

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería Electrónica**



**Diseño e Implementación de una red de Comunicaciones Unificada utilizando  
VDI y Presencia**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Johel Godínez Benavides**

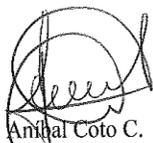
**Cartago, Junio de 2013**

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA**  
**PROYECTO DE GRADUACIÓN**  
**TRIBUNAL EVALUADOR**  
**ACTA DE EVALUACIÓN**

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudiante: Johel Godínez Benavidez

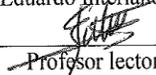
Miembros del Tribunal



Amibal Coto C.

Profesor lector

Eduardo Interiano S.



Profesor lector



Faustino Montes de Oca M.

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 24 de junio de 2013

---

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Lugar, fecha  
Cartago, 24 de junio del 2013

Firma del autor



Godínez Benavides Johel

Céd: 1-1406-0148

## **Resumen**

En la actualidad la mayoría de las empresas apuestan por la centralización de sus servicios, en donde lo que buscan es tener un mejor manejo de su información, de su comunicación con el cliente, de su comunicación interna, mejor gestión y manejo de los recursos tecnológicos entre otras ventajas.

Esta tendencia es la que ha llevado a la empresa FUSIONET a tener un enfoque visionario en el área de telecomunicaciones.

Es de esta forma que surge como propuesta de proyecto el Diseño e Integración de una red de Comunicaciones Unificada incluyendo VDI y presencia, con el fin de poder mostrar las ventajas tecnológicas que aumentan la productividad y rentabilidad de una empresa a los clientes. Además requiere de este Sistema para lograr mantener la certificación CISCO MASTER UNIFIED COMMUNICATIONS.

**Palabras clave:** VDI, Presencia

## **Abstract o Summary**

Currently the majority of companies are committed to the centralization of services, where what they seek is have a better handling of your information, your communication with the client, its internal communication, better management and management of technology resources among other advantages.

This trend is what has led to the company FUSIONET to have a visionary approach in the area of telecommunications.

It thus emerges as a project proposal to design and Integration a Unified Communications network including VDI and presence, in order to show the technological advantages that increase the productivity and profitability of a company to customers. This system also requires in order to maintain the certification CISCO UNIFIED COMMUNICATIONS MASTER.

**Keywords:** VDI, Presence

## **Dedicatoria**

### **A Dios**

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de sabiduría y paciencia para momentos difíciles.*

### **A mi madre María Nela**

*Por darme la vida y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.*

### **A mi padre Danilo**

*Por los ejemplos de perseverancia, constancia y madurez que lo caracterizan y que ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

## **Agradecimiento**

Gracias a Dios, a la Virgen que me han dado las fuerzas para llegar hasta aquí.

Agradezco a mis padres Danilo Godínez Azofeifa y María Nela Benavides Aguilar, que siempre me han brindado su apoyo incondicional, su amor y es a ellos a quienes debo este triunfo profesional, por todos sus sacrificios, por su trabajo y dedicación para darme una formación académica. Es de ellos este triunfo y para ellos es mi agradecimiento.

Para mis familiares que siempre se preocuparon y me brindaron apoyo.

A José Miguel Barboza, compañero y amigo por todas sus enseñanzas y apoyo brindado a lo largo de la carrera.

A mis amigos, amigas y todas aquellas personas que han sido importantes para mí durante todo este tiempo.

A Enrique Quant, Fráncico Sánchez, Leonardo Monge y al resto del personal de la empresa FUSIONET por todo el apoyo y por haberme brindado la oportunidad de realizar el proyecto en la empresa.

A José Faustino Montes de Oca Murillo por su apoyo en el desarrollo del proyecto y a todos los profesores que aportaron en mi formación.

## Índice general

<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	12
<b>1.1 Problema existente e importancia de su solución</b> .....	12
<b>1.2 Solución seleccionada</b> .....	13
<b>Capítulo 2: Meta y Objetivos</b> .....	15
<b>2.1 Meta</b> .....	15
<b>2.2 Objetivo general</b> .....	15
<b>2.3 Objetivos específicos</b> .....	15
2.3.1 Objetivos de “hardware” .....	15
2.3.2 Objetivos de “software” .....	15
2.3.3 Objetivos de Documentación .....	16
2.3.4 Objetivos de Implementación .....	16
<b>Capítulo 3: Marco teórico</b> .....	17
<b>3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar</b> .....	17
<b>3.2 Antecedentes Bibliográficos</b> .....	17
3.2.1 Descripción de las redes de datos .....	17
3.2.2 Estándares de las Redes de Datos .....	18
3.2.3 Ethernet .....	18
3.2.3.1 Capa física de Ethernet .....	20
3.2.3.2 MAC: envío de datos a los medios .....	21
3.2.3.3 Encapsulación de datos: .....	21
3.2.3.4 Control de acceso al medio .....	22
3.2.4 Protocolos de la capa de enlace de datos .....	23
3.2.4.1 PPP (Point to Point Protocol) .....	24
3.2.4.2 Frame Relay o Retransmisión de trama .....	25
3.2.5 Direccionamiento IP según la clase A, B, C Y E .....	26
3.2.5.1 La dirección Clase A .....	27
3.2.5.2 La dirección Clase B .....	28
3.2.5.3 El espacio de direccionamiento Clase C .....	29
3.2.5.4 La dirección Clase D .....	29
3.2.5.5 La dirección Clase E .....	30
3.2.6 Protocolos De Enrutamiento .....	31
3.2.7 Protocolo DHCP .....	33
3.2.8 Estándares de Telefonía .....	33
3.2.9 Cómo funciona VoIP .....	34
3.2.10 Elementos de red .....	34
3.2.11 Componentes de VoIP .....	36
3.2.11.1 Codecs .....	36
3.2.11.2 TCP/IP .....	39
3.2.11.3 Protocolos de VoIP .....	40
3.2.11.4 Protocolos de establecimiento de llamadas .....	41
3.2.11.4.1 Real-Time Transport Protocol (RTP) .....	42
3.2.11.5 Servidores de telefonía IP y PBXs .....	44
3.2.11.6 Gateways VoIP, Routers y Switches .....	45
3.2.11.7 Teléfonos IP y Softphones .....	45
3.2.12 Virtualización de Escritorios .....	45
3.2.12.1 Centralización .....	47
3.2.12.2 Compatibilidad .....	48
3.2.12.3 Virtualización .....	48
3.2.13 Cisco Unified Communications Manager Express .....	48
3.2.14 Cisco Unified Communications Manager 8.6 (CUCM) .....	49

3.2.14.1	Modelo solo de un sitio .....	50
3.2.14.2	Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado.....	50
3.2.14.3	Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido.....	52
3.2.14.4	Clustering sobre una red WAN .....	53
3.2.15	Cisco Unified Presence 8.6 (CUP) .....	54
3.2.15.1	Componentes de Cisco Unified Presence.....	55
3.2.16	“software” de monitorización PRTG Network Monitor .....	56
<b>Capítulo 4: Procedimiento metodológico</b>	.....	<b>57</b>
4.1	Reconocimiento y definición del problema.....	57
4.2	Obtención y análisis de información .....	57
4.3	Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución.....	58
4.4	Implementación de la solución.....	58
4.5	Reevaluación y rediseño.....	58
<b>Capítulo 5: Descripción detallada de la solución</b>	.....	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>Análisis de soluciones y selección final</b> .....	<b>59</b>
5.1.1	Selección de “hardware” para el diseño de la red .....	59
5.1.2	Descripción del “hardware” .....	61
5.1.2.1	Router Cisco 2821.....	61
5.1.2.2	Router Cisco 3825.....	62
5.1.2.3	Switch Cisco serie 2950.....	63
5.1.2.4	Servidor Hp DL380G6.....	64
5.1.2.5	Teléfonos IP.....	65
5.1.3	Descripción del “software” .....	68
5.1.3.1	Cisco Packet Tracer.....	68
5.1.3.1.1	Diseño de la simulación de la red de Datos y Callmanager Express utilizando Cisco Packet Tracer .....	69
5.1.3.1.2	Escenario del proyecto para la simulación .....	70
5.1.3.1.3	Equipos seleccionados para la simulación de la red LAN.....	71
5.1.3.1.4	Protocolos de Enrutamiento y Protocolo de Encapsulación .....	72
5.1.3.1.5	Direccionamiento de la red .....	73
5.1.3.1.6	Creación de VLANs .....	77
5.1.3.1.7	Pools de DHCPs para las computadoras y teléfonos Ip.....	77
5.1.3.1.8	Configuración de los Router .....	78
5.1.4	Descripción de la implementación física de la red de Comunicaciones Unificada utilizando VDI y Presencia .....	82
5.1.4.1	Virtualización.....	83
5.1.4.2	Instalación y Configuración CUCM 8.6.....	87
5.1.4.3	Instalación y Configuración CUPS 8.5 .....	92
<b>Capítulo 6: Análisis de Resultados</b>	.....	<b>97</b>
<b>6.1</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>97</b>
6.1.1	Resultados obtenidos de la red de Comunicaciones unificadas utilizando VDI y Presencia .....	97
6.1.1	Resultados de Conectividad entre sitios .....	97
6.1.2	Resultados obtenidos integrando VoIP y presencia sobre la misma red.....	99
6.1.3	Resultados de velocidad de transferencia de datos entre los sitios. ....	102
<b>6.2</b>	<b>Análisis</b> .....	<b>109</b>
<b>Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones</b>	.....	<b>112</b>
<b>7.1</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>112</b>
<b>7.2</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>113</b>
<b>Bibliografía</b>	.....	<b>114</b>
<b>Apéndices</b>	.....	<b>117</b>
<b>A.1</b>	<b>Glosario, abreviaturas y simbología</b> .....	<b>117</b>
<b>A.2</b>	<b>Información sobre la empresa/institución</b> .....	<b>120</b>

## Índice de figuras

Figura 1.1: Diagrama básico de la red .....	14
Figura 3.2: Relación Ethernet y modelo OSI [2] .....	19
Figura 3.3: Formato básico de la trama de datos Ethernet IEEE 802.3 [2] .....	22
Figura 3.4: Arquitectura Protocolo PPP .....	25
Figura 3.5: Mapa de Ciscuitos Frame Relay .....	26
Figura 3.6: Diagrama de red Ip clase A .....	27
Figura 3.7: Diagrama de red Ip clase B .....	28
Figura 3.8: Diagrama de la red ip clase C .....	29
Figura 3.9: Diagrama de la red clase D .....	30
Figura 3.10: Diagrama de la red Ip Clase E .....	30
Figura 3.11: Elementos de red .....	35
Figura 3.12: Codecs de Voz .....	37
Figura 3.13: Proceso de Modulación por Codificación de Impulso (PCM) .....	39
Figura 3.14: Formato del encabezamiento RTP .....	43
Figura 3.15: Elementos de una red VoIP .....	44
Figura 3.16: Infraestructura de Escritorio Virtual de VMware .....	47
Figura 3.17: Modelo de un único sitio .....	50
Figura 3.18: Modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado .....	52
Figura 3.19: Modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido .....	53
Figura 3.20: Modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido .....	54
Figura 3.21: Componentes de Cisco Unified Presence [4] .....	55
Figura 5.1: Router Cisco 2821[7] .....	62
Figura 5.2: Router Cisco 3825 [8] .....	63
Figura 5.3: Switch Cisco 2950 .....	64
Figura 5.4: Switch Cisco 2950-48 .....	64
Figura 5.5: Servidor Hp DL380 G6 .....	65
Figura 5.6: Teléfono Ip 6941[10] .....	66
Figura 5.7: Teléfono Ip 7962[11] .....	67
Figura 5.8: Teléfono Ip 7965[12] .....	67
Figura 5.9: Cisco Packet Tracert 5.3.3 .....	69
Figura 5.10: Escenario básico de la red .....	70
Figura 5.11: Conexión Hub and Spoke .....	70
Figura 5.12: Conexión de los sitios en Packet tracert .....	71
Figura 5.13: Diagrama de la topología física de la red .....	74
Figura 5.14: Diagrama de la topología lógica de la red .....	75
Figura 5.15: Diagrama de Flujo para la programación de las Interfaces del Router .....	76
Figura 5.16: Diagrama para la programación de OSPF .....	76
Figura 5.17: Programación de DHCP .....	78
Figura 5.18: Configuración inicial del router .....	78
Figura 5.19: Configuración de DHCP .....	79
Figura 5.20: Programación de la interfaz FastEthernet .....	79
Figura 5.21: Programación de las interfaces seriales .....	80
Figura 5.22: Programación del protocolo OSPF .....	80
Figura 5.23: Programación de Call Manager Express .....	81
Figura 5.24: Programación del dial-peer en el router .....	81
Figura 5.25: Menú de booteo para la instalación del EXSI 5.1 .....	83
Figura 5.26: Inicio de la instalación del EXSI 5.1 .....	83
Figura 5.27: Configuración inicial del ESXI 5.1 .....	84
Figura 5.28: Interfaz gráfica de VMware vSphere Client .....	85
Figura 5.29: Configuración del VMware vSphere Client .....	85
Figura 5.30: Creación del Switch Virtual dentro del VMware vSphere Client .....	86
Figura 5.31: Características máquina Virtual CUCM 8.6 .....	86

Figura 5.32: Características máquina Virtual CUP 8.5 .....	87
Figura 5.33: Interfaz de inicio del CUCM .....	88
Figura 5.34: Menú de Configuración del CUCM .....	88
Figura 5.35: Activación de los servicios en CUCM .....	89
Figura 5.36: Servicios Activados en el CUCM.....	89
Figura 5.37: Creación de los Usuarios .....	91
Figura 5.38: Puerta de enlace creada en el CUCM .....	91
Figura 5.39: Página de inicio de CUP.....	93
Figura 5.40: Servidor CUP .....	94
Figura 5.41: Configuración de la puerta de enlace en CUP .....	95
Figura 5.42: Configuración del Desk Phone Control.....	95
Figura 5.43: Creación de los usuarios.....	96
Figura 6.1: Dirección Ip adquirida por el host al conectarse al sitio Central .....	97
Figura 6.2: Resultados de ping desde el host en el sitio central hacia la puerta de enlace del sitio remoto .....	98
Figura 6.3: Traceroute obtenido desde el host en el sitio central hasta la puerta de enlace de un sitio remoto. ....	98
Figura 6.4: Registro de los dispositivos en el CUCM.....	99
Figura 6.5: Registro de los usuarios en el CUP .....	99
Figura 6.6: Prueba de Conectividad con el “software” Jabber.....	100
Figura 6.7: Prueba de llamada desde un teléfono físico en el sitio remoto hacia un usuario en el sitio Central .....	100
Figura 6.8: Conectividad entre sitios vía video llamada .....	101
Figura 6.9: Conectividad entre sitios vía video llamada .....	101
Figura 6.10: Interfaz de usuario del “software” PRTG Network Monitor .....	102
Figura 6.11: Ancho de banda consumido por el circuito 101 .....	104
Figura 6.12: Ancho de banda consumido por el circuito 102 .....	104
Figura 6.13: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.110 (datos) sitio central .....	105
Figura 5.14: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.300 (voz) sitio central .....	105
Figura 6.15: Tráfico de Datos y Voz hacia Atlanta .....	106
Figura 6.16: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.300 (voz) sitio Remoto .....	106
Figura 6.17: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.110 (Datos) sitio Remoto.....	107
Figura 6.18: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.300 (voz) Germany .....	107
Figura 6.19: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.110 (Datos) Germany .....	108

## Índice de tablas

Tabla 3.1 Características de la capa física de Ethernet [2].....	20
Tabla 3.2: Clase de direccionamiento IP [15].....	27
Tabla 3.3 Clases de direcciones Ip.....	27
Tabla 3.4: Codecs de Voz.....	38
Tabla 5.1: Equipos disponibles para la implementación del núcleo del proyecto. ....	60
Tabla 5.2: Características del Servidor Hp DI380 G6 [9] .....	65
Tabla 5.3: Direccionamiento de red para los Sitios .....	73
Tabla 5.4: Direccionamiento de la red para la conexión entre sitios. ....	74
Tabla 5.5: Números a utilizar por cada sitio .....	74
Tabla 5.6: Creación de circuitos virtuales para Frame Relay .....	77
Tabla 6.1: Pruebas de conexión según horas distintas .....	103
Tabla 6.2: Circuitos creados para la comunicación entre los sitios .....	103
Tabla 6.3: Características Enlaces T1 .....	110

## **Capítulo 1: Introducción**

### **1.1 Problema existente e importancia de su solución**

FUSIONET es una empresa en telecomunicaciones especializada en equipos CISCO, encargada de brindar soporte e implementación en servicios como arquitectura, diseño, monitorización, soporte y mantenimiento.

Para satisfacer las cambiantes necesidades del centro de datos se requiere flexibilidad de implementación y de esta forma aumentar el valor mediante la innovación y la diferenciación de soluciones.

FUSIONET cuenta con las plataformas tecnológicas necesarias para la implementación de un sistema de comunicaciones unificadas, pero actualmente no se ha realizado el diseño de la red necesaria para lograr la misma.

Debido a que FUSIONET es una empresa encargada de brindar servicios en Telecomunicaciones requiere de un sistema que sea capaz de mostrar las ventajas tecnológicas que aumentan la rentabilidad y la productividad de una empresa además demostrar la integración de diferentes plataformas tecnológicas.

Este sistema es necesario para mostrar a los clientes de forma real la funcionalidad de tecnologías especialmente: comunicaciones unificadas; presencia; virtualización de escritorios (VDI) y seguridad entre otras. Además esta red estará enfocada y diseñada para lograr la renovación de la certificación CISCO MASTER UNIFIED COMMUNICATIONS.

En forma de resumen, la empresa FUSIONET no cuenta con un sistema de Comunicaciones Unificadas, incluyendo VDI y presencia por lo que se le hace muy difícil poder mostrar las ventajas tecnológicas que aumentan la productividad y rentabilidad de una empresa a los clientes. Además requiere de este Sistema para lograr mantener la certificación CISCO MASTER UNIFIED COMMUNICATIONS.

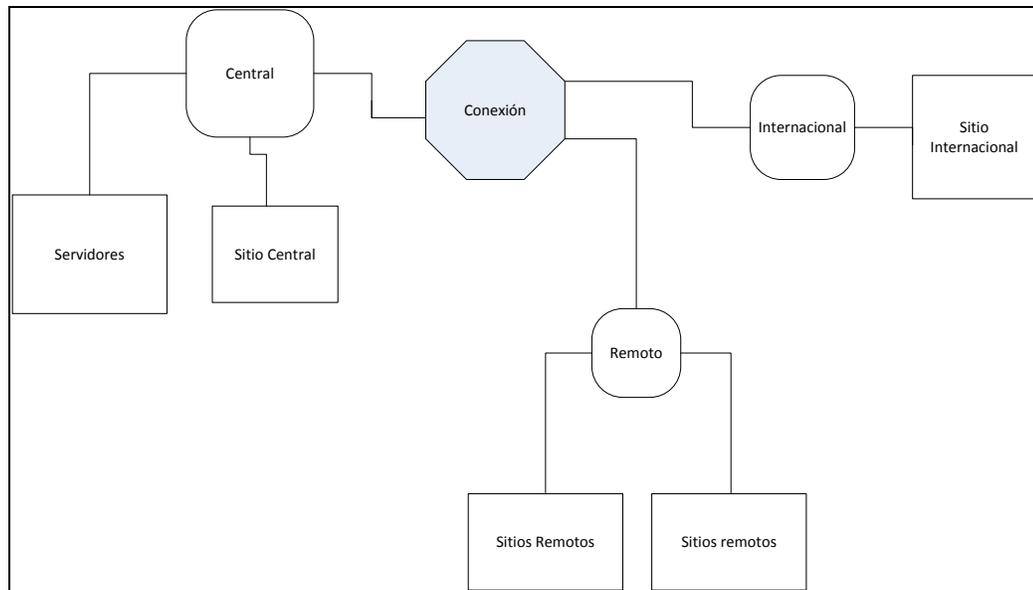
## 1.2 Solución seleccionada

Para el diseño e implementación del sistema de conexiones unificadas, se cuenta con restricciones tanto de “hardware” como de “software”, dentro de las restricciones se encuentran las siguientes:

- Definir los requerimientos y limitaciones de diseño de ingeniería.
- Selección de los protocolos para la implementación de la red, así como la topología de red a implementar.
- Realizar el direccionamiento de red adecuado.
- Selección de los equipos dentro de los disponibles (switches, routers, servers, teléfonos IP).
- Selección del “software” de los equipos para cumplir con las necesidades del proyecto.
- Selección y programación de los protocolos para la implementación del laboratorio.
- Borrado e instalación de las nuevas máquinas virtuales a utilizar.
- Montado físico de los equipos dentro de la empresa.
- Levantamiento de la red del sistema (laboratorio).
- Configuración de Cisco Unified Communications Manager Express.
- Configuración de Cisco Unified Communications Manager (CallManager).
- Configuración de Cisco Unified Presence.
- Configuración del “software” de monitorización.

Tomando en cuenta estas limitaciones se plantea un diseño de una red que se implemente como un laboratorio dentro de las instalaciones de la empresa, que cumpla con los requerimientos establecidos, además debe integrar comunicaciones unificadas como trasiego de datos, voz sobre IP, presencia, debe ser una red con Frame Relay tradicional, basada en una arquitectura de hub-and-spoke, además debe cumplir con requisitos de mensajería instantánea, llamadas internas dentro de las oficinas así como contar con diferentes extensiones para las llamadas entre diferentes oficinas, también debe de tener la seguridad necesaria para los datos y manejo de información.

Un diagrama que muestra de una forma muy básica el diseño del escenario se muestra en la Figura 1.1:



**Figura 1.1: Diagrama básico de la red**

En la figura 1.1 se plantea un escenario conformado por 3 sitios, un sitio central, uno internacional y el último un sitio remoto, que estarán interconectados entre sí.

## **Capítulo 2: Meta y Objetivos**

### **2.1 Meta**

Demostrar, mediante un laboratorio, de una forma real, la funcionalidad de tecnologías especialmente: comunicaciones unificadas; presencia; virtualización de escritorios (VDI), seguridad entre otras.

### **2.2 Objetivo general**

Diseño e implementación de un escenario donde converjan diferentes plataformas tecnológicas como VoIP, presencia, Virtualización de escritorios (VDI) y Seguridad.

### **2.3 Objetivos específicos**

- Definir los requerimientos y limitaciones de diseño de ingeniería, que se deben tomar en cuenta para la implementación.
- Determinar los protocolos a utilizar para lograr la implementación.
- Seleccionar el “hardware” y “software” necesario para integrar la Red con base en el equipo disponible para la realización del proyecto.
- Definir la topología de red que se va a implementar en el diseño del laboratorio.
- Seleccionar el esquema de direccionamiento de red para el laboratorio.
- Comprobar el funcionamiento correcto del sistema usando un prototipo funcional.

#### **2.3.1 Objetivos de “hardware”**

- Implementar conexiones vía Ethernet, enlaces T1 y E1, para lograr la comunicación y el trasiego de información dentro de los sitios pertenecientes al laboratorio.

#### **2.3.2 Objetivos de “software”**

- Instalar el “software” de virtualización ESXI 5.1 en el servidor HP DL360.
- Instalar y configurar el “software” Cisco Unified Communications Manager.
- Instalar y configurar el “software” Cisco Unified Presence.

- Programar de forma adecuada el IOS de Cisco presente en los routers y switches.
- Instalar y configurar el “software” de monitorización PRTG Network Monitor.

### **2.3.3 Objetivos de Documentación**

- Elaborar un informe final que detalle el diseño y funcionamiento del sistema desarrollado, además de los resultados logrados y las conclusiones obtenidas a lo largo de la implementación del proyecto.

### **2.3.4 Objetivos de Implementación**

- Comprobar el funcionamiento correcto del sistema de conexiones unificadas incluyendo VDI y presencia usando un prototipo funcional.

## **Capítulo 3: Marco teórico**

En las siguientes secciones se describirán las características principales de las tecnologías involucradas en el diseño del laboratorio, así como sus componentes principales y protocolos.

### **3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar**

Se desea diseñar e implementar un laboratorio dentro de la empresa FUSIONET, donde se deben integrar conexiones unificadas, virtualización de escritorios (VDI) y presencia, este laboratorio se pretende desarrollar mediante la utilización de equipo cisco, routers, switches, teléfonos IP, servidores, entre otros, el laboratorio debe utilizar “software” licenciado, entre ellos sistemas operativos, Vmware, VCenter Server, EXSI 5.1, etc.

Para el diseño de la red del laboratorio se debe contemplar que la empresa FUSIONET requiere de diferentes sitios donde uno de ellos será el sitio Central (HQ) y los demás funcionarían como sitios remotos, en estos sitios remotos se deben encontrar, granja de servidores, red de computadoras, red de voz para la telefonía, etc.

### **3.2 Antecedentes Bibliográficos**

#### **3.2.1 Descripción de las redes de datos**

A través de los años, ingenieros de redes de datos han desarrollado reglas precisas para definir cómo se debe construir un datagrama. Estas reglas se la denominan protocolos. Aunque muchos protocolos para redes de datos hayan sido desarrollados durante los últimos 50 años, desde la aparición de Internet, el Protocolo de Internet (IP) ha llegado a ser el protocolo más importante.

El protocolo IP ha resultado ser notablemente escalable y adaptable. Esta es la razón por la que IP ha llegado a ser ubicuo, cambiando la manera de pensar de las personas acerca de cómo transferir datos y comunicarse. Desde hace ya unos años, la palabra convergencia ha generado mucha atención a la industria de las

redes de datos. Convergencia se refiere a tomar los tipos diferentes de datos como la voz, el video, y los datos de aplicación y transferirlos sobre la misma red IP.

### **3.2.2 Estándares de las Redes de Datos**

Tal como el ITU ha influido en la creación de estándares en la comunidad de telefonía, la Internet Engineering Task Force (IETF) ha dirigido sus esfuerzos para la estandarización en la comunidad de las redes de datos.

Nuevas técnicas de networking atraviesan una rigurosa fase de ensayo que consiste en el estudio, la implementación, y la revisión para verificar su estabilidad y robustez. Aquellos que pasan estas exhaustivas revisiones son conocidos como Request For Comments (RFC) identificados con un número, debido a que la etapa de RFC es a menudo el último paso en la transición de un borrador de estándar a un estándar aprobado.

Cada componente del protocolo IP tal como TCP, UDP y RTP, tiene una correspondencia con uno o más RFCs que describe su operación.

### **3.2.3 Ethernet**

Ethernet es un protocolo de comunicación entre sistemas en una LAN, es respaldado por el estándar IEEE 802.3 el cual es conocido comúnmente como protocolo CSMA/CD. Algunas de las velocidades de transmisión de datos son: 10Mbps (10Base-T), 100Mbps (Fast Ethernet), 1000Mbps (Gigabit Ethernet), 10Gbps (10-Gigabit Ethernet) [2].

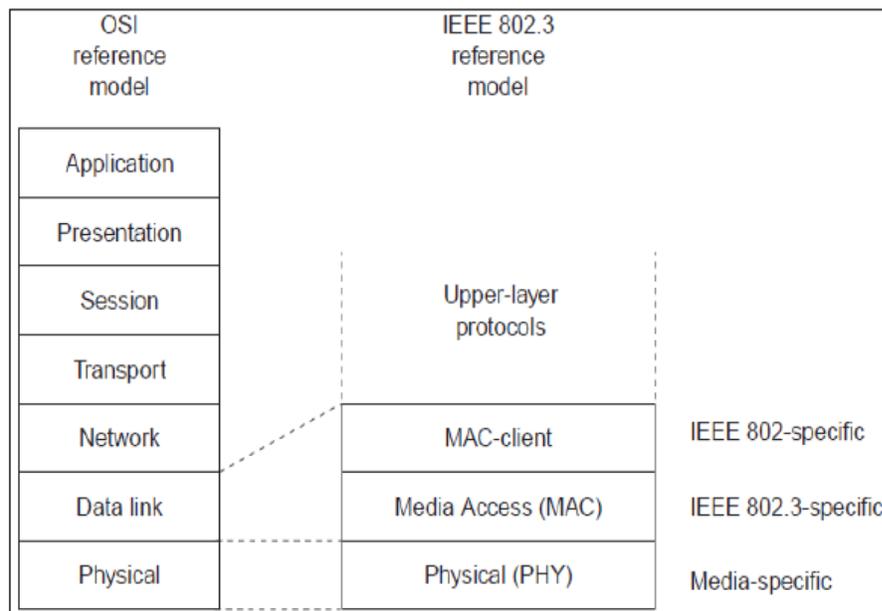
Las principales características del protocolo Ethernet son:

- Fácil de entender, implementar, administrar y mantener
- Permite la implementación de redes de bajo costo
- Provee una amplia flexibilidad topológica para la instalación de red

- Garantiza la interconexión y operación exitosa de productos que cumplen los estándares, independientemente del fabricante

El estándar IEEE 802.3 se basa en un modelo lógico de capas, muy similar al modelo OSI. En la Figura 2 se muestra la relación entre estos modelos. La capa enlace de datos (data link) del modelo OSI es dividida en dos subcapas en el IEEE 802.3, estas son: MAC (Media Control Access) y la MAC-client. La capa física (PHY) se mantiene en ambos modelos. La subcapa MAC-client se compone de:

- LLC (Logical Link Control): Esta subcapa proporciona la interfaz entre la capa MAC y las capas superiores.
- Entidad de puente: provee una interfaz entre redes LAN que usan el mismo protocolo y también entre diferentes protocolos.



