

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
DISEÑO DE UN PROTOTIPO IP-PBX SOFTWARE LIBRE PARA EL  
CENTRO DE FORMACIÓN CONTINUA CON INTEGRACIÓN AL CUCM DE  
LA UPS**

**AUTOR:  
RONY SMITH CHUQUÍN BALSECA**

**TUTOR:  
JUAN CARLOS DOMÍNGUEZ AYALA**

**Quito, agosto del 2019**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Rony Smith Chuquín Balseca, con documento de identificación N° 172665994-7, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO IP-PBX SOFTWARE LIBRE PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN CONTINUA CON INTEGRACIÓN AL CUCM DE LA UPS”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rony Smith Chuquín Balseca', is written over a horizontal dotted line on a light-colored background.

Rony Smith Chuquín Balseca

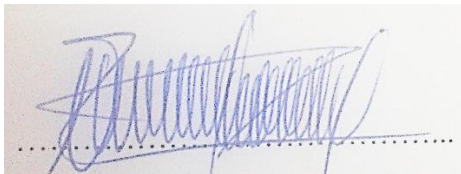
Cédula: 1726659947

Quito, agosto 2019.

**DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO IP-PBX SOFTWARE LIBRE PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN CONTINUA CON INTEGRACIÓN AL CUCM DE LA UPS”**, realizado por Rony Smith Chuquín Balseca obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto 2019.



Juan Carlos Domínguez Ayala

C.I: 1713195590

## **DEDICATORIA**

El presente se lo dedico a Dios creador de lo perceptible e imperceptible.

A mis padres quienes con tesón afirmaron mi indeleble camino. A mis familiares y amigos que en el transcurso de mi vida han sido mi apoyo, consuelo y soporte teniendo amor, paciencia y bondad para conmigo y los cuales siempre me brindaron a través de consejos y palabras buenas, los ánimos para no darme por vencido. Gracias a todos.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios con un versículo bíblico.

*¿No te he mandado que te esfuerces y seas valiente? No temas ni desmayes, porque el Señor tu Dios estará contigo dondequiera que vayas. (Josué 1:9)*

A mis padres que me han dado su apoyo en todo momento, me han dado las condiciones para poder culminar una meta más en mi vida. A mi hermana, Silvia Lorena, por su apoyo y constante esfuerzo, sin los cuales, hubiera sido imposible la realización del presente.

Es oportuno dar gracias a los diferentes profesionales que durante mi vida universitaria me ayudaron y me hicieron participe de su conocimiento y vida.

Además, agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, al Ingeniero Juan Carlos Domínguez, quién con apoyo, conocimiento y predisposición constantes, ha creado las condiciones para lograr culminar el presente trabajo.

**Rony Chuquín**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO 1 .....	1
ANTECEDENTES .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Justificación del proyecto.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo general .....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
CAPITULO 2 .....	3
MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1 Generalidades de VoIP .....	3
2.2 Elementos de una red de VoIP .....	4
2.3 PBX.....	5
2.4 Elastix .....	5
2.5 CUCM.....	5
2.6 Protocolo de transporte RTP .....	6
2.7 Protocolo SIP y TRUNK.....	6
2.8 Generalidades de Ingeniería de tráfico .....	7

2.9	Códecs de audio.....	7
2.10	QoS .....	8
2.11	Ventajas y desventajas de Elastix frente a CUCM.....	9
2.12	Marcaje del tráfico circulante NBAR .....	9
2.13	Software de monitoreo Netflow .....	10
2.14	Software para captura de datos WIRESHARK.....	10
CAPÍTULO 3 .....		11
LÍNEA BASE DEL PBX DEL CUCM EXISTENTE EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....		11
3.1	Descripción general .....	11
3.2	Arquitectura de red existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito	11
3.3	Interconexión de campus de la UPS sede Quito.....	12
3.4	Descripción de la red del Centro de Formación Continua .....	13
3.5	Dimensionamiento de los enlaces en ingeniería de tráfico .....	15
3.6	Descripción de los dispositivos que componen la infraestructura de red de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.....	15
3.6.1	Switch Cisco Catalyst 3750 .....	15
3.6.2	Switch Cisco Catalyst 6506-E .....	16
3.6.3	Teléfono Cisco 7960G.....	17
3.6.4	Teléfono Cisco 7800 .....	17
3.6.5	Cisco IP Communicator (SoftPhone de Cisco).....	18
3.7	Descripción de los dispositivos de red del Centro de Formación Continua	19
3.8	Descripción del PBX Cisco Unified Communications Manager CUCM existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito .....	19
CAPITULO 4 .....		22
ESTIMACIÓN DE COSTOS Y COMPARACIÓN ENTRE LA SOLUCIÓN ELASTIX Y CUCM.....		22

4.1 Costos de los servidores para telefonía IP .....	22
4.2 Gateway .....	23
CAPÍTULO 5 .....	26
DISEÑO DEL PROTOTIPO DE IP-PBX PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN CONTINUA SAN BARTOLO E INTEGRACIÓN DE ESTE CON EL CUCM EXISTENTE EN LA UPS .....	26
5.1 Descripción general de la propuesta de diseño del prototipo .....	26
5.2 Propuesta de arquitectura del prototipo .....	27
5.3 Integración de Elastix con la solución CUCM de Cisco .....	27
5.3.1 Simulación en el Software GNS3 .....	28
5.3.2 Instalación y configuración de Elastix .....	28
5.3.3 Instalación y configuración de CUCM de Cisco .....	32
5.4 Propuesta de QoS .....	33
CAPITULO 6 .....	43
NETFLOW Y WIRESHARK .....	43
6.1 Captura de tráfico con NetFlow .....	43
6.1.1 Pérdidas de paquetes, Latencia y Jitter .....	48
CONCLUSIONES .....	51
RECOMENDACIONES .....	52
REFERENCIAS .....	53
ANEXO 1 .....	57
Configuración del Elastix .....	57
ANEXO 2 .....	66
Configuración del CUCM (Cisco Unified Communications Manager) .....	66



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Red para voz IP.....	4
Figura 2.2 Componentes de una solución UC Unified Communications .....	6
Figura 3.1 Sistema de telefonía IP de la UPS sede Quito .....	12
Figura 3.2 Cluster Call Manager version 6.0 .....	12
Figura 3.3 Conexión interna de los campus de la Universidad Politécnica Salesiana a Nivel Nacional.....	13
Figura 3.4 Topología Lógica del Centro de Formación Continua.....	14
Figura 3.5 Simulación de conectividad de la red en el Centro de Formación Continua .....	15
Figura 3.6 Switch Catalyst 3750.....	16
Figura 3.7 Switch Cisco Catalyst 6505-E .....	16
Figura 3.8 Teléfono IP Cisco 7960 G. ....	17
Figura 3.9: Teléfono IP Cisco 7800.....	18
Figura 3.10 Cisco IP Communicator. ....	18
Figura 3.11 CISCO Catalyst 3850 .....	19
Figura 3.12 Ubiquiti US24 .....	19
Figura 3.13 Licencias y versión del CUCM de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.....	20
Figura 3.14 CISCO MCS serie 78000 .....	20
Figura 3.15 Cisco MCS 7800 de la USPQ implementados en el campus El Girón. ..	21
Figura 4. 1 Servidor HP ML 150 G6 .....	22
Figura 4. 2 Servidor HP Proliant ML350 G6 2 Xeon .....	23
Figura 4. 3 Elastix EGW 2041 – Gateway GSM 4 canales .....	23
Figura 5. 1 Propuesta del Diseño del Prototipo .....	26
Figura 5. 2 Simulación en el Software GNS3 .....	28
Figura 5. 3 Página web principal del software Elastix.....	28
Figura 5. 4 Configuración general SIP Trunk .....	29
Figura 5. 5 Detalles de configuración del SIP Trunk.....	29
Figura 5. 6 Configuración de los números de destino .....	30
Figura 5. 7 Configuración de las llamadas entrantes Elastix .....	31
Figura 5. 8 Configuración Códecs en un Softphone .....	32

Figura 5. 9 Softphone con una extensión .....	32
Figura 5. 10 Esquema de enrutamiento de llamadas en CUCM.....	33
Figura 5. 11 Configuración del protocolo NBAR2. ....	36
Figura 5. 12 Copiado en la memoria flash en el dispositivo de red.....	36
Figura 5. 13 Implementación de clases y políticas .....	37
Figura 5. 14 Puerto que utiliza RTP Protocol. ....	38
Figura 5. 15 Ecuación para el cálculo del ancho de banda; <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 5. 16 Ecuación para el cálculo de paquetes por segundo; <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 5. 17 Ecuación para el cálculo del tamaño total del paquete.....	39
Figura 5. 18 Cálculo del tamaño total del paquete. ... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 5. 19 Ancho de banda entrante. .... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 5. 20 Ancho de banda a contratarse. ....	41
Figura 5. 21 Ejemplo con calculadora online- Erlang B.....	42
Figura A1.1: Configuración Route de Elastix. ....	57
Figura A1.2: Asociación del SIP Trunk con Route. ....	58
Figura A1.3 : Configuración general de una extensión en Elastix. ....	58
Figura A1.4: Configuración DID Elastix. ....	59
Figura A1.5: Permisos para recibir llamadas en una extensión Elastix. ....	60
Figura A1.6: Configuración de grabadora de llamadas. ....	60
Figura A1.7: Configuración de IMAP en Elastix. ....	61
Figura A1.8: Configuración Feature Code Admin. ....	61
Figura A1.9: Configuración de llamadas en espera. ....	62
Figura A1.10 : Configuración de códigos de acceso a una extensión. ....	62
Figura A1.11: Lista de No distribuidos Elastix. ....	63
Figura A1.12: Información de servicios Elastix. ....	63
Figura A1.13: Queues, recordings, Speed Dial Functions. ....	64
Figura A1.14: Ingreso a una extensión desde Softphone. ....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ancho de Banda Voz IP tomando en cuenta la carga de capa 2.....	8
Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de Elastix frente a CUCM.....	9
Tabla 3.1. Modelo de Direccionamiento IPv4 en el Centro de Formación Continua.	14
Tabla 4.1. Estimación de costos para implementar una central telefónica IP basada en Elastix.....	24
Tabla 5. 1. Descripción de los diferentes parámetros para el SIP Trunk en el Elastix. .....	30
Tabla 5. 2. Ancho de banda empleado en VoIP. ....	31
Tabla 5. 3. Sistema modular manejado por Cisco para la administración de la calidad de servicio.....	35
Tabla 5. 4. Líneas base recomendadas. ....	35
Tabla 5. 5. Características técnicas del equipo empleado para la implementación de NBAR.....	35
Tabla 6. 1. Comandos para la configuración del registro de flujo personalizado. ....	45

## RESUMEN

El presente documento tiene su razón de ser en: presentar una solución de voz IP, basada en el diseño de una propuesta de prototipo IP-PBX trabajando sobre el software *open source* Elastix. El diseño del prototipo propone una solución de voz IP para el Centro de Formación Continua San Bartolo, además la integración de este con el CUCM Cisco Unified Communications Manager implementado y existente en la Universidad Politécnica Salesiana. Mediante la toma de datos sobre: las topologías, enlaces arrendados, equipos de red en funcionamiento, direccionamiento, servicios implementados, aplicaciones, etc.; se describe la situación actual de las infraestructuras de red tanto de la Universidad Politécnica Salesiana como del Centro de Formación Continua San Bartolo, la propuesta de solución presentada en el documento contempla desde la configuración del servidor Elastix, hasta el monitoreo de tráfico circulante por medio de los softwares Netflow Analyzer y Wireshark. A través de la configuración de sesiones interactivas de troncales SIP se procede a integrar los dos extremos; en general procesos que dan cuenta del desarrollo de una solución funcional. Las configuraciones e instalaciones más relevantes presentadas en el documento son: del servidor de voz IP Elastix, los equipos activos de red, la instalación de programas y servidores adicionales. La voz IP, lleva consigo estándares, que garantizan su calidad, rendimiento y funcionalidad, además permiten llevar la solución propuesta, al grado de viable, por ejemplo, la norma ITU-T G.114 establece una latencia para el tráfico de voz IP circulante, no mayor a 150ms.

## **ABSTRACT**

This document has its reason for being, in presenting an IP voice solution, based on the design of an IP-PBX prototype proposal working over the Elastix open source software. The design provides a solution to IP communication requirement of Centro de Formación Continua San Bartolo, and its integration with the CUCM Cisco Unified Communications Manager implemented and existing at the Universidad Politécnica Salesiana. By taking data about: topologies, leased links, network equipment in operation, addressing, implemented services, applications, etc, the current situation of the infrastructures of Universidad Politécnica Salesiana and Centro de Formación Continua San Bartolo is described, the proposed solution presented in the document includes since the configurations of Elastix server, up to the monitoring of circulating traffic through the Netflow Analyzer and Wireshark softwares. Through the configuration of interactive sessions of SIP trunks, the two extremes are integrated; in general processes that account for the development of a functional solution. The most relevant configurations and installations presented in the document are: the Elastix IP voice server, the equipment used in routing and switching, the installation of additional programs and servers. The IP voice carries with it standard that guarantees its quality, performance and functionality, in addition these lead to the proposed solution, to the degree of feasibility for example, the ITU-T G.114 standard establishes a latency for IP voice traffic circulating, not greater than 150ms.

## INTRODUCCIÓN

La voz IP es un recurso de comunicación muy usado dentro de las empresas, instituciones públicas y privadas, incluyendo también a las redes universitarias, cuyo funcionamiento percibido desde la perspectiva del usuario, no es tan lejana, a la experimentada con el servicio provisto por una red telefónica pública conmutada PSTN, llamada telefonía convencional, normalmente.

Garantizar que los procesos transparentes para el usuario, llevados a cabo dentro de una simple llamada, sean totalmente funcionales dentro de un marco de estándares acorde a este tipo de tráfico de red, es la razón que motiva a la realización de este proyecto de titulación.

Empezando a hablar dentro del mundo del IP *protocolo de internet*, el servicio IP-PBX, es aquel cuyo objetivo primordial es la comunicación IP de los usuarios dentro de un escenario de red local LAN *Local Area Network* o Internet. Los servidores que proveen IP-PBX disponibles en el mercado, en su gran mayoría contemplan pagos por licenciamientos de servidores y teléfonos; estos pagos son de costos muy elevados y por tanto se tornan a estas soluciones poco asequibles. La alternativa a este problema se presenta en la utilización de Elastix, que además de ser *open source*, presenta una interfaz gráfica muy intuitiva, desde la cual se maneja, monitorea y configura el servicio de voz. Además del servicio de voz IP, Elastix es capaz de crear el ambiente apropiado para la integración con CUCM de Cisco. La integración de las dos soluciones empieza con la configuración de troncales SIP en los dos extremos de la red; el primer extremo correspondiente a la solución CUCM perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana, el otro extremo es la solución provista por Elastix y su servicio IP-PBX.

Hoy en día, las empresas ya no solo buscan soluciones telefónicas (PBX). Están buscando soluciones integrales, completas y "listas para usar" que les permitan ser lo más productivas posible; quieren mantener a sus compañeros de trabajo conectados, accesibles y disponibles en todo momento. (Barajas, 2015). Elastix por medio de softphones que pueden ser instalados en ordenadores personales o celulares permite que el servicio de voz IP sea accesible; X-Lite, por citar a uno de los más famosos, posee una interfaz muy sencilla y manejable que permite al usuario realizar llamadas

como si se tratara de un teléfono físico, claro por supuesto acompañado de un par de manos libres.

En la red telefónica, todo el tiempo, no existe la misma cantidad de usuarios solicitando el servicio de comunicación, existen momentos con bajo consumo de recursos por parte de los usuarios, y otros con alto consumo, por lo que escenarios donde la red colapse o exista el bloqueo de servicios, no son lejanos a la realidad. Como respuesta a lo antes planteado, el diseño de prototipo contempla la inclusión de un pack de protocolos denominado NBAR (Network Bases Application Recognition), el mismo que es configurado e instalado en un router físico de la marca Cisco, con el objetivo de reconocer el tráfico circulante mediante un etiquetado propio de cada tipo de tráfico; este tipo de solución posibilita un trato diferencial a los paquetes que transportan la información de voz IP, por lo que se convierte en un mecanismo de calidad de servicio.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1 Planteamiento del problema

El Centro de Formación Continua San Bartolo es un predio adquirido por la red universitaria de la Universidad Politécnica Salesiana, que cuenta con infraestructura civil, pero carece de otras como una infraestructura como el de red, esto crea un escenario de muchos requerimientos, de los cuales se pretende dar solución a uno; el servicio de voz IP.

La Universidad Politécnica Salesiana tiene una de las soluciones de voz IP de paga propiedad de Cisco; se trata del CUCM *Cisco Unified Communications*, el cual provoca un impacto económico, en la organización.

Visto desde la perspectiva económica empresarial y al comparar las pequeñas sucursales de una empresa o pequeñas empresas individuales PyMES, con la futura sede Centro de formación Continua, la conclusión es que, no cuentan con recursos suficientes para licenciar el software y los dispositivos, por lo que, no contemplarían dentro de sus planes usar la solución CUCM; por ello, se plantea el uso de soluciones *open source* como Elastix, que es de software libre y al igual que CUCM, se trata de un servidor, que provee el servicio de voz IP y un conjunto de comunicaciones unificadas, por supuesto previo las respectivas configuraciones.

### 1.2 Justificación del proyecto

La Universidad Politécnica Salesiana al igual que muchas organizaciones y como se mencionó antes solventa su necesidad de comunicación IP, con una solución de paga, provista por Cisco, de ahí que futuras sedes por más pequeñas o alejadas que estén, deben contar con soluciones de voz IP. La comunicación entre las soluciones establecidas y las proyectadas deben permitir la integración funcional y total para proporcionar los servicios de comunicación.

El desafío de implementar soluciones IP-PBX basadas en software libre es: la inclusión de todos los requerimientos y aspectos mínimos, entre los cuales caben destacar la disponibilidad, la calidad del servicio y la factibilidad, los cuales deben existir en una red de telefonía IP. También estos desafíos convierten a los diseños de voz IP, en una



de las soluciones que mayor importancia tienen dentro de los servicios que poseen las organizaciones; por lo antes mencionado nace el interés por desarrollar el presente proyecto de titulación.

