMM
<b>Data Rate</b>	Hasta 300 Mbps (teórico 600 Mbps)
<b>Puerto</b>	ETHERNET para RJ45
<b>Transductor de Fibra/Cobre</b>	SFP (Small Form-Factor Pluggable) Al menos 2 módulos
<b>Operación y Mantenimiento</b>	SNMP
<b>Seguridad</b>	Wired Equivalent Privacy (WEP) 64-bit/128-bit, WPA-Pre-Shared Key (WPA-PSK), WPA2-PSK, WPA-ENT, WPA2-EN
<b>Servicios</b>	Integración de servicios para soporte de voz y video, soporte de VPN y QoS, Soporte DHCP, soporte para IPv4 y IPv6
<b>Antena</b>	Multiples antenas Externas omnidireccionales con ganancia minima de 6 dBi
<b>Alimentación Principal</b>	12 Volt DC o PoE

Aparte de los dispositivos que se mencionaron, se deben de tomar en cuenta los equipos para el servicio de VoIP, el cual debe tener una central telefónica IP que trabaje bajo el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) y sea capaz de manejar las llamadas que se puedan generar en los teléfonos IP del edificio, como se mencionó con anterioridad. Dicha central estará conectada al *Switch* principal para así enviar los datos de voz por la misma vía por donde se enviarán los datos de los otros servicios de la red.

Adicionalmente, la central debe de tener la capacidad de gestionar las 118 extensiones que tendrá el área administrativa, configuración de rutas troncales saliente y entrante al edificio de ingeniería, trabajar bajo el protocolo PoE para garantizar la energía eléctrica a los teléfonos IP. En caso de fallos en el suministro de la misma. Para hacer la conexión con la red telefónica tradicional es necesario adicionar a la central telefónica IP un *Gateway* telefónico, el cual, debe tener al menos 15 puertos FXO (*Foreign Exchange Office*), ya que son el número de líneas telefónicas que se calculó, de acuerdo al tráfico que tendrá el edificio de Ingeniería para ofrecer una buena calidad de servicio telefónico y que la red de telefonía no se congestione.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### I.- Conclusiones

Como primer punto se puede mencionar que se cumplieron con todos los objetivos planteados para la realización de este trabajo especial de grado, ya que se pudo obtener el diseño de la Red Telemática del Edificio de Ingeniería y el costo aproximado de la misma con los parámetros trazados al inicio de este proyecto.

Se pudo obtener del estudio de los planos facilitados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello, que se necesitarán 118 teléfonos IP para ofrecer el servicio de voz sobre IP al área administrativa, así como 183 puntos de red para ofrecer conectividad a la red de la Universidad e Internet. En cuanto a la red inalámbrica se determinó que el edificio debe contar con 49 puntos de acceso Wi-Fi.

Del estudio del tráfico telefónico, se calculó que son necesarias 15 líneas telefónicas para poder ofrecer correctamente el servicio de llamadas dentro y fuera de la UCAB, así como dentro del nuevo edificio de Ingeniería. Análogamente, mediante el estudio del tráfico de la red, se obtuvo que el tráfico de datos total que se generará en el nuevo edificio será de 107,21 Mbps. De acuerdo a esta cifra se concluyó que deben usarse dispositivos capaces de trabajar a una velocidad de transmisión de 1 Gigabit (tecnología 1000BASE-T), ya que serán los más adecuados para cubrir las necesidades de los usuarios que utilizarán la red del edificio.

Para el cableado a emplear en las distintas etapas de la red, se debe mencionar que se escogieron dos tipos según la cantidad de tráfico que vaya a circular por dichos tramos. Para el cableado vertical (*backbone*) se eligió fibra óptica multimodo. En cuanto al cableado horizontal, se seleccionó cableado de par trenzado categoría tipo 5e, que soporta velocidades de transmisión de hasta 1 Gbps.

Referente al servicio de VoIP, para que no se vea interrumpido en caso de que ocurra una falla en la alimentación principal, todos los dispositivos de enrutamiento y conmutación de datos deben cumplir con el estándar *IEEE 802.3af*, el cual ofrece

alimentación por el mismo cable de red a los dispositivos terminales que sean compatibles con dicho estándar.

Con respecto al costo de la red telemática del nuevo edificio de Ingeniería, se debe emplear fibra óptica en el cableado vertical y cable UTP categoría 5e para el cableado horizontal, ya que es la configuración más económica y eficiente.