**Figura 3.2: Relación Ethernet y modelo OSI [2]**

### 3.2.3.1 Capa física de Ethernet

La capa física es específica de la tasa de transmisión de datos, la codificación de la señal, y el tipo de medios de comunicación que interconecta los dos nodos. Actualmente, se definen cuatro velocidades de datos para el funcionamiento con cables de fibra óptica y de par trenzado:

- 10 Mbps - Ethernet 10Base-T
- 100 Mbps - Fast Ethernet
- 1000 Mbps - Gigabit Ethernet
- 10 Gbps - 10 Gigabit Ethernet

En la tabla 3.1 se muestran algunas características de la capa física de Ethernet:

**Tabla 3.1 Características de la capa física de Ethernet [2]**

Tipo de Ethernet	Ancho de banda	Tipo de cable	Duplex	Distancia máxima
10Base-5	10 Mbps	Coaxial thicknet	Half	500 m
10Base-2	10 Mbps	Coaxial thinnet	Half	185 m
100Base-TX	10 Mbps	UTP Cat3/Cat5	Half	100 m
100Base-TX	100 Mbps	UTP Cat5	Half	100 m
100Base-TX	200 Mbps	UTP Cat5	Full	100 m
100Base-TX	100 Mbps	Fibra multimodo	Half	400 m
1000Base-T	200 Mbps	Fibra multimodo	Full	2 km
1000Base-TX	1 Gbps	UTP Cat5e	Full	100 m
1000Base-SX	1 Gbps	UTP Cat6	Full	100 m
1000Base-LX	1 Gbps	Fibra multimodo	Full	550 m
10GBase-CX4	1 Gbps	Fibra monomodo	Full	2 km
10GBase-T	10 Gbps	Twinaxial	Full	100 m
10GBase-LX4	10 Gbps	UTP Cat6a/Cat7	Full	100 m
10GBase-LX4	10 Gbps	Fibra multimodo	Full	300 m
10 Mbps	10 Gbps	Fibra monomodo	Full	10 km

### **3.2.3.2 MAC: envío de datos a los medios**

La capa MAC controla el acceso del nodo de red a los medios de comunicación y es específico para el protocolo individual. Esta capa tiene dos responsabilidades principales que son:

- Encapsulación de datos, incluyendo el montaje antes de la transmisión, y el marco de análisis / detección de errores durante y después de la recepción.
- El control de acceso al medio, incluyendo la inicialización de transmisión de la trama y la recuperación de fallas en la transmisión.

### **3.2.3.3 Encapsulación de datos:**

Proporciona tres funciones principales:

- Delimitación de trama
- Direccionamiento
- Detección de errores

El proceso de encapsulación de datos incluye el armado de la trama antes de la transmisión y el análisis de la trama al momento de recibir una trama. [1]

La utilización de tramas facilita la transmisión de bits a medida que se colocan en los medios y la agrupación de bits en el nodo receptor.

El proceso de entramado ofrece delimitaciones importantes que se utilizan para identificar un grupo de bits que componen una trama. Este proceso ofrece una sincronización entre los nodos transmisores y receptores. [1]

El proceso de encapsulación también posibilita el direccionamiento de la capa de Enlace de datos. Cada encabezado Ethernet agregado a la trama contiene la dirección física (dirección MAC) que permite que la trama se envíe a un nodo de destino.

Una función adicional de la encapsulación de datos es la detección de errores. Cada trama de Ethernet contiene un tráiler con una comprobación cíclica de redundancia (CRC) de los contenidos de la trama. Una vez que se recibe una trama, el nodo receptor crea una CRC para compararla con la de la trama. Si estos dos cálculos de CRC coinciden, puede asumirse que la trama se recibió sin errores. [1]

### 3.2.3.4 Control de acceso al medio

La subcapa MAC controla la colocación de tramas en el medio y el retiro de tramas de los medios. Como su nombre lo indica, se encarga de administrar el control de acceso al medio. Esto incluye el inicio de la transmisión de tramas y la recuperación por fallo de transmisión debido a colisiones. [2]

El estándar IEEE 802.3 define el formato de datos de la trama que es requerido por todas las implementaciones MAC, el formato básico consta de siete campos, y este se muestra en la Figura 3.2.

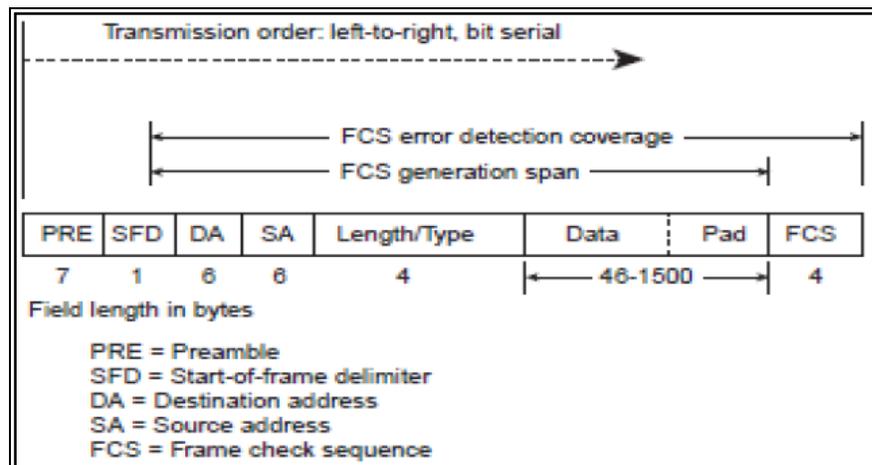


Figura 3.3: Formato básico de la trama de datos Ethernet IEEE 802.3 [2]

- Preamble: Consiste de 7 bytes. El PRE le indica a la estación receptora que hay una trama llegando y provee un medio para sincronizar la recepción de la capa física.

- SFD: Start-of-Frame Delimiter: Consiste de un byte, termina con dos unos consecutivos indicando que el siguiente bit es el bit más significativo del byte más significativo de la dirección destino (DA)
- Destination Address: Compuesto por 6 bytes, el campo identifica cual es la estación que debe recibir la trama. Es la dirección MAC del destinatario.
- Source Address: Definida por 6 bytes, identifica la estación de envío, contiene la dirección MAC del remitente.
- Length/Type: Consiste de 2 bytes, puede asumir dos significados diferentes, si es menor a 1500 indica la longitud del campo datos donde se cree que sea presente un paquete LLC que será procesado desde el mismo sub-nivel.
- Data: Aquí están contenidos los datos pasados del nivel superior; es una secuencia de n bytes.
- FCS Frame Check Sequence, constituido de 4 bytes para el control de los errores por medio de la comprobación de redundancia cíclica (CRC).

### 3.2.4 Protocolos de la capa de enlace de datos

Existen protocolos de nivel de enlace, en este caso:

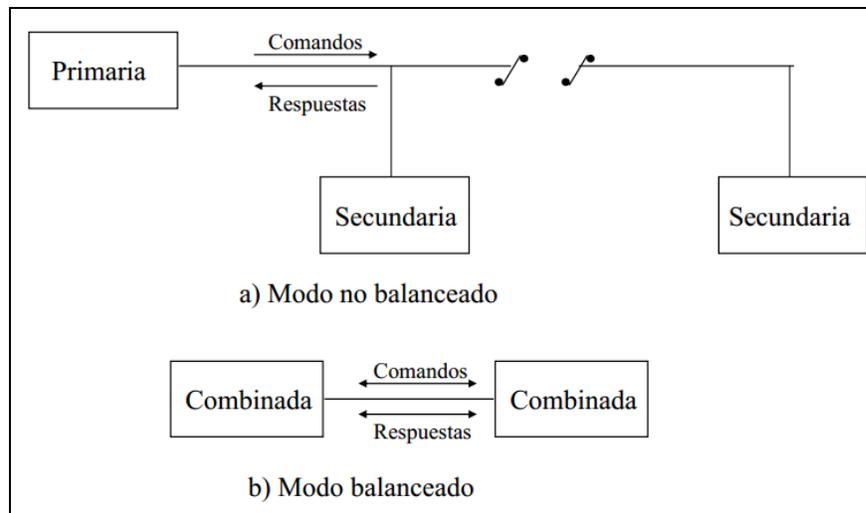
- SDLC (Synchronous Data Link Control) / HDLC (High level Data Link Control)

HDLC como evolución de SDLC, se considera el protocolo que ha incluido los aspectos incluidos por SDLC y otras funcionalidades.

Tanto SDLC como HDLC son protocolos de ventana deslizante muy completos.

SDLC/HDLC es un protocolo inicialmente pensado para conexiones remotas a un supercomputador en modo bien punto a punto o bien multipunto. [16]

En las conexiones punto a punto, son llamadas “balanceadas”, una comunicación de igual a igual, en las conexiones multipunto, son llamadas “no balanceadas”, los elementos que participan en SDLC/HDLC son un nodo llamado primario y varios secundarios. El nodo primario controla a los secundarios por “polling” o monitorización. Los secundarios, sólo responden a los primarios bajo petición. En la figura 3.3 se muestra un diagrama básico de los modos de SDLC/HDLC



**Figura 3.3: Modos de SDLC/HDLC [16]**

Dentro de la familia de los protocolos SDLC/HDLC prácticamente se encuentran los protocolos de enlace actuales:

- PPP (Point-to-Point Protocol): Internet
- LAP-B (Link Access Procedure Balanced): X.25
- LAP-F: Frame Relay
- LLC (IEEE 802.2): redes locales
- LAPM: módems RTC

En este caso hablaremos sobre el protocolo PPP y Frame Relay, los cuales son candidatos para incluir uno de ellos en el diseño e implementación de la red, por esto es que se deben analizar y con ello determinar el mejor para este caso.

#### **3.2.4.1 PPP (Point to Point Protocol)**

El protocolo de enlace característico de Internet es el PPP, que se utiliza para transportar datos en la capa de enlace sobre:

- Líneas dedicadas punto a punto
- Conexiones RTC analógicas o digitales (RDSI o en inglés ISDN)
- Conexiones de alta velocidad sobre enlaces SONET/SDH

Es multiprotocolo, una comunicación soporta simultáneamente varios protocolos del nivel de red. PPP consta de varios protocolos, definiendo una arquitectura. En la figura 3.4 se muestra la arquitectura del protocolo PPP:

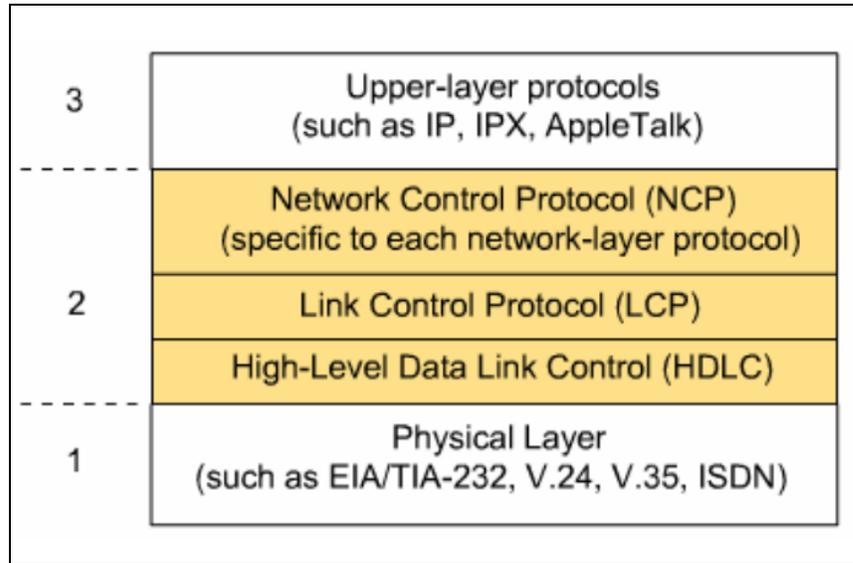


Figura 3.4: Arquitectura Protocolo PPP

#### 3.2.4.2 Frame Relay o Retransmisión de trama

Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida de tramas, basada en estándares internacionales, que puede utilizarse como un protocolo de transporte y como un protocolo de acceso en redes públicas o privadas proporcionando servicios de comunicaciones. Frame Relay permite la transmisión de datos a altas velocidades basada en protocolos de conmutación de paquetes. En Frame Relay los datos son divididos en paquetes de largo variable los cuales incluyen información de direccionamiento. Los paquetes son entregados a la Red Frame Relay, la cual los transporta hasta su destino específico sobre una conexión virtual asignada. [17]

Frame relay permite compartir varias conexiones virtuales a través de una misma interface física con lo cual es posible conectar múltiples localidades remotas entre sí, sin necesidad de equipo adicional ni costosos enlaces dedicados punto a punto. Solamente es necesaria una conexión física entre cada localidad remota y la Red Frame Relay. La tecnología Frame Relay se beneficia de las ventajas estadísticas

de la conmutación de paquetes y hace uso eficiente del ancho de banda. Posee un mecanismo dinámico para proveer mayor capacidad de transmisión cuando así lo requiera el usuario, sin necesidad de haber comprado ancho de banda adicional, cuenta con las siguientes características:

- Tamaño máximo de paquete (trama) de 1 a 8 KB
- Velocidades de acceso hasta 44.736 Mb/s, típicas de 64 a 1.984 Kb/s
- QoS definida por CIR (Committed Information Rate) y por EIR (Excess Information Rate). Puede ser asimétrico.
- Eficiencia mucho mejor que X.25, especialmente a altas velocidades
- Habitualmente utiliza PVC. SVC no soportados por muchos operadores.
- Costo proporcional a capacidad de línea física y al CIR , no al EIR

En la figura 3.5 se muestra un ejemplo de un mapa de circuitos establecidos con Frame Relay:

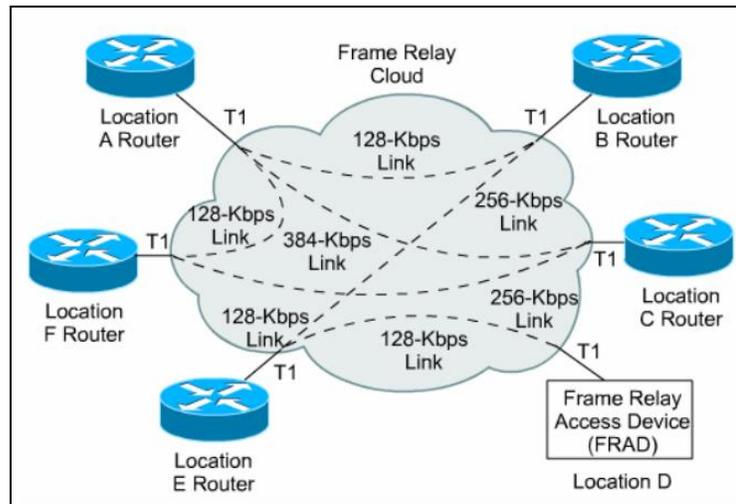


Figura 3.5: Mapa de Circuitos Frame Relay

### 3.2.5 Direccionamiento IP según la clase A, B, C Y E

Para adaptarse a redes de distintos tamaños y para ayudar a clasificarlas, las direcciones IP se dividen en grupos llamados clases, como se muestra en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2: Clase de direccionamiento IP [15]**

<b>Clase A</b>	<b>Red</b>	<b>Host</b>		
Octet	1	2	3	4
<b>Clase B</b>	<b>Red</b>		<b>Host</b>	
Octet	1	2	3	4
<b>Clase C</b>	<b>Red</b>			<b>Host</b>
Octet	1	2	3	4
<b>Clase D</b>	<b>Host</b>			
Octet	1	2	3	4

Las direcciones Clase D se utilizan para grupos de multicast. No hay necesidad de asignar octetos o bits a las distintas direcciones de red o de host. Las direcciones Clase E se reservan para fines de investigación solamente.

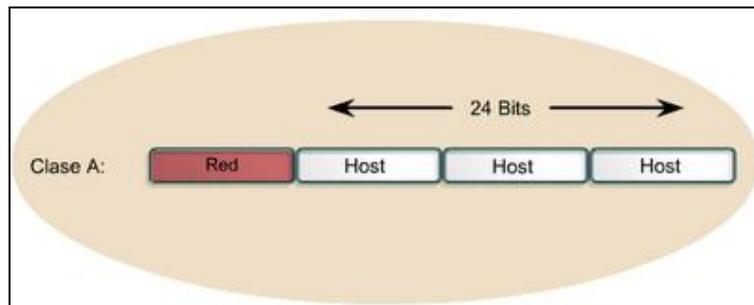
Un bit o una secuencia de bits al inicio de cada dirección determinan su clase. Son cinco las clases de direcciones IP como muestra la tabla 3.3

**Tabla 3.3 Clases de direcciones Ip**

Clase de dirección IP	Intervalo de dirección IP (Valor decimal d)
Clase A	1-126 (00000001-01111110) *
Clase B	128-191 (10000000-10111111)
Clase C	192-223 (11000000-11011111)
Clase D	224-239 (11100000-11101111)
Clase E	240-255 (11110000-11111111)

### 3.2.5.1 La dirección Clase A

Se diseñó para admitir redes de tamaño extremadamente grande, de más de 16 millones de direcciones de host disponibles un diagrama se muestra en la figura 3.6.



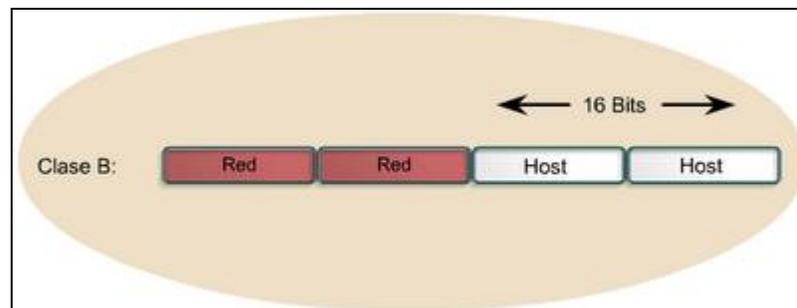
**Figura 3.6: Diagrama de red Ip clase A**

Las direcciones IP Clase A utilizan sólo el primer octeto para indicar la dirección de la red. Los tres octetos restantes son para las direcciones host. El primer bit de la dirección Clase A siempre es 0. Con dicho primer bit, que es un 0, el menor número que se puede representar es 00000000, 0 decimal. El valor más alto que se puede representar es 01111111, 127 decimal. Estos números 0 y 127 quedan reservados y no se pueden utilizar como direcciones de red. Cualquier dirección que comience con un valor entre 1 y 126 en el primer octeto es una dirección Clase A. [15]

La red 127.0.0.0 se reserva para las pruebas de loopback. Los Routers o las máquinas locales pueden utilizar esta dirección para enviar paquetes nuevamente hacia ellos mismos. Por lo tanto, no se puede asignar este número a una red.

### 3.2.5.2 La dirección Clase B

Se diseñó para cumplir las necesidades de redes de tamaño moderado a grande. Una dirección IP Clase B utiliza los primeros dos de los cuatro octetos para indicar la dirección de la red. Los dos octetos restantes especifican las direcciones del host, como se muestra en la figura 3.7.



**Figura 3.7: Diagrama de red Ip clase B**

Los primeros dos bits del primer octeto de la dirección Clase B siempre son 10. Los seis bits restantes pueden poblarse con unos o ceros. Por lo tanto, el menor número que puede representarse en una dirección Clase B es 10000000, 128 decimal. El número más alto que puede representarse es 10111111, 191 decimal.

Cualquier dirección que comience con un valor entre 128 y 191 en el primer octeto es una dirección Clase B.

### 3.2.5.3 El espacio de direccionamiento Clase C

Es el que se utiliza más frecuentemente en las clases de direcciones originales. Este espacio de direccionamiento tiene el propósito de admitir redes pequeñas con un máximo de 254 hosts como se observa en la figura 3.8.

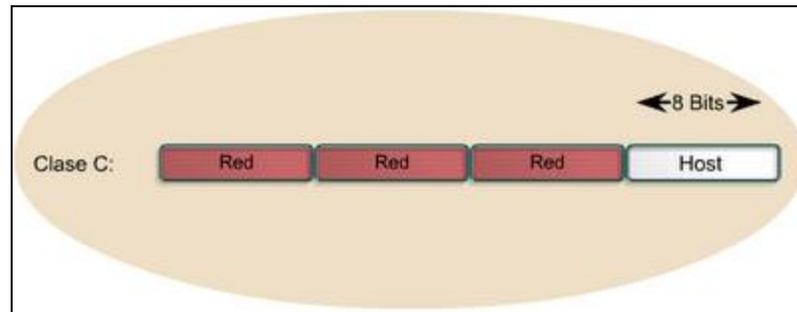
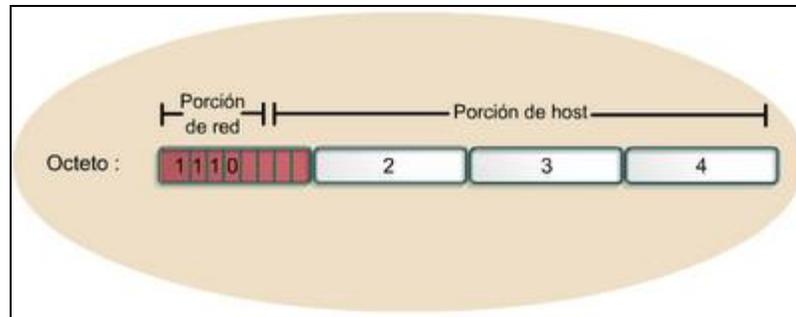


Figura 3.8: Diagrama de la red ip clase C

Una dirección Clase C comienza con el binario 110. Por lo tanto, el menor número que puede representarse es 11000000, 192 decimal. El número más alto que puede representarse es 11011111, 223 decimal. Si una dirección contiene un número entre 192 y 223 en el primer octeto, es una dirección de Clase C. [15]

### 3.2.5.4 La dirección Clase D

Se creó para permitir multicast en una dirección IP. Una dirección multicast es una dirección exclusiva de red que dirige los paquetes con esa dirección destino hacia grupos predefinidos de direcciones IP. Por lo tanto, una sola estación puede transmitir de forma simultánea una sola corriente de datos a múltiples receptores. Un diagrama muy simple se puede observar en la figura 3.9.

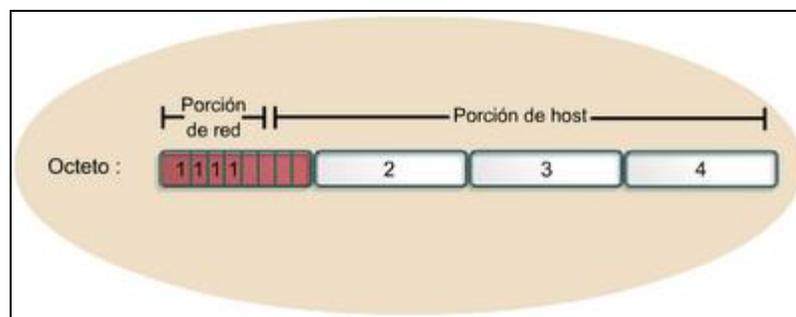


**Figura 3.9: Diagrama de la red clase D**

El espacio de direccionamiento Clase D, en forma similar a otros espacios de direccionamiento, se encuentra limitado matemáticamente. Los primeros cuatro bits de una dirección Clase D deben ser 1110. Por lo tanto, el primer rango de octeto para las direcciones Clase D es 11100000 a 11101111, o 224 a 239. Una dirección IP que comienza con un valor entre 224 y 239 en el primer octeto es una dirección Clase D. [15]

### 3.2.5.5 La dirección Clase E.

Sin embargo, la Fuerza de tareas de ingeniería de Internet (IETF) ha reservado estas direcciones para su propia investigación. Por lo tanto, no se han emitido direcciones Clase E para ser utilizadas en Internet. Los primeros cuatro bits de una dirección Clase E siempre son 1s. Por lo tanto, el rango del primer octeto para las direcciones Clase E es 11110000 a 11111111, o 240 a 255. El diagrama básico de la dirección clase E se muestra en la figura 3.10.



**Figura 3.10: Diagrama de la red Ip Clase E**

### 3.2.6 Protocolos De Enrutamiento

Existen protocolos de enrutamiento Estáticos y dinámicos, a continuación se definen algunos de los más utilizadas así como sus características principales.

- **Routing Information Protocol (RIP).** RIP es un protocolo universal de enrutamiento por vector de distancia que utiliza el número de saltos como único sistema métrico. Un salto es el paso de los paquetes de una red a otra. RIP no tiene en cuenta la velocidad ni la fiabilidad de las líneas a la hora de seleccionar la mejor ruta. RIP envía un mensaje de actualización del enrutamiento cada 30 segundos (tiempo predeterminado en routers Cisco), en el que se incluye toda la tabla de enrutamiento del router, utilizando el protocolo UDP para el envío de los avisos. RIP-1 está limitado a un número máximo de saltos de 15, no soporta VLSM y CIDR, y no soporta actualizaciones desencadenadas. RIP-1 puede realizar equilibrado de la carga en un máximo de seis rutas de igual coste. RIP-2 es un protocolo sin clase que admite CIDR, VLSM, resumen de rutas y seguridad mediante texto simple y autenticación MD5. RIP publica sus rutas sólo a los routers vecinos.
- **Open Short Path First (OSPF).** OSPF es un protocolo universal basado en el algoritmo de estado de enlace, desarrollado por el IETF para sustituir a RIP. Básicamente, OSPF utiliza un algoritmo que le permite calcular la distancia más corta entre la fuente y el destino al determinar la ruta para un grupo específico de paquetes. OSPF soporta VLSM, ofrece convergencia rápida, autenticación de origen de ruta, y publicación de ruta mediante multidifusión. OSPF publica sus rutas a todos los routers de la misma área.

OSPF funciona dividiendo una intranet o un sistema autónomo en unidades jerárquicas de menor tamaño. Cada una de estas áreas se enlaza con un área backbone mediante un router fronterizo. Así, todos los paquetes direccionados desde un área a otra diferente, atraviesan el área

backbone. OSPF envía Publicaciones del Estado de Enlace (Link-State Advertisement – LSA) a todos los routers pertenecientes a la misma área jerárquica mediante multidifusión IP. Los routers vecinos intercambian mensajes Hello para determinar qué otros routers existen en una determinada interfaz y sirven como mensajes de actividad que indican la accesibilidad de dichos routers. Cuando se detecta un router vecino, se intercambia información de topología OSPF. La información de la LSA se transporta en paquetes mediante la capa de transporte OSPF (con acuse de recibo) para garantizar que la información se distribuye adecuadamente. Para la configuración de OSPF se requiere un número de proceso, ya que se pueden ejecutar distintos procesos OSPF en el mismo routers. [14]

- **Interior Gateway Protocol (IGRP).** IGRP fue diseñado por Cisco a mediados de los ochenta, para corregir algunos de los defectos de RIP y para proporcionar un mejor soporte para redes grandes con enlaces de diferentes anchos de banda, siendo un protocolo propietario de Cisco. IGRP es un protocolo de enrutamiento por vector de distancia capaz de utilizar hasta 5 métricas distintas (ancho de banda K1, retraso K3, carga, fiabilidad, MTU), utilizándose por defecto únicamente el ancho de banda y el retraso. Estas métrica pueden referirse al ancho de banda, a la carga (cantidad de tráfico que ya gestiona un determinado router) y al coste de la comunicación (los paquetes se envían por la ruta más barata). IGRP envía mensajes de actualización del enrutamiento a intervalos de tiempo mayores que RIP, utiliza un formato más eficiente, y soporta actualizaciones desencadenadas.
- **Enhaced IGRP - EIGRP.** Basado en IGRP y como mejora de este, es un protocolo híbrido que pretende ofrecer las ventajas de los protocolos por vector de distancia y las ventajas de los protocolos de estado de enlace. EIGRP soporta VLSM y soporta una convergencia muy rápida. EIGRP publica sus rutas sólo a los routers vecinos.

### **3.2.7 Protocolo DHCP**

Este protocolo pertenece a la capa de Aplicación del modelo OSI, se puede definir de la siguiente manera: DHCP significa Protocolo de configuración de host dinámico. Es un protocolo que permite que un equipo conectado a una red pueda obtener su configuración (principalmente, su configuración de red) en forma dinámica (es decir, sin intervención particular). Sólo tiene que especificarle al equipo, mediante DHCP, que encuentre una dirección IP de manera independiente. El objetivo principal es simplificar la administración de la red.

DHCP funciona sobre un servidor central (servidor, estación de trabajo o incluso un PC) el cual asigna direcciones IP a otras máquinas de la red. Este protocolo puede entregar información IP en una LAN o entre varias VLAN. Esta tecnología reduce el trabajo de un administrador, que de otra manera tendría que visitar todos los ordenadores o estaciones de trabajo uno por uno. Para introducir la configuración IP consistente en IP, máscara, gateway, DNS, etc.

### **3.2.8 Estándares de Telefonía**

Una organización internacional, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) juega el principal rol en la estandarización de la tecnología de las PSTN. La ITU inicialmente proporcionó los estándares y los acuerdos para conectar los enlaces del telégrafo entre los países a comienzos del siglo XIX y ha evolucionado al día de hoy para supervisar muchas áreas del desarrollo de estándares dentro de la industria global de telecomunicaciones.

La ITU incluye una división específica conocida como el Sector de Estandarización de Telecomunicaciones o ITU-T. Esta división engloba muchas compañías y organizaciones con intereses en estándares de telecomunicaciones. Una vez que los estándares ITU-T han sido agrupados en áreas funcionales semejantes, se los denomina recomendaciones, y comparten una letra del alfabeto. Las recomendaciones ITU-T más relevantes son:

G— Sistemas de Transmisión y medios, sistemas digitales y redes

H— Sistemas Audiovisuales y Multimedia

P— Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas, y redes de línea local

### **3.2.9 Cómo funciona VoIP**

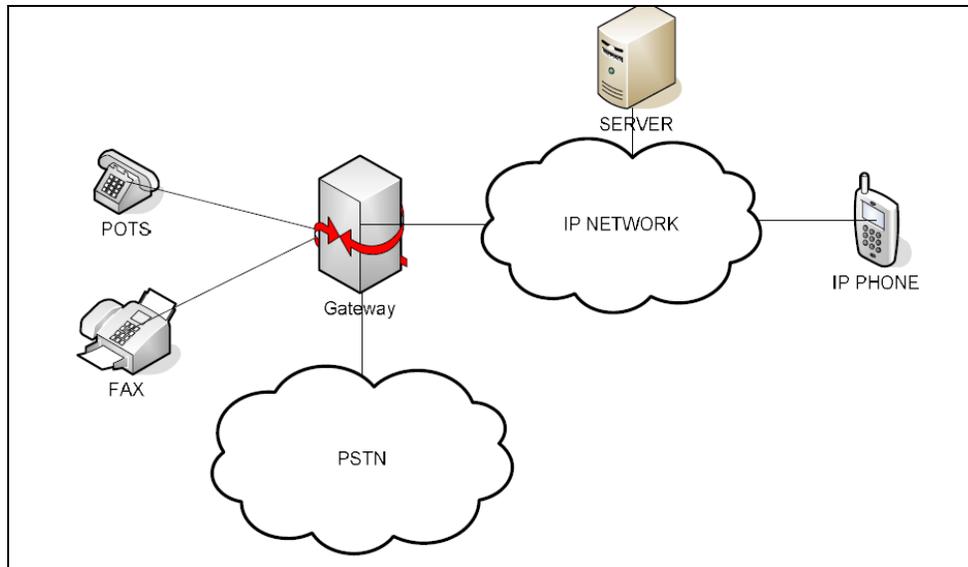
La voz sobre IP es la transferencia de conversaciones de voz en forma de datos sobre una red de IP. A diferencia de las tradicionales llamadas basadas en circuitos conmutados en las PSTN, en VoIP se utiliza "conmutación de paquetes". En un ambiente de conmutación de paquetes, múltiples dispositivos comparten una sola red de datos. Se comunican enviando paquetes de datos uno al otro, cada paquete contiene información de direccionamiento que especifica las computadoras de origen y destino.