La voz sobre IP se trata de un tipo de tráfico multimedia muy sensible, cambios bruscos en las variaciones del jitter o incrementos de tiempo en latencia, provocan una mala experiencia en la comunicación, por ello dentro del desarrollo de este proyecto de titulación, se contempla que estos parámetros estén dentro de los estándares para VoIP.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar un prototipo de IP-PBX en software libre para la UPS-Centro de Formación Continua para que se integre con la Universidad Politécnica Salesiana y su IP-PBX existente, el cual está basado en el CUCM de CISCO.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Definir la línea base de la red existente en la Universidad Politécnica Salesiana y en el Centro de Formación Continua para que se determine el estado actual de la red.
- Diseñar la red de voz sobre IP para que se determine los equipos y enlaces necesarios en función del tráfico de la red para la integración del prototipo IP-PBX.
- Implementar el prototipo de diseño IP-PBX para que se compruebe si los parámetros como latencia, Jitter, ancho de banda y paquetes perdidos están acorde a estándares de soluciones de redes con voz IP.
- Estimar los costos a ser empleados en la solución IP-PBX Centro de Formación Continua San Bartolo para que se conozca el ahorro con respecto a una solución con equipos de marca.

## CAPITULO 2

### MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1 Generalidades de VoIP

Dentro de Internet la revolución alcanzada en los últimos años ha permitido que relativamente nuevas tecnologías tengan gran atención y acogida, dentro de entornos como el empresarial, industrial y educativo. La voz IP, también conocida como VoIP por sus siglas, es una de las tecnologías que desde su aparición allá por los años 90s, ha alcanzado muchas áreas durante su desarrollo.

Voz IP usa las redes LAN o WAN para comunicar usuarios. La comunicación de dos usuarios dentro de IP se realiza mediante la conmutación de paquetes. La información de la voz humana contenida dentro de un bloque de información denominado paquete, es usado por IP para comunicar un determinado usuario que quiere comunicarse con otro, dentro de una red de datos. La voz sobre IP transforma la voz humana de lo análogo a lo digital, mediante procesos de muestreo, cuantificación y codificación; una vez que la información está representada en una forma entendible para los procesadores digitales, es colocada en bloques de información que viajan de dispositivo en dispositivo hasta alcanzar su destino, por supuesto sin dejar de lado que los procesos siguen el esquema del modelo OSI TCP/IP. (Huidobro & David)

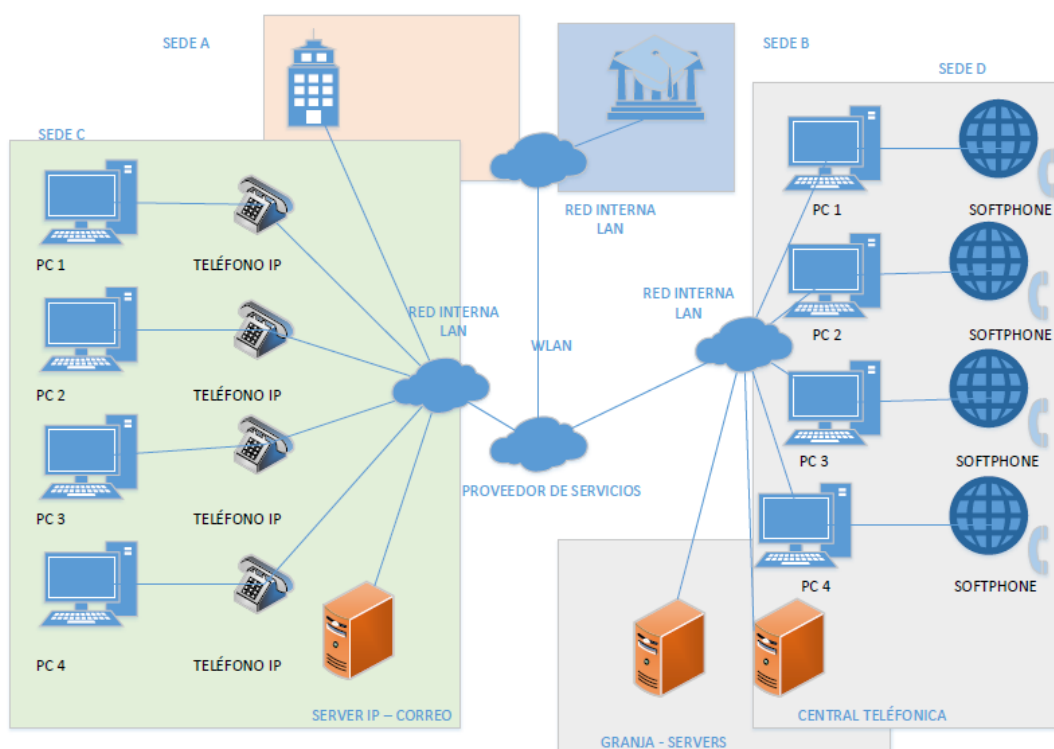
En la actualidad los servicios de voz IP, se encuentran dentro de un marco de comunicaciones unificadas, ya que no sólo contemplan el transporte de la voz humana, también se han ido agregando algunos de los servicios citados a continuación:

- Marcaje rápido.
- Registro de llamadas.
- Reconocimiento de llamadas entrantes.
- Video y audio.
- Mensajería.
- Redireccionamiento.

## 2.2 Elementos de una red de VoIP

Las soluciones de VoIP, al igual que en una infraestructura de red convencional no deja de lado, equipos como gateways, switches, firewalls, etc., a los que añaden equipos propios, estos se pueden apreciar en la siguiente Figura 2.1:

Figura 2.1. Red para voz IP.



Elaborado por: Rony Chuquín.

Es notoria la presencia de un elemento llamado Central Telefónica PBX instalado en una de las sedes, este equipo está encargado de encaminar los paquetes utilizados para el servicio de llamadas IP dentro de la institución, trabaja sin la intervención del ISP y su red pública de conmutación. El control de incoming y outgoing calls puede ser realizada por software.

En la Figura 2.1, es apreciable un Gateway VoIP a manera de nube, en cada una de las sedes que forman la red de comunicación. El equipo en mención está encargado de brindar un puerto para conectar la red privada a la red del ISP, además es el equipo inteligente que lleva sobre si, la conmutación de paquetes pertenecientes al tráfico de voz circulante en la red.

Dentro de una red de telefonía IP uno de los dispositivos imprescindibles es por supuesto el teléfono IP, se trata de un terminal físico que brinda la interfaz con la que el usuario puede acceder al servicio de voz IP, además es el encargado de convertir la voz en una señal eléctrica; este dispositivo trabaja sobre el protocolo de internet IP, y tiene varias ventajas sobre los teléfonos analógicos, entre las cuales están el bajo o nulo costo para realizar llamadas telefónicas, además de agrupar una variedad de servicios y funciones, propias de servicios de comunicaciones unificadas. (Estados Unidos Patente nº US 8,879,819 B2, 2014)

### **2.3 PBX**

Los PBX se gobiernan desde una unidad de control mediante ordenadores o servidores que ejecutan un programa almacenado (software), que al ser configurable permite ofrecer a las líneas múltiples facilidades y servicios. Entre los múltiples servicios que proveen están: los procesamientos de llamadas, estadísticas y análisis, mantenimiento y pruebas tanto del hardware como del software y permite modificar e introducir las interfaces hombre/máquina (Campanario, 2012)

### **2.4 Elastix**

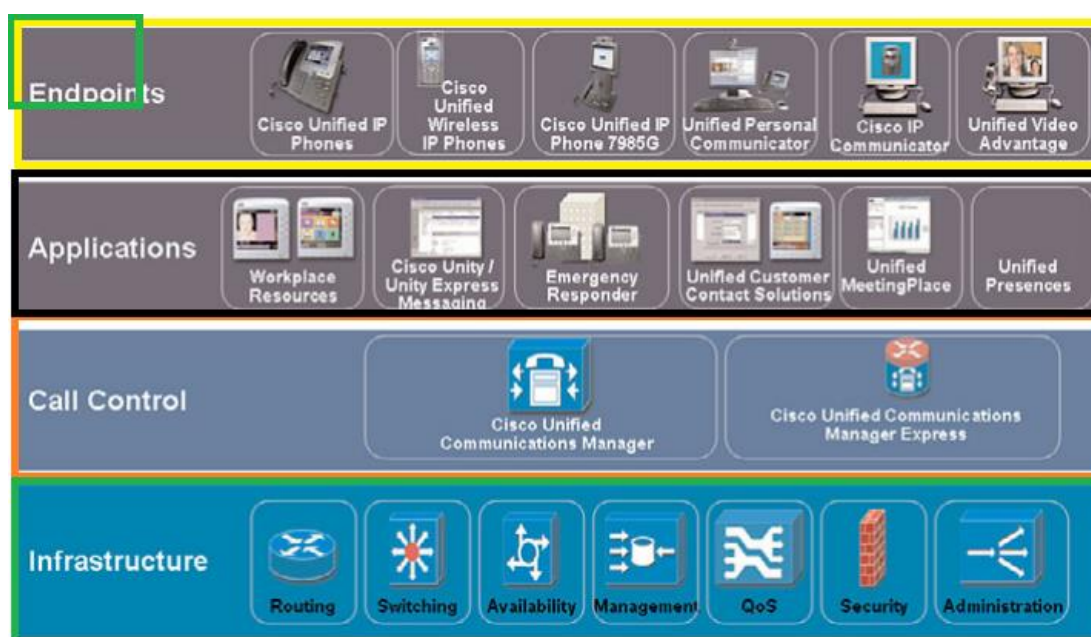
Elastix ofrece un módulo de central de llamadas con marcador predictivo incluido. Con este módulo se efectúan los servicios asociados a un proyecto de centro de atención de llamadas, y puede operar tanto campañas de llamadas como entrantes. (Campanario, 2012)

### **2.5 CUCM**

CUCM forma parte de una solución de voz sobre IP provista por Cisco denominada UC Unified Communications. UC es un sistema de comunicaciones que trabaja sobre IP y que integra algunos productos como CUCM Cisco Unified Communications Manager, CUCME Cisco Unified Communications Manager Express, CME Call Manager Express, etc.

CUCM pertenece a la sección de servicios que realizan el control de llamadas, esta solución perteneciente a Cisco es la encargada de proporcionar las siguientes funcionalidades: control, procesamiento, servicio de directorio, administración de las llamadas, señalización y control de dispositivos. (Finke & Hartmann, 2012)

Figura 2.2. Componentes de una solución UC Unified Communications.



Fuente: Representación por capas de los diferentes componentes que están presentes en una solución UC de Cisco. (Finke & Hartmann, 2012)

## 2.6 Protocolo de transporte RTP

RTP Real-Time Transport Protocol, definido en la RFC 3550 es un protocolo usado para el transporte de datos en tiempo real, como audio y video. Registra dos aspectos importantes, el primero es el número de secuencia para dar un orden a la entrega, y segundo una marca de tiempo para el control de la reproducción, cabe decir que no provee mecanismos para garantizar la entrega, es decir no es orientado a la conexión.

Los paquetes RTP, en dos grandes bloques, encontramos la cabecera que contiene la información necesaria para reconstruir el flujo de bits generado por el códec del emisor y, por otro, la carga útil, es decir el propio flujo de bits. (Maguire, 2016)

## 2.7 Protocolo SIP y TRUNK

SIP *Session Initiation Protocol* es uno de los protocolos más importantes y adoptados en telefonía IP. Se trata de un protocolo de señalización, que permite la implementación de las características del servicio en base a un funcionamiento de solicitudes y respuestas, como el establecimiento, modificación y terminación de sesiones multimedia avanzadas.

El descubrimiento y la ubicación de dispositivos también es una de las funcionalidades de SIP, por eso también se los conoce como *rendezvous protocol*. SIP implica tanto una sintaxis para crear unidades de datos UDP válidas, como la creación de mecanismos de control de los hosts involucrados en las sesiones multimedia. (Abdul, y otros, 2012)

## **2.8 Generalidades de Ingeniería de tráfico**

Hablando de manera generalizada sobre las redes de conmutación, se tienen líneas tanto de entradas como de salidas dentro de los sistemas, si repasamos el grupo de líneas de entradas como las pertenecientes a enlaces, líneas de abonado a un ISP, y las líneas de salidas como un grupo cuya tarea es la retransmisión y recepción de la demanda de comunicaciones. Así pues, a un grupo de outgoing que tiene diferentes líneas en uso, comparadas con las líneas de incoming, que son generalmente pocas en comparación (Robalino, 2012).

Ya entendida la analogía anterior, se procede a dar un concepto de Ingeniería de Tráfico, como se mostró con anterioridad, no se trata más que del aprovechamiento de recursos físicos ante una gran cantidad de flujos de tráfico, de manera que haya un balance y provisionamiento acorde a la infraestructura. Entendiendo, así pues, que la prioridad es que no existan los tan temidos bottlenecks, y por otra parte también que no se desaprovechen los recursos disponibles, para obtener sistemas eficientes de espera (Robalino, 2012) .

La ingeniería de tráfico está estrechamente relacionada con el ponderamiento y ajuste correcto de enlaces, al tráfico IP que se espera circule en el mismo. EL ancho de banda entra en juego cuando se habla de enlaces; los ISP la suscripción del abonado a un recurso limitado, son conocidos de manera general E1 y T1. La intensidad del tráfico y el grado de servicio darán cuenta al dimensionamiento de las trocales para que estas no se congestionen con el tráfico IP.

## **2.9 Códecs de audio**

Dadas las tecnologías actuales sería impensable que sistemas por donde circula tráfico de voz y video en tiempo real fueran analógicos y peor aún que estos nos dieran la experiencia que el usuario exige; dado esto las tecnologías manejan conversiones analógico/digital. Cuando un usuario realiza una llamada IP, dentro de los procesos

llevados a cabo y transparentes para el usuario, está la conversión de la voz de lo analógico a lo digital.

La mayor parte de los procesos de conversión de analógico a digital y de digital a analógico son manejados por un códec o codificador-decodificador. Los códecs utilizados hoy en día están estandarizados en las recomendaciones ITU-T. El trabajo desarrollado sobre los diferentes códecs existentes ha centrado esfuerzos en reducir la cantidad de ancho de banda consumido por el flujo de tráfico mediante el uso de una mejor compresión (Szigeti Tim, Hattingh Christina, Barton Robert, & Kenneth., 2014).

Los códecs empleados influyen de forma directa el ancho de banda requerido para transportar el tráfico requerido.

Tabla 2.1. Ancho de Banda Voz IP tomando en cuenta la carga de capa 2.

<b>Bandwidth Consumption</b>	<b>802.1Q Ethernet</b>	<b>PPP</b>	<b>MLP</b>	<b>Frame-Relay w/FRF.12</b>	<b>ATM</b>
G.711 at 50 pps	93 kbps	84 kbps	86 kbps	84 kbps	106 kbps
G.711 at 33 pps	83 kbps	77 kbps	78 kbps	77 kbps	84 kbps
G.729A at 50 pps	37 kbps	28 kbps	30 kbps	28 kbps	43 kbps
G.729A at 33 pps	27 kbps	21 kbps	22 kbps	21 kbps	28 kbps

Fuente: Tabla de referencia de proporcionada por Cisco, 2013.

## 2.10 QoS

Los modelos manejados dentro de las red IP han ido incrementando sus capacidades en cuanto a los servicios que son capaces de transportar y manejar; de esta manera se ha pasado de modelos *Best Effort* a modelos donde la calidad de servicio o QoS por sus siglas en inglés, es una herramienta que provee seguridad (CISCO, 2019).

La calidad de servicio está orientada a modelos de servicios integrados y el modelo de servicios diferenciados, dependiendo de las necesidades del cliente; el modelo de servicios diferenciados; de esta manera se ha definido con el transcurso del tiempo funciones como: el marcaje de paquetes, códigos de servicios diferenciados DSCP, y se definieron comportamientos específicos por salto PHB (disminuye la probabilidad de descarte), para los diferentes tipos de tráfico clave (CISCO, 2019)

Los escenarios comunes presentes en las redes de computadoras comúnmente presentan a diferentes usuarios, grupos de usuarios, departamentos, o incluso sedes completas de una empresa compitiendo entre sí por los recursos limitados, por lo cual redes sin QoS o definidas como redes de mejor esfuerzo o *Best Efford* no funcionan bien y no solo por la falta de suficiente ancho de banda en el enlace, también se ven afectadas por las limitaciones técnicas de los equipos como memorias, CPU, buffers, etc.

## 2.11 Ventajas y desventajas de Elastix frente a CUCM

La siguiente tabla comparativa muestra las ventajas de y desventajas de Elastix frente a CUCM de Cisco

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de Elastix frente a CUCM.

Ventajas	Desventajas
La principal ventaja es que es <i>open source</i> , es decir no requiere pagos por licenciamiento.	Si no es una solución de paga, no tiene el soporte que tiene CUCM
Esta desarrollada sobre el sistema operativo Linux, que también es de libre distribución.	Su instalación y completa funcionalidad es difícil de implementar.
Es un software de comunicaciones unificadas.	No presenta mucha facilidad al momento de la integración con varios sistemas.
Trabaja bajo estándares conocidos que la hacen totalmente funcional.	

Descripción de las ventajas y desventajas de Elastix. Elaborado por Rony Chuquín.

## 2.12 Marcaje del tráfico circulante NBAR

Network Based Application Recognition, por sus siglas en NBAR, es un sofisticado clasificador de tráfico desarrollado como una herramienta de Cisco, este es capaz de reconocer paquetes en una combinación compleja de campos y atributos. NBAR realiza una inspección profunda de los paquetes y los clasifica de acuerdo con las clases y políticas implementadas.

NBAR trabaja bajo procesos de mapeo e inspecciones de paquetes, tiene mecanismos de marcaje y reconocimiento de tráfico que trabaja no solo con protocolos IP, también soporta marcaje y reconocimiento de códecs; lo que le da mayor posibilidad y alcance,



que otras técnicas, por decir un ejemplo, se puede dar prioridad a las llamadas que trabajen con el códec G.711.

El protocolo de descubrimiento NBAR descubre cualquier protocolo de tráfico compatible, este reúne las estadísticas en tiempo real asociadas con el protocolo monitoreado, entre las estadísticas mostradas están:

- Número total de bytes y paquetes de entrada.
- Número total de bytes y paquetes de salida.
- Tasas de bits de entrada.
- Tasas de bits de salida.

Estas estadísticas ayudan a establecer y mejorar las clases y políticas implementadas en la red para mejorar la QoS (Tiso, 2011).

### **2.13 Software de monitoreo Netflow**

Se trata de un colector de tráfico IP que trabaja de la mano de varios protocolos como SNMP e IP. Netflow es una de las herramientas desarrolladas por Cisco para monitorear redes a un nivel muy detallado.

Netflow y NBAR trabajan juntos para proveer a los administradores de red, no solo la posibilidad de comprender como están siendo usado el ancho de banda, también previo un análisis del tráfico, brinda la posibilidad de elegir la prioridad que debe tener el tráfico considerado crítico sobre los otros datos circulantes.

### **2.14 Software para captura de datos WIRESHARK**

Es un poderoso capturador de datos circulantes basado en licencia GPL *open source*. Los datos capturados se interpretan y presentan en forma de paquetes individuales para su análisis, todo mediante la interfaz gráfica que presenta Wireshark.