Finalmente, se puede decir que la red diseñada cumple con todos los estándares que se establecen para la región donde va a ser implementada, por lo tanto se puede garantizar su correcto funcionamiento en todos los escenarios planteados para este trabajo especial de grado.

## II.- Recomendaciones

Como principal recomendación se le hace la sugerencia al DTI (Departamento de Tecnología e Información) de la Universidad Católica Andrés Bello, tomar en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo especial de grado, para que pueda ser implementado este proyecto, ya que la red de comunicaciones actual, no cumple con las condiciones para dar soporte a los servicios que se desean ofrecer en el nuevo edificio de Ingeniería.

Una de las adecuaciones que se deben hacer es proveer una velocidad de transmisión aceptable para la navegación vía Internet. Como se expresó en los cálculos de la capacidad de la red del edificio, se obtuvo que la velocidad de transmisión se encuentra por encima de los 100 Mbps, resaltando que estos datos están basados en la navegación web vía Internet.

En cuanto a la adquisición de los equipos de conmutación y transmisión de datos, se recomienda que sean equipos de comunicaciones unificadas, es decir, un mismo equipo que ofrezca soporte para servicios de voz sobre IP, video conferencia y datos, dado que la integración de dichos servicios es la tendencia que se observa en el mercado.

Para el momento de implementación de este proyecto, se debe actualizar el diseño propuesto, a la luz de los cambios tecnológicos que se vayan produciendo en el transcurso del tiempo establecido para la completación de construcción del proyecto del nuevo edificio.

Para futuros proyectos se debe tomar en cuenta la migración del protocolo IPv4 a IPv6, destacando que muchos de los equipos que se encuentran en el mercado de las telecomunicaciones ya ofrecen soporte para ambos protocolos de comunicaciones, lo que debe tomarse en cuenta principalmente es en el direccionamiento de las subredes y VLAN (*Virtual LAN*), dado que son compatibles en los demás aspectos técnicos.

A la Escuela de Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello, se recomienda adquirir una licencia académica más completa que la versión gratuita distribuida por internet del programa de simulación OPNET, puesto que se considera una herramienta muy importante para la realización de este trabajo especial de grado, con el único inconveniente de no poseer todas las ventajas que esta aplicación brinda, por tratándose de una versión gratuita del *software*.

### Bibliografía

Aguilar, F. G. (24 de Mayo de 2007). *UDLAP*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2011, de UDLAP: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/garduno\\_a\\_f/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/garduno_a_f/capitulo1.pdf)

Aguiñiga, J. L. (2005). *Fundamentos de Telemática*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Davidson, J., & Peters, J. (2001). *Fundamentos de Voz sobre IP*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Derfler, F. (2006). *Redes LAN y WAN*. Ciudad de México: Plentice Hall.

Herrera, E. (2003). *Tecnologías y Redes de Transmisión de Datos*. Ciudad de México: Limusa.

López, Á. (2010). *Comunicaciones Ópticas*. Caracas: UCAB.

Mach, R. (18 de Abril de 2004). *Power Over Ethernet - Supply of Ethernet devices over data cable*. Recuperado el 2 de Febrero de 2012, de <http://hw-server.com>: [http://hw-server.com/docs/power\\_over\\_ethernet-PoE.html](http://hw-server.com/docs/power_over_ethernet-PoE.html)

Malarchuck, A. (12 de Septiembre de 2009). *Search Unified Communications*. Recuperado el 11 de Febrero de 2011, de Search Unified Communications: <http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/tutorial/Unified-communications-tutorials>

Martín, L. M. (10 de Marzo de 2005). *Platea*. Recuperado el 16 de Enero de 2011, de Platea Pntic: <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/cableado.htm>

*Microsoft Online Services*. (2011). Recuperado el 10 de Agosto de 2011, de <http://www.microsoft.com/online/help/es-es/helphowto/3dea7174-a521-4442-a7c5-5d540e09b20d.htm>

Moyá, J. M. (2005). *Comunicaciones en Redes WLAN: WiFi, VoIP, Multimedia y Seguridad*. Madrid: Creaciones Copyright.

Services, M. O. (2009). *Microsoft*.

Systems, C. (7 de Agosto de 2009). *Netacad Cisco*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2010, de Cisco System: <http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>