Esto es lo que sucede cuando se realiza una llamada de VoIP:

- El que llama, levanta el tubo telefónico y escucha tono de marcado.
- Marca un número telefónico, el cual es mapeado a una dirección IP del destinatario.
- Ciertos protocolos son invocados para localizar al receptor y enviar una señal que produce el llamado en el teléfono de destino.
- Suena el teléfono de destino, lo cual indica al destinatario que llegó una llamada.
- El receptor levanta el tubo telefónico y comienza una conversación bidireccional. La transmisión de audio es codificada utilizando codecs y viaja sobre la red IP usando un protocolo específico.
- La conversación termina, y entre otras cosas se registra la llamada para facturación.

### **3.2.10 Elementos de red**

Para entender mejor el entorno de una red VoIP es importante destacar los distintos elementos que la forman así como sus características y funciones:



**Figura 3.11: Elementos de red**

**Terminales:** corresponden a los sustitutos de los teléfonos actuales. Pueden ser implementados tanto en “hardware” como en “software”.

- Teléfonos IP.
- Adaptadores para PC.

**Hub:** equipo de red que permite conectar entre sí otros equipos o dispositivos retransmitiendo los paquetes de datos desde cualquiera de ellos hacia todos los demás.

**Unidades de audio conferencia múltiple (MCU Voz):** se trata de distribuidores estrella para videoconferencias de grupo. MCU se encuentra conectada a todos los participantes. Administra las corrientes de video y audio de salida y entrada.

**Gateways** (pasarelas RTC / IP): elemento esencial en la mayoría de las redes, su misión es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI. Podemos considerar al Gateway como una caja que por un lado tiene una red y por el otro dispone de uno o varios de los siguientes interfaces:

- FXO. Para conexión a extensiones de centralitas o a la red telefónica básica.
- FXS. Para conexión a enlaces de centralitas o a teléfonos analógicos.
- E&M. Para conexión específica a centralitas.
- BRI. Acceso básico RDSI (2B+D)
- PRI. Acceso primario RDSI (30B+D)

- G703/G.704. (E&M digital) Conexión específica a centralitas a 2 Mbps.

**DNS:** un sistema para asignar nombres a equipos y servicios de red que se organiza en una jerarquía de dominios. Cuando un usuario escriba un nombre DNS en una aplicación, los servicios DNS podrán traducir el nombre a otra información asociada con el mismo, como una dirección IP.

**Servicios de Directorio:** LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) nos permite organizar de manera jerárquica todo tipo de datos como: cuentas de usuario, grupos, etc. de manera rápida y sencilla.

### 3.2.11 Componentes de VoIP

Dentro de los componentes que conforman la VoIP se tienen los siguientes:

- Codecs
- TCP/IP
- Protocolos VoIP
- Servidores de telefonía IP y PBXs
- Gateways VoIP y routers
- Teléfonos IP y softphones

#### 3.2.11.1 Codecs

La señal de audio debe ser digitalizada, comprimida y codificada antes de ser transmitida por la red IP. Para ello se utilizan algoritmos matemáticos implementados en “software” llamados códecs (acrónimo de codificador-descodificador aunque actualmente se le atribuye también las funciones de compresor-descompresor). Existen diferentes modelos de códecs de audio utilizados en VoIP, y dependiendo del algoritmo escogido en la transmisión, variará la calidad de la voz, el ancho de banda necesario y la carga computacional. El objetivo principal de esta tecnología es encontrar un equilibrio entre eficiencia y

calidad de la voz. A continuación se enumeran y describen, entre otros, los códecs más utilizados en VoIP:

- G.711: principal códec de la PSTN estandarizado por la ITU. Este estándar muestrea a una frecuencia de 8 kHz y utiliza PCM (Modulación por Codificación de Impulso) para comprimir, descomprimir, codificar y decodificar.
- G.726: este estándar de la ITU, también conocido como ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation ), sustituyó al obsoleto estándar G.721 en 1990. Permite trabajar a velocidades de 16 kbps, 24 kbps y 32 kbps. La gran ventaja de este códec es la disminución de ancho de banda requerido sin aumentar en gran medida la carga computacional.
- G.723.1: este algoritmo, estandarizado en 1995 por la ITU, puede operar a 6.3 kbps o 5.3 kbps. Si es utilizado en una aplicación comercial es necesario pagar una licencia.
- G.729A: códec desarrollado por France Telecom, Mitsubishi Electric Corporation, Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) y la Universidad de Sherbrooke. Requiere 8 kbps de ancho de banda. La carga computacional de este algoritmo es elevada y también es necesaria una licencia para su uso comercial. Actualmente la propiedad intelectual es de la empresa SIPRO.

Algunos Codecs de voz se muestran en la Figura:

Vocoder	Bit Rate (kbps)	MOS	Application
G.711	64	4.5	Fixed telephone systems
G.729	8	4	Mobile telephone, VOIP
G.723	5.3 or 6.8	3.8	Video Telephony, VOIP
GSM Half Rate	5.6	3.5	GSM/2.5G Networks
GSM EFR	12.2	4.0	GSM/2.5G
GSM	13.0	3.5	GSM networks
AMR	4.75-12.2	3.5-4.0	3G mobile networks

Figura 3.12: Codecs de Voz

**Tabla 3.4: Codecs de Voz**

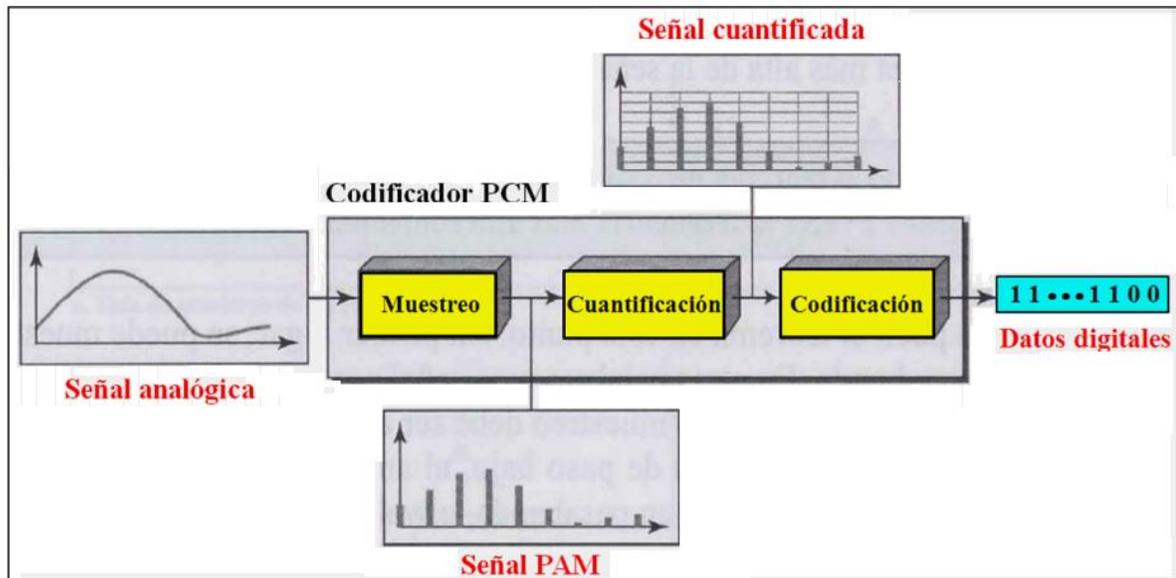
Codec	Tasa de Datos Nominal	Retraso de Paquetización	Intervalos Típicos entre Datagramas	Ancho de Banda Requerido
<b>G.711u</b>	64.0 kbps	1.0 ms	20 ms	87.2 kbps
<b>G.711<sup>a</sup></b>	64.0 kbps	1.0 ms	20 ms	87.2 kbps
<b>G.726-32</b>	32.0 kbps	1.0 ms	20 ms	55.2 kbps
<b>G.729</b>	8.0 kbps	25.0 ms	20 ms	31.2 kbps
<b>G.723.1 MPMLQ</b>	6.3 kbps	67.5 ms	30 ms	21.9 kbps
<b>G.723.1 ACELP</b>	5.3 kbps	67.5 ms	30 ms	20.8 kbps

El método para convertir la voz en un formato digital es un estándar. El nombre de ese estándar es G.711 y utiliza una técnica de codificación llamada Modulación por Codificación de Impulso (PCM).

La PCM consta de 3 operaciones fundamentales:

- **Muestreo:** es una de las partes del proceso de digitalización de las señales, consiste en tomar muestras de una señal analógica a una frecuencia o tasa de muestreo constante, este proceso está basado en el teorema de muestreo, que es la base de la representación discreta de una señal continua en banda limitada. Es útil en la digitalización de señales (y por consiguiente en las telecomunicaciones).
- **Cuantificación:** se mide el valor de la señal y se le asigna un valor discreto en una escala de valores posibles. En telefonía 256 niveles.
- **Codificación:** A cada valor (muestra) se le asigna un código binario. Para 256 niveles se precisan 8 bits. Estos números binarios se convierten a señales digitales (codificación de línea) para su transmisión en serie. Se produce un flujo de 64 kbps.

En la figura 3.13 se muestra de una forma más detallada el proceso llamado Modulación por Codificación de Impulso (PCM).



**Figura 3.13: Proceso de Modulación por Codificación de Impulso (PCM).**

G.711 convierte la entrada de audio analógico en una salida digital con una tasa de salida de 64.000 bits por segundo. A un canal simple de voz G.711 se lo conoce como señal digital de nivel 0 o simplemente DS0. Para construir enlaces de redes telefónicas con capacidad para 24 canales de voz requiere  $24 \times 64 \text{ kbps} = 1.536 \text{ Mbps}$ . Adicionalmente se requieren 8 kbps los encabezamientos de trama, que da un total de 1,544 Mbps. Un enlace con esta capacidad es conocida como un troncal nivel 1, o un enlace T1.

### 3.2.11.2 TCP/IP

La familia de protocolos TCP/IP es el sustento de Internet y las redes corporativas actuales. Los programas envían y reciben los datos sobre una red de IP haciendo llamadas al “software” TCP/IP, conocido como pila de protocolos. La pila TCP/IP en la computadora local intercambia información con la pila TCP/IP de la computadora destino, con el objetivo de realizar la transferencia de datos de un lado al otro.

El Protocolo de Internet determina cómo se transfieren los datagramas a través de una red de IP desde el programa que envía al programa que recibe. Los datagramas son las unidades enviadas y recibidas por ambos extremos, y se mueven en saltos, o en segmentos, a través de una red.

El envío y la recepción de información se realizan utilizando básicamente dos protocolos:

- **Transmission Control Protocol (TCP):** Cuando se realiza una llamada a la interfase TCP, el programa que lo invoca quiere asegurarse que el programa destinatario reciba todo lo que le fue enviado. Esto es, requiere que los datos no se pierdan, que no se dupliquen y que no lleguen fuera de orden. TCP es un protocolo orientado a la conexión debido a que ambos extremos mantienen un fuerte seguimiento de todo lo que es enviado y recibido.
- **User Datagram Protocol (UDP):** Cuando se utiliza UDP, la aplicación que envía no tiene certeza de la entrega. UDP es un protocolo no orientado a la conexión, lo cual significa que cuando se usa este protocolo, los dos lados no reciben ningún dato para cerciorarse de que todo llegó intacto.

### **3.2.11.3 Protocolos de VoIP**

Para establecer una llamada telefónica de VoIP en una red de datos se requieren dos protocolos de VoIP:

- **Protocolos para el establecimiento de las llamadas:** Se pueden protocolos de alto nivel para establecer y liberar la comunicación como H.323, SIP, SCCP, MGCP, y Megaco/H.248.
- **Protocolos de streaming de voz:** El intercambio datos que contienen la voz codificada, se realiza después del establecimiento de la llamada usando dos flujos – uno en cada dirección – para permitir que ambos participantes puedan hablar al mismo tiempo. Cada uno de estos flujos de datos utiliza un protocolo de alto nivel denominado Real-Time Transport Protocol (RTP), el cual es encapsulado en UDP para viajar a través de la red.

#### 3.2.11.4 Protocolos de establecimiento de llamadas

En los siguientes apartados se describen algunos de los protocolos más importantes utilizados en VoIP.

- **H.323** es una familia de estándares desarrollado por la ITU en 1996 con el objetivo de ofrecer un mecanismo de transporte para servicios multimedia sobre redes que no garantizan QoS. Pese a que inicialmente fue definido como un protocolo de videoconferencia, rápidamente ha ido evolucionando para cubrir todas las necesidades de la VoIP. De hecho el protocolo VoIP generaliza los conceptos introducidos por H.323.

Fue el primer estándar en adoptar como medio de transporte el protocolo RTP, siendo capaz de aplicar algoritmos de encriptación de la información, evitando de esta manera añadir elementos de seguridad adicionales a los requeridos para la conexión a Internet. Pese a que técnicamente es un protocolo potente y maduro, el interés por parte de los usuarios y empresas actualmente ha disminuido debido principalmente a su complejidad y a ciertas ineficiencias detectadas en conferencias entre un número elevado de terminales.

- **SIP (Session Initial Protocol)** es un protocolo desarrollado por el IETF en 1999 para el control de llamadas multimedia y la implementación de servicios telefónicos avanzados. SIP está basado en HTTP (HyperText Transfer Protocol) adoptando las características más importantes de este estándar como son la sencillez de su sintaxis y una estructura cliente/servidor basada en un modelo petición/respuesta. Otra de las ventajas de SIP es su sistema de direccionamiento. Las direcciones SIP tienen una estructura parecida a la de correo electrónico dotando a sus clientes de una alta movilidad, facilitando una posible integración en comunicaciones móviles.

El gran potencial de SIP reside en su flexibilidad ya que ofrece la posibilidad de programar nuevos servicios no definidos por la propia recomendación.

- **MGCP-MEGACO** Media Gateway Control Protocol (MGCP) es otro estándar de señalización para VoIP desarrollado por la IETF. MGCP está basado en un modelo maestro/esclavo donde el Call Agent (servidor) es el encargado de controlar al gateway. De esta forma se consigue separar la señalización de la transmisión de la información, simplificando la integración con el protocolo SS7. Esta importante ventaja propició la colaboración conjunta entre el IETF y la ITU para el desarrollo de una nueva especificación basada en MGCP que fuera complementaria a SIP y H.323. El resultado fue MEGACO aunque la ITU se refiere a este protocolo como H.248.

En definitiva, SIP y H.323 se utiliza para la señalización en los extremos, mientras que MEGACO es óptimo para los grandes operadores de telefonía.

- **IAX Inter-Asterisk eXchange protocol (IAX)** fue desarrollado por Digium para la comunicación entre centralitas basada en Asterisk. El principal objetivo de IAX es minimizar el ancho de banda utilizado en la transmisión de voz y vídeo a través de la red IP y proveer un soporte nativo para ser transparente a los NATs (Network Address Translation ).  
La estructura básica de IAX se fundamenta en la multiplicación de la señalización y del flujo de datos sobre un simple puerto UDP, generalmente el 4569. El protocolo original ha quedado obsoleto en favor de su segunda versión conocida como IAX2. Se caracteriza por ser robusto y simple en comparación con otros protocolos. Permite manejar una gran cantidad de códecs y transportar cualquier tipo de datos.

#### **3.2.11.4.1 Real-Time Transport Protocol (RTP)**

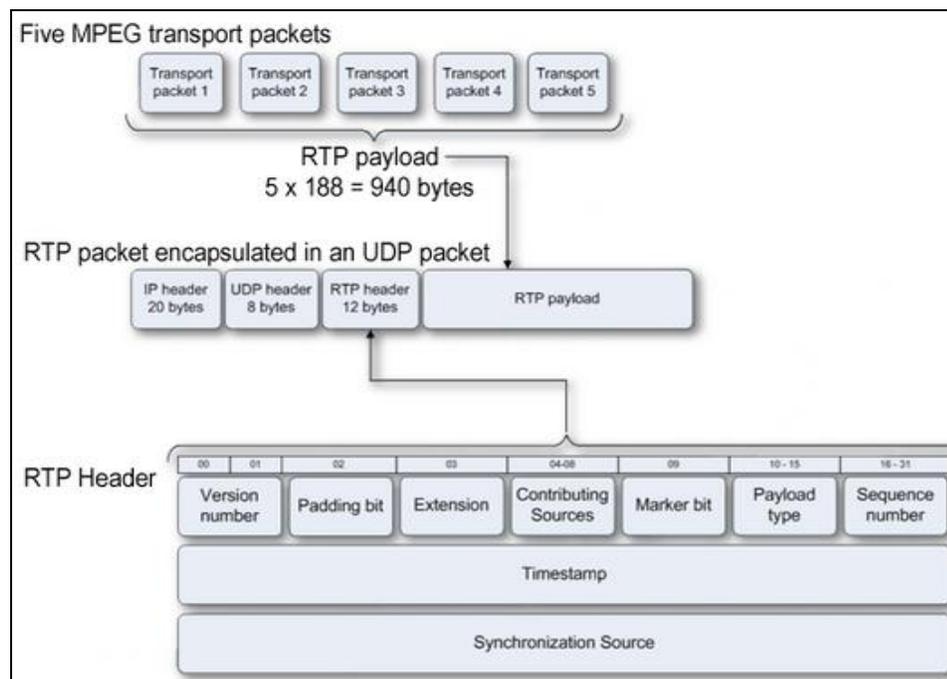
Para que las aplicaciones multimedia puedan funcionar es necesario el uso de un protocolo de transporte con características diferentes al TCP y con mayor funcionalidad que el UDP. Para satisfacer estas necesidades se creó RTP.

Aunque se trata de un protocolo de la capa de transporte se considera un protocolo de la capa aplicación ya que involucra una cantidad importante de funciones que son específicas para aplicaciones multimedia.

Este protocolo es capaz de proporcionar funciones end-to-end comunes para varias aplicaciones, ya sean de audio o video.

El protocolo RTP es ampliamente utilizado para streaming de audio y video. RTP está diseñado para aplicaciones que envían datos en una dirección sin reconocimientos. El encabezado de cada datagrama RTP contiene una marca de tiempo, por lo que la aplicación que recibe el datagrama puede reconstruir el tiempo de los datos originales. Contiene también un número de secuencia para que el receptor sepa qué hacer cuando se pierde, se produzca un duplicado, o llegue un datagrama fuera de orden.

Los dos streams de RTP que transportan la conversación bidireccional son los elementos más importantes para determinar la calidad de las conversaciones de la voz. Es útil entender la composición del datagrama RTP que transporta el datagrama de voz. La siguiente figura muestra el formato de encabezamiento de RTP. [3]



**Figura 3.14: Formato del encabezamiento RTP**

Todos los campos relacionados a RTP se incorporan dentro de la carga útil de UDP.

- Tipo de carga RTP: Indica cuál es el codec utilizado. El codec transmite el tipo de datos (tal como voz, audio, o video) y de que forma es codificado.

- Número de secuencia: Ayuda al receptor a reensamblar los datos y detectar si hay datos perdidos, fuera de orden o duplicados.
- Time Stamp (marca de tiempo): Es utilizado para reconstruir el tiempo original del audio o el video. También ayuda al receptor a determinar las variaciones en los tiempos de llegada de datagrama (jitter). Es la marca de tiempo la que le da el verdadero valor a RTP. Un emisor de RTP coloca una marca de tiempo en cada datagrama que envía. El lado receptor de la aplicación RTP toma nota al momento que llega cada datagrama y lo compara con la marca de tiempo.
- Source ID: Permite que el “software” en el lado receptor distinga entre múltiples y simultáneos streams.

### 3.2.11.5 Servidores de telefonía IP y PBXs

El uso de redes IP para la transmisión de voz requiere la utilización de servidores especialmente diseñados para este propósito. La PBX es a menudo un sistema de caja cerrada que proporciona todas las funciones de voz implementadas generalmente de manera propietaria. Algunas características avanzadas que proveen los servidores son por ejemplo la unificación de la mensajería. Los servidores de telefonía IP se comunican con el servidor de correo para proveer acceso a los mensajes desde una variedad de formas. Como implementaciones de servidores podemos mencionar Cisco CallManager y Asterisk.

Dentro de los componentes más importantes que conforman una red VOIP tenemos los que se muestran en la siguiente Figura:

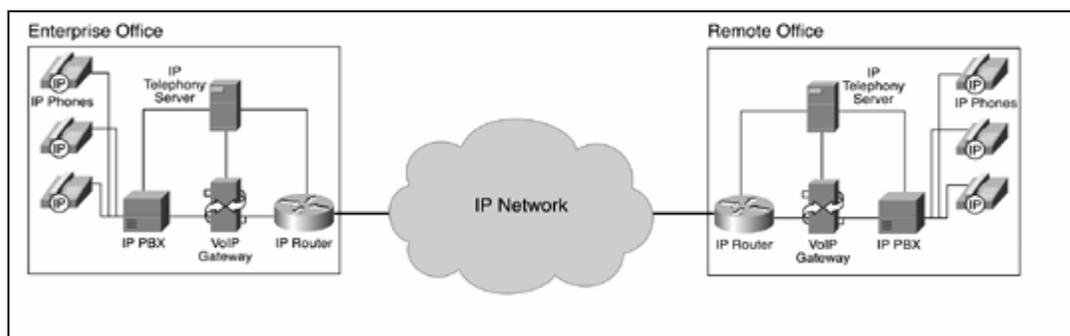


Figura 3.15: Elementos de una red VoIP

### **3.2.11.6 Gateways VoIP, Routers y Switches**

Los gateways VoIP y los routers IP transportan los paquetes RTP de voz a través de la red. Los gateways proporcionan la vinculación entre la red VoIP y la PSTN utilizando el protocolo SS7 para lograr esta integración. Otra funcionalidad de los gateways es la conversión entre diferentes codecs (transcoding).

Los gateways típicamente pueden manejar una gran variedad de señalizaciones y protocolos de datos para vincular las distintas plataformas.

Los router IP, al examinar los encabezamientos IP, toman las decisiones necesarias para mover paquetes hacia el próximo salto a través del camino hacia el destino.

Los switches se encargan de la conectividad de los dispositivos de red y sobre los mismos se pueden implementar funciones adicionales como el ruteo de capa 3, configuración de VLANs, QoS, etc.

### **3.2.11.7 Teléfonos IP y Softphones**

Para que VoIP funcione, se debe convertir el audio analógico en paquetes. Como se dijo anteriormente esta función es realizada por los codecs. Si se utilizan teléfonos analógicos tradicionales, los codecs se incorporan en las IP PBX.

Opcionalmente, los codecs pueden estar implementados en los mismos teléfonos. Estos teléfonos digitales se los denomina teléfonos IP, los cuales en vez de disponer un conector telefónico tienen una conexión LAN ethernet. El teléfono IP después de una secuencia de inicialización, establece una conexión de datos con el servidor IP.

### **3.2.12 Virtualización de Escritorios**

Virtual Desktop Infrastructure (VDI) aprovecha la infraestructura virtual y alguno de los protocolos de control remoto como Remote Desktop Protocol (RDP) para proporcionar a los usuarios acceso a un escritorio remoto estándar.

Para la implementación de una infraestructura virtual es necesario la utilización de sistemas de virtualización por “software”.

Un sistema virtual por “software” es un programa que simula un sistema físico (un computador, un “hardware”) con unas características de “hardware” determinadas. Cuando se ejecuta el programa (simulador), proporciona un ambiente de ejecución similar a todos los efectos a un computador físico (excepto en el puro acceso físico al “hardware” simulado), con CPU (puede ser más de una), BIOS, tarjeta gráfica, memoria RAM, tarjeta de red, sistema de sonido, conexión USB, disco duro (pueden ser más de uno), etc.

Un virtualizador por “software” permite ejecutar (simular) varios computadores (sistemas operativos) dentro de un mismo “hardware” de manera simultánea, permitiendo así el mayor aprovechamiento de recursos. Sin embargo al ser una capa intermedia entre el sistema físico y el sistema operativo que funciona en el “hardware” emulado, la velocidad de ejecución de este último es menor, pero en la mayoría de los casos suficiente para usarse en entornos de producción.

En el mercado existen diversos virtualizadores como:

- VMware
- Virtual PC

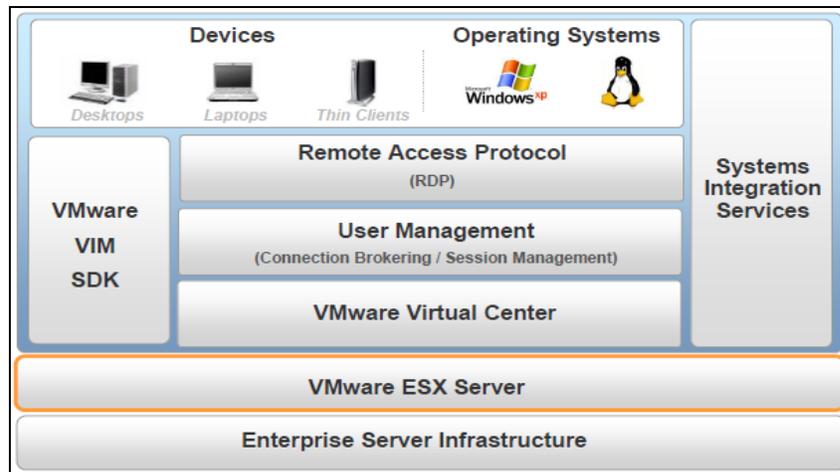
VMware es similar a su homólogo Virtual PC, aunque existen diferencias entre ambos que afectan a la forma en la que el “software” interactúa con el sistema físico. El rendimiento del sistema virtual varía dependiendo de las características del sistema físico en el que se ejecute, y de los recursos virtuales (CPU, RAM, etc.) asignados al sistema virtual.

Mientras que VirtualPC emula una plataforma x86, VMware la virtualiza, de forma que la mayor parte de las instrucciones en VMware se ejecuta directamente sobre el “hardware” físico, mientras que en el caso de Virtual PC se traducen en llamadas al sistema operativo que se ejecuta en el sistema físico.

Una de las alternativas más utilizadas es VMware ESXi, que es una plataforma de virtualización a nivel de centro de datos producido por VMware. Es el componente de su producto VMware Infrastructure que se encuentra al nivel inferior de la capa de virtualización, el hipervisor, aunque posee herramientas y servicios de gestión autónomos e independientes.

Está compuesto de un sistema operativo autónomo que proporciona el entorno de gestión, administración y ejecución al “software” hipervisor, y los servicios y servidores que permiten la interacción con el “software” de gestión y administración y las máquinas virtuales.

En la siguiente imagen se muestra la infraestructura básica de VMware:



**Figura 3.16: Infraestructura de Escritorio Virtual de VMware**

Poseer una infraestructura virtualizada tiene beneficios muy importantes que ayudan a mejorar el rendimiento de las actividades de la empresa así como reducir el consumo de la misma, dentro de algunas de los beneficios que se obtienen al virtualizar una infraestructura tenemos los siguientes :

- Centralización
- Compatibilidad
- Virtualización

### 3.2.12.1 Centralización

Facilidad de acceso por parte de los operadores de TI, las máquinas virtuales generalmente se encuentran en el centro de datos cerca de los técnicos en TI que les brindan soporte, de esta manera pueden acceder a ellas de forma más rápida para colocar parches o realizar actualizaciones.

Además la centralización mejora la seguridad ya que al estar localizadas dentro del centro de datos y por ende dentro de una red segura que esta resguardada por el firewall de la corporación.

También los usuarios remotos solo poseen permisos para “ver” la información y no transferirla o moverla con intenciones de ser jaqueada o robada.

### **3.2.12.2 Compatibilidad**

Dentro de las máquinas virtuales se instalan Sistemas operativos reales, lo que hace que a las aplicaciones instaladas dentro de los sistemas funcionen de igual forma sin ningún cambio.

Las aplicaciones pueden hacer modificaciones del sistema, cambios en los registros así como modificaciones en los archivos dell de ser necesario.

Otra característica importante es que cada máquina virtual se ejecuta por separado y en el caso en el que una de las maquinas falle no afectara el funcionamiento de las demás.

### **3.2.12.3 Virtualización**

Las máquinas virtuales poseen homogeneidad de “hardware”, una imagen base de un IOS puede ser utilizado para la creación de varias máquinas virtuales.

Un servidor virtualizado puede utilizar el mismo “hardware” que utiliza una máquina virtual así como la misma infraestructura y arquitectura.

### **3.2.13 Cisco Unified Communications Manager Express**

Dentro de una misma empresa puede tener diferentes necesidades y requisitos en lo que respecta a las comunicaciones unificadas y colaboración. Cisco Unified Communications Manager Express cumple con esta necesidad al proporcionar control local de llamadas, movilidad y conferencias junto con las aplicaciones de datos de Cisco, Integrated Services Routers (ISR).

Cisco Unified Communications Manager Express es fácil de configurar y se puede adaptar a las necesidades individuales del sitio ya que está integrado dentro del “software” CISCO IOS. Además se puede combinar con Cisco Unity Express y

otros servicios en el Cisco ISR para ofrecer una solución todo-en-uno, esto puede ahorrar valioso espacio. [18]

Algunas características de Cisco Unified Communications Manager Express son las siguientes:

- **Accesible**, Barato mediante la integración de múltiples servicios en una sola plataforma.
- **Personalizable**, flexibilidad de configuración para satisfacer las necesidades y requerimientos.
- **Escalable**, ya que se puede implementar una migración sencilla y rápida de telefonía tradicional con una arquitectura extensible y flexible
- **Fácil de instalar**, se puede implementar sin cambiar la arquitectura actual y las características del sistema

Cisco Unified Communications Manager Express es compatible con una amplia variedad de teléfonos IP de Cisco Unified y los puntos finales de vídeo, así como puntos terminales SIP de terceros.

### 3.2.14 Cisco Unified Communications Manager 8.6 (CUCM)

Es un sistema de procesamiento de llamadas basado en “software” desarrollado por Cisco Systems. CUCM es un sistema que procesa todos los componentes de una red VoIP, en los que se incluyen teléfonos, puentes de conferencia, codificaciones de voz y buzones de voz, entre otros. A menudo utiliza el Skinny Client Control Protocol (SCCP) como un protocolo de comunicaciones para la señalización de los puntos finales de “hardware” del sistema, tales como teléfonos IP. [5]

Cisco Unified Communications Manager soporta los siguientes modelos de telefonía

- Modelo solo de un sitio
- Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado
- Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido.