Wireshark primero captura los datos de una interfaz de red y luego divide la captura en segmentos y paquetes para así limitar donde comienzan y terminan; luego Wireshark presenta los datos con la siguiente información: los protocolos, el direccionamiento y los datos. (Bullock, Parker, & Kadijk, 2017)

## CAPÍTULO 3

### LÍNEA BASE DEL PBX DEL CUCM EXISTENTE EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

#### 3.1 Descripción general

La Universidad Politécnica Salesiana consta de tres sedes ubicadas en Quito, Guayaquil y Cuenca, para una posible implementación del proyecto se propone enlazar la sede Quito, con el Centro de formación Continua a través de líneas arrendadas el ISP. La sede sur está conformada por tres campus ubicados en los sectores Kennedy, Girón y Sur. La sede Quito se basa en un sistema de telefonía IP en un Cisco Unified Communications Manager “CUCM”.

El otro extremo de la red que será caso de estudio en los puntos subsecuentes, es el Centro de Formación Continua ubicado en San Bartolo. El Centro de Formación no cuenta con un servidor de telefonía IP por lo que se concibe la viabilidad en el establecimiento de un servidor de telefonía libre basado en IP Elastix y CUCM (Cisco Unified Communications Manager).

#### 3.2 Arquitectura de red existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito

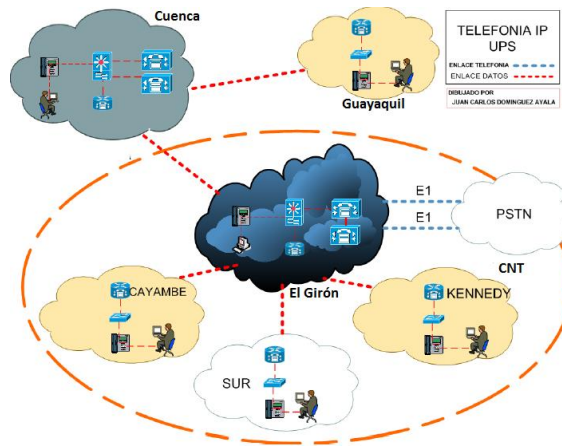
Para que los campus de la Kennedy, Sur y Cayambe logren asentar al CUCM deben hacerlo por intermedio de enlaces de datos los cuales interconectan los tres campus de la sede Quito, inclusive las sedes de Cuenca y Guayaquil como se muestra en la Figura 3.1.

La red telefónica pública conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) es utilizada para comunicaciones de voz en tiempo real, promete a los diferentes usuarios una banda base de 4 KHz e incluye la eliminación de interferencias por ejemplo el de la red pública eléctrica. Otra de las características más importantes es la capacidad que tiene para interconectarse con las redes móviles. (Jácome, 2014)

Se especifica en la Figura 3.1 dos enlaces E1, siendo estos los formatos de transmisión digital que lleva datos con una tasa de 2.048 millones de bits por segundo que cuenta con 32 canales de 64 Kbps cada uno (Valdivieso, 2014), esto significa que son troncales telefónicas, las cuales admiten manipular hasta 30 llamadas simultáneamente de voz por medio de un solo acceso de red, una de las empresas que provee de estas

troncales es CNT a precios bajos, por ser un proveedor de propiedad estatal y compararse con proveedores privados como MOVISTAR, con una calidad buena y amplia cobertura. (CNT, 2019)

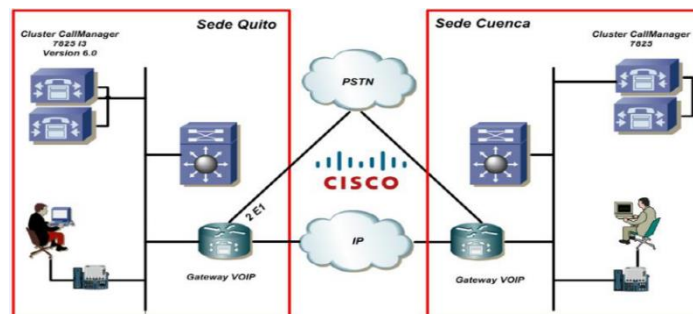
Figura 3.1. Sistema de telefonía IP de la UPS sede Quito.



Fuente: Gráfica proporcionada por el departamento de sistemas de la UPSQ campus El Girón, 2019

En la Figura 3.2 se detalla la infraestructura del Cluster Call Manager de la sede Quito y de la Sede Cuenca.

Figura 3.2 Cluster Call Manager version 6.0.



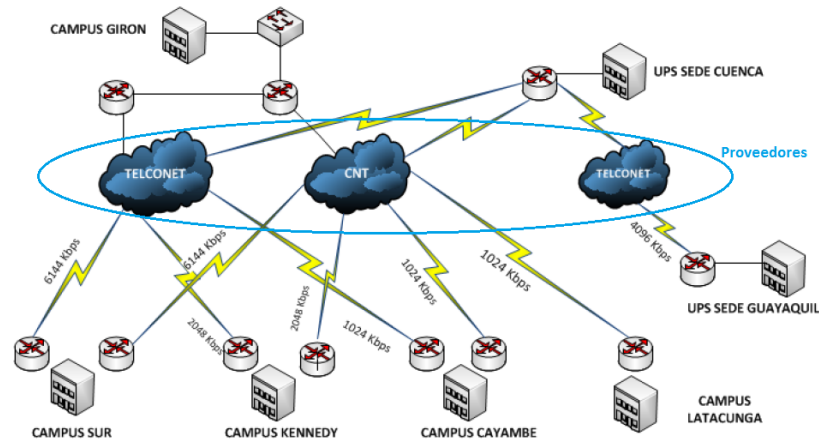
Fuente: Gráfica proporcionada por el departamento de sistemas de la UPSQ campus El Girón, 2018

### 3.3 Interconexión de campus de la UPS sede Quito

En la actualidad los campus tanto del Girón, Sur y Kennedy de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito se hallan interconectados entre sí, tiene proveedores de enlaces de datos tales como empresas grandes en el Ecuador de telecomunicaciones, como es Telconet y CNT. El campus El Girón es el administrador de las redes de los restantes campus como son el del Sur, Cayambe y Kennedy, ofreciendo así una

conexión segura y disponible en todo momento, ya que se tiene enlaces de contingencia.

Figura 3.3 Conexión interna de los campus de la Universidad Politécnica Salesiana a Nivel Nacional.



Fuente: Gráfica entregada por el departamento de sistemas de la UPSQ campus El Girón. 2018

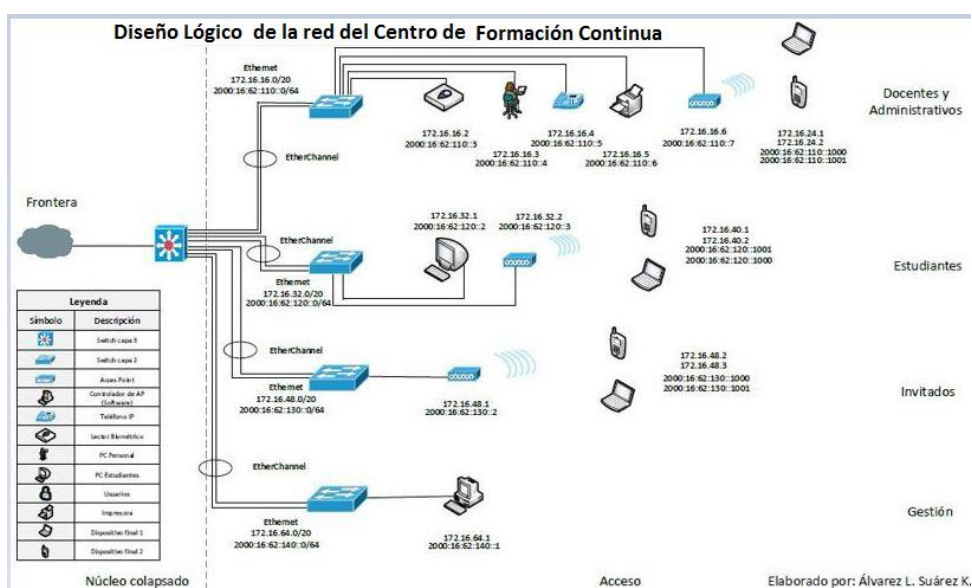
### 3.4 Descripción de la red del Centro de Formación Continua

En la Figura 3.4 se puede observar la Topología del Centro de Formación Continua, es la red con la que se basará el presente prototipo del proyecto para la integración del CUCM de la Universidad Politécnica Salesiana con el PBX Elastix Software Libre, hay que recalcar que Elastix estará configurado en el Centro de Formación Continua.

Se muestra las diferentes conexiones y distribuciones de los equipos, se tiene dispositivos tanto de capa 2 y capa 3, se define un ancho de banda para la parte de VoIP de 0.1 Mbps.

Se tiene considerado el beneficio para personal docente, administrativo y alumnos, con 284 equipos de computación, distribuidos de diferente forma, por ejemplo: Los profesores y el personal administrativo tiene designado 110 equipos de cómputo y para los alumnos 174, además considerando una cantidad de 200 hosts como visitantes.

Figura 3.4 Topología Lógica del Centro de Formación Continua.



Fuente: Imagen proporcionada por los Estudiantes Álvarez L y Suarez K, 2019

A continuación, se detalla en la tabla 3 los diferentes direccionamientos IPv4 del Centro de Formación Continua:

Tabla 3. 1. Modelo de Direccionamiento IPv4 en el Centro de Formación Continua.

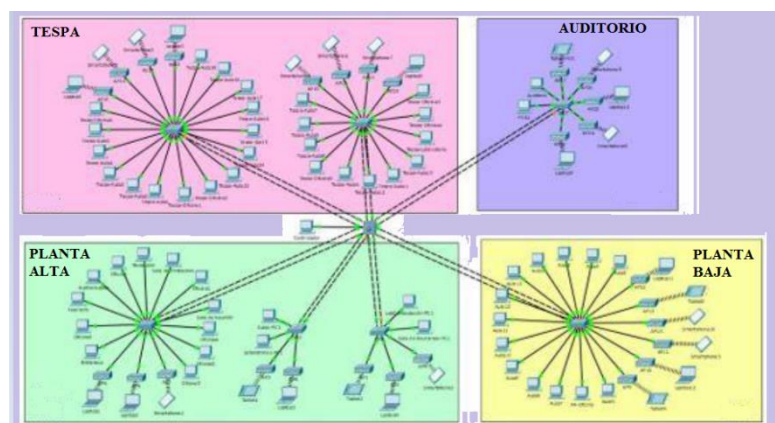
Personal	SUB-RED	Dirección de red	Máscara de subred	Primera dirección	Dirección de Broadcast
Docentes y Administrativos	1	172.16.16.0	255.255.240.0	172.16.16.1	172.16.31.255
Alumnos TESP/UESPA	2	172.16.32.0	255.255.240.0	172.16.32.1	172.16.47.255
Visitantes	3	172.16.48.0	255.255.240.0	172.16.48.1	172.16.63.255
Gestión	4	172.16.64.0	255.255.240.0	172.16.64.1	172.16.79.255
VoIP	5	192.168.200.0	255.255.255.0	192.168.200.1	192.168.200.255

Elaborado por: Chuquín Ronny, Álvarez Luis y Suárez Karen.

Con este direccionamiento se asegura un total de 4350 host que pueden ser configurados, se tomó en cuenta que el escenario presentado en la tabla 3 va a crecer, por esta razón es un sistema escalable. Crecimiento de 50% inter-anual =  $484 * 50\% = 242$ , total disponibles actual =  $4350 - 484 = 3866$ , años =  $3866/242 = 15$  años.

En la Figura 3.5 se detalla la topología física de la red del Centro de Formación Continua, se puede ver cómo están distribuidos los equipos de cada área como: TESP, Auditorio, Planta alta y Planta baja.

Figura 3.5 Simulación de conectividad de la red en el Centro de Formación Continua.



Elaborado por: Chuquín Rony, 2019

Los equipos de VoIP para la central telefónica de Elastix se encontrarán ubicados en la planta baja como se observa en la Figura 3.5.

### **3.5 Dimensionamiento de los enlaces en ingeniería de tráfico**

Uno de los retos a los cuales se enfrenta en la actualidad las redes IP, es la dificultad de convenir el tráfico IP para lograr un mejor ancho de banda. Usualmente en las redes IP convencionales los diferentes paquetes suelen seguir la vía más corta para ellos, esto suele provocar que se saturan algunos enlaces y también se sobre utilicen otras, por esta razón existe la ingeniería de tráfico.

Se subdivide en dos: Orientado a tráfico y Orientada a recursos, cada una busca mejora el tráfico en la red. (Walther, 2016)

En el presente proyecto se hará un análisis del ancho de banda de VoIP, este está orientado al tráfico.

### **3.6 Descripción de los dispositivos que componen la infraestructura de red de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito**

#### **3.6.1 Switch Cisco Catalyst 3750**

En la Universidad Politécnica Salesiana se utiliza los switches Cisco Catalyst serie 3750 como se detalla en la Figura 3.6, sus especificaciones se hallan en :[https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/switches/catalyst-3750g-24ts-switch/model.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/switches/catalyst-3750g-24ts-switch/model.html), son dispositivos de alta disponibilidad de recursos, según el fabricante, además tienen una alta seguridad y eficiencia energética, también posee la

cualidad de la escalabilidad. Son Switches de capa de acceso 2 del modelo OSI (Open Systems Interconnection), mejorando la productividad ya que permite aplicaciones como la telefonía IP (VoIP).

Figura 3.6 Switch Catalyst 3750.



Fuente: Switch Cisco Catalys Administrable capa L3 con 24 puertos GigE PoE 715 w, 2019

### 3.6.2 Switch Cisco Catalyst 6506-E

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito se tiene un switch Cisco Catalyst 6505-E, cómo se observa en la Figura 3.7 , es utilizado como switch core, su principal característica son los motores de supervisión además cuenta con adaptadores de puerto compartido, sus características se hallan en:

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/catalyst-6506-e-switch/model.html>.

Elimina la necesidad de modificar la plataforma de red, maneja una cantidad creciente de trabajo, incluye tolerancia a fallas, redundancia, capacidad de expansión, y mejora el rendimiento. Una de sus ventajas más importantes es que su infraestructura de datos utiliza la funcionalidad inalámbrica y por cable.

Figura 3.7 Switch Cisco Catalyst 6505-E.



Fuente: Cisco Catalyst 6505-E Series Switches, 2019

### 3.6.3 Teléfono Cisco 7960G

Este tipo de teléfono como se detalla en la Figura 3.8 muestra los últimos avances de VoIP, tiene puertos switch Fast Ethernet integrado, incluye audio de banda ancha, siendo ideal para las necesidades de las diferentes empresas especialmente a los empleados de las diferentes áreas como: ejecutivo, auxiliares y administrativos. (Díaz, 2017)

Los usuarios tienen una experiencia fácil con los dispositivos ya que, pueden utilizar manos libres diseñados para alta fidelidad con un audio de banda ancha, teniendo así una comunicación sin interferencias y tiene integrado la característica de altavoz, sus especificaciones se hallan en: <https://www.onedirect.es/productos/cisco/cisco-ip-7960>.

Figura 3.8 Teléfono IP Cisco 7960 G.



Fuente: Cisco Unified IP Phone 7960G, 2019

### 3.6.4 Teléfono Cisco 7800

Estos teléfonos tienen características mucho mejores a los anteriores, porque ya constan con pantallas en pixeles, mejor iluminación y también teclas fijas. Son fáciles de usar y su instalación no es complicada. Posee un ahorro de energía, lo cual conlleva a ser más eficiente y ahorrativo, que es lo que las empresas buscan al adquirir algún dispositivo, las especificaciones del teléfono se hallan en: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7800-series/index.html>.



Figura 3.9: Teléfono IP Cisco 7800.



Fuente: Teléfono IP Cisco Serie 7800

### 3.6.5 Cisco IP Communicator (SoftPhone de Cisco)

Como se especifica en la Figura 3.10, se tiene una aplicación de telefonía que está establecida en PC con Windows, permitiendo así al usuario utilizar su computadora personal para recibir llamadas y correo de voz. Es lo último en tecnología de comunicación IP, fácil de obtener, implementar y usar.

Todo lo que se necesita principalmente es una conexión de Internet, los diferentes usuarios logran trabajar desde la comodidad de sus casas con un acceso remoto a su red corporativa. (CISCO, 2019)

Cisco IP Communicator permite poner llamadas en espera, realizarlas y recibir, también realiza lo que es la marcación rápida, admite transferir llamadas y otras funciones.

Figura 3.10 Cisco IP Communicator.



Fuente: Cisco IP Communicator 7.0.6.0, 2019

Además de las ventajas dichas anteriormente, tiene las siguientes funciones:

- Tiene mensajes emergentes que son utilizados para notificar las llamadas entrantes.
- Mayor movilidad laboral.
- La ventaja de este software radica en su comunicación encriptada y niveles de seguridad.
- El ajuste de audio viene integrado.
- Facilidad en la gestión a través de páginas web y accesos controlados.

### 3.7 Descripción de los dispositivos de red del Centro de Formación Continua

En el Centro de Formación Continua se tiene instalados un Switch Multicapa CISCO Catalyst 3850, el cual proporciona convergencia total entre infraestructura cableada e inalámbrica, además permite la visibilidad y optimización de aplicaciones como se especifica en la Figura 3.11.

Figura 3.11 CISCO Catalyst 3850.



Fuente: WS-C3850-24T-S

Como distribuidores de Capa 2 se tiene un Switch UBITIQUI US-24 el cual ofrece capacidad de manejar tráfico simultaneo en todos los puertos con una baja tasa de perdida de paquetes, además sus 24 puertos soportan hasta 26Gbps, las características del equipo se hallan en: <https://www.ui.com/unifi-switching/unifi-switch-2448/>.

Figura 3.12 Ubiquiti US24.



Fuente: US-24-UBIQUITI-NETWORKS-87883

### 3.8 Descripción del PBX Cisco Unified Communications Manager CUCM existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito

La Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, está combinado por tres campus: Kennedy, Sur y Girón, las cuales han implementado un sistema de telefonía IP basado en CUCM (Cisco Unified Communications Manager) con una versión 6.0, se encuentran utilizadas 1072 licencias de las 1078 disponibles para usuarios como se detalla en la Figura 3.13.

Figura 3.13 Licencias y versión del CUCM de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.

The screenshot shows the Cisco Unified CM Administration interface. The 'License Unit Report' section is expanded, displaying three tables. The first table, 'Phone License Feature', shows 1078 units authorized and 1072 units used for license server 172.17. The second table, 'CCM Node License Feature', shows 3 units authorized and 2 units used for license server 172.17. The third table, 'Software License Version', shows the software version is 6.0 for license server 172.17.