- Clustering sobre una red WAN

### 3.2.14.1 Modelo solo de un sitio

Los servidores, las aplicaciones y los recursos DSP se encuentran ubicados en la misma locación física.

Si en el modelo hay una red WAN, esta es utilizada solamente para el tráfico de datos, la PSTN es usada para procesar todas las llamadas externas.

Soporta aproximadamente 30000 teléfonos Ip por cluster.

Beneficios de una implementación utilizando el modelo de un solo sitio:

- Fácil de implementar.
- Una infraestructura común para una solución convergente.
- Plan simplificado para el planeamiento del sistema de llamadas.
- No es necesario el uso de decodificadores, debido al uso de un solo un códec para administrar el ancho de banda.

El diagrama de primer nivel del modelo de un único sitio se muestra en la siguiente figura:

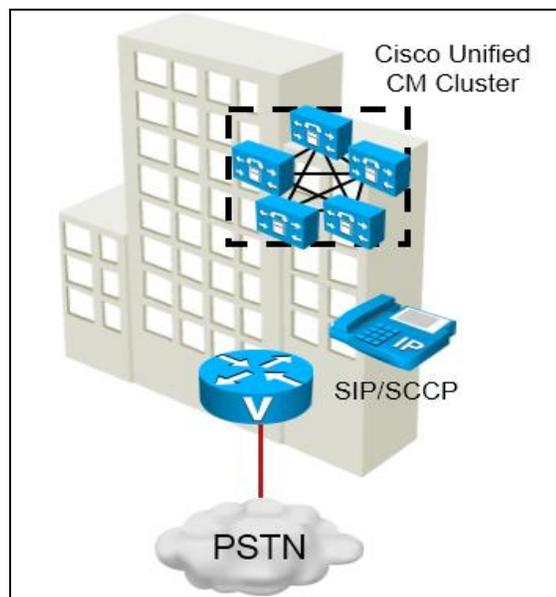


Figura 3.17: Modelo de un único sitio

### 3.2.14.2 Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado

El servidor de callmanager está instalado en el sitio central, las aplicaciones y los recursos DSP pueden estar centralizados o distribuidos.

La red WAN transporta datos de voz y controla la señalización de las llamadas.

Soporta aproximadamente 30000 teléfonos Ip por closter.

Posee un control de admisión de llamadas que tiene un límite de llamadas admitidas por sitio.

Utiliza el protocolo SRST y AAR si se llega a exceder el ancho de banda establecido para el diseño.

Beneficios de una implementación utilizando el modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado:

- Una infraestructura común para una solución convergente.
- Ahorro en el costo de las llamadas por medio de la PSTN cuando se utiliza la red WAN para realizar las llamadas entre los sitios.
- Máxima utilización del ancho de banda disponible al utilizar la red WAN para el tráfico de voz y datos.
- Utilización de la movilidad de extensiones entre los sitios.
- Uso de AAR en el caso en el que sea insuficiente el ancho de banda disponible para manejar todo el tráfico a través de la red.
- Administración centralizada.

El diagrama de primer nivel del modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado se muestra en la siguiente figura:

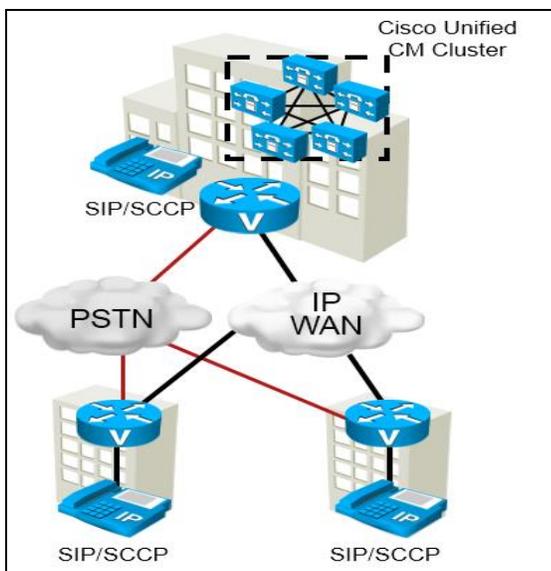


Figura 3.18: Modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado

### 3.2.14.3 Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido

Los servidores, las aplicaciones y los recursos DSP se encuentran ubicados en cada uno de los sitios.

La red WAN no posee control de llamadas entre los sitios.

La PSTN se puede utilizar en modo transparente si está disponible la red WAN.

Beneficios de una implementación utilizando el modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas centralizado:

- Ahorro en el costo de las llamadas por medio de la PSTN cuando se utiliza la red WAN para realizar las llamadas entre los sitios.
- Máxima utilización del ancho de banda disponible al utilizar la red WAN para el tráfico de voz y datos.
- No se tiene pérdidas de funcionalidad en el caso en el que la red WAN no esté disponible o sufriera algún fallo ya que se cuenta con un agente de procesamiento de llamadas en cada uno de los sitios.

El diagrama de primer nivel del modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido se muestra en la siguiente figura:

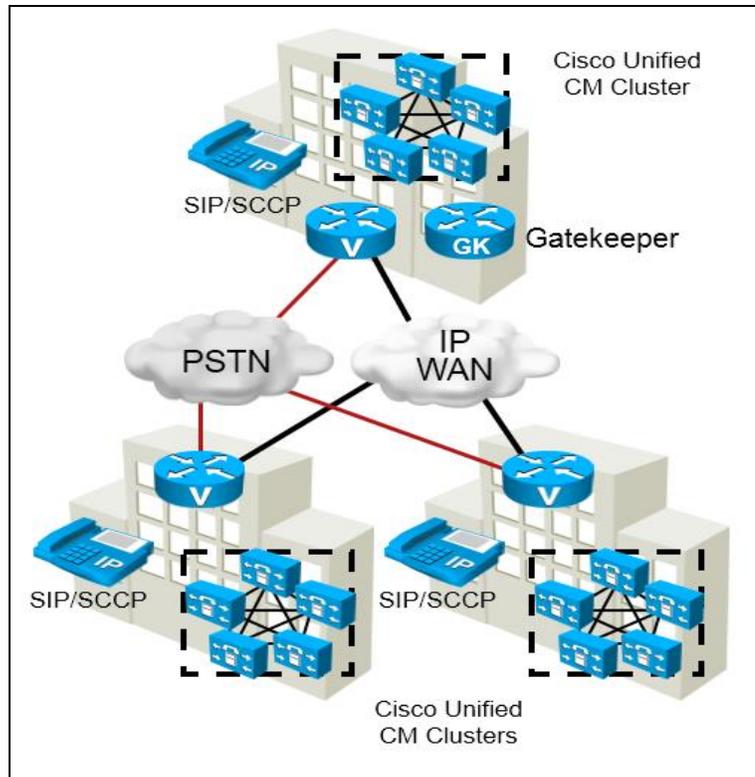


Figura 3.19: Modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido

#### 3.2.14.4 Clustering sobre una red WAN

Los servidores de callmanager y las aplicaciones del mismo cluster se encuentran distribuidos sobre una red WAN.

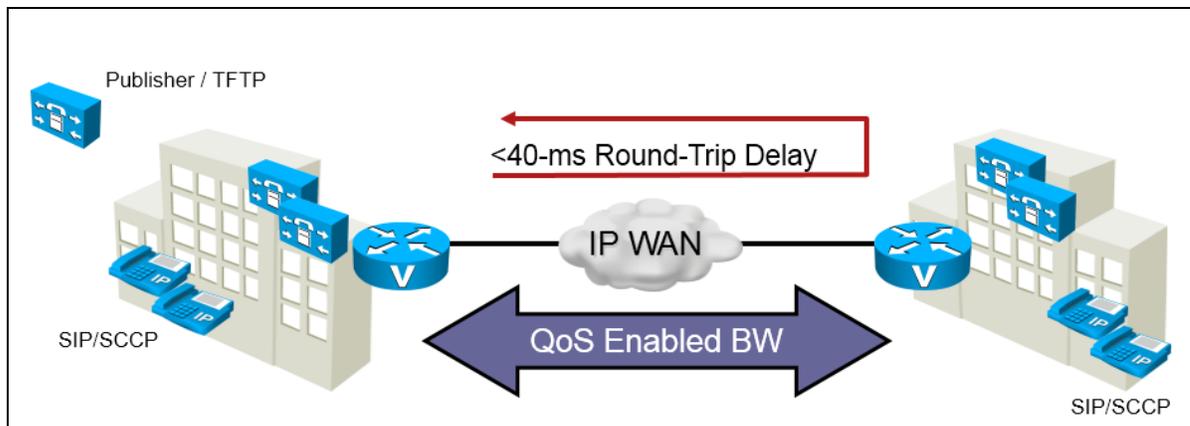
La red WAN transporta intracloster server communications y la señalización.

Posee un límite de sitios.

**Beneficios de una implementación utilizando el modelo Clustering sobre una red WAN:**

- Ahorro en el costo de las llamadas por medio de la PSTN cuando se utiliza la red WAN para realizar las llamadas entre los sitios.
- Máxima utilización del ancho de banda disponible al utilizar la red WAN para el tráfico de voz y datos.
- Failover across WAN esta soportado.

El diagrama de primer nivel del modelo Clustering sobre la red WAN:



**Figura 3.20: Modelo Multisitios WAN con el procesamiento de las llamadas distribuido**

### 3.2.15 Cisco Unified Presence 8.6 (CUP)

Es una plataforma empresarial basada en estándares que une a las personas y a las organizaciones de la manera más eficaz por medio de un sistema denominado Jabber. Esta plataforma abierta y extensible facilita el intercambio de alta seguridad de la disponibilidad, información y mensajería instantánea entre los usuarios que utilizan el sistema de comunicaciones unificadas de Cisco y las otras aplicaciones. [4]

Cisco Unified Presence se compone de muchos componentes que mejoran el valor de un sistema de Comunicaciones Unificadas. Además incorpora el Jabber Extensible Communications Platform y soporta mensajería SIP / SIMPLE y Presence Protocol (XMPP) para recoger información sobre el estado de disponibilidad de un usuario y capacidades de comunicación.

El estado de la disponibilidad del usuario indica si el usuario está utilizando activamente un dispositivo de comunicaciones en particular, como un teléfono.

La capacidad de comunicación de los usuarios indican los tipos de comunicaciones que el usuario es capaz de utilizar, como la videoconferencia, colaboración web, mensajería instantánea, o audio básico.

La información agregada del usuario es captada por el servidor de Cisco Unified Presence, esto permite que las aplicaciones de Cisco Unified Communications Manager y las aplicaciones de terceros se enlacen para aumentar la productividad del usuario. Estas aplicaciones ayudan a conectar usuarios de manera más eficiente mediante la determinación de la forma más eficaz de comunicación.

### 3.2.15.1 Componentes de Cisco Unified Presence

- Cisco Unified Presence server
- Cisco Unified Communications Manager (Unified CM)
- Cisco Unified Personal Communicator
- Cisco Unified MeetingPlace or MeetingPlace Express
- Cisco Unity or Unity Connection
- Cisco Unified Videoconferencing or Cisco Unified MeetingPlace Express VT
- Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) Server v3.0
- Cisco Unified IP Phones
- Third-party presence server
- Third-party XMPP clients
- Third-party applications

En la siguiente figura se muestra el diagrama donde se interconectan los componentes de Cisco Unified Presence:

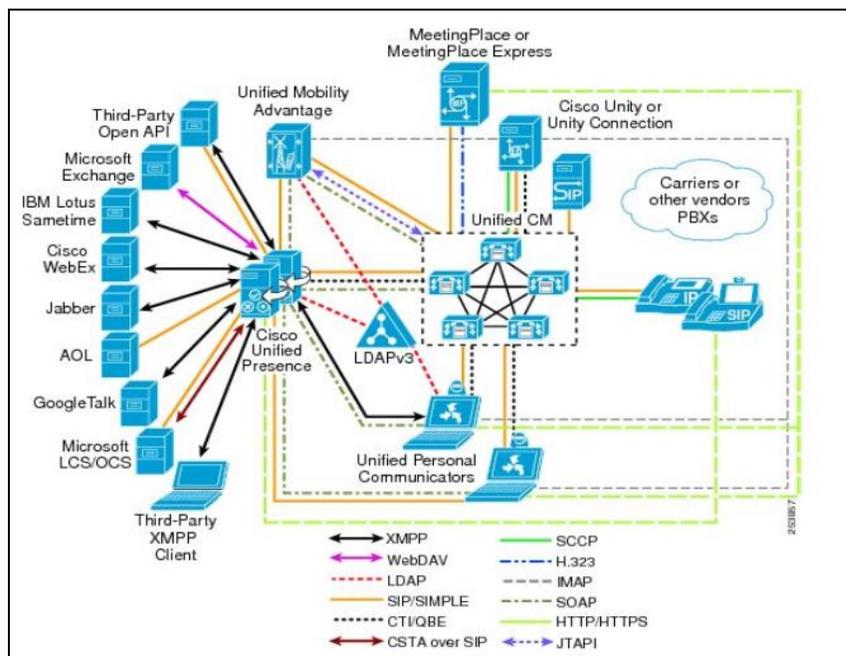


Figura 3.21: Componentes de Cisco Unified Presence [4]

### **3.2.16 “software” de monitorización PRTG Network Monitor**

PRTG Network Monitor corre en una máquina de Windows dentro de la red, colectando varias estadísticas de las maquinas, “software”, y equipos. (También puede auto detectarlos, ayudándole al usuario a mapear la red). También retiene los datos para que el usuario pueda visualizar datos históricos, ayudándole a reaccionar a los cambios.

PRTG viene con una interface de web fácil de usar y con configuración point-and-clic. Puede fácilmente compartir los datos con colegas sin conocimiento técnico y con sus clientes, incluyendo gráficas en tiempo real y reportes costumizados. Esto le permitirá al usuario planear para una expansión de red, ver que aplicaciones están utilizando la mayor parte de su conexión, y asegurarse de que nadie esté acaparando toda la red solo para videos de torrent.

PRTG puede recolectar datos de interés en su red. Soporta múltiples protocolos para recolectar estos datos:

- SNMP y WMI
- Esnifing de paquetes
- NetFlow, jFlow y sFlow

## **Capítulo 4: Procedimiento metodológico**

A continuación se presentan los pasos seguidos para el desarrollo del proyecto. Se encuentran agrupados por etapas y no necesariamente en orden cronológico.

### **4.1 Reconocimiento y definición del problema**

- La empresa realizó un estudio sobre la viabilidad del proyecto de Diseño e Implementación de una red de Comunicaciones Unificada utilizando VDI y presencia
- Entrevista con personal de la empresa para determinar los principales requerimientos.
- Revisión del lugar en el cual se desarrollará el proyecto.
- Estimación de los principales requisitos a cumplir.

### **4.2 Obtención y análisis de información**

- Leer y estudiar detenidamente los detalles sobre el funcionamiento de las redes LAN, y sus principales características.
- Revisión de las fichas técnicas de los equipos a utilizar.
- Selección de “software” para el análisis y simulación de la red LAN.
- Determinar el “hardware” necesario para el diseño del sistema.
- Investigar y aprender a programar IOS de los Equipos.
- Investigar sobre el funcionamiento de EXSI, como plataforma de virtualización
- Investigar y aprender a utilizar el “software” CUCM 8.6 para la centralización de las llamadas
- Investigar y aprender a utilizar el “software” CUPS 8.6
- Investigar las funcionalidades del “software” de Cisco Jabber
- Investigar otros posibles componentes que puedan utilizarse para resolver el problema.

### **4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución**

- Selección de la tecnología así como los protocolos para el diseño del laboratorio.
- Comparar los posibles componentes y estudiar sus capacidades. Definir ventajas y desventajas de cada uno.
- Seleccionar los componentes que más se amolden a las necesidades del proyecto.

### **4.4 Implementación de la solución**

- Determinar los equipos de “hardware” a utilizar.
- Determinar el IOS que requieren los equipos para cumplir con las necesidades requeridas.
- Programación del “hardware”, así como sus protocolos a utilizar.
- Instalación y configuración de EXSI 5.1 en el servidor dedicado.
- Instalación y configuración del servidor CUCM 8.6 sobre la plataforma virtualizada.
- Instalación y configuración del servidor CUPS 8.6 sobre la plataforma virtualizada.
- Programación de la red para lograr comunicación con el servidor de voz y el servidor de presencia, así como la comunicación entre los distintos sitios.
- Realizar pruebas a la red, que den como resultado el correcto funcionamiento de la misma.
- Evaluar el rendimiento de la red LAN.
- Pruebas de conexión, y mediciones de velocidad de la red.

### **4.5 Reevaluación y rediseño**

- Pruebas y recomendaciones para la red LAN implementada.
- Agregar nuevos sitios y funcionalidades extra para mejorar el laboratorio.
- Pruebas a la red completa, voz, transferencia de Datos y presencia.

## **Capítulo 5: Descripción detallada de la solución**

A continuación se presentará la información correspondiente al desarrollo de la solución propuesta para el problema planteado.

### **5.1 Análisis de soluciones y selección final**

#### **5.1.1 Selección de “hardware” para el diseño de la red**

A la hora de seleccionar los equipos que se van a utilizar para realizar un diseño concreto, se deben tener en cuenta diferentes factores, como documentación, herramientas de desarrollo disponibles, precios, etc.

A continuación se detallan algunas de las características a tomar en cuenta para la escogencia del “hardware”:

- Económico
- Procesamiento
- Velocidad
- Almacenamiento
- Memoria Flash
- Memoria RAM
- Seguridad
- Garantía
- Puertos y tarjetas disponibles

Para cumplir con las exigencias de diseño mencionados, existe una amplia gama de dispositivos que permiten la implementación de este proyecto, sin embargo no todos están disponibles, dentro de los dispositivos disponibles para la implementación del núcleo del proyecto se encuentran los mencionados en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1: Equipos disponibles para la implementación del núcleo del proyecto.**

Equipo	Características
Cisco Catalyst 2950-24 Series Switches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisco Catalyst 2950-24: 4.8 Gbps maximum forwarding bandwidth</li> <li>• Cisco Catalyst 2950-24: 3.6 Mpps wire-speed forwarding rate</li> <li>• 8 MB packet buffer memory architecture shared by all ports</li> <li>• 16 MB DRAM and 8 MB Flash memory</li> <li>• Configurable up to 8000 MAC addresses</li> </ul>
Cisco Catalyst 2950-48 Series Switches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisco Catalyst 2950-48: 13.6 Gbps maximum forwarding bandwidth</li> <li>• Cisco Catalyst 2950-48: 10.1 Mpps wire-speed forwarding rate</li> <li>• 8 MB packet buffer memory architecture shared by all ports</li> <li>• 16 MB DRAM and 8 MB Flash memory</li> <li>• Configurable up to 8000 MAC addresses</li> <li>• 2 ports 10/100/1000BASE-T</li> </ul>
Cisco 2821 Integrated Services Router	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DRAM Default: 256 MB</li> <li>• Compact Flash Default: 64 MB</li> <li>• Onboard LAN Ports 2-10/100/1000</li> </ul>
Cisco 3825 Integrated Services Router	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DRAM Default: 512 MB</li> <li>• Compact Flash Default: 128 MB</li> <li>• Onboard LAN Ports 2-10/100/1000</li> </ul>

## **5.1.2 Descripción del “hardware”**

Se detalla la descripción del “hardware” que se utilizó para la realización del proyecto así como los dispositivos terminales utilizados.

### **5.1.2.1 Router Cisco 2821**

Es un router que está diseñado para brindar los Servicios integrales para la Pequeña y Mediana Empresa.

El router Cisco 2821 proporciona las siguientes características:

- Rendimiento y alta velocidad para los servicios como la seguridad y la voz,
- Rendimiento en servicios avanzados para múltiples tipos de WAN T1/E1
- Mayor rendimiento y modularidad
- Ranuras para tarjetas de interfaz WAN de alta velocidad (cuatro)
- Soporte para más de 90 módulos existentes
- Dos puertos integrados Ethernet 10/100/1000

En lo que se refiere a la seguridad de los datos el router Cisco 2821 ofrece:

- Soporte de hasta 1500 túneles VPN con el módulo AIM-EPII-PLUS
- Antivirus de defensa a través de Network Admission Control (NAC)
- Prevención de intrusiones, Cisco IOS Firewall

En lo que se refiere a la integración de voz ofrece:

- Llamadas de voz analógicas y digitales
- Ranura del módulo de voz de extensión dedicado
- Soporte opcional de correo de voz
- Soporte opcional para Cisco CallManager Express (Cisco CME) para el procesamiento de una llamada local en stand alone de negocios para hasta 48 teléfonos IP

La figura 5.1 muestra el router Cisco 2821



**Figura 5.1: Router Cisco 2821[7]**

### **5.1.2.2 Router Cisco 3825**

El router Cisco 3825 es un router que está diseñado para brindar Servicios integrados para sucursales y pymes.

El router Cisco 3825 proporciona las siguientes características:

- Rendimiento y alta velocidad para los servicios como la seguridad y la voz,
- Servicios avanzados a velocidades de hasta T3/E3
- Mayor rendimiento y modularidad
- Ranuras para tarjetas de interfaz WAN de alta velocidad (cuatro)
- Soporta la mayoría de tarjetas existentes, SNM, WIC, VWIC y VICs
- Puertos integrados de GE con soporte de cobre y fibra

En lo que se refiere a la seguridad de los datos el router Cisco 3825 ofrece:

- Soporte de hasta 2000 túneles VPN con el módulo AIM-EPII-PLUS
- Antivirus través de Network Admission Control (NAC)
- Prevención de intrusiones, Cisco IOS Firewall

En lo que se refiere a la integración de voz ofrece:

- Llamadas de voz analógica y digital
- Soporte opcional de correo de voz
- Soporte opcional para Cisco CallManager Express para el procesamiento de llamadas locales en stand alone de negocios para hasta 168 teléfonos IP

La figura 5.2 muestra el router Cisco 3825



Figura 5.2: Router Cisco 3825 [8]

### 5.1.2.3 Switch Cisco serie 2950

Se utilizan dos tipos de switch Cisco 2950, el de 24 puertos y el de 48 puertos, ambos switches proporcionan conectividad de usuario para redes pequeñas y medianas. Estos switches de escritorio viene con imagen (SI) posee características de “software” estándar y ofrece una funcionalidad de Cisco IOS® para datos, los servicios de video y voz en la red.

Cisco Network Assistant está disponible para la serie Catalyst 2950, es una aplicación de gestión centralizada gratuita que simplifica la tarea de administración de switches Cisco, routers y puntos de acceso inalámbrico. Cisco Network Assistant ofrece una interfaz gráfica de usuario fácil de usar para la configuración, solución de problemas y facilitar la supervisión de la red.

Dentro de sus principales características se encuentran:

- Cisco Catalyst 2950-24: 4.8 Gbps maximum forwarding bandwidth
- Cisco Catalyst 2950-48: 13.6 Gbps maximum forwarding bandwidth
- Cisco Catalyst 2950-24: 3.6 Mpps wire-speed forwarding rate
- Cisco Catalyst 2950-48: 10.1 Mpps wire-speed forwarding rate
- 8 MB packet buffer memory architecture shared by all ports
- 16 MB DRAM and 8 MB Flash memory
- Configurable up to 8000 MAC addresses

La figura 5.3 muestra el switch Cisco 2950-24



Figura 5.3: Switch Cisco 2950

La figura 5.4 muestra el switch Cisco 2950-48



Figura 5.4: Switch Cisco 2950-48

#### 5.1.2.4 Servidor Hp DL380G6

La serie ProLiant DL300 ofrece rendimiento probado en las aplicaciones más exigentes, versatilidad y tolerancia a fallas en una plataforma de gran densidad con alimentación redundante, ventiladores redundantes, capacidad de RAID integrada y gestión remota Lights-Out completa. Además, los servidores de esta línea poseen un diseño mecánico óptimo que mejora la fiabilidad, simplifica la configuración y mantenimiento. Integrated Lights-Out 2 (iLO2) permite una potente administración y control remotos basados en “hardware” desde un navegador de Web estándar para ahorrar valiosos recursos de personal de TI. El servidor HP ProLiant DL380 G6 está optimizado para instalaciones con limitaciones de espacio. El procesador Intel 5500 Series Xeon® (Quad-core), con elección de DDR3, conexión serie SCSI (SAS) y tecnología PCI Express Gen2, proporcionan un muy buen sistema de rendimiento. Además, el DL380 G6 ofrece tolerancia a fallos en una plataforma de gran densidad con alimentación redundante, ventiladores redundantes, capacidad de RAID integrada y gestión remota Lights-Out de funciones completas.

En la tabla 5.2 se muestra con más detalle las características del servidor HP DL380 G6:

**Tabla 5.2: Características del Servidor Hp DL380 G6 [9]**

Procesador	
<b>Descripción de procesador</b>	Intel® Xeon® processor X5550 (2.66 GHz, 8MB L3 cache, 95W, DDR3-1333, HT, Turbo 2/2/3/3)
<b>Velocidad del procesador</b>	2.66 GHz
<b>Tipo de procesador</b>	Intel® Xeon® processor X5550 (2.66 GHz, 8MB L3 cache, 95W, DDR3-1333, HT, Turbo 2/2/3/3)
<b>Nombre del procesador</b>	Quad-Core ProcessorsIntel® Xeon® processor X5570 (2.93 GHz, 8M, 95W, 1333Mhz)Intel® Xeon® processor X5560 (2.80 GHz, 8M, 95W, 1333Mhz)Intel® Xeon® processor X5550 (2.66 GHz, 8M, 95W, 1333Mhz)Intel® Xeon® processor E5540 (2.53 GHz, 8M, 80W, 1066Mhz)Intel® Xeon® processor E5530 (2.40 GHz, 8M, 80W, 1066Mhz)Intel® Xeon® processor L5520 (2.26 GHz, 8M, 60W, 1066Mhz)Intel® Xeon® processor E5520 (2.26 GHz, 8M, 80W, 1066Mhz)Intel® Xeon® processor E5506 (2.13 GHz, 4M, 80W, 800MHz)Intel® Xeon® processor L5506 (2.13 GHz, 4M, 60W, 800MHz)Intel® Xeon® processor E5504 (2.00 GHz, 4M, 80W, 800MHz)Dual-Core ProcessorsIntel® Xeon® processor E5502 (1.86 GHz, 4M, 80W, 800MHz)

En la figura 5.5 se muestra el Servidor Hp DL380 G6



**Figura 5.5: Servidor Hp DL380 G6**

### 5.1.2.5 Teléfonos IP

Para la implementación del proyecto se utilizaron 3 tipos de teléfonos ip cisco, los teléfonos utilizados fueron los siguientes:

- Teléfono Ip 6941
- Teléfono Ip 7962
- Teléfono Ip 7965

### **Teléfono Ip 6941**

Es compatible con cuatro líneas y un altavoz de dúplex completo para una mejor experiencia de uso, más flexibilidad y más fácil de usar, soporta multi-call, ofreciendo al usuario final la posibilidad de gestionar varias llamadas. Además cuenta con teclas fijas de espera, transferencia y conferencia; línea LED de tres colores y teclas de función, que hacen que el teléfono sea más simple y fácil de usar.

En la figura 5.6 se muestra la imagen del teléfono Ip 6941:



**Figura 5.6: Teléfono Ip 6941[10]**

### **Teléfono Ip 7962**

Es un teléfono de alta fidelidad de audio de banda ancha para conversaciones reales, soporta Internet Low Bitrate Códec (iLBC) para su uso en redes con pérdidas.

De alta resolución de pantalla en escala de grises para facilitar la utilización de Comunicaciones Unificadas de Cisco y las aplicaciones de telefonía de terceros.

En la figura 5.7 se muestra la imagen del teléfono Ip 7962:



**Figura 5.7: Teléfono Ip 7962[11]**

### **Teléfono Ip 7965**

Es un teléfono de alta fidelidad de audio de banda ancha para conversaciones reales, soporta Internet Low Bitrate Códec (iLBC) para su uso en redes con pérdidas.

Está equipado con pantalla grande a color retro iluminada para facilitar la utilización de Comunicaciones Unificadas de Cisco y las aplicaciones de telefonía de terceros. Cuenta además con un panel de navegación mejorado para facilitar la navegación y la selección de características y funciones. Además posee conectividad Gigabit Ethernet.

En la figura 5.8 se muestra la imagen del teléfono Ip 7965:



**Figura 5.8: Teléfono Ip 7965[12]**

### **5.1.3 Descripción del “software”**

Se detalla el “software” utilizado para el diseño y la planificación de la red, tanto para las simulaciones como para las pruebas a la red LAN. Además se describe el proceso de programación del “software” utilizado.

#### **5.1.3.1 Cisco Packet Tracer**

Cisco Packet Tracer es un programa de simulación de red de gran alcance que permite a los usuarios experimentar el comportamiento de la red y poder responder a las preguntas "qué pasaría si". Packet Tracer ofrece simulación, visualización, creación, evaluación y capacidades de colaboración, facilitando la enseñanza y el aprendizaje de conceptos de tecnología compleja.

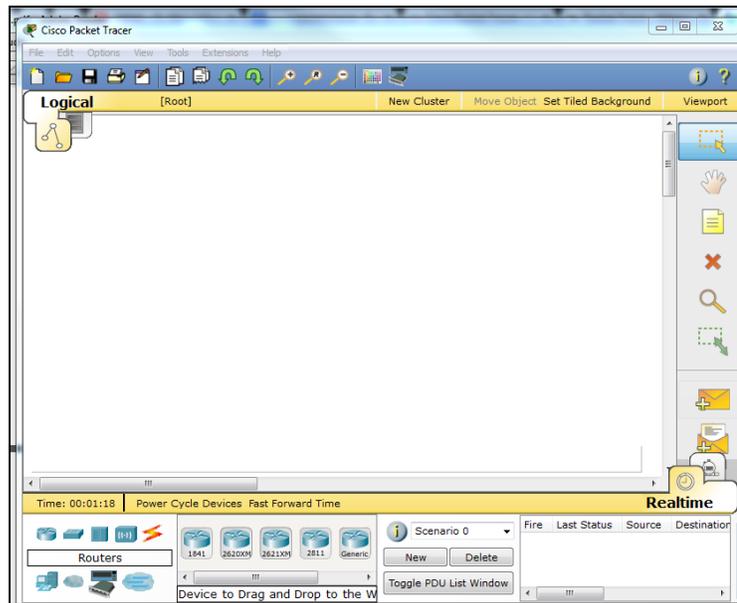
Packet Tracer permite crear una red con un número casi ilimitado de dispositivos, fomentar la práctica, el descubrimiento y solución de problemas. El ambiente de aprendizaje basado en la simulación ayuda a desarrollar habilidades, tales como la toma de decisiones, el pensamiento creativo, crítico y resolución de problemas. [13]

Esta herramienta les permite a los usuarios crear topologías de red, configurar dispositivos, insertar paquetes y simular una red con múltiples representaciones visuales.