License Server	Units Authorized	Units Used	Units Remaining
172.17	1078	1072	6
<b>Total Units for Feature</b>	<b>1078</b>	<b>1072</b>	<b>6</b>

License Server	Units Authorized	Units Used	Units Remaining
172.17	3	2	1
<b>Total Units for Feature</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

License Server	SW Version
172.17	6.0

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana campus El Girón. 2018

El CUCM está implementado en un dispositivo Cisco MCS con una serie 7800, el Cisco MCS serie 7800 es fácil de efectuar, rentable, ofreciendo un alto beneficio y disponibilidad. También es un servidor utilizado para plataformas de Cisco Unified Communications Solutions, teniendo una arquitectura completa y más que todos escalable, lo cual significa que se adapta al crecimiento continuo y da soluciones de voz IP que se ejecutan en las redes empresariales, las especificaciones del servidor se hallan en: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/unified-communications/7800-series-media-convergence-servers/tsd-products-support-series-home.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/unified-communications/7800-series-media-convergence-servers/tsd-products-support-series-home.html). (Lazo, 2010)

Figura 3.14 CISCO MCS serie 78000.



Fuente: MCS781614K9-CMC2, 2019

En el campus Girón de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito tiene instalados tres Cisco MCS 7815-I1, los cuales son utilizados como se describe a continuación:

- El primero es utilizado para el CUCM principal.
- El segundo para el CUCM de backup.
- Y por último el tercero es para IVR (respuesta de voz interactiva), es un sistema automatizado de respuesta interactiva, usualmente es para capturar información a través del teléfono como se especifica en la Figura 3.15. (Cacuango, 2017)

Figura 3.15 Cisco MCS 7800 de la USPQ implementados en el campus El Girón.



Fuente: Fotografía de los servidores Cisco MCS 7800 del campus El Girón de la UPSQ, 2018

## CAPITULO 4

### ESTIMACIÓN DE COSTOS Y COMPARACIÓN ENTRE LA SOLUCIÓN ELASTIX Y CUCM

En esta parte se detalla un análisis de costos de la solución del Elastix en comparación del CUCM que está implementado en la Universidad Politécnica Salesiana.

A continuación, se especifican los diferentes equipos para la implementación del Elastix, consultados de empresas utilizados para telefonía VoIP y también para la parte del Internet en el Centro de Formación Continua.

#### 4.1 Costos de los servidores para telefonía IP

##### Servidor HP ML 150 G6

Figura 4. 1 Servidor HP ML 150 G6.



Fuente: Support.hpe.com, 2019

Las especificaciones del servidor se hallan en:

[https://support.hpe.com/hpsc/doc/public/display?docId=emr\\_na-c01710806](https://support.hpe.com/hpsc/doc/public/display?docId=emr_na-c01710806). **Precio 2019: USD. 1.900,00 (incluye IVA)**

##### Servidor HP ML ProLiant 350 G6

Figura 4. 2 Servidor HP Proliant ML350 G6 2 Xeon.



Fuente: Intel Xeon, 2019

Las características del Servidor HP ML ProLiant 350 G6, se hallan en: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-421308628-hp-proliant-ml350-g6-server-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-421308628-hp-proliant-ml350-g6-server-_JM).

**Precio: USD. 3.650,00 (incluido IVA)**

El servidor que se utilizaría en este caso es el servidor HP ML 150 G6 porque cumple con todas las especificaciones necesarias para la telefonía, como son la memoria RAM, el espacio en el servidor, se puede expandir la memoria, con tarjeta de red y más que todos tiene un precio bajo en comparación del otro servidor.

#### 4.2 Gateway

Para un futuro en la Universidad Politécnica Salesiana requiera de una central de telefonía basada en el Software de Elastix y tenga su propia salida PSTN se puede utilizar el siguiente Gateway como lo muestra en la Figura 4.3, es un equipo que permite extender el servidor Elastix con troncales GSM, teniendo así la posibilidad de comunicarse con dispositivos móviles. (Aguilar, 2015)

Figura 4. 3 Elastix EGW 2041 – Gateway GSM 4 canales.



Gateway que soporta Elastix, Fuente: Elastix, 2019

Las características de hallan en:  
<https://www.avanzada7.com/es/productos/gateways/gateways-gsm/elastix-egw204>.

**Precio: USD. 477,63 (incluido IVA)**

En la Tabla 4 se muestra una estimación de costos para implementar una central telefónica basada en el Software de Elastix en el Centro de Formación Continua, está planeado en un inicio para aproximadamente 50 usuarios, debido a las 50 extensiones programadas en el servidor Elastix.

Tabla 4.1. Estimación de costos para implementar una central telefónica IP basada en Elastix.

<b>Hardware</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>	<b>Iva 12% (USD)</b>	<b>Precio Total (USD)</b>
Servidor HP ML 150 G6	1	1.672,00	1.672,00	228	1.900,00
Gateway Elastix EGW 2041	1	420,31	420	\$ 57,32	477,63
Costo total en Hardware			2.092,00	285,32	2.377,63
<b>Software</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>	<b>Iva 12% (USD)</b>	<b>Precio Total (USD)</b>
Licencia de la central (SO incluido)	1	0	0	0,00	0,00
Licencias para los dispositivos		0	0	0,00	0,00
Licencia de Codecs		0	0	0,00	0,00
Costo Total en Software			0,00	0,00	0,00
<b>Implementación</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>	<b>Iva 12% (USD)</b>	<b>Precio Total (USD)</b>
Diseño		0	80,00	9,60	89,60
Instalación y Configuración		0	300	60,00	360,00
Costo total de Implementación			380,00	69,60	449,60
<b>Costos totales de la implementación de una central telefónica con Software Elastix</b>			3.270,00	463,77	3.734,32

Elaborado por: Rony Chuquín.

La licencia del Cisco Unified Communication Manager (CUCM) cuenta con un costo por usuario de USD. 617,80 dólares incluido IVA, haciendo el cálculo para 10 usuarios como se planteó anteriormente, sale un valor de USD. 6.178,00 dólares.

Si comparamos los dos valores es claramente que una central de telefonía con Elastix es mucho más económica que una con CUCM, se debe tener en cuenta que solo se habla de las licencias, sin hacer un análisis de los demás dispositivos, que se necesitaría para la implementación de un CUCM en la UPSQ. Siendo notable que una central telefónica con el Software Elastix es más barata.



## CAPÍTULO 5

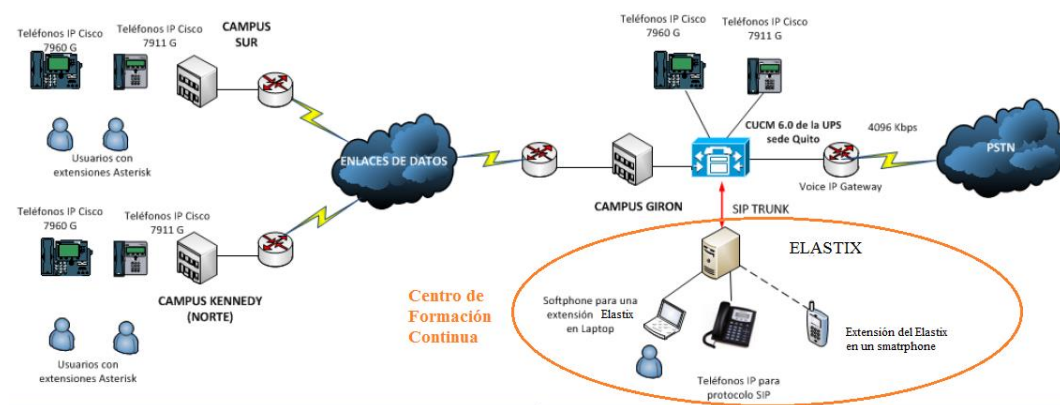
### DISEÑO DEL PROTOTIPO DE IP-PBX PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN CONTINUA SAN BARTOLO E INTEGRACIÓN DE ESTE CON EL CUCM EXISTENTE EN LA UPS

El capítulo 5 refiere la propuesta del prototipo para la integración del CUCM existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito con el Elastix que estará localizado en el Centro de Formación Continuo, se describe la configuración de cada uno y también se realiza una especificación del diseño del prototipo.

#### 5.1 Descripción general de la propuesta de diseño del prototipo

La finalidad del prototipo es hacer que se integre el servicio de telefonía del Centro de Formación Continua San Bartolo con el del Campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana tomando en cuenta factores de calidad de servicio como la calidad de la voz.

Figura 5. 1 Propuesta del Diseño del Prototipo.



Elaborado por: Chuquín Ronny, 2019

La integración de ambas sucursales de la universidad en mención requiere emplear protocolos y estándares de comunicación que trabajan sobre IP Internet Protocol. Uno de los protocolos de comunicación que más han impactado dentro de las telecomunicaciones es SIP; se trata de un protocolo de señalización que permite el intercambio de información a través del establecimiento de sesiones. El protocolo en cuestión utiliza señalización para iniciar, establecer, modificar y finalizar las sesiones requeridas para el establecimiento de la comunicación entre dos dispositivos que generalmente se trata de IP-PBX.

## **5.2 Propuesta de arquitectura del prototipo**

El prototipo trata de emular el ambiente de red mínimamente requerido para establecer la comunicación entre los dos extremos de red propuestos. Al tratarse de un prototipo, hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones: por una parte, es un prototipo, por ende, los recursos empleados para emular la comunicación entre los dos extremos son limitadas (capacidad de procesamiento, equipos de red, aspectos generales de redes de campus, etc); el siguiente escrito centra esfuerzos en mostrar los parámetros de configuración de las centrales IP-PBX propuestas.

## **5.3 Integración de Elastix con la solución CUCM de Cisco**

Elastix es un potente software desarrollado con el objetivo de brindar soluciones IP-PBX; el mencionado software trabaja con una base de ASTERIX a la cual se añaden funciones y herramientas que mejoran la experiencia del administrador con de los operadores y usuarios finales. La mejora más relevante implementada por Elastix es su fácil e intuitiva interfaz gráfica que permite gestionar tanto la configuración como el normal funcionamiento del software.

Elastix provee al usuario las herramientas y servicios más populares y empleados en centrales telefónicas IP-PBX. El soporte para virtualización, su interfaz web y los reportes que pueden ser generados son parte de las herramientas más usadas por los administradores de red que hacen uso del software.

La integración entre dos soluciones de voz sobre IP está basada en una previa compatibilidad manejada tanto a nivel de software como de hardware. Las limitaciones de integración entre Elastix y CUCM están derivadas meramente por el manejo de protocolos y estándares de comunicación.

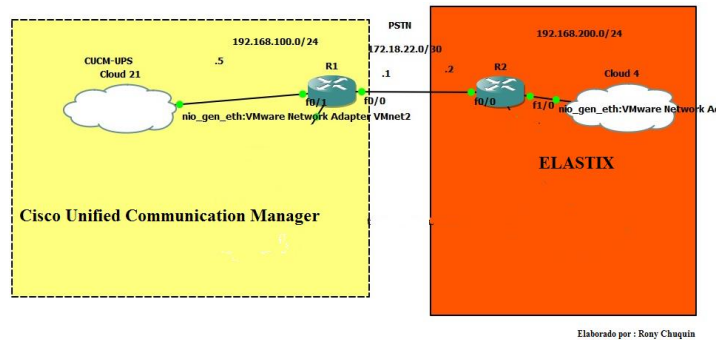
La integración entre Elastix y CUCM descrito en los siguientes apartados de este trabajo están ligados a un prototipo de integración por ende se propone el manejo de un escenario controlado a manera de laboratorio en el cual se emulará la mencionada integración. La emulación de la red es el corazón del prototipo puesto que es quién permitirá el intercambio del tráfico de red que se generó dentro de la red.

A continuación, se procederá a describir la configuración de Elastix primeramente para luego continuar con CUCM.

### 5.3.1 Simulación en el Software GNS3

El software GNS3 es un emulador mediante el cual se puede colocar una imagen ISO de un equipo ya sea Switch, Router o servidores para tener una descripción del funcionamiento del equipo en condiciones reales. Una de sus ventajas es que es utilizado para certificaciones como por ejemplo el de Cisco CCNA.

Figura 5. 2 Simulación en el Software GNS3.

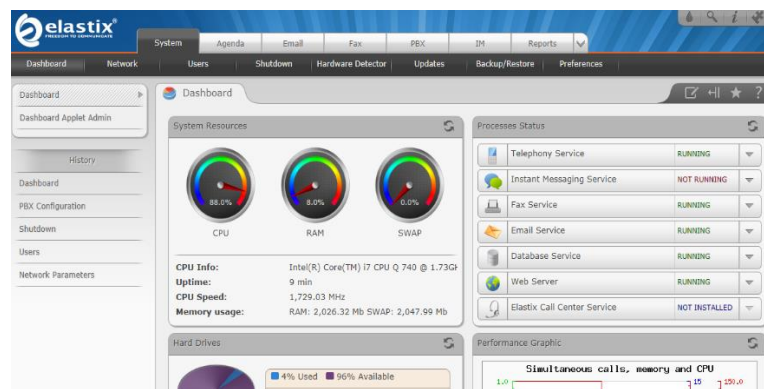


Elaborado por: Rony Chuquín.

### 5.3.2 Instalación y configuración de Elastix

Para la instalación del software Elastix se debe seguir los pasos de instalación de la ISO, cuando se completa los pasos queda listo para ser utilizado, se puede acceder a él mediante un navegador y la IP del servidor.

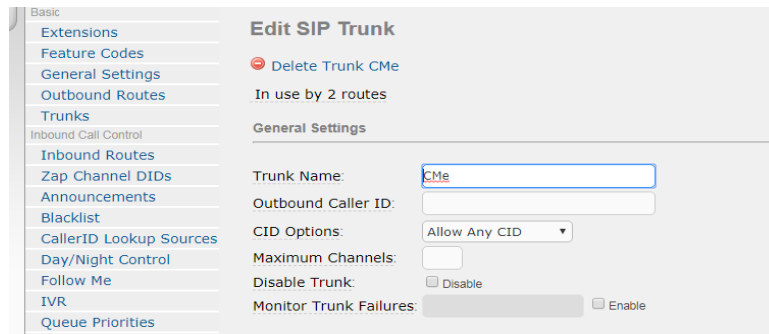
Figura 5. 3 Página web principal del software Elastix.



Elaborado por: Rony Chuquín.

Para lograr integrar el software Elastix con él CUCM se debe configurar el SIP Trunk, en primer lugar, se debe configurar el nombre como se detalla en la Figura 5.4, y otros parámetros descritos a continuación.

Figura 5. 4 Configuración general SIP Trunk.

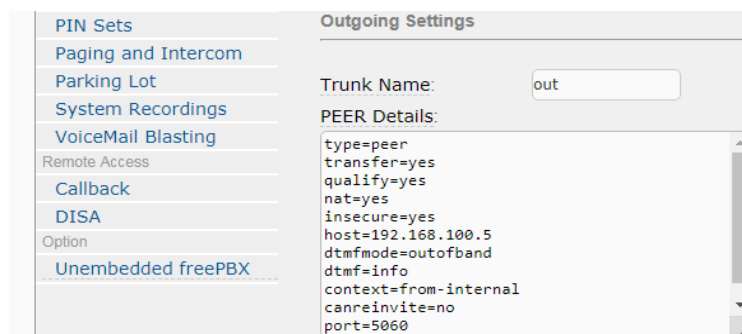


Elaborado por: Rony Chuquín

SIP Trunk permite que las llamadas del CUCM lleguen hasta el Elastix, logrando así una comunicación entre la UPSQ sede Quito, se incluye también las extensiones de las diferentes sedes como son las de Guayaquil y Cuenca. La PSTN permite que números convencionales realicen llamadas, comunicándose entre lo descrito anteriormente.

Para verificar la configuración del SIP Trunk se puede ver en la opción PEER Details como se especifica en la Figura 5. 5 o se puede acceder por consola al archivo sip.conf.

Figura 5. 5 Detalles de configuración del SIP Trunk.



Elaborado por: Rony Chuquín.

Tabla 5. 1. Descripción de los diferentes parámetros para el SIP Trunk en el Elastix.

Parámetro	Descripción
<u>type</u>	Con "Peer" es una llamada saliente, es utilizado cuando se realiza una llamada desde un teléfono normal.
<u>qualify</u>	Este comando en modo "yes" permite verificar al cliente para saber si está disponible o no, también se puede monitorearla latencia en el enlace troncal.
<u>nat</u>	Cambia el comportamiento del Elastix para clientes que se encuentran detrás de un firewall.
<u>insecure</u>	"yes" realiza la combinación de un par basado solo por la dirección IP.
<u>host</u>	Esta variable sirve para configurar la IP del CUCM de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito para que el Elastix se pueda conectar. Llamada también como encontrar el cliente.
<u>dtmfmode</u>	Es como el cliente maneja la señalización utilizando como predeterminado la RFC2833, se configuro como "outofband".
<u>context</u>	Esta variable permite enrutar las diferentes llamadas desde un extremo al destino que se desea. Por esta configuración "from-internal" solo podrán marcar las extensiones incluidas en su contexto.
<u>careininvite</u>	Niega las re-invitaciones, se estableció como "no" para forzar al Elastix a no intercambiar mensajes RTP.
<u>port</u>	Envía la solicitud de registro al puerto "5060" del host. Se debe tener en cuenta que no es el puerto para que escuche el Elastix.
<u>allow</u>	Los códecs son permitidos en orden de preferencia, se estableció como "all".
<u>disallow</u>	No permite todos los códecs, especialmente desactiva los que están por defecto permitidos, se configuro como "all".

Elaborado por: Rony Chuquín.

Después se debe configurar el destino de las llamadas de esta PBX.

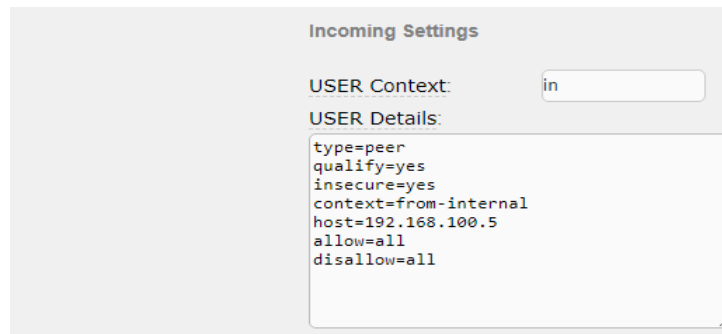
Figura 5. 6 Configuración de los números de destino

The screenshot shows the 'Dialled Number Manipulation Rules' configuration page in Elastix. On the left is a navigation menu with items like 'Queues', 'Ring Groups', 'Time Conditions', 'Time Groups', 'Internal Options & Configuration', 'Conferences', 'Languages', 'Misc Applications', 'Misc Destinations', and 'Music on Hold'. The main content area is titled 'Dialled Number Manipulation Rules' and contains several input fields and buttons. There are two rows of configuration, each with a '(prepend)' field, a '+' sign, a 'prefix' field, a vertical bar, and a text input field. The first row has '1XX' in the text input field, and the second row has 'match pattern'. Below these are buttons for '+ Add More Dial Pattern Fields' and 'Clear all Fields'. There is also a 'Dial Rules Wizards' dropdown menu set to '(pick one)' and an 'Outbound Dial Prefix' text input field.