En este programa se crea la topología física de la red simplemente arrastrando los dispositivos a la pantalla. Luego clickando en ellos se puede ingresar a sus consolas de configuración. Allí están soportados todos los comandos del Cisco OS e incluso funciona el "tab completion". Una vez completada la configuración física y lógica de la red, también se puede hacer simulaciones de conectividad (pings, traceroutes, etc) todo ello desde las mismas consolas incluidas.

Una de las grandes ventajas de utilizar este programa es que permite "ver" (opción "Simulation") cómo deambulan los paquetes por los diferentes equipos (switchs, routers, etc), además de poder analizar de forma rápida el contenido de cada uno de ellos en las diferentes "capas".

En la figura 5.9 se muestra la interfaz de usuario que brinda Cisco Packet Tracer



**Figura 5.9: Cisco Packet Tracer 5.3.3**

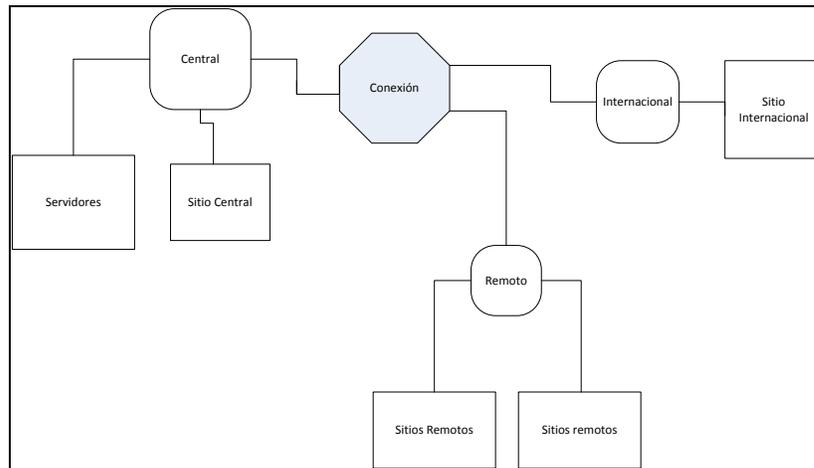
#### **5.1.3.1.1 Diseño de la simulación de la red de Datos y Callmanager Express utilizando Cisco Packet Tracer**

Se utilizó este “software” de Cisco para simular la red LAN del laboratorio, así como la funcionalidad de Cisco Callmanager Express, esta simulación es fundamental para lograr la implementación de forma física del laboratorio.

Mediante la simulación se logró implementar los protocolos necesarios para establecer la comunicación y envío de datos entre los sitios, en la siguiente sección se detalla el proceso de simulación creado en este “software”.

### 5.1.3.1.2 Escenario del proyecto para la simulación

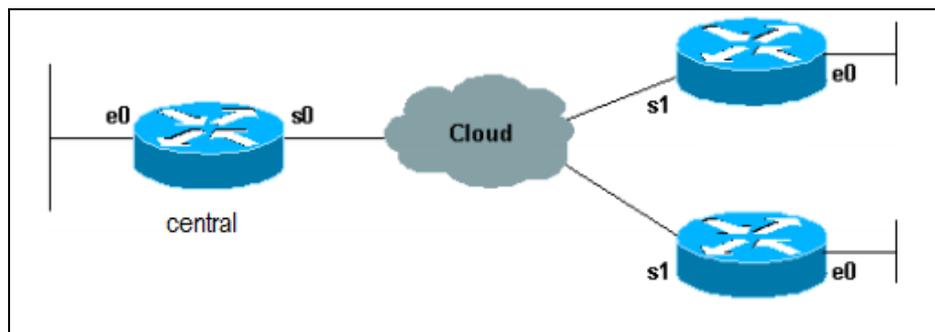
El escenario en diagrama básico a simular es el que se muestra en la figura 5.10



**Figura 5.10: Escenario básico de la red**

En la figura 5.9 se muestran 3 sitios interconectados, uno de los sitios es el sitio central, otro de los sitios es un sitio remoto que pertenece a el mismo país pero diferente locación y el último sitio es un sitio internacional, que también esta interconectado con los demás. La topología utilizada para la realización del proyecto es Hub and Spoke, donde hub and spoke es cualquier topología que contenga un sitio central, en este caso el sitio central es el encargado de contener los servidores, además es el que realiza la conexión entre el sitio remoto y el internacional y viceversa. En otras palabras es el cerebro de la red, debe controlar los equipos que están directamente conectados y controlar el flujo de datos entre los otros sitios.

La figura 5.11 muestra la conexión Hub and Spoke:



**Figura 5.11: Conexión Hub and Spoke**

El sitio central, tiene una red para los datos, y otro direccionamiento Ip para el trasiego de voz, además cuenta con los servidores, en la simulación se realiza el diseño para 10 computadoras y 10 teléfonos IP y un servidor DHCP.

El sitio remoto y el sitio internacional se diseñan para 10 computadoras y 10 teléfonos IP.

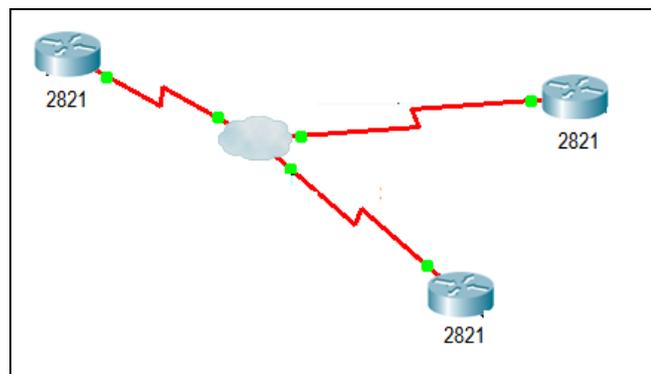
### 5.1.3.1.3 Equipos seleccionados para la simulación de la red LAN

Se escogen los equipos con las mismas características que las de los equipos disponibles físicamente para la realización del proyecto, esto con el fin de probar funcionalidad real y minimizar el tiempo de implementación del proyecto.

Los equipos seleccionados son:

- Routers Cisco 2821
- Switches Cisco 2950
- CPU
- Cisco IP Phone 7960

Un diagrama más detallado del sistema implementado en Cisco packet tracer se muestra en la figura 5.12:



**Figura 5.12: Conexión de los sitios en Packet tracer**

#### 5.1.3.1.4 Protocolos de Enrutamiento y Protocolo de Encapsulación

Para lograr comunicación entre los sitios con diferentes direccionamiento Ip se requiere de un protocolo de enrutamiento capaz de brindar seguridad y eficiencia a la hora de transportar los datos, debido a las especificaciones del diseño y tomando en cuenta los siguientes criterios de selección de protocolos de Enrutamiento:

- **Topología de Red.** Los protocolos del tipo OSPF e IS-IS requieren un modelo jerárquico formado un backbone y una o varias áreas lógicas.
- **Resumen de Ruta y Dirección.** Mediante VLSM podemos reducir considerablemente el número de entradas en la tabla de enrutamiento, y en consecuencia la carga de los routers.
- **Velocidad de Convergencia.** Uno de los criterios más importantes es la velocidad con la que un protocolo de enrutamiento identifica una ruta no disponible, selecciona una nueva y propaga la información sobre ésta. Protocolos como RIP-1 e IGRP suelen ser más lentos en converger que protocolos como EIGRP y OSPF.
- **Criterios de Selección de Ruta.** Cuando las diferentes rutas de la Intranet se compongan de varios tipos de medios LAN y WAN, puede ser desaconsejable un protocolo que dependa estrictamente del número de saltos.
- **Capacidad de ampliación.** Los protocolos de vector de distancia consumen menos ciclos de CPU que los protocolos de estado de enlace con sus complejos algoritmos SPF. Sin embargo, los protocolos de estado de enlace consumen menos ancho de banda que los protocolos de vector de distancia.
- **Sencillez de implementación.** RIP, IGRP, y EIGRP no requieren mucha planificación ni organización en la topología para que se puedan ejecutar de manera eficaz. OSPF e IS-IS requieren que se haya pensado muy cuidadosamente la topología de la red y los modelos de direccionamiento antes de su implementación. [14]
- **Seguridad.** Algunos protocolos como OSPF y EIGRP admiten poderosos métodos de autenticación, como la autenticación de claves MD5.

- **Compatibilidad.** Teniendo en cuenta el carácter propietario de Cisco de protocolos como IGRP y EIGRP, dichos protocolos no los podremos utilizar con protocolos de distintos fabricantes.

Utilizando estos criterios y las características de la red requerida se selecciona como protocolo de enrutamiento OSPF y según las características mencionadas en la sección 3.2.4 se utilizara Frame Relay como protocolo de Encapsulación.

Para la programación de estos protocolos se debe de tener el diseño de la red, así como su direccionamiento.

### 5.1.3.1.5 Direccionamiento de la red

Para realizar el direccionamiento de la red, se deben tomar en cuenta aspectos como:

- Cantidad de usuarios
- Ancho de banda disponible
- Topología de red
- Recursos disponibles.

En este caso la red es una red LAN de área local ubicada dentro de los edificios de la empresa, el direccionamiento de red seleccionado se muestra en la siguiente tabla 5.3:

**Tabla 5.3: Direccionamiento de red para los Sitios**

Sitio	Dirección de red (Datos)	Dirección de red (voz)
<b>Central</b>	172.16.1.0/24	10.1.1.0/24
<b>Remoto</b>	172.16.3.0/24	10.1.2.0/24
<b>Internacional</b>	172.16.4.0/24	10.1.3.0/24

El direccionamiento de red utilizado para lograr la conexión entre los sitios vía Frame Relay es el que se muestra en la siguiente tabla 5.4:

**Tabla 5.4: Direcccionamiento de la red para la conexión entre sitios.**

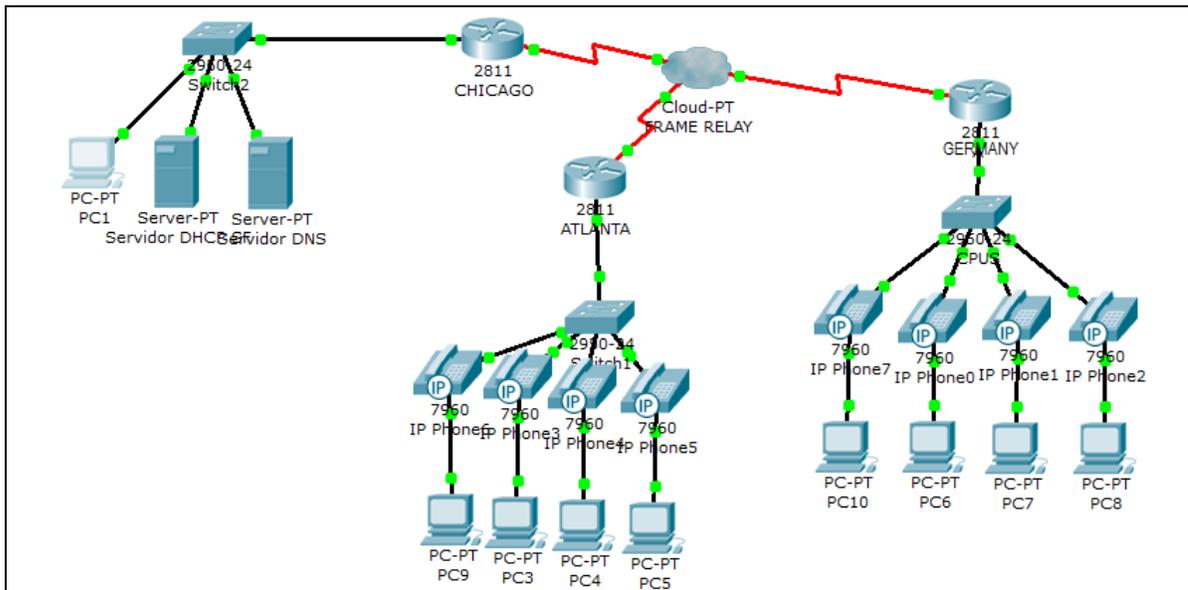
Sitios	Dirección de red
<b>Central-Remoto</b>	201.3.4.8/30
<b>Central-Internacional</b>	201.3.4.4/30

Definición de las extensiones numéricas de cada uno de los sitios, en la siguiente tabla se muestra la escogencia de los números telefónicos a utilizar según sea el sitio:

**Tabla 5.5: Números a utilizar por cada sitio**

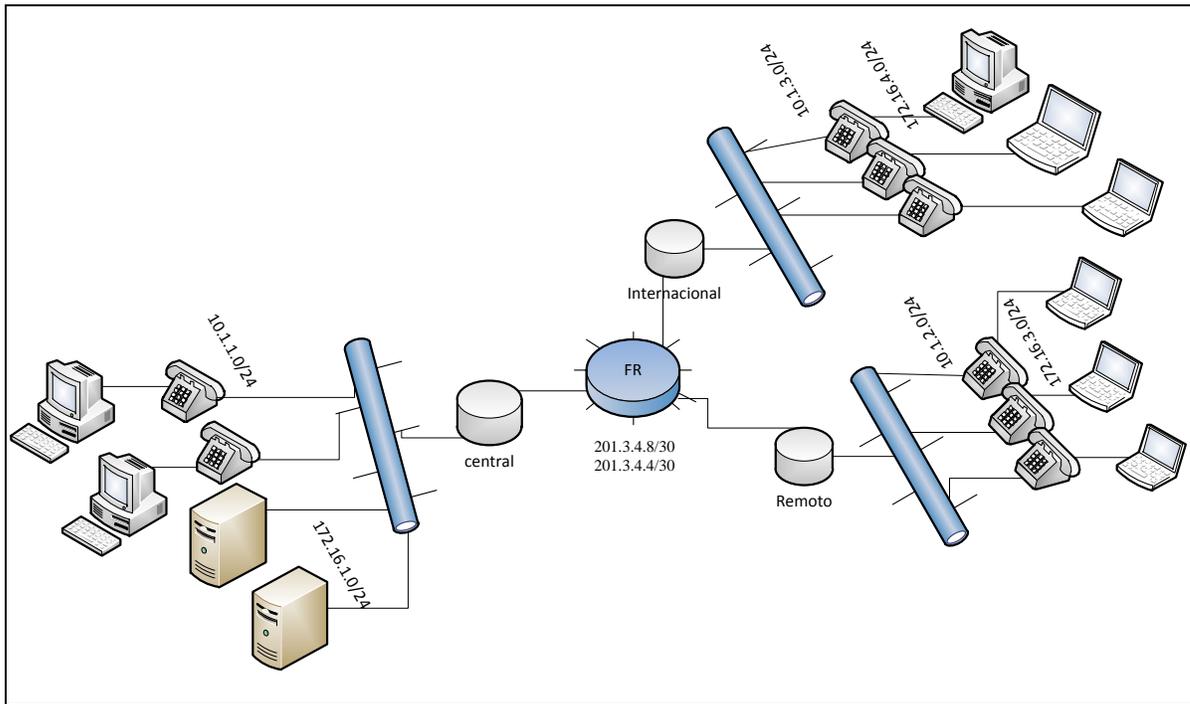
Lugar	Número
<b>Central</b>	1000 en adelante
<b>Remoto</b>	2000 en adelante
<b>Internacional</b>	3000 en adelante

Ya definido el direccionamiento Ip y los números a utilizar por cada sitio se realizan los diagramas de las topologías a implementar tanto el diagrama físico como el diagrama lógico, la topología del diagrama físico se muestra en la figura 5.13:



**Figura 5.13: Diagrama de la topología física de la red**

En la figura 5.14, se muestra el diagrama de la topología lógica de la red:



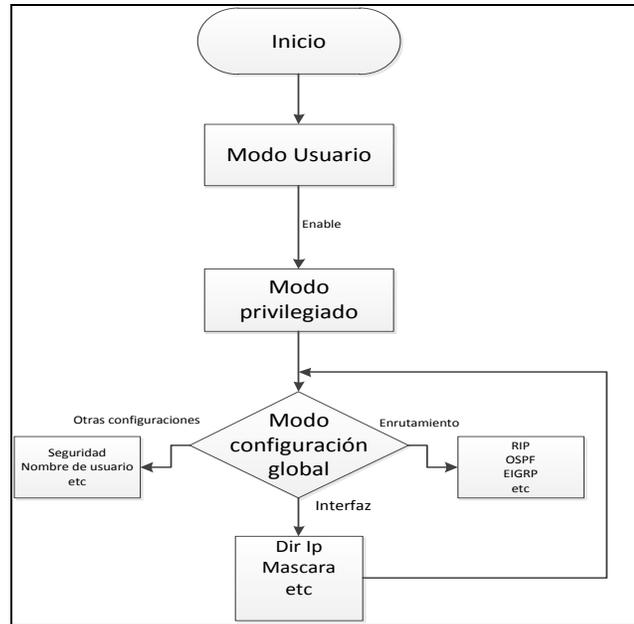
**Figura 5.14: Diagrama de la topología lógica de la red.**

Ya con el direccionamiento Ip a utilizar, se procede a programar los equipos en el “software” de simulación Cisco Packet Tracer. Por limitaciones del simulador solo se pudo simular las siguientes partes del sistema:

- Protocolos de Enrutamiento
- Frame Relay (nube)
- Direccionamiento de la red
- Creación de las VLANs de Datos y voz
- Call manager Express en cada Sitio
- Pools de DHCPs para las computadoras y teléfonos Ip

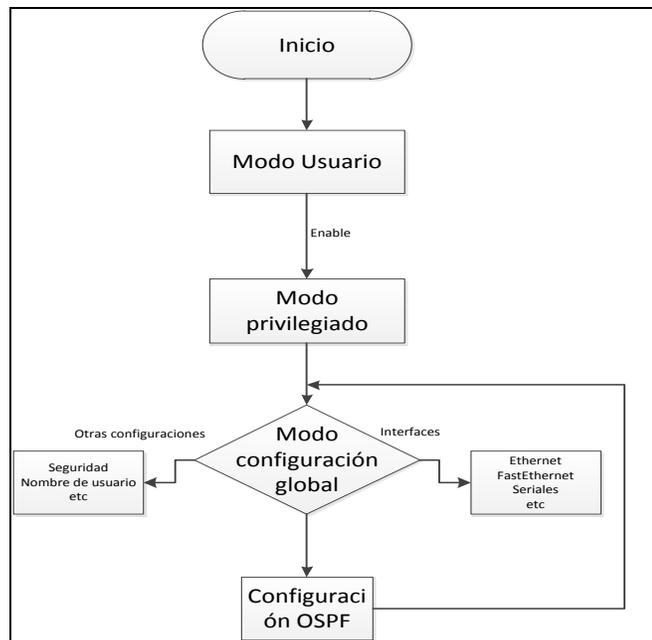
La sección de Cisco Unified Communications Manager CUCM 8.6 no se puede simular, así como la implementación del servidor de presencia CUP 8.5, estas funcionalidades deben ser implementadas junto con las demás mencionadas anteriormente dentro del laboratorio que se implementará de forma física en las instalaciones de la Empresa.

En la figura 5.15 se muestra un diagrama de flujo que representa la forma de ingresar a la programación de las interfaces en el router:



**Figura 5.15: Diagrama de Flujo para la programación de las Interfaces del Router**

En la figura 5.16 se muestra un diagrama de flujo que representa la forma de ingresar a la programación del protocolo de enrutamiento OSPF:



**Figura 5.16: Diagrama para la programación de OSPF**

El protocolo de la capa de enlace que por sus características mencionadas en la sección 3.2.3.3 se apega más a las necesidades del diseño es Frame Relay, para agregar este protocolo se debe de crear circuitos virtuales en las interfaces, los circuitos creados se muestran en la siguiente tabla 5.6:

**Tabla 5.6: Creación de circuitos virtuales para Frame Relay**

Sitios	Dirección de red	Circuito
<b>Central-Remoto</b>	201.3.4.8/30	101 - 401
<b>Central-Internacional</b>	201.3.4.4/30	102 - 201

Una vez creados los circuitos virtuales se debe ingresar a cada interfaz y establecer como protocolo a utilizar para el transporte de los datos Frame Relay.

#### **5.1.3.1.6 Creación de VLANs**

Se debe crear VLANs en los switches para separar los datos de la Voz, en este caso se crea la VLAN 110 que está destinada a Datos y la VLAN 300 que es la destinada para el trasiego de datos de voz. Como son creadas en el switch, se deben crear sub interfaces en el router para cada una de las VLAN, además en el switch se le da acceso a ambas VLANs en un rango de puertos, en este caso se les da acceso a estas VLANs en los puertos FastEthernet del 0-10, esto lo que permite es el tráfico de datos y voz por un mismo puerto. De forma programada se le dan privilegios al tráfico de voz respecto al de datos.

#### **5.1.3.1.7 Pools de DHCPs para las computadoras y teléfonos Ip**

En esta sección se muestra un diagrama de flujo básico de la programación del pool de DHCP para cada una de las redes, estos son pools de direcciones ip disponibles que se encuentran en el router y una vez un dispositivo conectado a él, este le asigna una dirección Ip valida dentro del pool, logrando de esta forma registrarlo dentro de la red. En la figura 5.17 se muestra el diagrama de programación:



Como se mencionó anteriormente el router debe brindar los servicios de DHCP para las PCs y para los teléfonos Ip, por lo que se debe de programar DHCPs dentro del router, en la figura 5.19 se muestra la programación dentro del router:

```
IOS Command Line Interface
!
ip dhcp excluded-address 10.1.1.1
!
ip dhcp pool VOICE
network 10.1.1.0 255.255.255.0
default-router 10.1.1.1
option 150 ip 10.1.1.1
ip dhcp pool DATA
network 172.16.2.0 255.255.255.0
default-router 172.16.2.1
option 150 ip 172.16.2.1
ip dhcp pool server
network 172.16.10.0 255.255.255.192
default-router 172.16.10.1
!
```

**Figura 5.19: Configuración de DHCP**

Los pools de DHCP son el banco de direcciones disponibles para los dispositivos terminales que se conectaran a los routers.

Además se debe configurar las interfaces del router para poder establecer comunicación entre los dispositivos, se programan las interfaces FastEthernet, en la figura 5.20 se muestra la programación:

```
IOS Command Line Interface
!
interface FastEthernet0/0
ip address 172.16.10.1 255.255.255.192
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/0.100
encapsulation dot1Q 100
ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.300
encapsulation dot1Q 300
ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
```

**Figura 5.20: Programación de la interfaz FastEthernet**

En las interfaces se programa la puerta de enlace, es la dirección ip por la que se especifica la salida de los datos de cada una de las redes.

En las interfaces seriales se debe programar la encapsulación Frame Relay, para lograr la comunicación entre los sitios, en el la topología física mostrada en la figura 5.17 se representa como una nube, la programación básica se observa en la figura 5.21

```
IOS Command Line Interface
!
interface Serial0/0/0
no ip address
encapsulation frame-relay
clock rate 64000
!
interface Serial0/0/0.401 point-to-point
ip address 201.3.4.6 255.255.255.252
frame-relay interface-dlci 401
clock rate 2000000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
clock rate 2000000
shutdown
!
interface Serial0/2/0
ip address 172.16.10.97 255.255.255.252
clock rate 2000000
shutdown
!
interface Serial0/2/1
no ip address
clock rate 2000000
shutdown
!
```

**Figura 5.21: Programación de las interfaces seriales**

Una vez programadas las interfaces se debe programar el protocolo de enrutamiento, en este caso OSPF, con el fin de lograr comunicación entre las diferentes redes presentes en el diseño, la programación de OSPF se basa en publicar las redes directamente conectadas a cada uno de los routers, en la figura 5.22 se muestra la programación del router central, en los demás sitios es similar, lo que varía son las redes publicadas.

```
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 201.3.4.4 0.0.0.3 area 0
network 172.16.2.0 0.0.0.255 area 0
network 10.1.1.0 0.0.0.255 area 0
network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
!
```

**Figura 5.22: Programación del protocolo OSPF**

Realizando este proceso en cada uno de los routers, todas las direcciones ip son conocidas dentro de la red, por lo que la comunicación entre los sitios es posible, ya programado todo lo anterior la comunicación de datos entre los sitios es posible, una vez logrado esto se debe programar Call Manager Express en cada uno de los routers, con el fin de lograr la comunicación de voz por medio de teléfonos. La

figura 5.23 muestra la programación necesaria para establecer Call Manager Express.

```
telephony-service
max-ephones 10
max-dn 4
ip source-address 10.1.1.1 port 2000
!
ephone-dn 1
number 1001
!
ephone-dn 2
number 1002
!
ephone-dn 3
number 1003
!
ephone-dn 4
number 1004
!
ephone 1
device-security-mode none
mac-address 00D0.BA2C.86AD
type 7960
button 1:1
!
ephone 2
device-security-mode none
mac-address 000C.85A8.B112
type 7960
button 1:2
!
ephone 3
device-security-mode none
mac-address 0001.9649.9319
type 7960
button 1:3
!
```

**Figura 5.23: Programación de Call Manager Express**

Al programar los dispositivos y habilitar la configuración de Call Manager Express en cada uno de los routers, se pueden establecer llamadas entre los dispositivos del mismo sitio, pero no hay comunicación entre usuarios de diferentes sitios, por lo que se debe programar dial-peer, de una forma general el dial-peer permite mapear una extensión de un número dentro de una red fuera de la misma por medio de su Gateway, logrando de esta forma poder realizar llamadas fuera de la red hacia una red localizada en otro sitio, la programación de los dial-peer utilizados en la simulación se muestra en la figura 5.24:

```
IOS Command Line Interface
!
!
!
dial-peer voice 1 voip
destination-pattern 2...
session target ipv4:201.3.4.10
!
dial-peer voice 2 voip
destination-pattern 3...
session target ipv4:201.3.4.14
!
telephony-service
max-ephones 10
max-dn 4
ip source-address 10.1.1.1 port 2000
!
```

**Figura 5.24: Programación del dial-peer en el router**

En este caso lo que se realiza es un mapeo de la extensión a la que se desea llamar por medio del dial-peer utilizando el enlace serial creado con las interfaces seriales del router.

Una vez configurados estos parámetros, si la configuración es la correcta, en los diferentes sitios hay conectividad de datos y conectividad de las llamadas, tanto del sitio central hacia el remoto o hacia el internacional y viceversa.

La aparte de la simulación llega hasta este punto por limitaciones del “software”, la configuración del Call Manager 8.6 y Presence 8.5 se debe realizar en los servidores físicos, los detalles de la implantación del sistema se describen en la siguiente sección.

#### **5.1.4 Descripción de la implementación física de la red de Comunicaciones Unificada utilizando VDI y Presencia**

En esta sección se describe la implementación física del laboratorio de Comunicaciones Unificadas, en la sección anterior se realiza la simulación utilizando el “software” Cisco Packet Tracer, el cual nos da la ventaja de guardar los archivos de configuración de los equipos, al ser Cisco tienen la facilidad de cargar este archivo generado por la simulación a los routers físicos y adoptar la configuración de los dispositivos virtuales, en este caso los equipos adoptan las siguientes configuraciones:

- Interfaces
- Protocolos de Enrutamiento
- Protocolo de Transporte de datos
- Configuración de Nombres
- Configuración de Accesos

Por lo que para lograr la implementación del laboratorio se debe configurar el servidor callmanager (CUCM 8.6), el servidor de presencia (CUP 8.5) y la virtualización de estos servidores. En la siguiente sección se detallan estas configuraciones.

### 5.1.4.1 Virtualización

Para realizar la virtualización se utiliza un servidor HP Proliant DL380 G6, el cual cuenta con dos discos duros de 146 GB cada uno, para un total de 292 Gb.

Para la creación de las máquinas virtuales se requiere por cada una de ellas 80GB como mínimo, por lo que se utilizaran 190 GB de las 292GB.