Elaborado por: Rony Chuquín.

También se puede verificar las configuraciones para llamadas entrantes, cada parámetro configurado se detalla en la tabla 5.

Figura 5. 7 Configuración de las llamadas entrantes Elastix.



Elaborado por: Rony Chuquín.

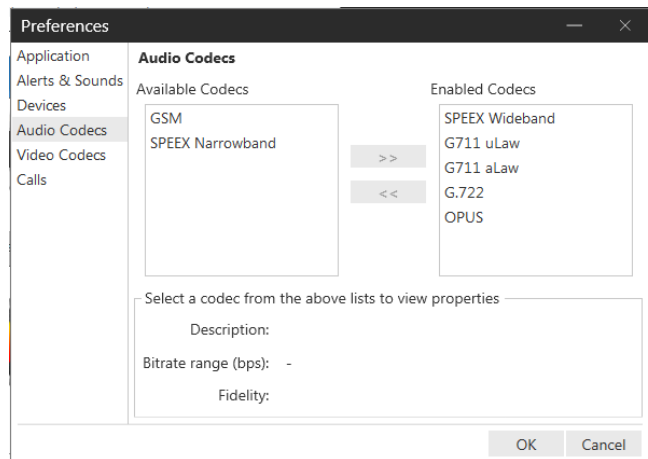
Desde el servidor se pueden configurar los Códecs a utilizar; pero en caso de que el usuario lo requiera puede utilizar los códecs que crea más convenientes. Se configuro con el códec G711.

Tabla 5. 2. Ancho de banda empleado en VoIP.

Consumo en ancho de banda	Intervalo de paquetización en ms	Carga de voz en bytes	Paquetes perdidos por segundo	Ancho de banda empleado por conversación (kbps)
G711alw	20	160	50	80
G711ulaw	30	240	33	74
G722(64 bits)	10	160	50	82,8
G729	10	20	50	8
G723.1	30	24	33.3	6.3
G726	5	60	50	32
G728	5	60	33.3	16
G722	10	160	50	64

Elaborado por: Rony Chuquín.

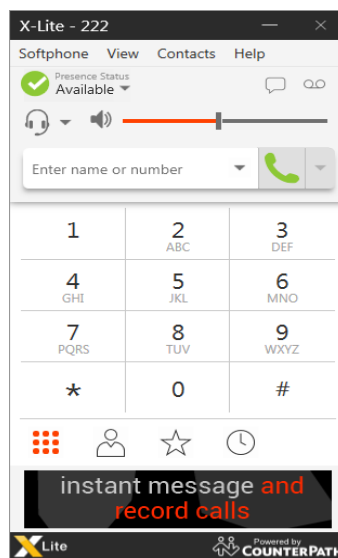
Figura 5. 8 Configuración Códecs en un Softphone



Elaborado por: Rony Chuquín

A continuación, se muestra el softphone con una extensión asignada por el servidor del Elastix,

Figura 5. 9 Softphone con una extensión



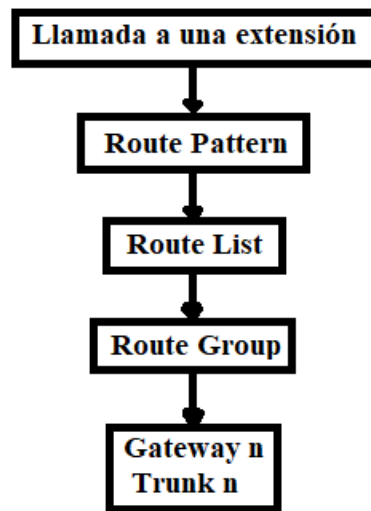
Elaborado por: Rony Chuquín

Las demás configuraciones del Elastix se detallan en el Anexo 1.

### 5.3.3 Instalación y configuración de CUCM de Cisco

Dentro de los servidores de telefonía se tiene varias formas de integrar dos servidores haciendo que paquetes de audio sean compatibles. Para CUCM se siguen ciertos pasos para enrutar una llamada, muchos otros servidores de telefonía siguen este esquema.

Figura 5. 10 Esquema de enrutamiento de llamadas en CUCM.



Elaborado por: Rony Chuquín

Al momento de realizar una llamada primero se verifica si existe el número o la extensión marcada mediante Route List para después apuntar hacia una IP o una lista priorizada de Route Groups, en caso de que no se encuentre localmente el número o extensión se pasa al Gateway y los troncales, puede ser más de uno.

Las configuraciones del servidor CUCM se encuentran en la sección Anexo 2.

#### 5.4 Propuesta de QoS

Hoy en día hablar de calidad de servicio QoS es más común si se lo compara con unos cuantos años atrás. QoS es una herramienta empleada por los profesionales técnicos en redes de computadoras para mejorar los distintos tipos de servicios prestados en las redes LAN y WAN generalmente.

La calidad de servicio para el prototipo descrito en el presente trabajo está a cargo de la implementación y la posterior puesta en funcionamiento en un futuro del protocolo de marcaje NBAR. El mencionado protocolo de red a un nivel más básico trabaja con políticas y clases que son configuradas en los equipos activos de la red.

La calidad de servicio tiene por objetivo la priorización del tráfico, dependiendo de las aplicaciones a utilizar, para dar mejor uso al ancho de banda disponible dentro de la red. (Szigeti Tim, Hattingh Christina, Barton Robert, & Kenneth., 2014)



NBAR es un estándar manejado y desarrollado por Cisco con el afán de conformar redes de computadoras donde el tráfico tenga un tratamiento diferenciado y por el cual se garanticen los mencionados tráficos críticos. La voz IP es un tráfico de red que cae dentro del mencionado tráfico crítico, ya que es un servicio ocupado para la telecomunicación entre dos extremos de red. El protocolo de marcaje NBAR y el modelo seguido para la instalación de este dentro de la red del prototipo usa las marcas DSCP (DiffServ), el cual asigna mediante códigos diferenciados una clasificación para un posterior trato preasignado a cada tipo de tráfico crítico (Voz IP) de forma independiente.

Los esfuerzos de NBAR están enfocados en brindar a los usuarios (extremos finales de la red) un servicio que garantice nivel de aceptación normados y estandarizados dentro de un marco de funcionalidad, de esta manera se describe como inaceptable una latencia mayor a los 150 ms en una llamada de voz, lo que delimita a la red en un rango de rendimiento bajo niveles aceptables de servicio SLA Service-Level agreements.

El tratamiento de tráfico circulante dentro de una red sin QoS trabaja bajo una idea de best effort o mdel mejor esfuerzo es decir todos los paquetes de red son tratados de la misma manera. En un ambiente donde se pudiera tener todos los recursos necesarios para el procesamiento de la información con CPU, memorias y ancho de banda suficientes este escenario funcionaria y cumpliría con todas las expectativas de los usuarios (lamentablemente ninguna red dispone de todas esas características). En redes carentes de políticas de QoS, los distintos tráficos circulantes sufren de conflictos durante el procesamiento y envío.

El marcaje NBAR permite al administrador de red implementar políticas de red para garantizar que decisiones correctas sean tomadas por los equipos activos de la red en favor de mantener operativos los servicios más críticos. (Szigeti Tim, Hattingh Christina, Barton Robert, & Kenneth., 2014)

Cisco utiliza un sistema modular para la creación de plataformas configurables que simplifican el trabajo y administración de las configuraciones de calidad de servicio, de esta manera se definen tres componentes o modulo principales:

Tabla 5. 3. Sistema modular manejado por Cisco para la administración de la calidad de servicio.

Modulo principales
Policy-map
Class-map
Service-map

Elaborado por: Rony Chuquín.

Siguiendo el orden descrito con anterioridad corresponde a: el cómo se debe dar el servicio a un determinado tipo de tráfico, la identificación del tráfico para así, poderle dar un tratamiento especial, por último, el servicio permite a través de las políticas vinculadas crear el ambiente.

Existen recomendaciones previamente establecidas y que siguen normas, las cuales son llamadas bases. Las líneas base recomendadas que interesa están resumidas en la siguiente 8:

Tabla 5. 4. Líneas base recomendadas.

PHB	DSCP	DSCP Valor Binario	Referencia	Protocolos Aplicables	Configuración
EF	EF	101110	RFC 3246	Tráfico de Voz	RSPV Queuing = priority
Señalización Telefónica	Class Selector 3	0110000	RFC 2474	SIP, H323	Queuing = rate based Active queue management = WRED

Elaborado por: Rony Chuquín.

Si se procede a tomar en cuenta el sistema modular para la administración de la calidad de servicio, el prototipo requiere la inclusión de un dispositivo físico que permita el mencionado marcaje de tráfico NBAR, el dispositivo elegido para este propósito cumple las siguientes características, como se especifica en la Tabla 9:

Tabla 5. 5. Características técnicas del equipo empleado para la implementación de NBAR.

Interfaces	2 puertos GE, EHWIC en la tarjeta.
Memoria	512MB
Voltaje soportado	100 – 240 VAC

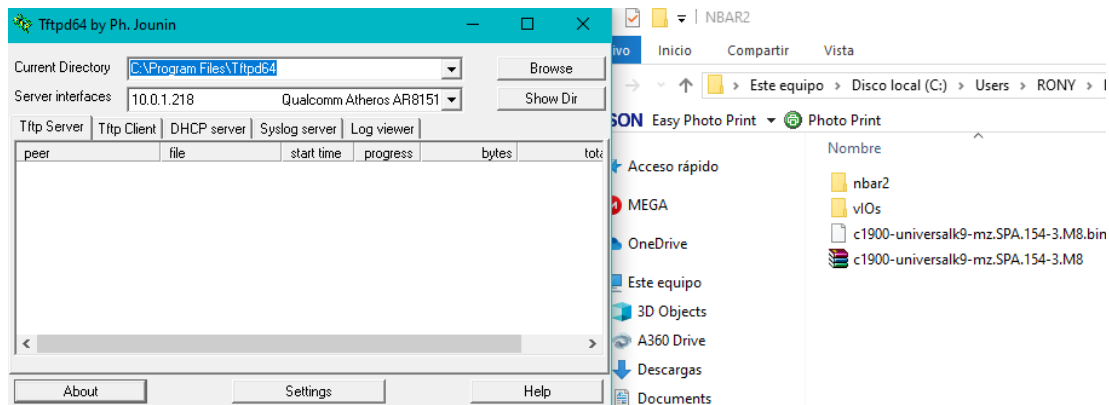
Elaborado por: Rony Chuquín, (CISCO, CISCO, 2019).

Para la instalación y configuración, se procede a seguir el siguiente orden para implementar la propuesta de calidad de servicio.

1. Instalación del protocolo NBAR en el equipo empleado para el marcaje de tráfico

EL prototipo requiere la inclusión de un router físico en el cual es necesario realizar el alojamiento y posterior configuración del protocolo NBAR2, para ello se emplean procesos de transferencia de archivos mediante un modelo de TFTP, es decir a manera de cliente se realiza una transferencia de archivos que se asemeja mucho a FTP pero que se emplean procesos más simples para llevar este objetivo a cabo.

Figura 5. 11 Configuración del protocolo NBAR2



Elaborado por: Rony Chuquín

2. Una vez enlazado el dispositivo al servidor TFTP se procede a copiar la información del protocolo dentro de una de las memorias flash disponibles en el dispositivo de red

Figura 5. 12 Copiado en la memoria flash en el dispositivo de red

```
boot-start-marker
boot system flash0:/flash/c1900-universalk9-mz.SPA.154-3.M8.bin
boot system flash0:c1900-universalk9-mz.SPA.1
boot system flash0:c1900-universalk9-mz.SPA.154-3.M8.bin
boot system flash0:cme-full-4.1.0.2
boot-end-marker
```

Elaborado por: Rony Chuquín

3. Después de copiar los archivos, el dispositivo llevará almacenada la imagen IOS de Cisco, la versión C1900-universalk9-mz.SPA.154-3.M8.bin cumple con las características y permite implementar QoS por medio de marcaje de

paquetes siguiendo un modelo DiffServ. Es necesario introducir el siguiente comando para modificar el IOS desde el que booteará el sistema: boot system flash0:c1900-universalk9-mz.SPA.154-3M9.bin.

4. Para implementar la propuesta de calidad de servicio, es necesario introducir una serie de comandos en la consola CLI. Los comandos a configurarse deben seguir un orden; como primer procedimiento está la creación de una clase, para una posterior implementación de políticas de red con las cuales definirán las propiedades del servicio.
5. El comando class-map es la antesala a la creación de la clase. Dentro de la clase se define un nombre de identificación, es recomendable la inclusión de un nombre acorde, además su importancia también radica en la definición del tipo de tráfico a ser calificado y marcado.
6. El comando match protocol permite configurar los criterios de coincidencia para un mapa de clase sobre un protocolo específico. La política se base en la clase cread previamente; en este apartado también es importante definir un nombre relacionado al servicio, por ello se colocó como nombre el protocolo NBAR2-MARCA.
7. Es apreciable dentro de la estructura de la política, el comando *set*, el mismo que permite especificar la herramienta a ser utilizada para la implementación de QoS dentro del entorno de red del prototipo. (CISCO, CISCO, 2008)

Figura 5. 13 Implementación de clases y políticas

```
class-map match-all NBAR2-VOZ
match protocol cisco-phone
class-map match-any NBAR2-SEN
match protocol sip
!
policy-map NBAR2-MARCA
class NBAR2-VOZ
set dscp ef
```

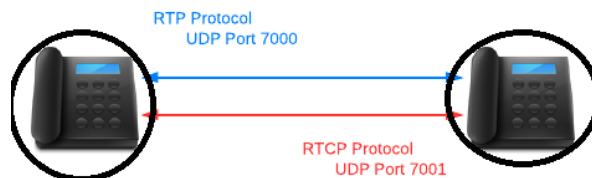
Elaborado por: Rony Chuquín

## 5.5 Análisis del tráfico – Ancho de banda necesario

La parte de la señalización de la llamada es lo que hace posible una llamada. En el contenido de audio, es transmitido a través de RTP (protocolo de transporte en tiempo real), definido en la RFC1889, el cual pertenece a un estándar de telecomunicación para VoIP.

RTP es empleado para diferentes sistemas de comunicación y más que todo para transmisión, como por ejemplo para telefonía. En la Figura 5.14 se especifica que RTP utiliza el puerto 7000 y RTCP 7001.

Figura 5. 14 Puerto que utiliza RTP Protocol.



Elaborador por: Rony Chuquín

RTCP trabaja junto con RTP se define en la RFC 3550, RTCP es el encargado de supervisar la calidad de servicio (QoS), también ayuda en la parte de la sincronización y no es provee encriptación o lo que es algún método autenticación. Es importante recalcar que RTP trabaja junto con SIP. Para propósitos de cálculos es despreciable la señalización SIP porque es insignificante.

Dado que el audio suele ser bastante grande, se utiliza códecs como se muestra en la Tabla 5 para ser codificado los paquetes de VoIP antes de ser enviado por la red. Algunos códecs provocan una calidad de audio diferente, consumen diferentes anchos de banda.

Lo llamados “paquetes” contiene información de los datos enviados al destino y así cuando llegan se los pueda reconstruir para saber la información que contienen correctamente.

Para el audio es necesario codificarlo y es ineludible ser empaquetado dentro de paquetes RTP, después son puestos dentro de paquetes UDP, luego deben ser encajonados adentro de paquetes IP.

Ethernet es el tipo de red más común a nivel mundial y requiere también de otro empaquetamiento. Por esta razón para estos tipos de paquetes se referiría como **overhead** para el cálculo.

Se debe tener en cuenta que este overhead es fijo como se describe a continuación:  
RTP = 4.8 Kbps, UDP = 3.2 Kbps e IP = 8 Kbps.

La VoIP requiere una cierta cantidad de ancho de banda para que trabaje bien. A continuación, en la Ecuación 5.1 se detalla la ecuación para el cálculo de la tasa de transferencia de datos y es medida bits por segundo (bps).

$$\text{Ancho de banda} = \text{tamaño total de paquetes} * PPS \quad \text{Ec. (5.1)}$$

PPS significa “Paquetes por segundo” y se calcula de la siguiente manera como se muestra en la Ecuación 5.2.

$$PPS = \frac{\text{tasa de bits de códec}}{\text{tamaño de la carga útil de voz}} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

El otro elemento como se describió en la Ecuación 5.1 es el tamaño total de paquetes, se calcula como se especifica en la Ecuación 5.3.

$$\text{Tamaño total de paquete} = (\text{cabecera de capa 2}) + (\text{cabecera IP/UDP/RTP}) + (\text{Tamaño de la carga útil de voz} \quad \text{Ec. (5.3)}$$

Un códec es un estándar de conversión de sonido a la señal digital y viceversa, usualmente hay 8 diferentes como se muestra en la Tabla 4.

La fórmula para calcular la tasa de bits del códec es: muestras de códec sobre el intervalo del muestreo de códec.

El tamaño de muestreo de códec es el número de bytes cogidos por el DSP (Procesador de Señal Digital) en cada intervalo de muestre de códec.

En este proyecto se determinó que el mejor códec es el G711, porque tiene una buena calidad de audio, también es utilizado tanto por Elastix y el CUCM.

El códec G711 tiene un retardo en la codificación de 0.125 ms mientras que el G722 tiene uno de 3 ms, por esta razón, a pesar de que los códec tienen características similares y se puede utilizar cualquiera, sigue siendo mejor él G711. (Daniel, 2016)

El códec G711 tiene una carga de voz 160 bytes como se muestra en la Tabla 5, este valor se utilizado para el cálculo del ancho de banda de VoIP en el presente proyecto.

Por lo general se agrega una sobrecarga en la cabecera de 18 bytes para Ethernet, en este valor de incluye 4 bytes de la secuencia de verificación de trama o CRC (código de detección de errores) usualmente es utilizado para lo que son las redes digitales. (Micolini Orlando & Augusto., 2013)

Para el cálculo del ancho de banda también se necesita los datos de la capa transporte y sesión, como son: El valor de UDP (User Datagram Protocol) es de 8 bytes, se utiliza 20 bytes de IP, y para el RTP (Real Time Protocol) un valor de 15 bytes, sumado todo da 40 bytes. (Vesga Juan, Granados Gerardo, & Vesga José, 2016)

CRTP (Compresión de Protocolo de Transporte en tiempo Real) es un encabezado que combinado reduce los 40 bytes descritos anteriormente a 2 o 4 bytes. Se debe tener en cuenta que no es recomendable ser usado en conjunto con Ethernet, para el cálculo del ancho de banda se utilizara 2 bytes.