Para la creación de las máquinas virtuales se instaló directamente en el servidor el “software” EXSI 5.1, la configuración del mismo se muestra en las siguientes figuras:

Se debe seleccionar EXSI 5.1 desde el Boot Menú, e iniciar la instalación:

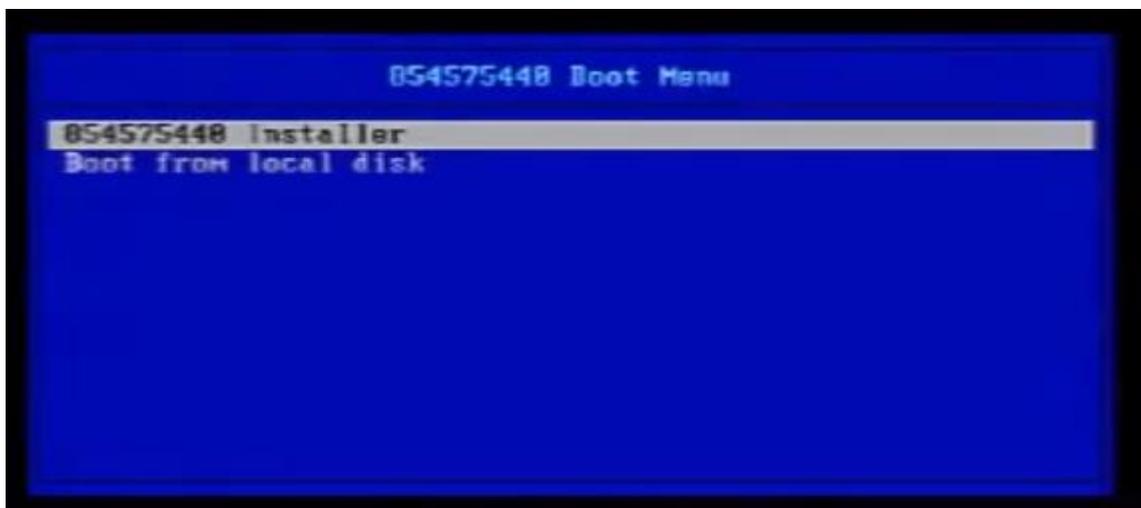


Figura 5.25: Menú de booteo para la instalación del EXSI 5.1

Una vez arrancado el programa da inicio a la instalación:

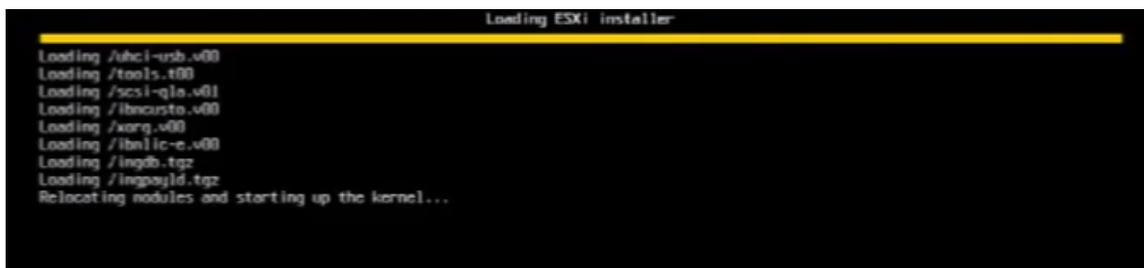


Figura 5.26: Inicio de la instalación del EXSI 5.1

Ya instalado se deben realizar las configuraciones básicas donde se incluyen las configuraciones:

- Nombre de usuario

- Contraseñas
- Dirección IP del servidor
- La puerta de Enlace Predeterminada
- Mascara de red

Una figura que muestra la configuración es la siguiente:

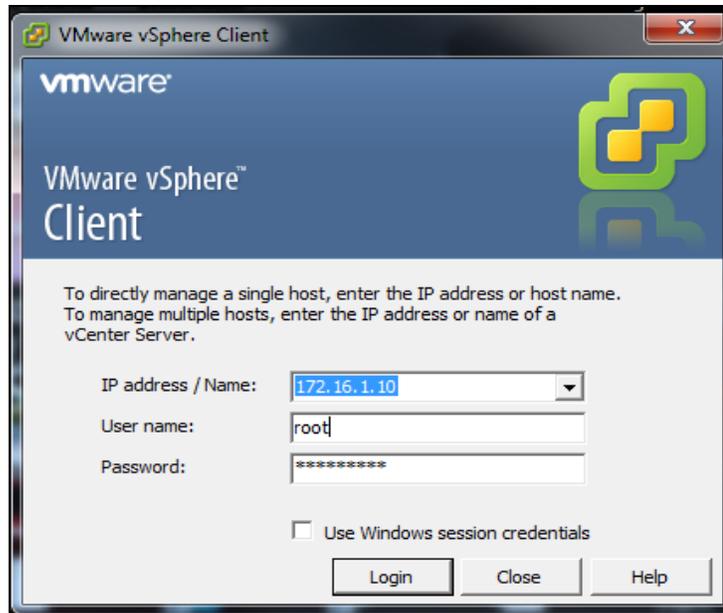


**Figura 5.27: Configuración inicial del ESXI 5.1**

Para el proyecto la dirección IP del servidor es la 172.16.1.10/24, la puerta de enlace predeterminada es la dirección 172.16.1.20/24.

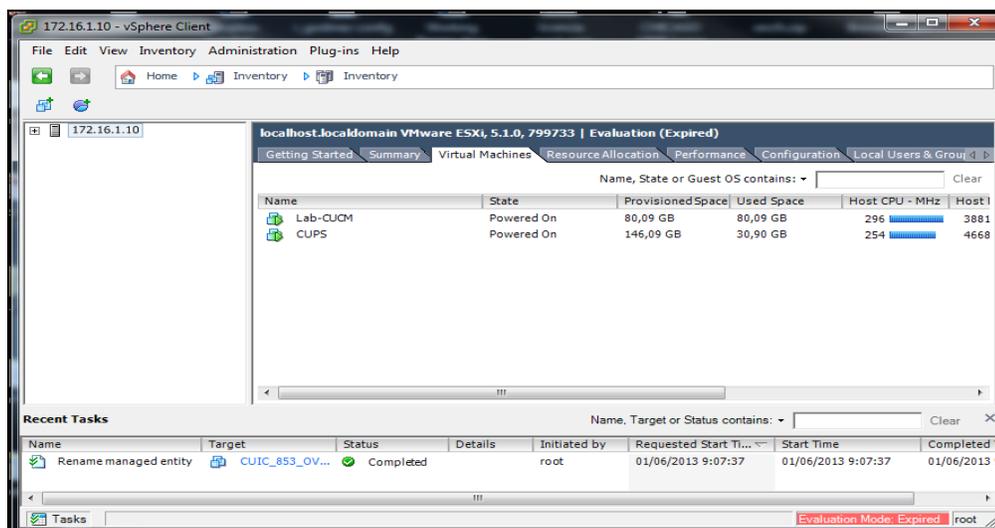
Ya configurado esto se utilizó el “software” VMware vSphere Client para tener acceso a las configuraciones y de esta forma realizar las máquinas virtuales que almacenan a los servidores CUCM y CUPS.

La figura 5.28 muestra la interfaz gráfica de VMware vSphere Client:



**Figura 5.28: Interfaz gráfica de VMware vSphere Client**

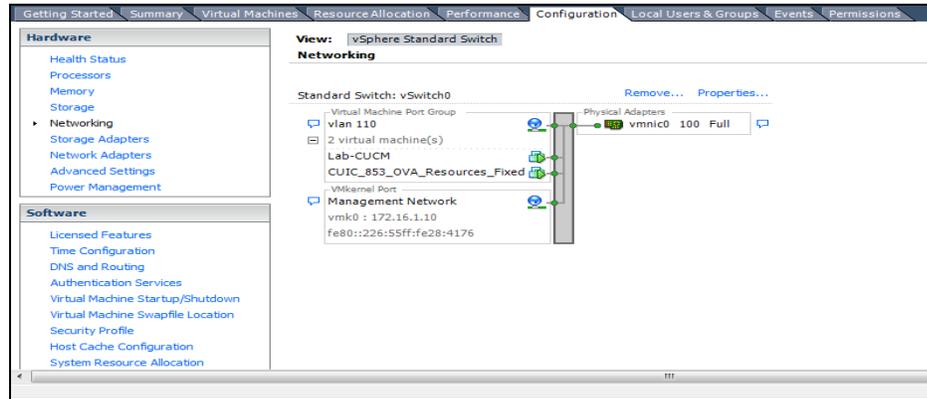
Cuando se ingresa en el “software” se inicia en el entorno gráfico, de donde se pueden crear unidades virtuales, en este caso el servidor HP que posee la dirección Ip 172.16.1.10/24 alberga dentro de él las máquinas virtuales de CUCM con la dirección Ip 172.16.1.18/24 y el CUPS con la dirección Ip 172.16.1.17/24, en la figura 5.29 se muestra esta configuración:



**Figura 5.29: Configuración del VMware vSphere Client**

En la figura 5.29 se muestra el servidor y las máquinas virtuales que este posee, ahora para lograr integrar estas máquinas virtuales dentro del diseño de la red se debe crear un switch virtual y una VLAN esto para poder tener acceso a la red de

datos y desde ahí poder gestionar los servicios de telefonía y presencia que requiera el laboratorio. En la figura 5.30 se muestra la configuración del Switch virtual y de la VLAN creada, esta VLAN debe ser la misma utilizada en el diseño de la topología de red:

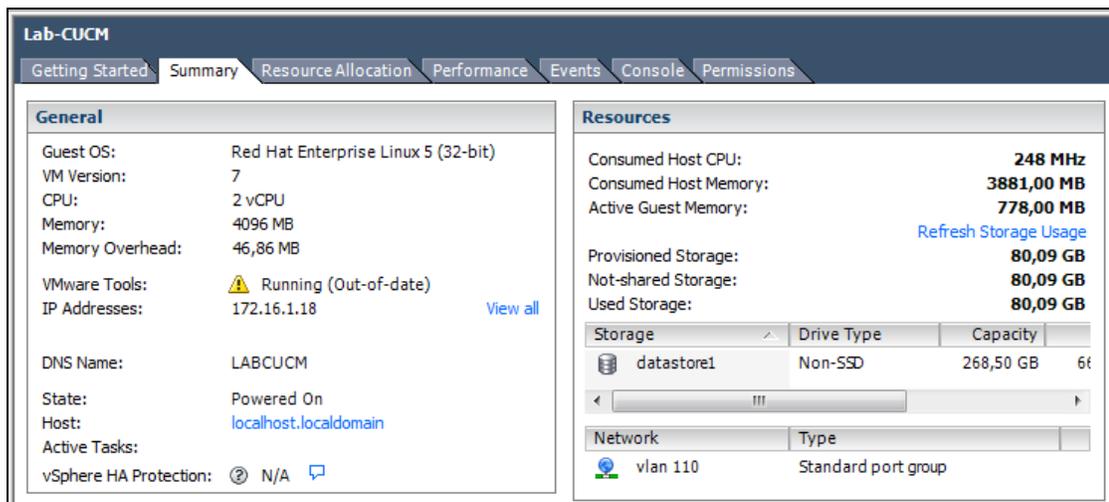


**Figura 5.30: Creación del Switch Virtual dentro del VMware vSphere Client**

En la figura 5.30 se muestra la VLAN creada y los elementos que están dentro de ella, así como los dispositivos que están conectados al switch virtual.

Las características de cada una de las máquinas virtuales creadas se muestran a continuación:

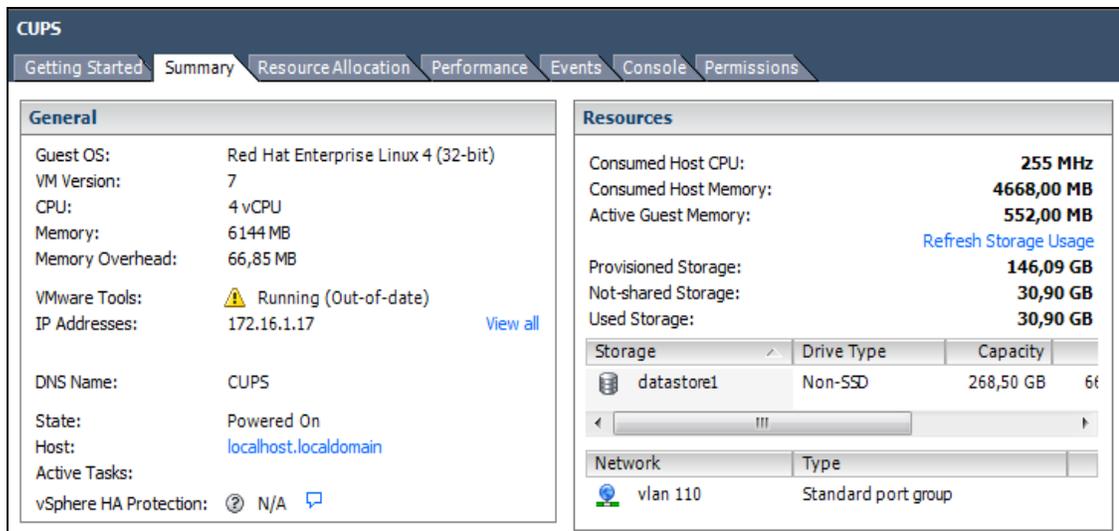
- Características máquina Virtual CUCM 8.6



**Figura 5.31: Características máquina Virtual CUCM 8.6**

En la figura anterior se muestran las características principales del servidor CUCM utilizado para gestionar la comunicación de voz en la red del laboratorio.

- Características máquina Virtual CUPS 8.5



**Figura 5.32: Características máquina Virtual CUP 8.5**

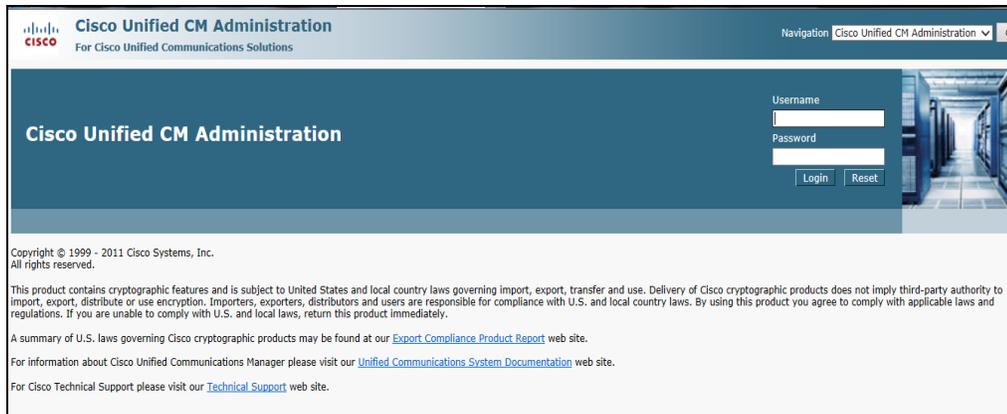
En la figura anterior se muestran las características principales del servidor CUPS utilizado para gestionar la presencia en la red del laboratorio.

#### 5.1.4.2 Instalación y Configuración CUCM 8.6

En la configuración del CUCM 8.6, se debe descargar la imagen desde la página de Cisco [19], luego se debe de iniciar la instalación, durante esta el “software” solicita configuraciones esenciales para su correcto funcionamiento dentro de ellas tenemos:

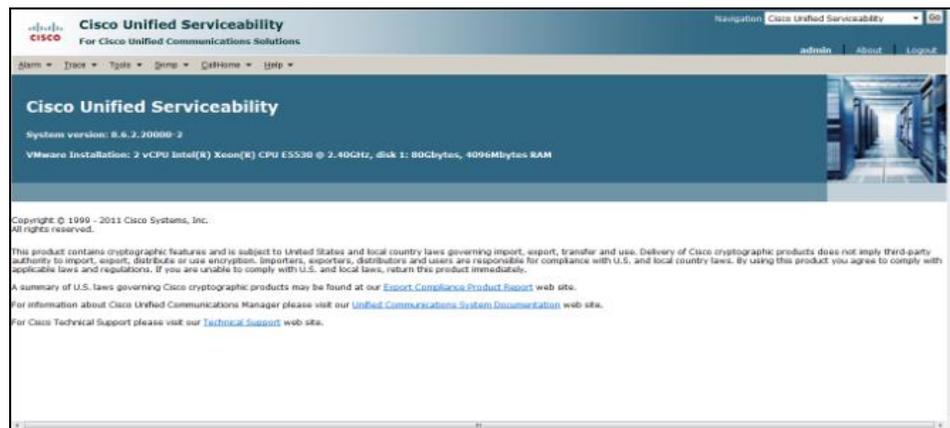
- Dirección IP
- Mascara de Subred
- Puerta de Enlace predeterminada
- Parámetros de Fecha y hora
- Usuario (Para acceso por Web)
- Contraseñas (Para acceso por Web)

Estas son las configuraciones básicas para lograr la configuración del “software”, una vez configurado, se enciende la máquina virtual y se ingresa por medio de la web, utilizando en el buscador la dirección Ip del CUCM 8.6 172.16.1.18/24, la figura 5.33 muestra la interfaz de Inicio del “software”:



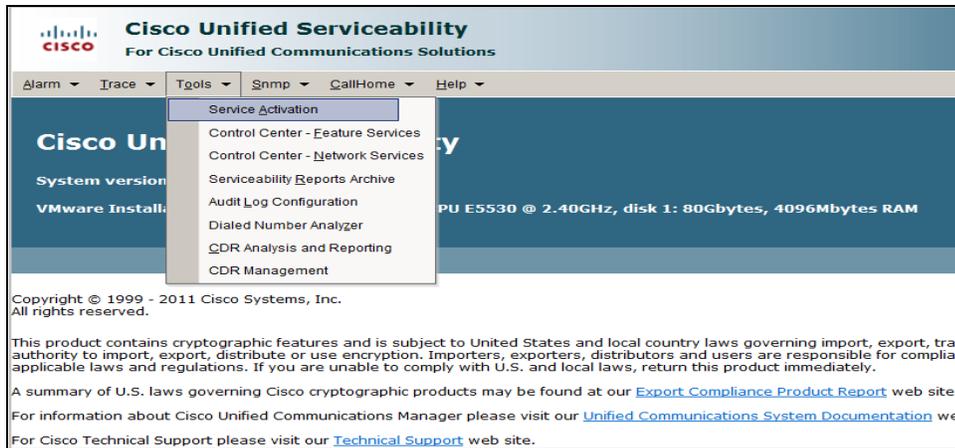
**Figura 5.33: Interfaz de inicio del CUCM**

Esta es la interfaz de inicio del CUCM, anteriormente se mencionó que se debió configurar un usuario y contraseña para tener acceso, ya con el acceso, se ingresa al menú de configuración y manejo del “software” el cual se muestra en la siguiente figura 5.34:



**Figura 5.34: Menú de Configuración del CUCM**

En la figura 5.34 se muestran las opciones disponibles y las diferentes pestañas de configuración presentes en el “software”, ya dentro del sistema lo primero que se debe de configurar son los servicios que el CUCM brindará a la red, la figura 5.35 muestra la activación de los servicios:



**Figura 5.35: Activación de los servicios en CUCM**

Los servicios que se utilizaran y administraran por medio del CUCM 8.6 son los siguientes:

CM Services		
	Service Name	Activation Status
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco CallManager	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Messaging Interface	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Unified Mobile Voice Access Service	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco IP Voice Media Streaming App	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco CTIManager	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Extension Mobility	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Extended Functions	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco DHCP Monitor Service	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Dialed Number Analyzer Server	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Dialed Number Analyzer	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco Tftp	Activated
CTI Services		
	Service Name	Activation Status
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco IP Manager Assistant	Activated
<input checked="" type="checkbox"/>	Cisco WebDialer Web Service	Activated

**Figura 5.36: Servicios Activados en el CUCM**

Ya activados los servicios el siguiente paso es la configuración de diversos parámetros, dentro de los más importantes se pueden mencionar los siguientes:

- Fecha/Hora de cada uno de los sitios que será administrado por el CUCM
- Se crean Pooles de direcciones de cada uno de los sitios (Central y Remoto)
- Se crea la puerta de enlace predeterminada con la dirección Ip 10.1.3.1/24, utilizando como protocolo H.323 utilizando el códec G711 u-law.
- Se crean los perfiles de cada uno de los dispositivos en este caso teléfonos Ip y Jabber

- Se crean los usuarios que pertenecerán a cada uno de los sitios
- Se crea la translación de las rutas (Poder realizar llamadas entre los sitios)
- Se crea la integración con el servidor de presencia CUPS

Anteriormente se mencionaron los aspectos más importantes que se configuraron dentro del servidor de CUCM, dentro de ellos es importante hablar sobre el porqué de la selección del estándar H.323 y el códec G711 u-law, a continuación se explican las razones de la escogencia:

La selección del estándar H.323 se debió a que es un protocolo capaz de cubrir todas las necesidades de la VoIP, además posee capacidad de aplicar algoritmos de encriptación, con lo que se evita agregar elementos de seguridad adicionales a los requeridos para conectarse a internet. El estándar H.323 es el ideal para trabajar con proyectos para pequeñas y medianas empresas. Además H.323 utiliza RTP (ver sección 3.2.10.3.2) que es un protocolo ampliamente utilizado para streaming de audio y video.

En el caso la selección del códec G711 u-law 64Kb/s, se debe a que convierte la entrada de audio analógico en una salida digital con una tasa de salida de 64.000 bits por segundo. Por lo que para construir enlaces de redes telefónicas con capacidad para 24 canales de voz requiere  $24 \times 64 \text{ kbps} = 1.536 \text{ Mbps}$ . Adicionalmente se requieren 8 kbps los encabezamientos de trama, que da un total de 1,544 Mbps. Un enlace con esta capacidad es conocida como un troncal nivel 1, o un enlace T1. Estos enlaces T1 se encuentran conectando a cada uno de los sitio, es decir la nube Frame Relay implementada es un router con tarjetas T1, las cuales interconectan los sitios, cumpliendo así las necesidades de este códec.

Una vez seleccionados los Codecs a utilizar, se registran los teléfonos Ip y se crean los usuarios de cada uno de los sitios, luego a cada usuario se le asocia un dispositivo y usuario en el “software” Jabber de cisco, en la figura 5.37 se muestra los dispositivos creados en el callmanager:

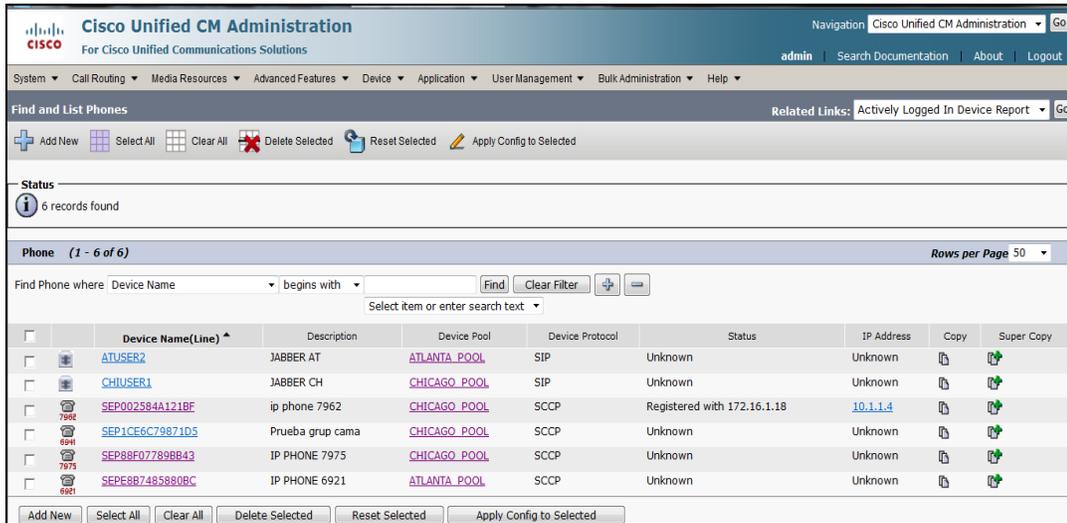


Figura 5.37: Creación de los Usuarios

En la figura anterior se observan los usuarios que fueron creados dentro del callmanager así como su respectivo pool de direcciones asignado según el sitio al que pertenece.

Una vez configurados los dispositivos se asocian con el usuario y se crean las translaciones de rutas para poder realizar llamadas entre los sitios (Central, Remoto E internacional), para lograr la comunicación con el sitio internacional que es manejado por CUE se creó la puerta de enlace predeterminada apuntando a la dirección Ip del router Internacional 10.1.3.1, con lo que se indica a el Callmanager que si es marcada una extensión del sitio internacional valla a esa puerta de enlace. La figura 5.38 muestra la creación de la puerta de enlace:

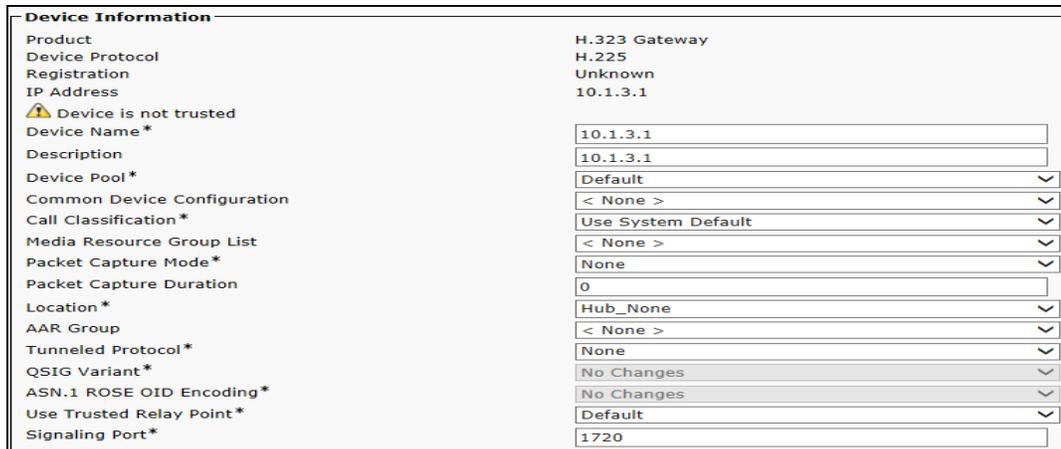


Figura 5.38: Puerta de enlace creada en el CUCM

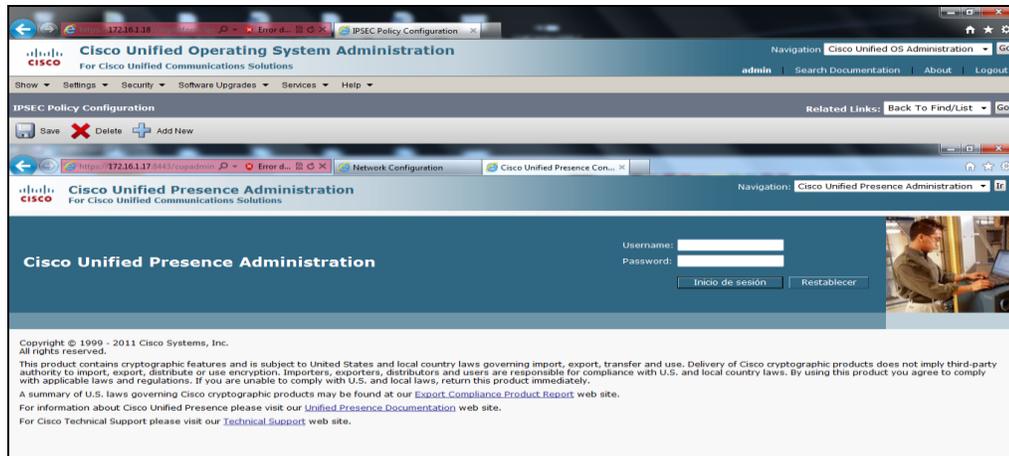
Ya configurado los parámetros anteriores se procedió a la instalación y configuración del servidor de presencia CUPS.

#### **5.1.4.3 Instalación y Configuración CUPS 8.5**

Se descargó el “software” directamente desde la página de cisco [19], al igual que CUCM se crea la máquina virtual para instalar el servidor, luego se debe de iniciar la instalación, durante esta el “software” solicita configuraciones esenciales para su correcto funcionamiento dentro de ellas tenemos:

- Dirección IP
- Mascara de Subred
- Puerta de Enlace predeterminada
- Parámetros de Fecha y hora
- Usuario (Para acceso por Web)
- Contraseñas (Para acceso por Web)

La instalación y configuraciones son muy similar a las utilizadas en CUCM, ya configurada la dirección Ip (172.16.1.17/24) y las contraseñas de acceso por medio de la web se ingresan al sistema y se debe configurar los parámetros básicos para integrar presencia dentro de la red del laboratorio. En cuanto a la interfaz presentada para el usuario es muy similar a la utilizada por CUCM, la figura 5.39 muestra la página de inicio:



**Figura 5.39: Página de inicio de CUP**

Antes de ingresar a la configuración, se debe integrar con el CUCM, la integración se realiza en dos pasos, el primero se llevó a cabo dentro del CUCM y el segundo dentro de la configuración del CUP.

Pasos básicos para la integración llevados en el CUCM:

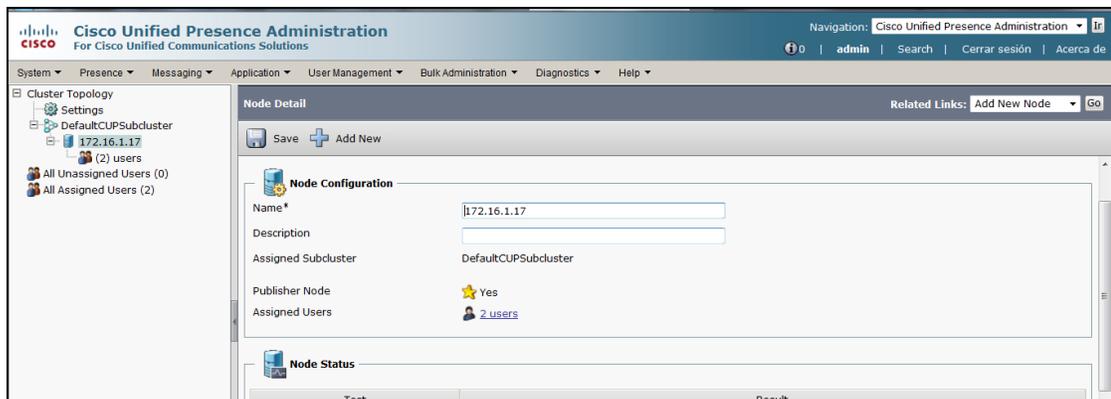
- Crear un enlace trunk tipo SIP entre ambos servidores
- Agregar seguridad a ese enlace
- Crear un grupo de Presencia en el CUCM
- Crear un usuario AXL el cual facilita el servicio API que proporciona acceso a las principales funcionalidades de Cisco Unified CallManager a través de un protocolo de transporte abierto y estándar.
- Agregar un grupo AXL y asignar los roles
- Crear las autenticaciones necesarias
- Activar en CUCM el servicio “Cisco AXL web Services”
- Crear un CTI (Computer telephony integration)
- Agregar la puerta de enlace a el CTI
- Crear los usuarios del tipo jabber
- Asociar los usuarios creados con los dispositivos tanto físicos como los jabber.
- Brindarle las licencias a los usuarios
- Agregar y habilitar los servicios de mensajería

Todas la configuraciones anteriores se realizaron en el servidor de CUCM, ya configurado el CUCM se configura el servidor CUP.

Pasos básicos para la integración llevados en el CUP:

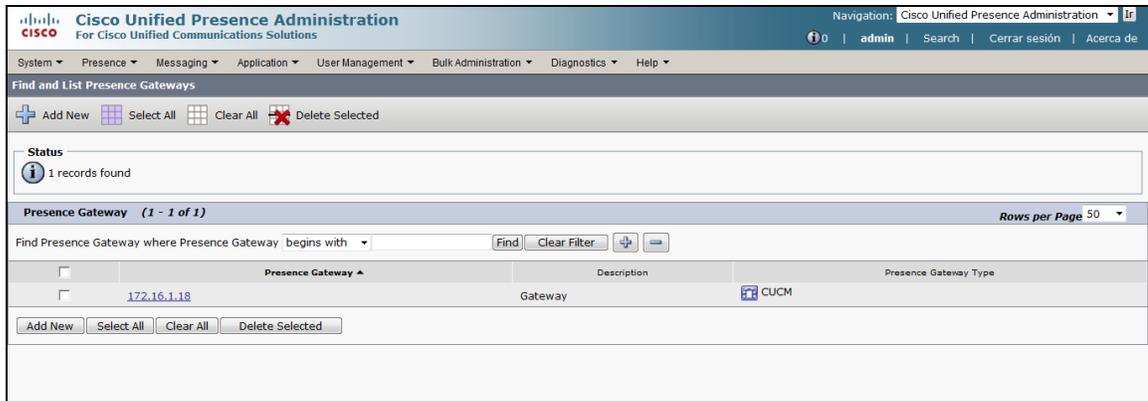
- Se debe ingresar con el usuario AXL creado en CUCM para acceder a las configuraciones.
- Dentro de las configuraciones se desactivan los siguientes servicios; Cisco UP SIP Proxy, Cisco Up Presence Engine
- Activar el servicio Cisco AXL web Service
- Crear una puerta de enlace que apunte hacia la dirección ip del CUCM
- Activar el servicio Desk Phone Control (proporciona conectividad entre callManager y las aplicaciones cliente).
- Activar el servicio de mensajería
- Reactivar los servicios desactivados en el primer paso

En las siguientes figuras se muestra los detalles más importantes dentro de la programación del servidor de presencia:



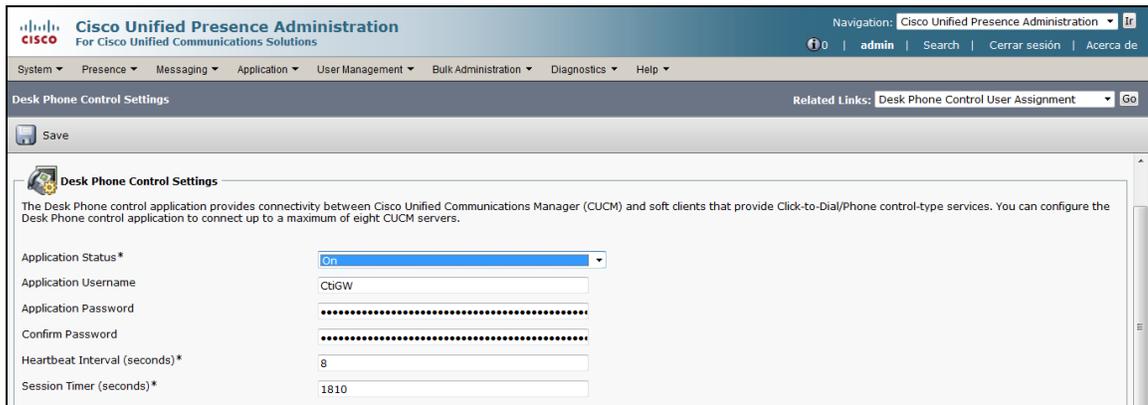
**Figura 5.40: Servidor CUP**

En la imagen anterior se observa el servidor y los usuarios que administra, el mismo, en este caso hay dos usuarios que pertenecen al servidor.



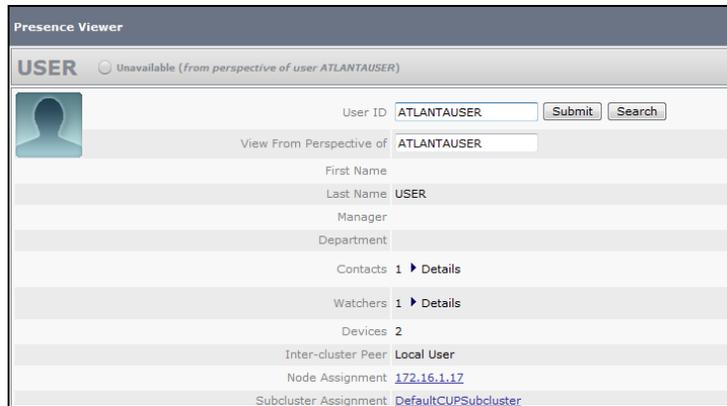
**Figura 5.41: Configuración de la puerta de enlace en CUP**

En la figura 5.41 se muestra la configuración de la puerta de enlace, la cual apunta a la dirección Ip del CUCM.



**Figura 5.42: Configuración del Desk Phone Control**

En la imagen anterior se muestra la activación del Desk Phone Control, así como la configuración de las contraseñas.



**Figura 5.43: Creación de los usuarios**

En la figura 5.43 se muestra uno de los usuarios creados en el CUP y los dispositivos asociados al usuario, en este caso 2.

## Capítulo 6: Análisis de Resultados

En este capítulo se describe los resultados y el análisis de las etapas desarrolladas en la solución propuesta del proyecto. Se presentarán figuras y gráficos que muestran el comportamiento del sistema en distintas circunstancias con el objetivo de calificar el funcionamiento del sistema en cada una de sus características de diseño.

### 6.1 Resultados

#### 6.1.1 Resultados obtenidos de la red de Comunicaciones unificadas utilizando VDI y Presencia

##### 6.1.1 Resultados de Conectividad entre sitios

Una vez configurados los equipos según los protocolos establecidos se realizan las pruebas de conexión entre sitios, para comprobar la conexión se realiza pruebas desde los computadores realizando ping de una maquina perteneciente a un sitio hacia otra que está ubicada en otro sitio con otro direccionamiento de red. Los resultados se muestran en las siguientes figuras:

En la figura 6.1 se muestra la dirección ip de la máquina que está conectada en este caso al router Central:

```
Configuración IP de Windows
Adaptador de Ethernet Conexión de área local:
  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
  Vínculo dirección IPv6 local. . . . . : fe80::1c18:f8eb:999b:838a%16
  Dirección IPv4. . . . . : 172.16.1.2
  Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
  Puerta de enlace predeterminada . . . . : 172.16.1.20
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica 2:
  Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:
  Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
  Sufijo DNS específico para la conexión. . . : fusionetcorp.local
Adaptador de túnel isatap.{A606419B-A42F-47A7-A7D7-18D058282A0C}:
  Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Adaptador de túnel isatap.{CACACDDB-BE3C-4E27-9247-8CFD202E4F98}:
  Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Adaptador de túnel Teredo Tunneling Pseudo-Interface:
  Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
  Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
```

Figura 6.1: Dirección Ip adquirida por el host al conectarse al sitio Central

En esta figura se observa que el host obtiene la siguiente dirección ip 172.16.1.2/24 que es la segunda utilizable, esta dirección Ip la obtiene por medio de DHCP, una

vez conectado el host al sitio central se realiza la prueba de ping hacia un sitio remoto, el resultado se observa en la siguiente figura:

```
C:\Users\gcastro.FUSIONETCORP>ping 201.3.4.10

Haciendo ping a 201.3.4.10 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 201.3.4.10: bytes=32 tiempo=4ms TTL=254
Respuesta desde 201.3.4.10: bytes=32 tiempo=3ms TTL=254
Respuesta desde 201.3.4.10: bytes=32 tiempo=4ms TTL=254
Respuesta desde 201.3.4.10: bytes=32 tiempo=3ms TTL=254

Estadísticas de ping para 201.3.4.10:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 3ms, Máximo = 4ms, Media = 3ms

C:\Users\gcastro.FUSIONETCORP>_
```

Figura 6.2: Resultados de ping desde el host en el sitio central hacia la puerta de enlace del sitio remoto

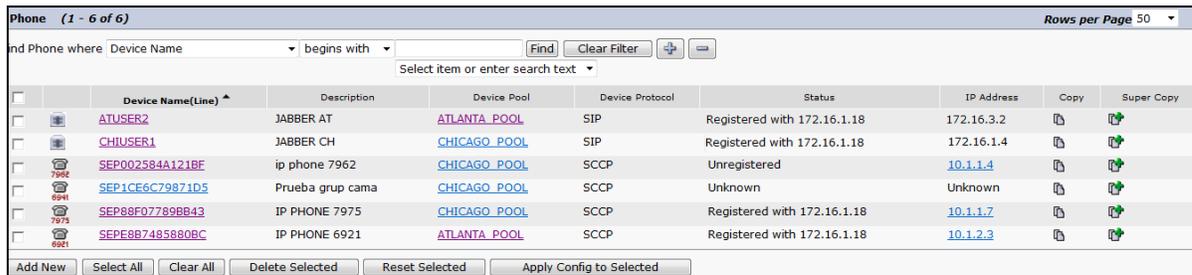
Además se realiza un traceroute que permite seguir la pista de los paquetes que van desde un host (punto de red) hacia otro punto de red. Se obtiene además una estadística del RTT o latencia de red de esos paquetes, lo que viene a ser una estimación de la distancia a la que están los extremos de la comunicación. En la siguiente figura se muestra los resultados obtenidos entre el sitio Central (Chicago) y uno de los sitios remotos.

```
C:\Users\gcastro.FUSIONETCORP>tracert 201.3.4.10
Traza a 201.3.4.10 sobre caminos de 30 saltos como máximo.
  1          1 ms      1 ms      <1 ms    172.16.1.20
  2          4 ms      3 ms      3 ms    201.3.4.10
Traza completa.
C:\Users\gcastro.FUSIONETCORP>tracert 201.3.4.10
Traza a 201.3.4.10 sobre caminos de 30 saltos como máximo.
  1         256 ms     607 ms     607 ms    172.16.1.20
  2          4 ms      4 ms      4 ms    201.3.4.10
Traza completa.
C:\Users\gcastro.FUSIONETCORP>tracert 201.3.4.10
Traza a 201.3.4.10 sobre caminos de 30 saltos como máximo.
  1         163 ms     607 ms     607 ms    172.16.1.20
  2          4 ms      4 ms      4 ms    201.3.4.10
Traza completa.
C:\Users\gcastro.FUSIONETCORP>tracert 201.3.4.10
Traza a 201.3.4.10 sobre caminos de 30 saltos como máximo.
  1         506 ms     607 ms     607 ms    172.16.1.20
  2          4 ms      3 ms      3 ms    201.3.4.10
```

Figura 6.3: Traceroute obtenido desde el host en el sitio central hasta la puerta de enlace de un sitio remoto.

## 6.1.2 Resultados obtenidos integrando VoIP y presencia sobre la misma red

Utilizando el “software” CUCM 8.6 se crean los dispositivos y se asocian a su respectivo usuario, estos se registran en el Callmanager como se muestra en la siguiente figura:



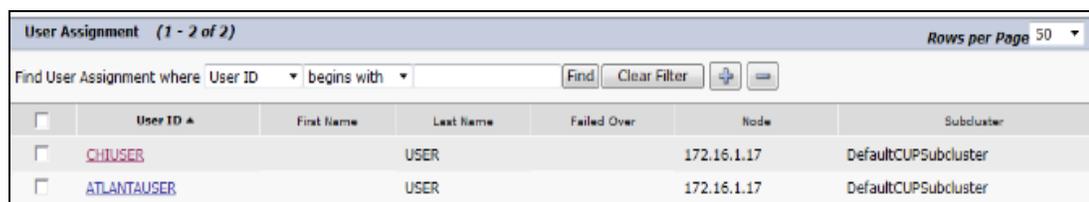
The screenshot shows the 'Phone' configuration page in CUCM. It displays a table of registered devices with columns for Device Name, Description, Device Pool, Device Protocol, Status, IP Address, Copy, and Super Copy. The table contains six rows of data, including virtual Jabber users and physical IP phones.

Device Name(Line)	Description	Device Pool	Device Protocol	Status	IP Address	Copy	Super Copy
ATUSER2	JABBER AT	ATLANTA_POOL	SIP	Registered with 172.16.1.18	172.16.3.2		
CHIUSER1	JABBER CH	CHICAGO_POOL	SIP	Registered with 172.16.1.18	172.16.1.4		
SEP002584A121BF	ip phone 7962	CHICAGO_POOL	SCCP	Unregistered	10.1.1.4		
SEP1CE6C79871D5	Prueba grup cama	CHICAGO_POOL	SCCP	Unknown	Unknown		
SEP88F077898B43	IP PHONE 7975	CHICAGO_POOL	SCCP	Registered with 172.16.1.18	10.1.1.7		
SEP88B7485880BC	IP PHONE 6921	ATLANTA_POOL	SCCP	Registered with 172.16.1.18	10.1.2.3		

Figura 6.4: Registro de los dispositivos en el CUCM

En la figura anterior se muestra los dispositivos registradas con el servidor de Callmanager que posee la dirección Ip 172.16.1.18/24, dentro de esos dispositivos se observan dos dispositivos físicos un teléfono ip 6921 y un 7975, además de estos, están registrados dos dispositivos virtuales en este caso los Jabber.

Ya registrados se debe verificar en el servidor de presencia CUP con la Ip 172.16.1.17/27 si se pueden registrar los usuarios en el Jabber, la siguiente figura muestra el registro de los usuarios en el “software” y en el servidor:

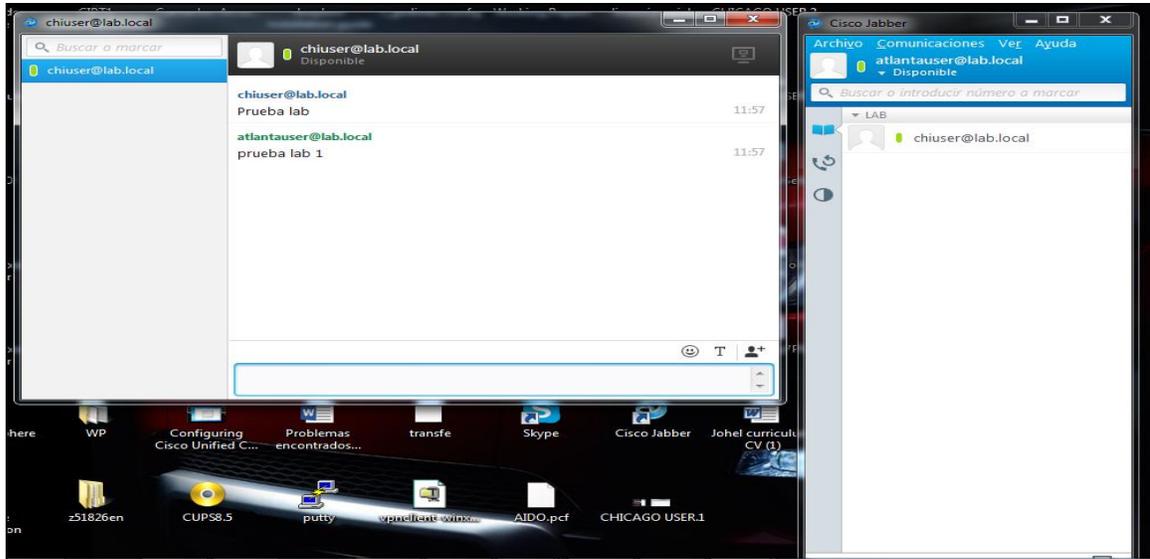


The screenshot shows the 'User Assignment' page in CUCM. It displays a table of registered users with columns for User ID, First Name, Last Name, Failed Over, Node, and Subcluster. The table contains two rows of data for users CHIUSER and ATLANTAUSER.

User ID	First Name	Last Name	Failed Over	Node	Subcluster
CHIUSER		USER		172.16.1.17	DefaultCUPSubcluster
ATLANTAUSER		USER		172.16.1.17	DefaultCUPSubcluster

Figura 6.5: Registro de los usuarios en el CUP

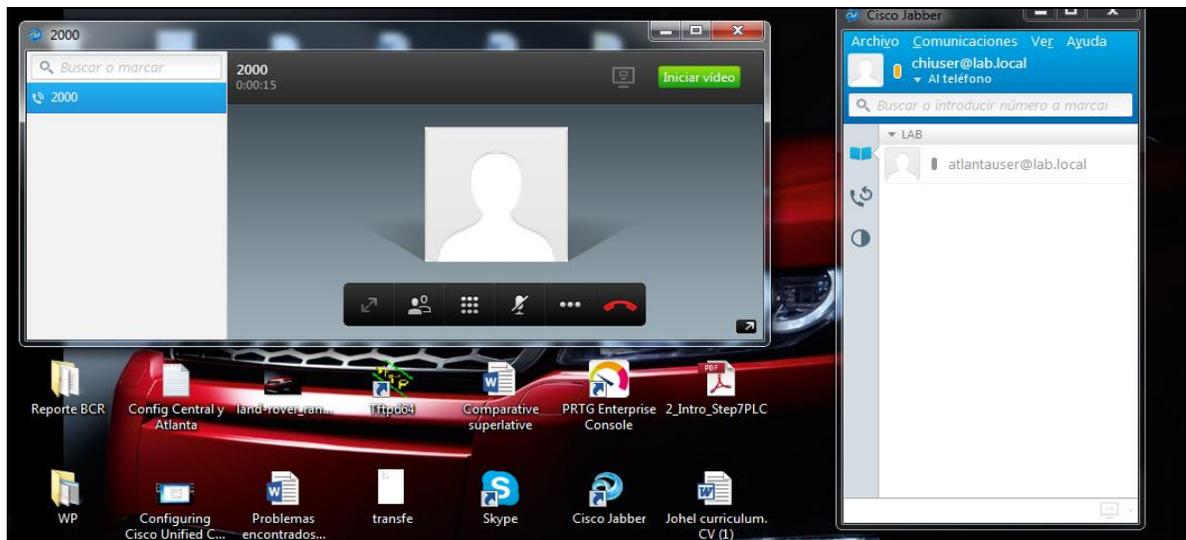
Además se verifico la conectividad en Cisco Jabber de cada uno de los usuarios, así como la capacidad de realizar video llamadas y comunicarse a través de mensajería por el mismo “software”, las siguientes figuras muestran estas pruebas de conectividad:



**Figura 6.6: Prueba de Conectividad con el “software” Jabber**

En la figura 6.6 se observa como están conectados los usuarios de los sitios Atlanta y Chicago, además se observa la mensajería que se establece entre los usuarios. En el Jabber también se muestra los contactos disponibles, en este caso por limitaciones se trabajó con dos usuarios uno en Atlanta y Otro en Chicago, en la figura se observa la conectividad de los mismos.

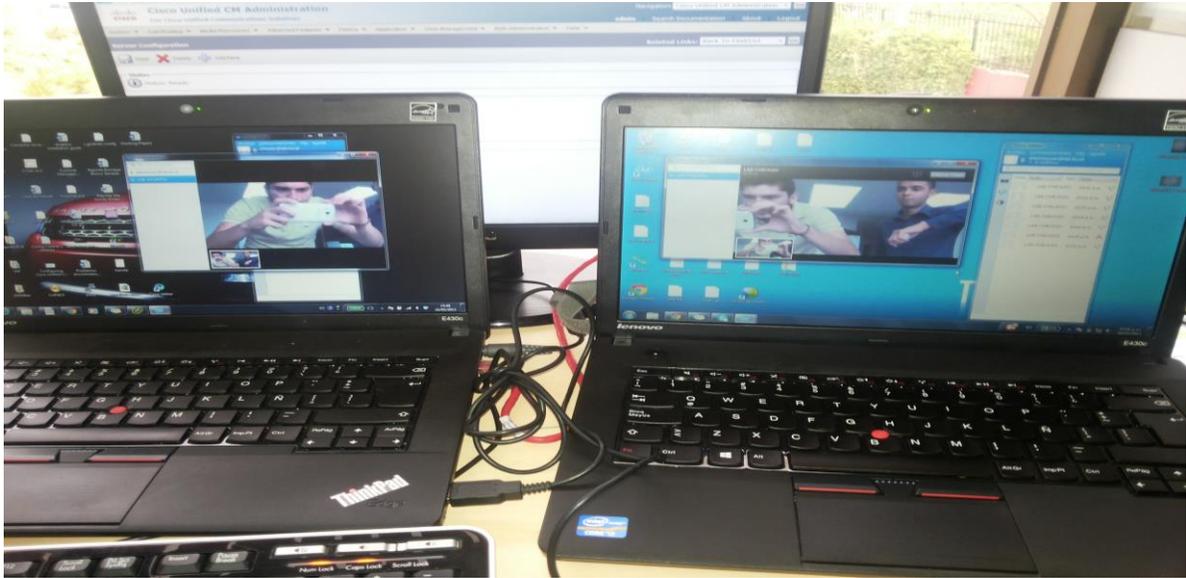
En la siguiente imagen se observa como el usuario de Chicago recibe una llamada desde un número de Atlanta con la extensión 2000.



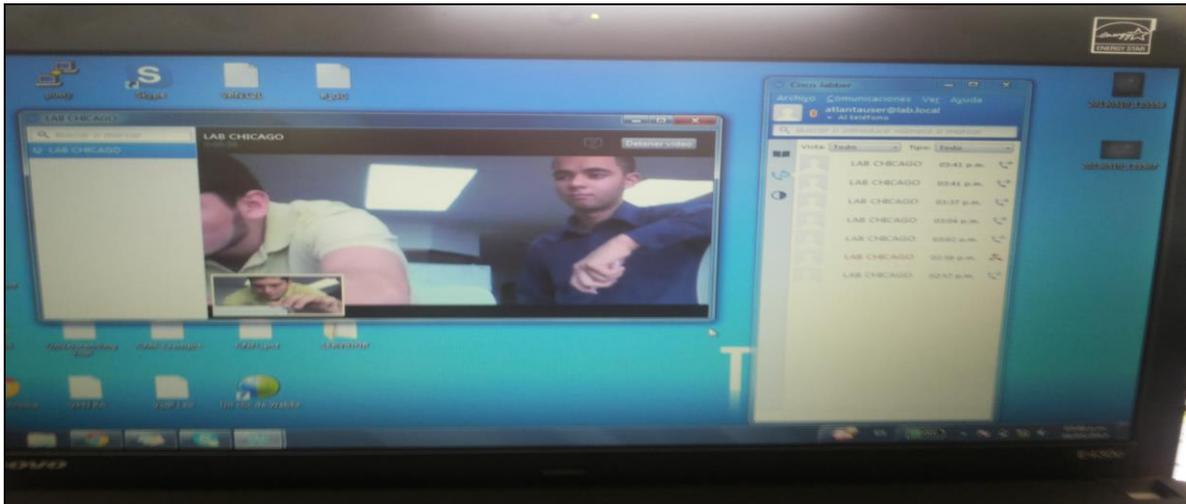
**Figura 6.7: Prueba de llamada desde un teléfono físico en el sitio remoto hacia un usuario en el sitio Central**

En la figura 6.7 se observa como el “software” jabber de Cisco dota de Presencia al usuario, indicando así cuando está disponible, ocupado, ausente o al teléfono, en este caso se observa que indica que se encuentra atendiendo una llamada.

Se realizaron las pruebas de video llamadas entre los sitios Central – Atlanta, para ello se conecta una maquina en cada uno de los sitios, y se realiza la comunicación entre ambos, las siguientes figuras muestran la conexión con video entre los sitios:



**Figura 6.8: Conectividad entre sitios vía video llamada**



**Figura 6.9: Conectividad entre sitios vía video llamada**

En las figuras 6.8 y 6.9 se observa la conectividad entre los sitios por medio de video llamada utilizando el “software” cisco jabber.

### 6.1.3 Resultados de velocidad de transferencia de datos entre los sitios.

Una vez realizadas las pruebas de las llamadas, se utilizó el “software” PRTG Network Monitor, con el cual se analizó el ancho de banda consumido en tiempo real, el estado del CPU del router, etc. En las siguientes figuras se muestra por sitios el consumo de ancho de banda en sus diferentes interfaces al realizar llamadas entre sitios y conferencias entre los 3 sitios.

Una imagen general de la interfaz del “software” PRTG Network Monitor se observa en la siguiente figura:

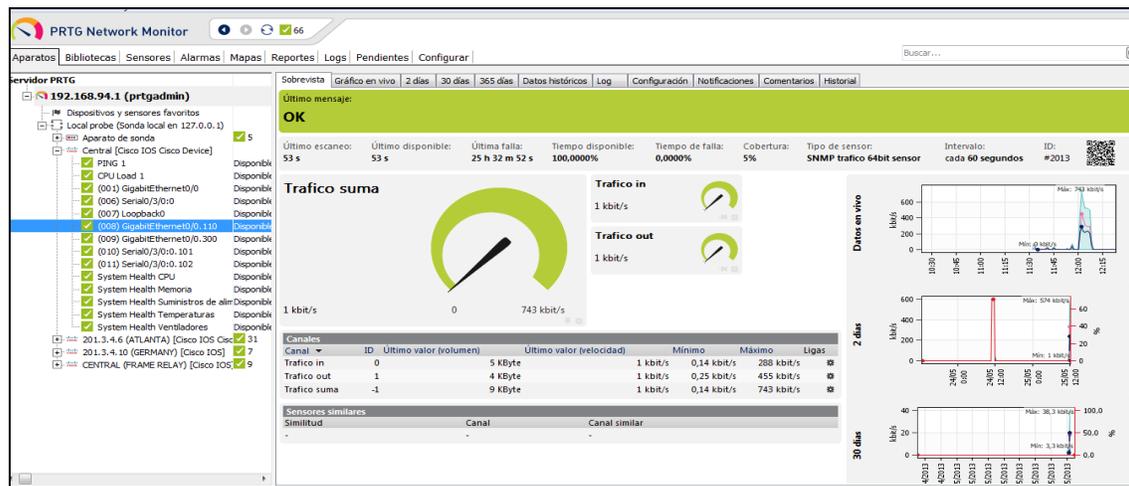


Figura 6. 10: Interfaz de usuario del “software” PRTG Network Monitor

En la figura 5.53 se observan los equipos que se encuentran en monitorización, así como las interfaces que se monitorean, en este caso se están monitorizando:

- Central (Chicago)
- Atlanta (Remoto)
- Germany (Internacional)
- Frame Relay (Nube de conexión entre los sitios)

Se realizaron las siguientes pruebas de llamadas entre los sitios para medir la utilización del ancho de banda en la red:

**Tabla 6.1: Pruebas de conexión según horas distintas**

<b>Hora de Inicio</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Llamada</b>
<b>2:00 pm</b>	2:02 pm	Germany - Atlanta
<b>2:03 pm</b>	2:07 pm	Conferencia 3 sitios
<b>2:08 pm</b>	2:11 pm	Atlanta - Germany
<b>2:12 pm</b>	2:15 pm	Conferencia 3 sitios
<b>2:16 pm</b>	2:17 pm	Sin Actividd

En la tabla 6.1 se muestra la hora d inicio y final de cada una de las llamadas realizadas, así como de que sitio se dirigen las mismas. Los resultados de las velocidades de transferencia de archivos y ancho de banda se muestran en las siguientes figuras:

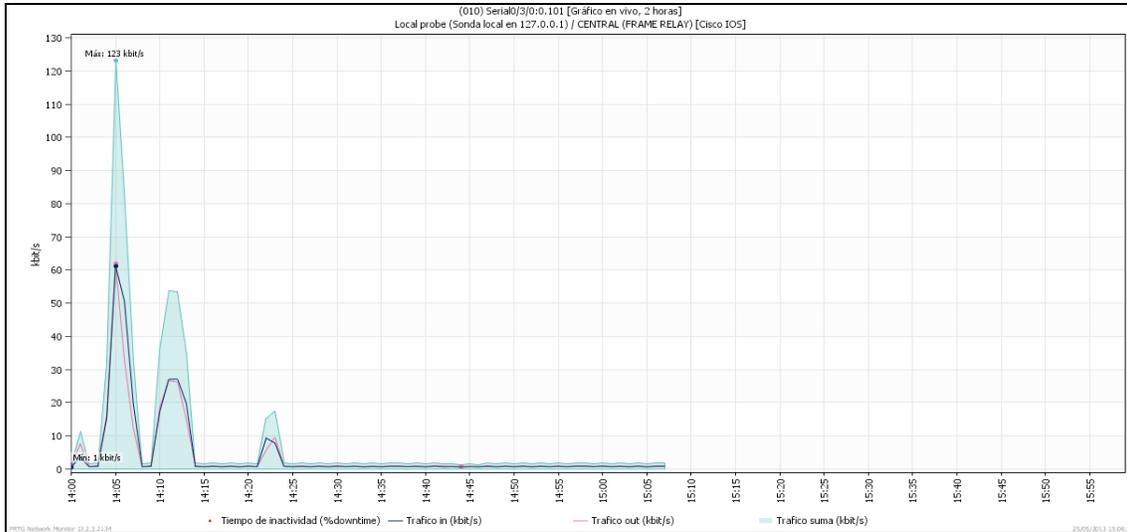
### **Enlaces del sitio central hacia el frame Relay**

**Tabla 6.2: Circuitos creados para la comunicación entre los sitios**

<b>Sitios</b>	<b>Dirección de red</b>
<b>Central-Remoto (Atlanta)</b>	Circuito 101
<b>Central-Internacional (Germany)</b>	Circuito 102

Analizando el ancho de banda consumido por cada circuito al realizar las pruebas mostradas en la tabla 6.1 se obtienen las siguientes gráficas:

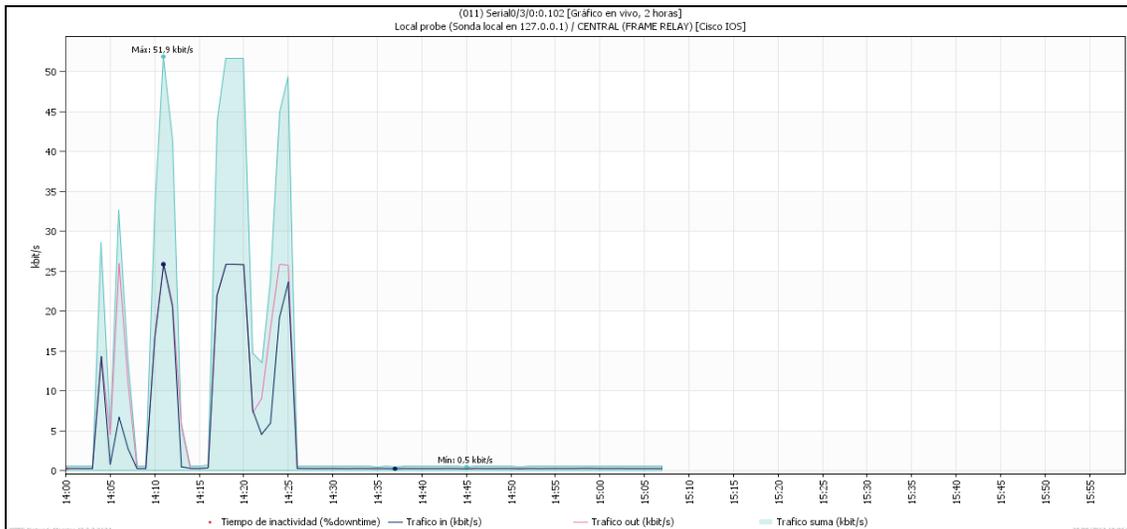
### **Circuito 101, Conexión del sitio Central hacia el sitio Remoto (Atlanta)**



**Figura 6.11: Ancho de banda consumido por el circuito 101**

Se observa en la figura 6.12 un valor máximo de transferencia de 123 kbit/s que se da alrededor de las 2:05 pm momento en el que se realiza la conferencia entre los 3 sitios.