La cabecera de nivel 2 tienen un valor de 6 bytes, la cabecera IP/UDP/RTP es de 2 bytes y la carga útil es de 160 bytes por el códec G711. (Vesga Juan, Granados Gerardo, & Vesga José, 2016)

Se procede a reemplazar los datos en la Ecuación 5.3 para el cálculo del tamaño total del paquete, siendo igual a 168 bytes.

Se sabe que cada byte es equivalente a 8 bits por esta razón se procede a cambiar el valor del tamaño total del paquete a bits, siendo igual a 1344 bits.

Como siguiente paso se calcula los paquetes por segundo, para el G711 se tiene una velocidad de bit de 64 kbps como se muestra en la tabla 3, se realiza la transformación a bits siendo 64 000 bps y la carga útil de 160 del Códec G711 queda en 1280 bits.

Reemplazando estos valores en la Ecuación 5.2 se tiene un valor de 50 paquetes por segundo. Esto quiere decir que la capacidad del ancho de banda permitirá 50 paquetes cada segundo.

Como último se calcula el ancho de banda con la formula descrita en la Ecuación 5.1, reemplazando los valores se tiene un valor de 67200 bps, transformado el valor a Kbps queda: 67,2 Kbps. El ancho de banda requerido por llamada es de 67,2 Kbps.

El ancho de banda solicitado para 10 llamadas entrantes simultáneas puede ser obtenido al multiplicar el valor obtenido por llamada por la cantidad mencionada, como se especifica en la Ecuación 5.4:

$$\text{Ancho de banda entrante} = 67,2 \text{ Kbps} * 10 \text{ llamadas simultaneas} \quad \text{Ec. (5.4)}$$

$$\text{Ancho de banda entrante} = 672 \text{ Kbps}$$

Si se toma en cuenta, tanto las llamadas entrantes como las salientes se obtiene un ancho de banda total a ser contratado, como se detalla en la Ecuación 5.5:

$$\text{Ancho de banda a contratarse} = 1344 \text{ Kbps o } 1,344 \text{ Mbps}$$

### 5.5.2 Tráfico Ofrecido

Para estimar el tráfico ofrecido primero debemos estimar la cantidad de operadores/usuarios que se espera utilizaran el recurso y servicio de red, además del tiempo estimado de duración de la llamada. El mencionado calculo servirá para estimar la capacidad del enlace requerido de manera correcta, es decir, no estén sub o sobre dimensionados.

Así luego, como primer paso se procede a calcular el volumen de tráfico como se especifica en la Ecuación 5.6,  $V = 300$  minutos.

$$V = 50 \text{ usuarios} * \left(\frac{2 \text{ llamadas}}{\text{usuario}}\right) * \left(\frac{3 \text{ minutos}}{\text{llamada}}\right) \quad \text{Ec. (5.6)}$$

Entonces el tráfico puede ser calculado con la siguiente fórmula como se detalla en la Ecuación 5.7,  $A = 5$  Erlang

$$A = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (5.7)}$$

Al observar la tabla de referencia para el cálculo con Erlang B se procede a determinar la cantidad de canales necesarios para realizar 50 llamadas simultaneas a una probabilidad de bloqueo del 1%.

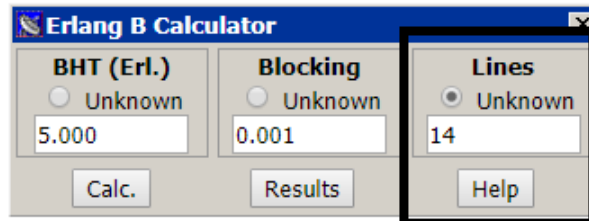
Para este caso de estudio es necesaria una cantidad de 15 canales para llamadas offnet VoIP; los cuales serán usados transportar el tráfico, es decir, estos canales tendrán que ser contemplados al momento de arrendar las troncales al proveedor de servicios. En el peor de los casos, es decir cuando todos los usuarios realicen 2 llamadas con una duración de 3 minutos y una pérdida de 1 llamada por cada 100 llamadas por la probabilidad de bloqueo serán necesarios los 15 canales.

Con el afán de realizar una comprobación es posible emplear una calculadora Erlang B (disponible en: [www.erlang.com/calculator/erlb/](http://www.erlang.com/calculator/erlb/)) para obtener un valor más preciso. La calculadora empleada está disponible en la página Westbay Engineers con el siguiente link de acceso:



Figura 5. 21 Ejemplo con calculadora online- Erlang B.

<https://www.erlang.com/calculator/erlb/>



Elaborado por: Rony Chuquín

Este método es utilizado mayormente en las comunicaciones de telefonía IP, ya que mide el tráfico de la comunicación. También describe el volumen del tráfico medido por hora, esto quiere decir cuánto de recursos compartidos ocupa.

Un ejemplo simple es que, si tres personas de algún departamento están ocupando, las tres al mismo todo el tiempo, esto sería 3 Erlangs. Usualmente es ocupado para dimensionar las líneas telefónicas y los agentes precisos para efectuar con un fijo nivel de servicio.

Uno de los factores que se debe a tener cuenta, es el grado de servicio (GoS), definiendo la probabilidad de la que las llamadas sean bloqueadas por falta de línea telefónica, tomado de la tabla Erlang B que se encuentra en el anexo A2.30.

Teniendo todo esto se calcula la cantidad de los canales obligatorios y el ancho de banda para realizar la diferente comunicación.

### **5.5.3 Tráfico máximo que puede soportar el Servidor de VoIP**

Se torna necesario el evaluar cuanto tráfico va a soportar el servidor, ya que se tiene limitaciones de parte del servidor, se hará un análisis de cuantas llamadas simultaneas pueden mandar sin que haya problemas, por ejemplo, que el rendimiento baje por el solapamiento en el servidor.

Se debe tener en cuenta la capacidad del servidor al atender las llamadas, porque es importante recalcar que se consume procesamiento y este elemento es limitado por las características de fábrica del dispositivo.

## CAPITULO 6

### NETFLOW Y WIRESHARK

En este capítulo se describe las diferentes mediciones de tráfico realizados con los NetFlow Analyzer y el Software de WIRESHARK, para así tener una mejor perspectiva de la red en el aspecto de VoIP.

En la actualidad emplear herramientas de monitoreo de redes es muy común. Dada la complejidad de ciertas redes es importante tomar en cuenta siempre una solución que permita el monitoreo y la recolección de datos sobre el tráfico circulante.

#### 6.1 Captura de tráfico con NetFlow

NetFlow Analyzer es un software desarrollado bajo el protocolo Netflow, el cual fuera formado por la empresa estadounidense Cisco. NetFlow Analyzer es una herramienta orientada al monitoreo de redes, permite recolectar datos sobre el tráfico circulante en nodos específicos, es decir puede mostrar datos sobre velocidad de transmisión, empleabilidad de protocolos y estado de funcionamiento mediante gráficos y datos crudos.

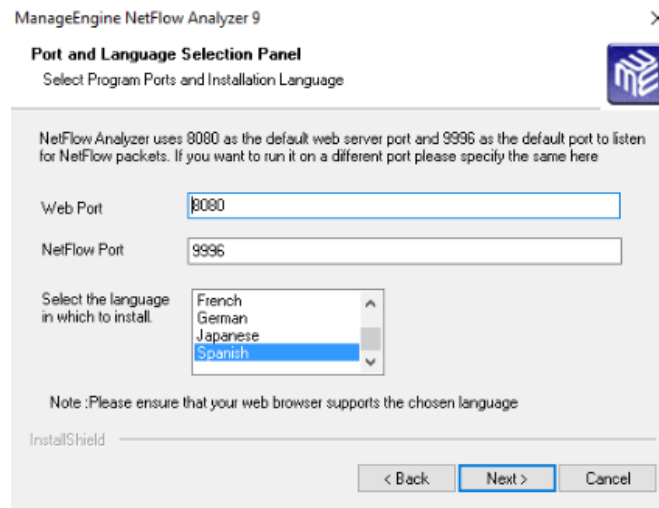
Instalar el software NetFlow Analyzer no es un procedimiento complejo ya que el fabricante y desarrollador del mismo ha incluido todas las herramientas necesarias para que la instalación sea lo más intuitiva posible.

Uno de los aspectos a considerar durante la instalación del software es puerto de comunicación que será configurado. El desarrollador del software recomienda el uso de los puertos de comunicación 8080 y 9996 para la interacción con la recolección y de datos.

El puerto más conocido como entrada para el tráfico HTTP es el puerto 80; a diferencia, el puerto 8080 es usado para aplicaciones especificadas, de ahí que el software NetFlow lo emplea para brindar al administrador de red acceso al portal web. La versión para Windows Server instalada en uno de los Host de la red emulada en GNS3 presenta un ícono de acceso directo desde el cuál se puede acceder a la ventana desde la cual se es apreciable la recolección de los datos de interés.

Otros de los puertos recomendados por el desarrollador del software es el puerto 9996, desde el cual se especifica como la entrada del tráfico de red correspondiente a la recolección de datos, como se detalla en la Figura 6.1.

Figura 6.1 Puerto seleccionado durante la instalación de NetFlow Analyzer que será empleado para la recolección de datos.



Elaborado por: Rony Chuquín

Una vez instalado el software es primordial configurar el nodo encargado de la recolección de los datos. El router o nodo de la red elegido como punto de monitoreo es el equipo que soporta NBAR.

NetFlow y los recolectores de flujo personalizados son procesos desarrollados completamente por Cisco y se trata de una tecnología que tiene aproximadamente 25 años de desarrollo; por ello es completamente compatible con equipos activos de red desarrollados por Cisco. La serie C1900 y el IOS grabado en la memoria flash del dispositivo en cuestión que fueron escogido como el nodo de la red encargado de la recolección y envió de información sobre los paquetes de red de interés son completamente compatibles con la tecnología. Los recolectores o registros de flujo pueden ser personalizados de acuerdo a las necesidades del administrador y dependerán mucho de los paquetes que se necesiten monitorear.

Antes de empezar con la recolección es necesario llevar a cabo un proceso de configuración sobre el equipo activo de red escogido; como resumen se delimitan los siguientes pasos:

1. La configuración de registro o recolector de flujo personalizado es el primer apartado dentro del proceso; la configuración del recolector es muy similar a la creación de una política de red en QoS; entonces debemos identificar claramente a al recolector de tráfico con un nombre acorde al tipo de tráfico que esté circulando por la red.
2. Dentro del recolector la configuración y personalización que se ajusten a la necesidad lleva a crear un ambiente de mapeo de paquetes, de ahí que los comandos match son la matriz de configuración para cumplir con el objetivo.

Figura 6.2 Show run de las configuraciones del registro de flujo personalizado Flow record

```

flow record NTARRecord
 match ipv4 tos
 match ipv4 source address
 match ipv4 destination address
 match transport source-port
 match transport destination-port
 match interface input
 match interface output
 collect counter bytes
 collect counter packets

```

Elaborado por: Rony Chuquín.

Tabla 6. 1. Comandos para la configuración del registro de flujo personalizado.

Comando	Descripción
match tos	Especifica algún tipo de servicio especial a ser monitoreado (Reemplazado por QoS en versiones actuales)
match ipv4 source address	Especifica una fuente con dirección IPV4 al cual se encargará de la recolección de paquetes
match ipv4 destination address	Especifica un destino con dirección IPV4 al cual llegarán la recolección de paquetes
match transport source-port	Especifica un puerto como fuente
match transport destination-port	Especifica un puerto como destino
match interface input	Especifica una interfaz como entrada
match interface output	Especifica una interfaz como salida
collect counter bytes	Especifica la recolección de bytes como campo personalizado
collect counter packets	Especifica la recolección de paquetes como campo personalizado

Elaborado por: Rony Chuquín.

3. Configurar un exportador de flujo es el último paso para enviar los datos a una host de destino; al igual que en el paso explicado en el primer apartado; especificar un nombre es el proceso inicial, a continuación, siguiendo las líneas

personalizadas y características del recolector de flujo, es pertinente especifica un destino cuya dirección sea IPV4.

Figura 6.3 Show run al exportador de flujo personalizado.

```
flow exporter NTAAexport
 destination 192.168.100.2
 source GigabitEthernet0/0
 transport udp 9996
```

Elaborado por: Rony Chuquín

4. El nodo de referencia es el equipo de red que contiene la interfaz a ser monitoreada, pero el punto de monitoreo debe estar basado en una o varias interfaces con las que disponga el dispositivo. Para el escenario trabajado se escogió la interfaz Gi0/0, la cual pertenece al extremo de red del Centro de Formación Continua. La dirección IPV4 establecida como destino del registro de flujo tiene que ser la misma del host donde está hospedado NetFlow Analyzer.

Un apartado a tomar en cuenta es el puerto de comunicación que se estableció durante la configuración del software de monitoreo NetFlow, es importante recordar el uso común del puerto 9996 para transportar tráfico UDP *User Datagram Protocol*, lo cual permite definir al tráfico usado por NetFlow y sus recolectores de registro como no orientados a la conexión.

Al igual que QoS y muchos otros servicios configurables en Cisco Netflow posee una estructura modular; las partes que lo conforman especifican la manera en la que trabajará el servicio, las cuales desbocan en una especie de contenedor de partes. Un monitor es la base empleada encargada de recoger las especificaciones del registro y exportador de flujos.

Figura 6.4 Monitor que reflejará los registros especificados y las características agregadas el exportador de flujos.

```
flow monitor NTAMonitor
 exporter NTAAexport
 cache timeout active 60
 record NTARecord
```

Elaborado por: Rony Chuquín

5. Definir las configuraciones dentro de la interfaz es uno de los últimos pasos para establecer la recolección de paquetes; para ello es necesario ingresar a la misma configuración de la interfaz establecida en el apartado 4. Haciendo uso

de los comandos *ip flow* es posible agregar el monitor (a su vez el registro y recolector de flujos específicos) a la interfaz encargada de conectar el extremo de red.

Para visualizar los registros NBAR en NetFlow Analyzer requiere introducir una línea de comando para exportar los registros de NBAR.

6. Finalmente es necesario activar

Figura 6.5 Show run a las configuraciones realizadas en la interfaz Giga0/0.

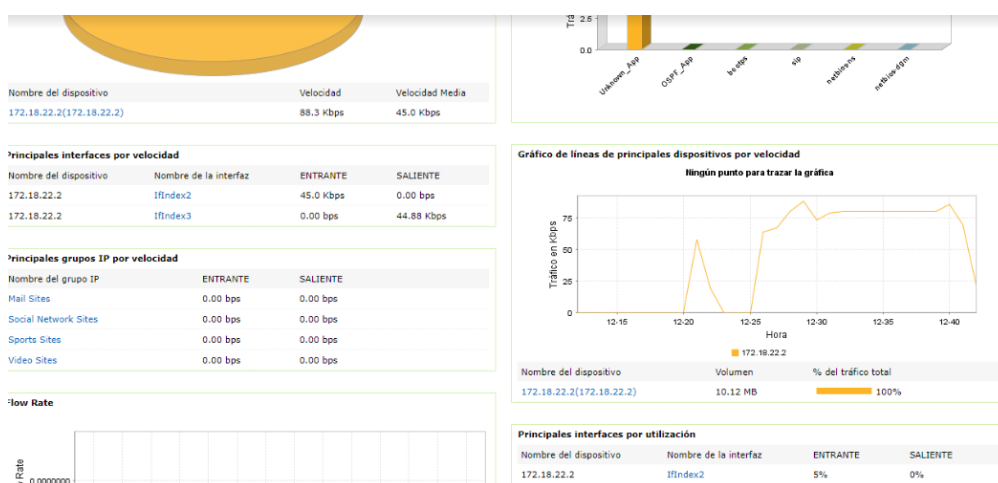
```
interface GigabitEthernet0/0
ip address 172.18.22.2 255.255.255.252
ip nbar protocol-discovery
ip flow monitor MM input
ip flow monitor NTAMonitor input
ip flow ingress
duplex full
speed 100
service-policy input NBAR2-MARCA
```

Elaborado por: Rony Chuquín

Una vez configurados y especificados los registros, recolectores y monitores de flujo en la respectiva interfaz o punto de red a ser monitoreado, sigue abrir el programa de monitoreo NetFlow Analyzer en el host cuya dirección es 192.168.100.2, por asignación arbitraria, y la cual necesariamente debe ser configurada como dirección estática.

NetFlow una vez que sea configurado mostrará los datos sobre protocolos, volumen de tráfico

Figura 6.6 Ventana principal de Netflow. Graficas tipo pastel y coordenadas permiten al administrador de la red monitorear en tráfico de la red.



Elaborado por: Rony Chuquín

La gráfica más representativa y útil para efectos de cálculos para el presente trabajo es el gráfico de líneas que representa la velocidad media de transferencia de paquetes de red cuando se realiza una llamada de VoIP durante la integración de los dos extremos de red propuestos.

La velocidad da una idea de la cantidad de paquetes de red empleados para poder dimensionar la capacidad del canal requerido.

Figura 6.7 Gráfico de líneas similar a coordenadas que representa la velocidad media de necesaria para realizar una llamada de VoIP.



Elaborado por: Rony Chuquín

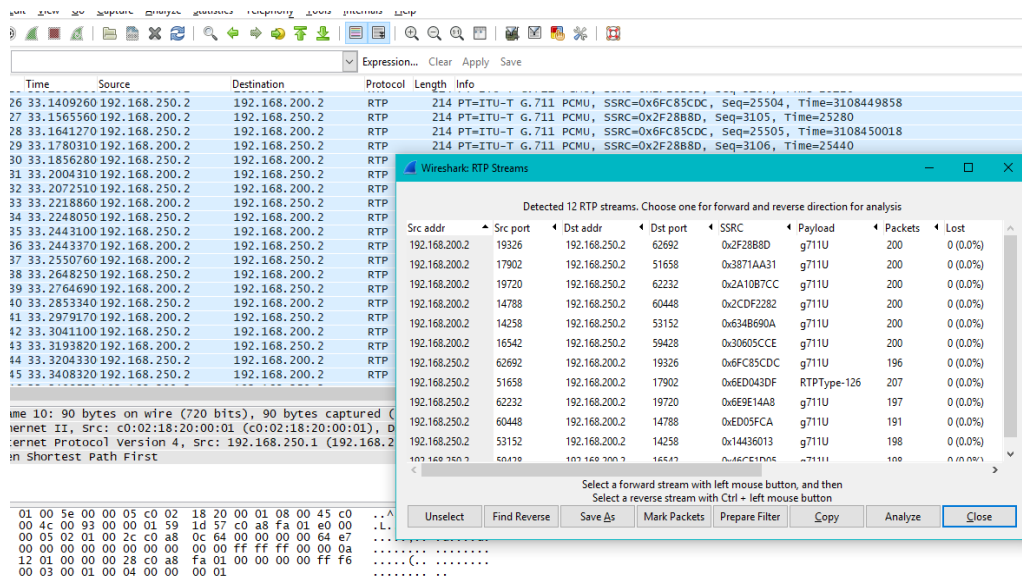
En la Figura 6.7 se observa un ancho de banda de 78 Kbps, este valor se obtuvo con el software NETFLOW aplicado al proyecto, si comparamos el valor calculado en el capítulo 3 de 67 Kbps, y con el obtenido se tiene un error de 2.16 %.