**Circuito 102, Conexión del sitio Central hacia el sitio Internacional (Germany)**

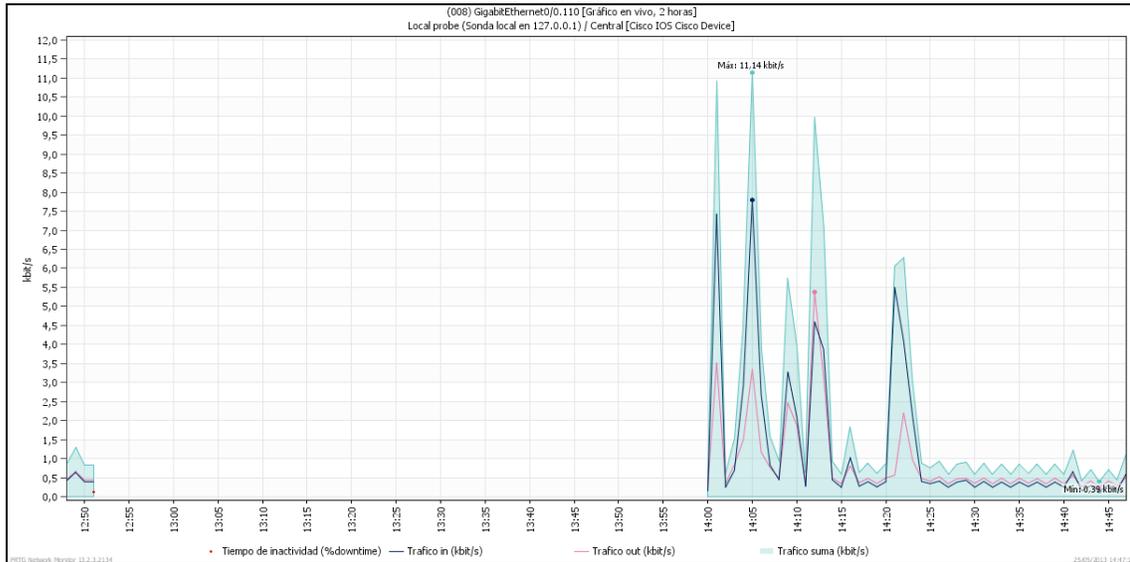


**Figura 6.12: Ancho de banda consumido por el circuito 102**

En el circuito 102 se observa una velocidad de trasferencia máxima a las 2:12 minutos que es el momento en donde se realizó la otra conferencia entre los sitios.

## Interfaces sitio central

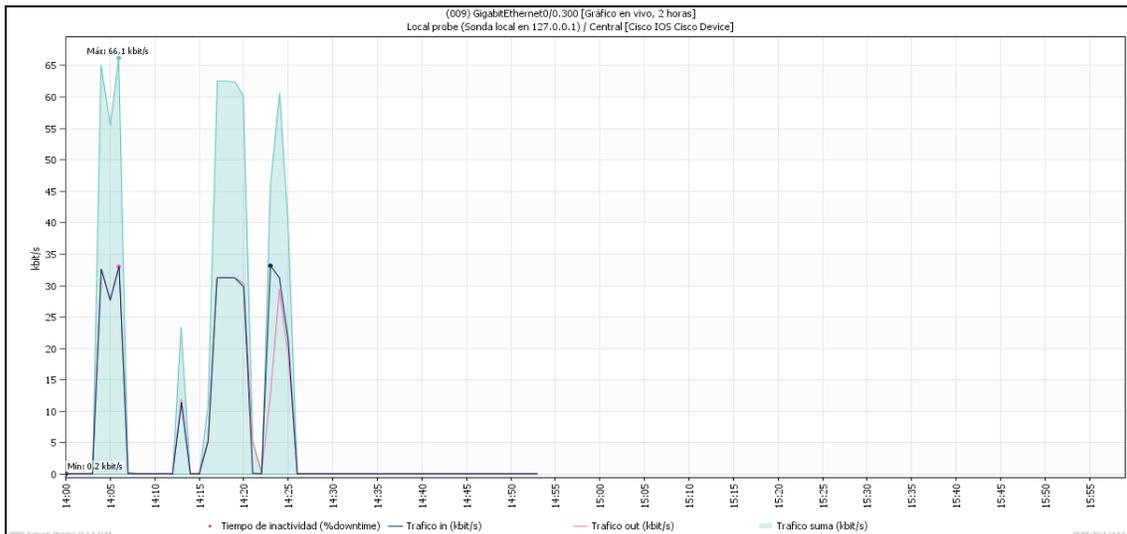
### Interfaz de datos GigabitEthernet 0/0.110



**Figura 6.13: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.110 (datos) sitio central**

En la figura 6.15 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:05 pm de 11.14 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz GigabitEthernet 0/0.110.

### Interfaces sitio central, interfaz datos de voz GigabitEthernet 0/0.300

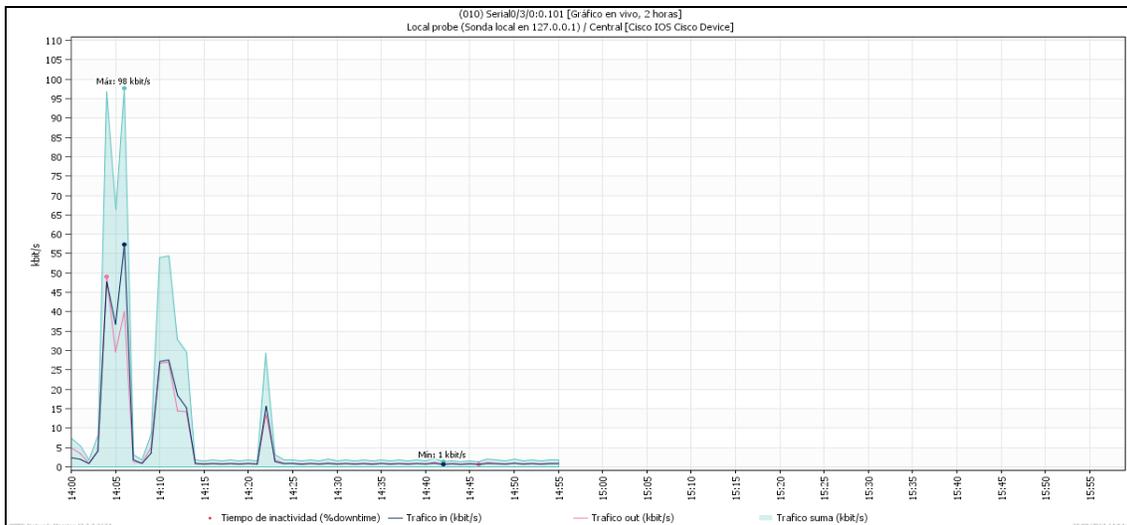


**Figura 5.14: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.300 (voz) sitio central**

En la figura 6.16 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:06 pm de 66.1 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz GigabitEthernet 0/0.300.

### Circuito virtual 101 entre Central – Atlanta (Serial 0/3/0:0.101).

Es el circuito encargado de transferir los datos de voz y datos hacia Atlanta, en la siguiente figura se observa el tráfico de datos:

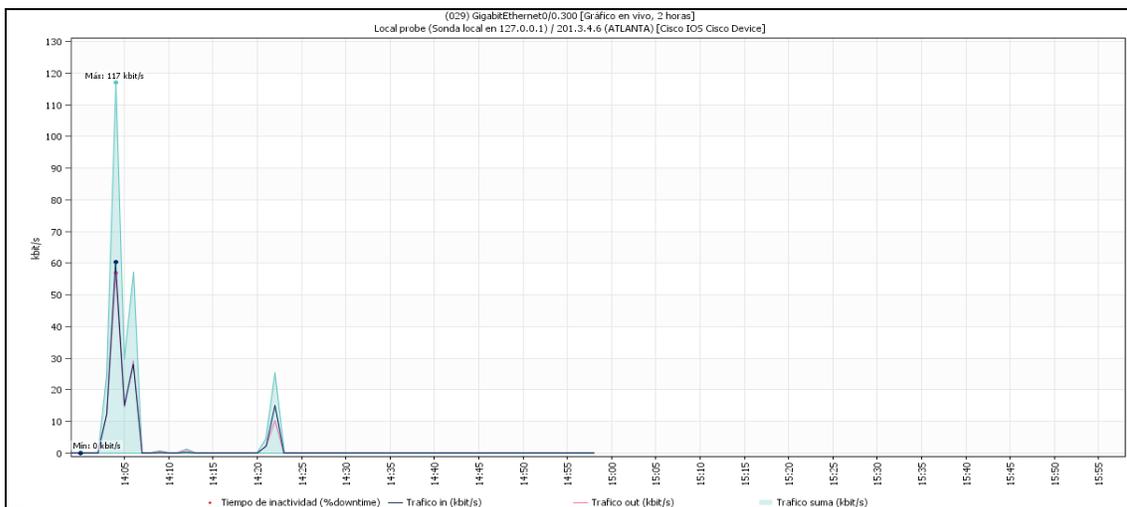


**Figura 6.15: Tráfico de Datos y Voz hacia Atlanta**

En la figura 6.17 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:06 pm de 98 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz Serial 0/3/0:0.101.

### Interfaces sitio Remoto Atlanta

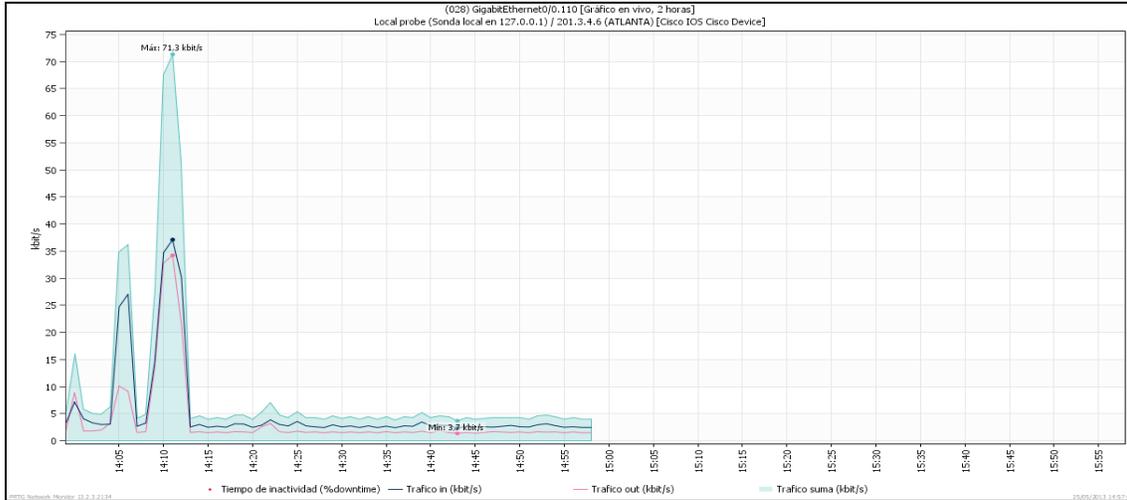
### Interfaz datos de voz GigabitEthernet 0/0.300



**Figura 6.16: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.300 (voz) sitio Remoto**

En la figura 6.18 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:05 pm de 117 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz GigabitEthernet 0/0.300.

### Interfaz datos GigabitEthernet 0/0.110

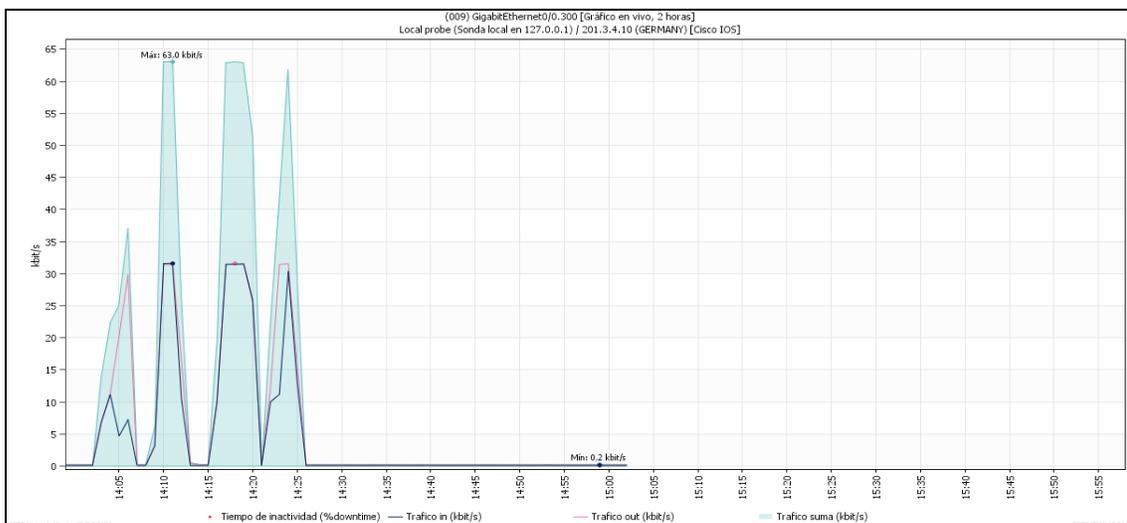


**Figura 6.17: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.110 (Datos) sitio Remoto**

En la figura 6.19 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:06 pm de 71.3 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz GigabitEthernet 0/0.110.

### Interfaces sitio Internacional Germany

### Interfaz datos de voz GigabitEthernet 0/0.300



**Figura 6.18: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.300 (voz) Germany**

En la figura 6.20 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:10 pm de 63 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz GigabitEthernet 0/0.300.

### Interfaz datos GigabitEthernet 0/0.110

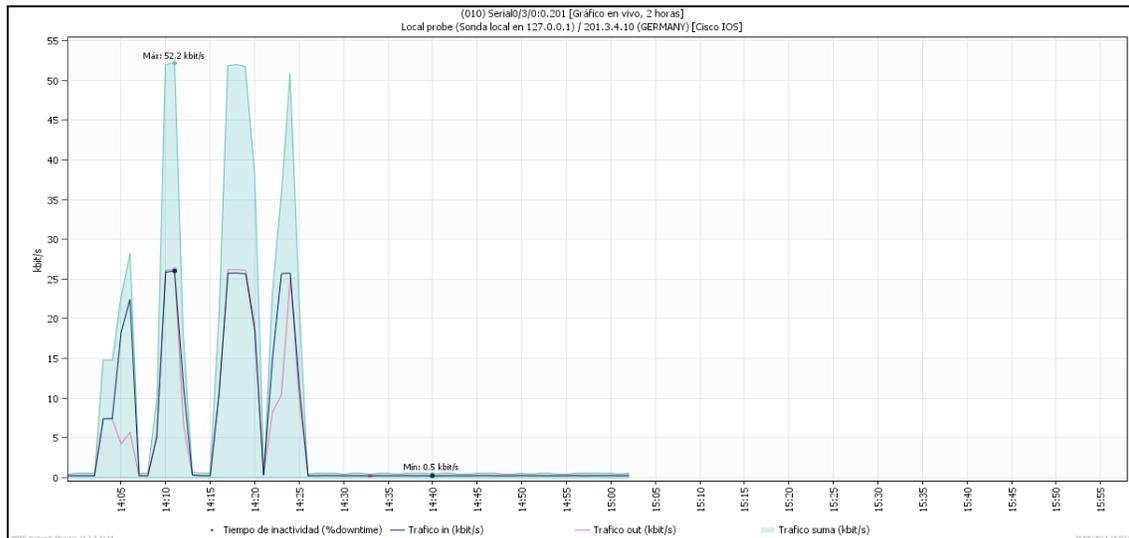


Figura 6.19: Transferencia de datos en la interfaz GigabitEthernet 0/0.110 (Datos) Germany

En la figura 6.19 se observa un tráfico de información máximo encontrado a las 2:06 pm de 52.2 Kbit/s que es transmitido a través de la interfaz GigabitEthernet 0/0.110

## 6.2 Análisis

El estudio de la funcionalidad de la Red de Comunicaciones Unificada utilizando VDI y Presencia se realizó mediante pruebas de conectividad y mediante la utilización de un “software” de monitorización para determinar la eficiencia y velocidad de transferencia de datos dentro de la Red.

En la figura 6.2 se observa la comunicación entre los sitios utilizando el comando ping, el cual es utilizado para comprobar las conexiones entre hosts, que se lleva a cabo mediante el llamado Internet Control Message Protocol (ICMP), con lo que se corrobora la conexión de datos en la red del laboratorio, además se muestra el tiempo que tardan los paquetes en ser transmitidos.

Por otro lado en la figura 6.3 se muestra el tracert que permite seguir la pista de los paquetes que vienen desde un host hasta llegar a su destino, así como los tiempos que se tardan en cada salto.

La comprobación del funcionamiento de los servidores CUCM 8.6 y CUPS 8.5 se realiza mediante pruebas de registro de los usuarios y dispositivos en los servers, la figura 6.4 muestra los dispositivos (teléfonos físicos y Jabber) registrados en el CUCM, además muestra la dirección Ip otorgada a cada dispositivo mediante el protocolo DHCP.

En la figura 6.5 se muestra los dos usuarios creados, un usuario para el sitio central y para el sitio remoto, estos usuarios se registran en el servidor de presencia, el cual los dotará de presencia mediante la utilización del “software” Jabber de Cisco.

Para Realizar el análisis de conectividad del usuario mediante el “software” Jabber se registraron los usuarios en una maquina cada uno, cada máquina en un sitio distinto, en este caso de análisis en el sitio central y la otra en el sitio Remoto, una vez registrados y con la sección iniciada se realizan las pruebas de mensajería instantánea entre los sitios, además se realizan llamadas mediante el “software”

Jabber, por último se realizan las video llamadas entre los dos sitios los resultados se pueden ver en las figuras 6.6,6.7,6.8 y 6.9.

Para determinar la eficiencia de la red en cuanto a velocidad de transferencia de datos y voz dentro de la red se utilizó el “software” PRTG Network Monitor, el cual mediante configuración previa, registra y monitoriza los equipos presentes en la red, esta configuración se puede observar en la figura 6.10.

Utilizando las pruebas de la tabla 6.1, en las cuales se enumera llamadas entre sitios y conferencia entre los mismos, se analiza la velocidad de transferencia de los datos en kbits/s, así como el ancho de banda utilizado.

El laboratorio diseñado e implementado, es para un máximo de 10 usuarios, tomando en cuenta que el códec a utilizar para los datos de voz es el G.711 (ver tabla 3.4), se tiene que; cada línea o enlace requiere una tasa de datos de 64 kbit/s y un ancho de banda de 87,4 kbps, por lo que para 10 líneas conectadas a la vez se requeriría un ancho de banda de:

$$10 * 87,4 \text{ kbps} = 0,874 \text{ Mbps}$$

Y una tasa de datos de:

$$10 * 64 \text{ kbps} = 0,640 \text{ Mbps}$$

El enlace utilizado en cada uno de los sitios para conectarse mediante la nube Frame Relay son enlaces T1, la información sobre los enlaces T1 se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6.3: Características Enlaces T1**

Portadoras T (T-carrier)	América del Norte	Japón	Europe
<b>Nivel 0 (canal básico)</b>	64 kbit/s (DS0)	64 kbit/s	64 kbit/s
<b>Nivel 1</b>	1,544 Mbit/s (DS1) (24 canales) (T1)	1,544 Mbit/s (24 c.)	2,048 Mbit/s (32 c.) (E1)
<b>Nivel intermedio (solamente EEUU)</b>	3,152 Mbit/s (DS1C) (48 c.)	-	-
<b>Nivel 2</b>	6,312 Mbit/s (DS2) (96 c.)	6,312 Mbit/s (96 c.), ou 7.786 Mbit/s (120 c.)	8,448 Mbit/s (128 c.) (E2)
<b>Nivel 3</b>	44,736 Mbit/s (DS3) (672 c.) (T3)	32,064 Mbit/s (480 c.)	34,368 Mbit/s (512 c.) (E3)
<b>Nivel 4</b>	274,176 Mbit/s (DS4) (4032 c.)	97,728 Mbit/s (1440 c.)	139,268 Mbit/s (2048 c.) (E4)
<b>Nivel 5</b>	400.352 Mbit/s (5760 c.)	565.148 Mbit/s (8192 c.)	565.148 Mbit/s (8192 c.) (E5)

Con lo que se garantiza 24 canales que consumirán alrededor de 1,544 Mbps, esto confirma que en el peor de los escenarios el ancho de banda es adecuado evitando así problemas de conexión e interferencia entre las llamadas.

Analizando la figura 6.12 que posee los datos del circuito 101, el cual conecta el sitio central con el sitio remoto (Atlanta) se observa que a las 2:05 pm hay un pico en la transferencia de archivos, el cual equivale según la tabla 6.1 al inicio de la conferencia entre los 3 sitios, se tiene un valor de 123 kbit/s, lo que equivale a tener una llamada entre dos sitios 64 kbit/s y una extra agregada por la conferencia con el tercer sitio de 64 kbit/s, si realizamos la suma nos da 128 kbit/s, el cual es un valor muy aproximado al mostrado por el sensor en el “software”.

Observando la figura 6.13 que es el circuito 102 el cual conecta el sitio central con el sitio Internacional (Germany) se observa que a las 2:12 pm presenta una tasa de transferencia de 51.9 kbit/s, lo que equivale aproximadamente al establecimiento de una llamada y según la tabla 6.1 a las 2:12 pm se realiza una conferencia de Germany hacia el sitio central.

Si se analiza las imágenes de la misma forma en un punto donde no exista llamadas entre los sitios, por ejemplo, según la tabla 6.1 a las 2:16 pm no hay llamadas, observando en las figuras 6.16, 6.17, 6.18 etc. Se observa que el nivel de tráfico es casi nulo, comprobando así un funcionamiento y dimensionamiento adecuado de la red.

## Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- Se definió un máximo de 10 llamadas simultáneas garantizando así una buena calidad en la transmisión y recepción de los paquetes de voz.
- El protocolo Frame Relay es adecuado para el diseño del laboratorio ya que permite compartir varias conexiones virtuales a través de una misma interfaz física.
- Se definió una topología de red, hub and spoke, escalable y administrable que cumple con los requisitos establecidos para la centralización de la información.
- El direccionamiento de red es clase C, tomando en cuenta el posible crecimiento de usuarios así como conexiones futuras de dispositivos móviles, impresoras o la inserción de módulos wifi.
- Los datos obtenidos del consumo de ancho de banda y velocidad de transferencia de los datos se aproxima bastante bien a los especificados en los codecs utilizados.

## **7.2 Recomendaciones**

- Agregar otra herramienta de monitorización como Nagios para integrar funciones como envío de SMS cuando hay algún problema en la red.
- Agregar más capacidad de almacenamiento al servidor para crear más máquinas virtuales y con ello virtualizar servidores como Active Directory para mejorar más la centralización.
- A la hora de integrar CUCM y CUP utilizar las direcciones Ip de los mismos como nombre del host, ya que existe un error de integración si se utiliza un nombre y no la dirección Ip.
- Actualizar el “software” de los servidores CUCM y CUP a la versión más reciente de CISCO.
- Agregar e integrar un servidor Cisco Unity Connection (CUC) para gestionar mejor los mensajes de voz por email, los dispositivos móviles etc.

## Bibliografía

- [1] Ethernet. (2012). Recuperado abril 22, 2013, from <http://blog.utp.edu.co/ee973/files/2012/04/capitulo09-ethernet.pdf>
- [2] Cisco. (2009). Internetworking Technologies Handbook. Recuperado el 5 de 03 de 2013, de [http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/ito\\_doc.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/ito_doc.html)
- [3] John Q. Walker, Jeffrey T. Hicks, 2004, "Taking Charge of Your VoIP Project", Cisco Press, Estados Unidos
- [4] Cisco® Unified communications solutions unify voice, video, data, and mobile applications on fixed and mobile networks, enabling easy collaboration every time from any workspace. (2012). Recuperado Mayo 10, 2013, from [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6789/ps6837/data\\_sheet\\_c78-673825.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6789/ps6837/data_sheet_c78-673825.html)
- [5] Cisco unified communications manager documentation guide for release 8.6(2). (2012). Recuperado Febrero 23, 2013, from [http://www.cisco.com/en/US/docs/voice\\_ip\\_comm/cucm/docguide/8\\_6\\_2/dg862.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cucm/docguide/8_6_2/dg862.html)
- [6] Cisco catalyst 3550 series intelligent ethernet switches. (2012). Recuperado marzo 06, 2013, from [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps646/product\\_data\\_sheet09186a00800913d7.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps646/product_data_sheet09186a00800913d7.html)

- [7] Cisco 2800 series integrated services routers. (2011). Recuperado Abril 12, 2013, from [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/ps5882/product\\_data\\_sheet0900aecd8016fa68\\_ps5854\\_Products\\_Data\\_Sheet.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/ps5882/product_data_sheet0900aecd8016fa68_ps5854_Products_Data_Sheet.html)
- [8] Cisco 3800 series integrated services router. (2012). Recuperado Mayo 25, 2013, from [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5855/product\\_data\\_sheet0900aecd8016a8e8.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5855/product_data_sheet0900aecd8016a8e8.html)
- [9] HP ProLiant DL380 G6 X5550 2.66GHz quad core performance rack server. (2009). Recuperado Abril 28, 2013, from [http://www.hp.com/latam/catalogo/ar/dl300\\_smb/in/491316-001.html](http://www.hp.com/latam/catalogo/ar/dl300_smb/in/491316-001.html)
- [10] Cisco unified IP phone 6941. (2011). Recuperado Marzo 18, 2013, from [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/phones/ps10326/ps10344/data\\_sheet\\_c78-541536.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/phones/ps10326/ps10344/data_sheet_c78-541536.html)
- [11] Cisco unified IP phone 7962G. (2012). Recuperado Mayo 20, 2013, from <http://www.cisco.com/en/US/products/ps8536/index.html>
- [12] Cisco unified IP phone 7965G. (2011). Recuperado Mayo 03, 2013, from <http://www.cisco.com/en/US/products/ps8537/index.html>
- [13] Cisco packet tracer. (2012). Recuperado Mayo 04, 2013, from [http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course\\_catalog/PacketTracer.html](http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/PacketTracer.html)

- [14] Protocolos de enrutamiento. (2012). Recuperado Marzo 06, 2013, from [http://www.guillesql.es/Articulos/Manual\\_Cisco\\_CCNA\\_Protocolos\\_Enrutamiento.aspx](http://www.guillesql.es/Articulos/Manual_Cisco_CCNA_Protocolos_Enrutamiento.aspx)
- [15] Direcciones IP clase A, B, C, D, Y E. (2012). Recuperado Mayo 13, 2013, from <http://martinezlugoalfonso.blogspot.com/2009/06/direcciones-ip-clase-b-c-d-y-e.html>
- [16] Felici, S. (2010). La capa de enlace. Recuperado marzo 29, 2013, from <http://informatica.uv.es/it3guia/FT/cap3-enlace-ft.pdf>
- [17] Redes frame relay. (2008). Recuperado Mayo 19, 2013, from <http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/7.html>
- [18] Cisco unified communications manager express. (2012). Recuperado Abril 16, 2013, from <http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps4625/index.html>
- [19] Cisco. (2013). Recuperado Febrero 25, 2013, from <http://www.cisco.com/>

## **Apéndices**

### **A.1 Glosario, abreviaturas y simbología**

**ACK** Acknowledgment

**ADSL** Asymmetric Digital Subscriber Line

**BPSK** Binary Phase Shift Keying

**CDMA** Code Division Multiple Access

**DC** Direct Current (0 Hz)

**DNS** Domain Name System

**EAP** Extensible Authentication Protocol

**ETSI** European Telecommunication Standard Institute

**FDM** Frequency Division Multiplexing

**FM** Frequency Modulation

**FSK** Frequency Shift Keying

**GHz** Gigahertz

**GSM** Global System for Mobile communications

**Hz** Hertz

**HTTP** HyperText Transfer Protocol

**ID** Identification

**IEEE** Institute of Electrical and Electronic Engineers

**IMPP** Instant Messaging and Presence Protocol

**IP** Internet Protocol

**IPSec** Internet Protocol Security

**ISDN** Integrated Services Digital Network

**ISM** Industrial Scientific Medical

**ITU** International Telecommunication Union

**kbps** Kilo bits per second

**kHz** Kilohertz

**LDAP** Lightweight Directory Access Protocol

**m** Metro

**MAC** Medium Access Control

**Mbps** Mega bits per second

**MCU** Multipoint Control Unit  
**MIME** Multipurpose Internet Mail Extensions  
**MHz** Megahertz  
**MGC** Media Gateway Control  
**PAE** Port Access Entity  
**PAP** Password Authentication Protocol  
**PBX** Private Branch Exchange  
**PC** Point Coordinator  
**PCM** Pulse Code Modulation  
**PHY** Physical Layer  
**PPP** Point to Point Protocol  
**PSK** Phase Shift Keying  
**PSTN** Public Switched Telephone Network  
**QAM** Quadrature Amplitude Modulation  
**QoS** Quality Of Service  
**RF** Radio Frequency  
**RFC** Request for Comments  
**RTP** Real-time Transport Protocol  
**RTCP** Real-time Control Protocol  
**SCIP** Simple Conference Invitation Protocol  
**SCP** Service Control Point  
**SCTP** Stream Control Transmission Protocol  
**SDP** Session Description Protocol  
**SIMPLE** SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions  
**SIP** Session Initiation Protocol  
**SMTP** Simple Mail Transport Protocol  
**SSID** Service Set ID  
**SSP** Service Switching Point  
**STD** Standard  
**TCP** Transmission Control Protocol  
**TKIP** Temporal Key Integrity Protocol

**TLS** Transport Layer Security  
**TSN** Transitional Security Network  
**UDP** User Datagram Protocol  
**URL** Uniform Resource Locator  
**VoIP** Voice over IP  
**WPA** WiFi Protected Access  
**WEP** Wired Equivalent Protocol  
**WiFi** Wireless Fidelity  
**WLAN** Wireless Local Area Network  
**WRAP** Wireless Router Application Platform

## **A.2 Información sobre la empresa/institución**

FUSIONET es una empresa enfocada en telecomunicaciones con especialización en equipo Cisco.

Dentro de los principales servicios que brinda FUSIONET se encuentran los siguientes:

- Arquitectura y Diseño
- Capacitaciones
- Auditorias
- Monitorización NOC-SOC
- Soporte y Mantenimiento