### 6.1.1 Pérdidas de paquetes, Latencia y Jitter

Normalmente en una llamada a través de telefonía IP se nota de gran manera la pérdida de paquetes porque protocolo RTP se basa en paquetes UDP y como no está orientado a la conexión si se produce una pérdida de paquetes estos no se reenvían y la voz se nota un poco cortada o en el peor de los casos no se escucha nada, con políticas QoS se recomienda que la pérdida de paquetes sea igual o en el mejor de los casos menos al 1%, dependiendo del códec utilizado la permisión de paquetes de datos varía pero

en general se utiliza el códec G729 o el G711 por sus bajos requerimientos de ancho de banda.

Figura 6.8 Paquetes perdidos durante la transmisión de voz.

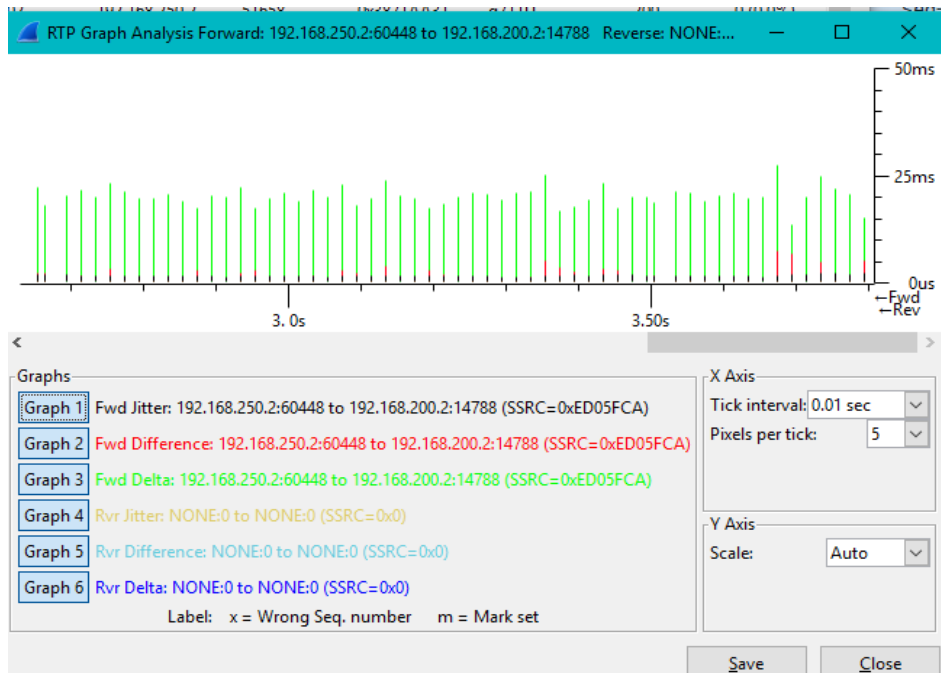


Elaborado por: Rony Chuquín

Para el oído humano un retardo de 25ms de retraso en la percepción de su propia voz se conoce como eco, para telefonía IP el uso de un códec adecuado permite manejar de mejor manera el ancho de banda disponible tomando como consideración la calidad de la voz, en la captura de paquetes se aprecia que el Jitter tiene un valor máximo aproximado de 25ms por lo que se considera como un valor aceptable.



Figura 6.9 Jitter promedio medido durante un intervalo de 500 ms.



Elaborador por: Rony Chuquín

## CONCLUSIONES

El principal factor de consumo de ancho de banda es el número de paquetes que se envían a cada segundo, muchos códec como el G711, G729, G722 envían alrededor de 6000 paquetes por segundo por su muestreo de 10ms, mientras que hay otros que realizan el muestreo de 5ms como el G726 o G728 los cuales envían hasta 12000 paquetes cada segundo, con esto y el tamaño de la muestra da un volumen que puede llegar hasta los 80Kbps, la principal ventaja de los códec que utilizan una tasa de muestreo pequeña y envían muchos paquetes es que si se pierde un paquete no se pierde mucha información, mientras que si un paquete es grande y la tasa de muestreo igual es grande quiere decir que se pierde más información.

Una de las formas de disminuir el tráfico de voz en la red es hacer que la PBX diferencie y transmita datos únicamente cuando existan, es decir que únicamente envíe información idealmente cuando la persona esté hablando, de esta forma se evita tener tráfico innecesario en la red haciendo que el ancho de banda disponible este mejor administrado, esto en conjunto con las políticas QoS debe hacer que los paquetes tengan una perdida menor o igual al 1% independientemente del códec que se esté utilizando.

El protocolo SIP debe estar configurado en ambas PBX con las mismas especificaciones para que el traspaso de llamadas de una extensión a otra se realice de la mejor manera especialmente manteniendo la sesión activa ya que muchas veces cuando se integran dos servidores se pierde la sesión y el servicio puede presentar intermitencias.

Una central telefónica del IP-PBX Elastix es más económica que una central telefónica IP-PBX CUCM, porque las licencias que se necesita para implementar una central telefónica con CUCM son caras, conllevando a tener más gastos, ya que se adquiere por cada usuario, eso hablando solo de licencias, si se refiere a los equipos, el costo se elevaría aún más y además los equipos de Elastix son accesibles, baratos y no se necesita licencias.

## **RECOMENDACIONES**

Si se decide ampliar los usuarios con el Elastix es recomendable implementar otra central telefónica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, se podría realizar una troncal entre la del campus Sur y el Elastix del Centro de Formación Continua.

Se recomienda capacitar a los usuarios finales, ya que es importante que sepan cómo es el software, el softphone, y tener conocimiento básico de los equipos de telefonía IP. También conocer de los diferentes servicios que proporciona Elastix, es importante llevar un correcto mantenimiento de los equipos y de la central telefónica, y saber de las configuraciones de las terminales.

Se recomienda tener otra central telefónica como backup del Elastix en caso de fallo de la principal, ya que si se presenta problemas los usuarios no sentirían malestar y seguiría funcionando correctamente, teniendo así una disponibilidad para los beneficiarios de Elastix en todo momento.

Es importante que el servidor de Elastix este configura e implementado aparte como se muestra en el capítulo 6 los diferentes servidores que se puede adquirir para esta central telefónica de Elastix, para así evitar inconvenientes de uso de memoria, y se tenga una mejor rapidez de las llamadas entre el Elastix y el CUCM.

## REFERENCIAS

- Abdul, S., Gurbani, V., Jhonston, A., Kaplan, H., Brian, R., & Rosenberg, J. (2012). The Session Initiation Protocol (SIP): An Evolutionary Study. *JOURNAL OF COMMUNICATIONS*.
- Aguilar, C. (2015). *ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VOIP PARA EL HOSPITAL UN CANTO A LA VIDA*. Quito: (Universidad Politécnica Salesiana).
- Barajas, G. (2015). *Elastix Unified Communications Server Cookbook*. Packt Publishing Ltd.
- Bermúdez, J. (2012). *Montaje de sistemas telefónicos con centralitas de baja capacidad*. IC Editorial.
- Bullock, J., Parker, J., & Kadijk, J. (2017). *Wireshark for Security Professionals: Using Wireshark and the Maetsploit Framework*. Jhon Wiley & Son.
- Cacuango, L. E. (2017). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA GESTIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE PERSONALIZADO Y MARCO DE TRABAJO PARA SOPORTE TÉCNICO DE LA EMPRESA VOICECENTER QUE PRESTA SOLUCIONES DE SISTEMAS DE CALL CENTER*. Universidad de las Americas, Quito.
- Campanario, L. (2012). *Instalaciones de telefonía y comunicación interior (MF0121\_2)*. IC Editorial.
- CISCO. (15 de Febrero de 2008). CISCO. Obtenido de [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-packet-marking/22141-qos-orderofop-3.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-packet-marking/22141-qos-orderofop-3.html)
- CISCO. (18 de Junio de 2012). CISCO. Obtenido de [https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice\\_ip\\_comm/cuipph/7906g\\_7911g/9\\_0/localizations/P761\\_BK\\_UA11AF37\\_00\\_user-guide-7906g-7911g\\_es\\_ES.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cuipph/7906g_7911g/9_0/localizations/P761_BK_UA11AF37_00_user-guide-7906g-7911g_es_ES.pdf)

- CISCO. (23 de Marzo de 2017). *CISCO*. Obtenido de CISCO: [https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4500-series-switches/product\\_data\\_sheet0900aecd801792b1.html](https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4500-series-switches/product_data_sheet0900aecd801792b1.html)
- CISCO. (17 de Junio de 2019). Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collaboration-endpoints/ip-communicator/index.html>
- Cisco. (2019). *CISCO*. Obtenido de Implementación de políticas de calidad del servicio (QoS) con DSCP: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-packet-marking/10103-dscpvalues.pdf](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-packet-marking/10103-dscpvalues.pdf)
- CISCO. (22 de MAYO de 2019). *CISCO*. Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/1900-series-integrated-services-routers-isr/index.html>
- CNT. (16 de Junio de 2019). *CNT*. Obtenido de <https://www.cnt.gob.ec/telefonía/plan-corporativo/troncal-telefonica-e1/>
- Daniel, H. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PILOTO DE SERVICIO DE TELEFONÍA IP PARA LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*. Quito: (Escuela Politécnica Nacional).
- Díaz, A. (2017). *RED WAN VOIP CON PROTOCOLO OSPFv2 BASADA EN TECNOLOGÍA CISCO PARA LA EMPRESA EQUIMAVENCA*. LUZ: (Universidad Privada DR.RAFAEL BELLOSO CHACÍN).
- Finke, J., & Hartmann, D. (2012). *Implmenting Cisco Unified Communications Manager, Part 1 (CIPT1)*. Indianapolis: Cisco Press.
- Gil, O. (2016). *Fundamento para Redes de Voz IP: 2ª Edición*. IT Campus Academy.
- Huidobro, J., & David, R. (s.f.). *Tecnología VoIP y telefonía IP*. Alfaomega.
- Jácome, C. (2014). *SERVICIO DE CALL CENTER E INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL DEL DIARIO INDEPENDIENTE Y SUS CUATRO SUCURSALES CON LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE LIBRE*. Ibarra.
- Kashihara, S. (2011). *VOIP TECHNOLOGIES*. Rijeka: InTech.

- Lazo, J. F. (2010). IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA INTEGRADOR DE COMUNICACIONES DE VOZ Y DATOS PARA EL GOBIERNO REGIONAL DE LIMA-UTILIZANDO PLATAFORMA CISCO UNIFIED COMMUNICATIONS MANAGER 7.0. (*Ingeniería Electrónica*). Universidad Ricardo Palma, LIMA, PERÚ.
- Maguire, G. (2016). *IK2554 Practical Voice Over IP (VoIP): SIP and related protocols*.
- Marqués, G. (2016). *Qos en routersy switches Cisco*.
- Micolini Orlando, & Augusto., H. (2013). *Traffic Analysis over a VoIP Server*. IEEE.
- Robalino, H. (2012). *Ingeniería de Tráfico de Telecomunicaciones*. Obtenido de BIBDIGITAL:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12048/1/Ingenier%C3%ADa%20de%20Tr%C3%A1fico%20HWCR.pdf>
- Roberts, M., & Gupta, S. (2014). *Estados Unidos Patente n° US 8,879,819 B2*.
- Suntaxi, H. D. (2013). *DISEÑO DE UN PROYECTO PILOTO DE TELEFONÍA IP BASADO EN ASTERISK E INTEGRACIÓN AL CISCO UNIFIED COMMUNICATIONS MANAGER "CUCM" DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*. Quito.
- Szigeti Tim, Hattingh Christina, Barton Robert, & Kenneth., B. (2014). *End-to-End QoS Network Design*. Indianapolis: Cisco Press.
- Tiso, J. (2011). *Designing Cisco Network Service Architectures (ARCH) Foundation Learning Guide: Third Edition*. Cisco Press.
- Valdivieso, F. V. (2014). *Optimización de una red de área amplia mediante la instalación de un dispositivo acelerador de redes WAN*. Quito: (Universidad Tecnológica Israel).
- Vesga Juan, Granados Gerardo, & Vesga José. (Junio de 2016). *SCIELO*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-17982016000100010&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-17982016000100010&script=sci_arttext&tlng=en)

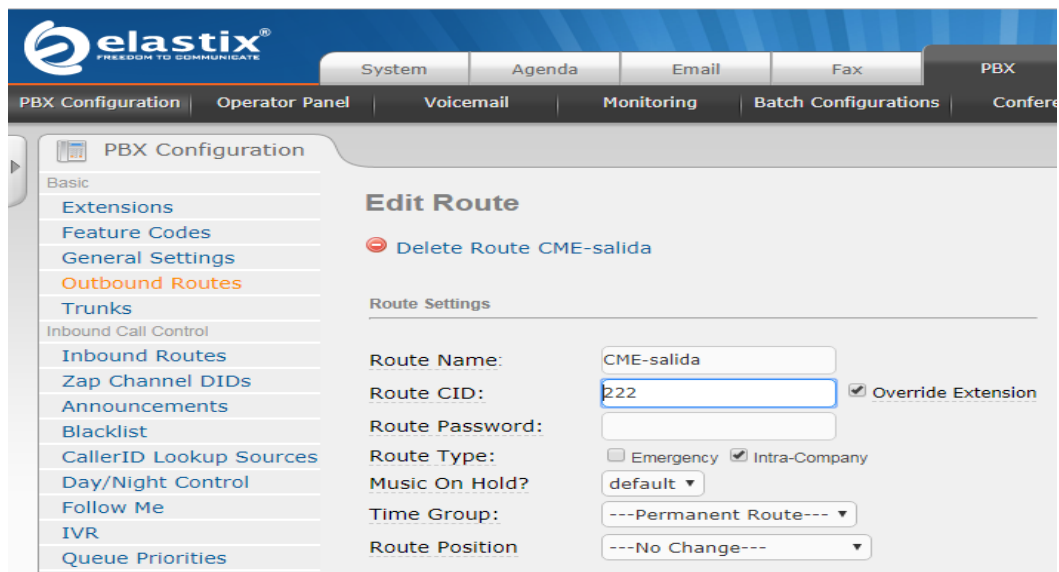
Walther, C. (2016). *ANÁLISIS DE CALIDAD DE SERVICIO EN TRANSFERENCIA DE VOZ Y VIDEO EN UNA RED DE TECNOLOGÍA MPLS (MULTI-PROTOCOL LABEL SWITCHING)*. Riobamba: (Universidad Superior Politécnica de Chimborazo).

# ANEXO 1

## Configuración del Elastix

A continuación, se debe Acceder a la opción ROUTE donde se configura la salida de llamadas de la PBX, en este caso es 222 porque para las extensiones se tiene el Pool 2XX.

Figura A1.1: Configuración Route de Elastix.



Elaborado por: Rony Chuquín.

Se asocia el SIP Trunk con el ruteo de llamadas, aquí se puede asociar con más de una PBX.



Figura A1.2: Asociación del SIP Trunk con Route.

The screenshot shows the Asterisk SIP Trunk configuration interface. On the left is a navigation menu with categories like 'Queue Priorities', 'Internal Options & Configuration', 'Remote Access', and 'Option'. The main content area is titled 'Additional Settings' and includes a 'PIN Set' dropdown set to 'None'. Below this is a section 'Dial Patterns that will use this Route' with two rows of fields for '(prepend)', '+ prefix', and a pattern field (containing '1XX' and 'match pattern' respectively), each followed by a 'CallerId' dropdown. There is also a '+ Add More Dial Pattern Fields' button and a 'Dial patterns wizards' dropdown set to '(pick one)'. The 'Trunk Sequence for Matched Routes' section contains two rows with 'CMe' and an empty dropdown, and an 'Add Trunk' button. At the bottom is a 'Submit Changes' button.

Elaborado por: Rony Chuquín.

Para crear una extensión se pueden habilitar cosas como un alias que se mostrará en el teléfono del destinatario en caso de ser habilitado, configuraciones como el número de Ring antes de pasar a ocupado, el tiempo de espera en llamada y el número de emergencia.

Figura A1.3 : Configuración general de una extensión en Elastix.

The screenshot shows the Elastix extension configuration page for extension 222. The left sidebar has a 'Basic' section with 'Extensions' highlighted. The main content area is titled 'Extension: 222' and includes links for 'Delete Extension 222', 'Add Follow Me Settings', and 'Add Gabcast Settings'. Below these is an 'Edit Extension' section with fields for 'Display Name' (FREE), 'CID Num Alias', and 'SIP Alias' (222). The 'Extension Options' section includes 'Outbound CID', 'Ring Time' (Default), 'Call Waiting' (Disable), 'Call Screening' (Disable), 'Pinless Dialing' (Disable), and 'Emergency CID'.

Elaborado por: Rony Chuquín.

Para las extensiones se puede configurar también DID (Direct Inward Dialling) que funciona cuando una llamada es directa, es decir dentro de una misma red. Y también la configuración por defecto del software del softphone.

Figura A1.4: Configuración DID Elastix.

<ul style="list-style-type: none"> <li>Pin Sets</li> <li>Paging and Intercom</li> <li>Parking Lot</li> <li>System Recordings</li> <li>VoiceMail Blasting</li> <li>Remote Access</li> <li>Callback</li> <li>DISA</li> <li>Option</li> <li>Unembedded freePBX</li> </ul>	<p>DID Description <input type="text"/></p> <p>Add Inbound DID <input type="text"/></p> <p>Add Inbound CID <input type="text"/></p> <p>Device Options</p> <p>This device uses sip technology.</p> <p>secret <input type="text"/></p> <p>dtmfmode <input type="text" value="rfc2833"/></p> <p>canreinvite <input type="text" value="no"/></p> <p>context <input type="text" value="from-internal"/></p> <p>host <input type="text" value="dynamic"/></p> <p>type <input type="text" value="friend"/></p> <p>nat <input type="text" value="yes"/></p> <p>port <input type="text" value="5060"/></p> <p>qualify <input type="text" value="yes"/></p> <p>callgroup <input type="text"/></p> <p>pickupgroup <input type="text"/></p> <p>disallow <input type="text"/></p> <p>allow <input type="text"/></p>
--	--

Elaborado por: Rony Chuquín.

Para cada extensión se puede permitir o rechazar llamadas por la IP o un rango de IP, también se puede configurar un mail, en caso de querer colocar una contraseña para acceder a la extensión se pone en la sección accountcode.

Figura A1.5: Permisos para recibir llamadas en una extensión Elastix.

allow	
dial	SIP/222
accountcode	
mailbox	222@device
vmexten	
deny	0.0.0.0/0.0.0.0
permit	0.0.0.0/0.0.0.0
<b>Dictation Services</b>	
Dictation Service	Disabled ▾
Dictation Format	Ogg Vorbis ▾
Email Address	
<b>Fax</b>	
NOTICE: No Fax license detected. Fax-related dialplan will not be generated! This module has a license. At least one license is required (it is available for free) and must be installed.	
Enabled	<input type="checkbox"/>
Fax Email	
<b>Language</b>	

Elaborado por: Rony Chuquín.

Dentro de Elastix deja una opción de grabar las llamadas de acuerdo a la extensión o al usuario, por defecto se tiene estas opciones bajo demanda, cada extensión debe configurarla marcando un código que comienza con \*.

Figura A1.6: Configuración de grabadora de llamadas.

<b>Language</b>	
Language Code	
<b>Recording Options</b>	
Record Incoming	On Demand ▾
Record Outgoing	On Demand ▾
<b>Voicemail &amp; Directory</b>	
Status	Disabled ▾
Voicemail Password	
Email Address	
Pager Email Address	
Email Attachment	<input type="radio"/> yes <input checked="" type="radio"/> no
Play CID	<input type="radio"/> yes <input checked="" type="radio"/> no
Play Envelope	<input type="radio"/> yes <input checked="" type="radio"/> no
Delete Voicemail	<input type="radio"/> yes <input checked="" type="radio"/> no
IMAP Username	
IMAP Password	

Elaborado por: Rony Chuquín.

También Elastix ofrece IMAP que permite enviar mensaje entre usuarios, en este caso se debe configurar un usuario y una contraseña para poder usarlo.

Figura A1.7: Configuración de IMAP en Elastix.

Elaborada por: Rony Chuquín.

Elastix también ofrece una sección donde podemos activar códigos permitidos dentro de la red donde se marca ciertos números y accedemos a ciertos servicios de telefonía, uno de estos es \*72 que permite el desvío de llamadas.

Figura A1.8: Configuración Feature Code Admin.

		Use Default?	Feature Status
<b>Blacklist</b>			
Blacklist a number	*30	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled
Blacklist the last caller	*32	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled
Remove a number from the blacklist	*31	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled
<b>Call Forward</b>			
Call Forward All Activate	*72	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled
Call Forward All Deactivate	*73	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled
Call Forward All Prompting Deactivate	*74	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled
	*90	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled

Elaborado por: Rony Chuquín.

Las llamadas en espera pueden ser habilitadas o deshabilitadas de igual forma en esta sección.

Figura A1.9: Configuración de llamadas en espera.

CallerID Lookup Sources	<b>Call Forward</b>			
Day/Night Control	Call Forward All Activate	*72	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Follow Me	Call Forward All Deactivate	*73	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
IVR	Call Forward All Prompting Deactivate	*74	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Queue Priorities	Call Forward Busy Activate	*90	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Queues	Call Forward Busy Deactivate	*91	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Ring Groups	Call Forward Busy Prompting Deactivate	*92	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Time Conditions	Call Forward No Answer/Unavailable Activate	*52	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Time Groups	Call Forward No Answer/Unavailable Deactivate	*53	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Internal Options & Configuration	Call Forward Toggle	*740	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Conferences	<b>Call Waiting</b>			
Languages	Call Waiting - Activate	*70	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Misc Applications	Call Waiting - Deactivate	*71	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Misc Destinations				
Music on Hold				
PIN Sets				
Paging and Intercom				
Parking Lot				
System Recordings				
VoiceMail Blasting				

Elaborado por: Rony Chuquín.

Para acceder o desvincular una extensión se puede hacer de varias formas, una de ellas es usando \*12 y \*11 respectivamente.

Figura A1.10 : Configuración de códigos de acceso a una extensión.

System Recordings	Call Waiting - Deactivate	*71	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
VoiceMail Blasting	<b>Core</b>			
Remote Access	Asterisk General Call Pickup	*8	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Callback	ChanSpy	555	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
DISA	Directed Call Pickup	**	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Option	In-Call Asterisk Attended Transfer	*2	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Unembedded freePBX	In-Call Asterisk Blind Transfer	# #	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	In-Call Asterisk Disconnect Code	**	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	In-Call Asterisk Toggle Call Recording	*1	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	Simulate Incoming Call	7777	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	User Logoff	*12	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	User Logon	*11	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	ZapBarge	888	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	<b>Dictation</b>			
	Email completed dictation	*35	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
	Perform dictation	*34	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾

Elaborado por: Rony Chuquín.

La lista de no distribuidos o DND se puede acceder con códigos \*78 y \*79.

Figura A1.11: Lista de No distribuidos Elastix.

Do-Not-Disturb (DND)			
DND Activate	*78	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
DND Deactivate	*79	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
DND Toggle	*76	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Fax Configuration			
Dial System FAX	666	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Follow Me			
Findme Follow Toggle	*21	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Gabcast			
Connect to Gabcast	*422	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾

Elaborado por: Rony Chuquín.

Información de servicios permite realizar un Echo Test donde se puede probar el retraso de la voz emitida por un usuario y verse reflejada en el auricular, a 25ms no debería notarse la diferencia, pero en ciertos escenarios viene a ser un problema que puede afectar la comunicación y debe utilizarse otro códec. Información de servicios permite realizar un Echo Test donde se puede probar el retraso de la voz emitida por un usuario y verse reflejada en el auricular, a 25ms no debería notarse la diferencia, pero en ciertos escenarios viene a ser un problema que puede afectar la comunicación y debe utilizarse otro Códec.

Figura A1.12: Información de servicios Elastix.

Info Services			
Call Trace	*69	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Directory	#	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Echo Test	*43	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Speak Your Exten Number	*65	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Speaking Clock	*60	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾
Paging and Intercom			
Intercom prefix	*80	<input checked="" type="checkbox"/>	Disabled ▾
User Intercom Allow	*54	<input checked="" type="checkbox"/>	Disabled ▾
User Intercom Disallow	*55	<input checked="" type="checkbox"/>	Disabled ▾
Phonebook Directory			
Phonebook dial-by-name directory	411	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▾

Elaborado por: Rony Chuquín.

Por defecto la espera de una llamada se deja en 3 Ring y pasa a ocupado, pero Elastix permite configurarlo desde cada extensión, en la sección voice mail se puede redactar un mail únicamente dictando y agregando un destinatario.

Figura A1.13: Queues, recordings, Speed Dial Functions.

The screenshot displays a configuration page with the following sections and settings:

Section	Setting	Value	Checked	Status
<b>Queues</b>	Queue Toggle	*45	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼
<b>Recordings</b>	Check Recording	*99	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼
	Save Recording	*77	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼
<b>Speed Dial Functions</b>	Set user speed dial	*75	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼
	Speeddial prefix	*0	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼
<b>Voicemail</b>	Dial Voicemail	*98	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼
	My Voicemail	*97	<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled ▼

Submit Changes

Elaborado por: Rony Chuquín.

En el Softphone podemos acceder a una extensión desde la opción Account y se ingresa la información de la extensión, se debe ingresar los mismos datos con los que fue configurada la extensión especialmente la contraseña si fue configurada sino no se puede acceder.

Figura A1.14: Ingreso a una extensión desde Softphone.

The image shows a 'SIP Account' configuration window with the following fields and options:

- Account name:** Account 1
- Protocol:** SIP
- Allow this account for:**
  - Call
  - IM / Presence
- User Details:**
  - \* User ID:** 222
  - \* Domain:** 192.168.200.128
  - Password:** [Empty]
  - Display name:** 222
  - Authorization name:** [Empty]
- Domain Proxy:**
  - Register with domain and receive calls
  - Send outbound via:**
    - Domain
    - Proxy Address: [Empty]
- Dial plan:** #1\@a.T;match=1;prestrip=2

A 'Light' button is visible at the bottom right of the window.

Elaborado por: Rony Chuquín.

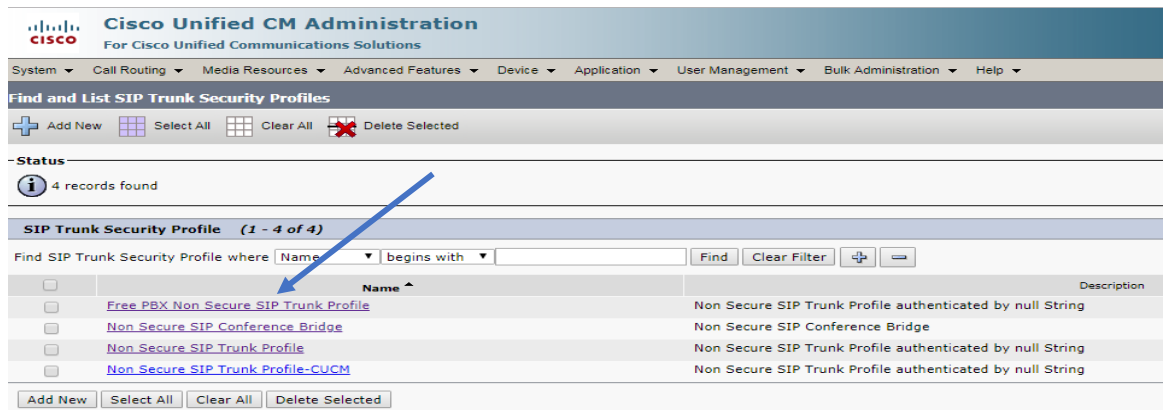


## ANEXO 2

### Configuración del CUCM (Cisco Unified Communications Manager)

Para lograr integrar ambas PBX se requiere configurar el protocolo SIP para lograr intercomunicar las llamadas de una PBX a otra. En el software CUCM se debe ingresar a la pestaña *SIP Trunk Security Profile*.

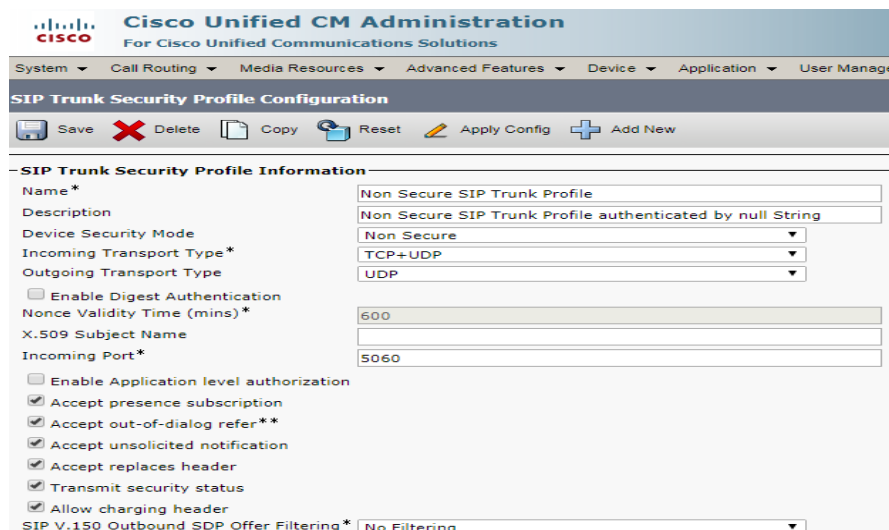
Figura A2.1 Ventana de configuración SIP



Elaborado por: Rony Chuquín.

A continuación, se debe configurar los parámetros de acuerdo con la configuración que tengan las PBX CUCM y ELASTIX, es importante tomar en consideración que ambas deben tener la misma configuración.

Figura A2.2 Configuraciones SIP para CUCM



Elaborado por: Rony Chuquín.

Dentro del perfil SIP se tienen varias opciones de configuración, en primer lugar, se tiene la información donde se encuentra el nombre y la descripción del perfil.

Figura A2.3 Configuración de la Información del perfil SIP

**SIP Profile Information**

Name *	Standard SIP Profile
Description	Default SIP Profile
Default MTP Telephony Event Payload Type *	101
Early Offer for G.Clear Calls *	Disabled
SDP Session-level Bandwidth Modifier for Early Offer and Re-invites *	TIAS and AS
User-Agent and Server header information *	Send Unified CM Version Information as User-Agent
Accept Audio Codec Preferences in Received Offer *	Default
Dial String Interpretation *	Phone number consists of characters 0-9, *, #, and
<input type="checkbox"/> Redirect by Application	
<input type="checkbox"/> Disable Early Media on 180	
<input type="checkbox"/> Outgoing T.38 INVITE include audio mline	
<input type="checkbox"/> Enable ANAT	
<input type="checkbox"/> Require SDP Inactive Exchange for Mid-Call Media Change	
<input type="checkbox"/> Use Fully Qualified Domain Name in SIP Requests	
<input type="checkbox"/> Assured Services SIP conformance	

Elaborado por: Rony Chuquín.

A continuación, se debe configurar los parámetros del perfil como el tiempo de espera para acceder a una extensión, numero de intentos para acceder, puertos utilizados para las llamadas, información del usuario y además el bloqueo de un número anónimo.

Figura A2.4 Configuración de los puertos del perfil SIP

**Parameters used in Phone**

Timer Invite Expires (seconds) *	180
Timer Register Delta (seconds) *	5
Timer Register Expires (seconds) *	3600
Timer T1 (msec) *	500
Timer T2 (msec) *	4000
Retry INVITE *	6
Retry Non-INVITE *	10
Start Media Port *	16384
Stop Media Port *	32766
Call Pickup URI *	x-cisco-serviceuri-pickup
Call Pickup Group Other URI *	x-cisco-serviceuri-opickup
Call Pickup Group URI *	x-cisco-serviceuri-gpickup
Meet Me Service URI *	x-cisco-serviceuri-meetme
User Info *	None
DTMF DB Level *	Nominal
Call Hold Ring Back *	Off
Anonymous Call Block *	Off
Caller ID Blocking *	Off

Elaborado por: Rony Chuquín.

Los siguientes parámetros son la lista de distribución y el Keep Alive de los paquetes, por defecto se deja este tiempo en 120 segundos y depende de las características de la red.

Figura A2.5 Configuración de parámetros del perfil SIP

Parameter	Value
Caller ID Blocking*	Off
Do Not Disturb Control*	User
Teletext Level for 7940 and 7960*	Disabled
Resource Priority Namespace	< None >
Timer Keep Alive Expires (seconds)*	120
Timer Subscribe Expires (seconds)*	120
Timer Subscribe Delta (seconds)*	5
Maximum Redirections*	70
Off Hook To First Digit Timer (milliseconds)*	15000
Call Forward URI*	x-cisco-serviceuri-cfwdall
Speed Dial (Abbreviated Dial) URI*	x-cisco-serviceuri-abbrdial

Conference Join Enabled  
 RFC 2543 Hold  
 Semi Attended Transfer  
 Enable VAD  
 Stutter Message Waiting  
 MLPP User Authorization

Elaborado por: Rony Chuquín.

En la configuración específica del Trunk, en la sección script debe colocarse directamente en el SIP Trunk el perfil SIP en lugar del Trunk de lo contrario no funciona el traspaso de llamadas, en la sección URI se configura si una extensión de otra PBX muestre su ID y su nombre, también se debe colocar el tipo de recursos y el tipo de tráfico para video conferencias.

Figura A2.6 Configuración específica del perfil SIP

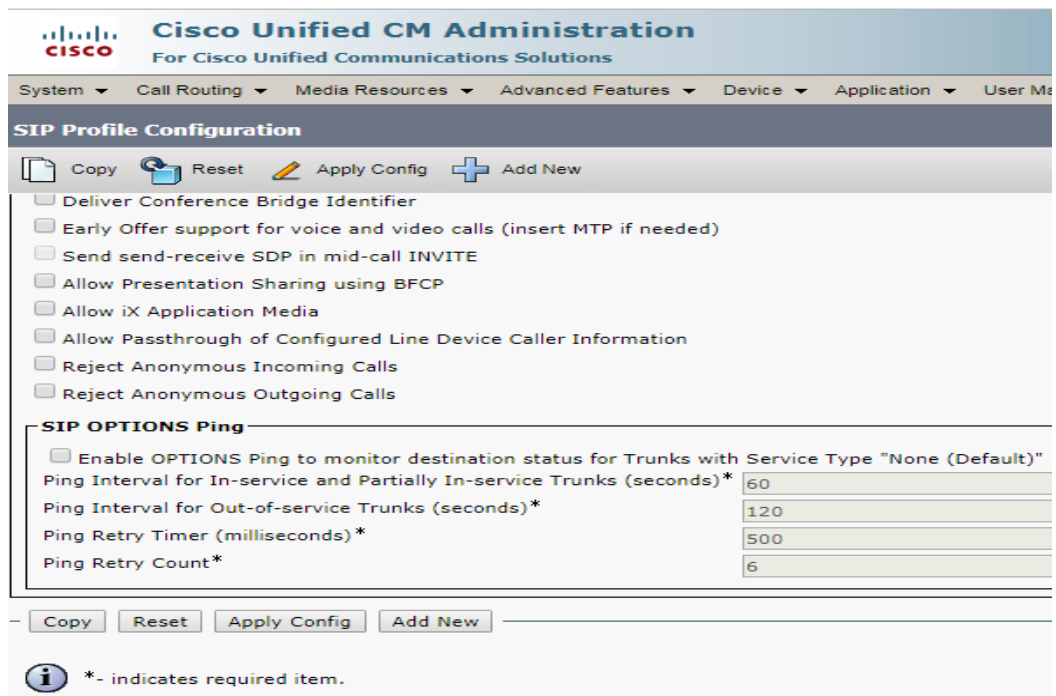
The screenshot shows the Cisco Unified CM Administration interface for SIP Profile Configuration. The page title is "SIP Profile Configuration" and it includes navigation tabs for System, Call Routing, Media Resources, Advanced Features, Device, Application, and User Management. Below the title, there are action buttons: Copy, Reset, Apply Config, and Add New. The configuration is divided into three sections:

- Normalization Script:** Includes a dropdown for "Normalization Script" (set to "< None >"), an "Enable Trace" checkbox, and a table with columns "Parameter Name" and "Parameter Value". A row with "1" is visible in the table.
- Incoming Requests FROM URI Settings:** Includes input fields for "Caller ID DN" and "Caller Name".
- Trunk Specific Configuration:** Includes several dropdown menus and checkboxes:
  - "Reroute Incoming Request to new Trunk based on\*" set to "Never"
  - "RSVP Over SIP\*" set to "Local RSVP"
  - "Resource Priority Namespace List" set to "< None >"
  - "Fall back to local RSVP" checkbox checked
  - "SIP Rel1XX Options\*" set to "Disabled"
  - "Video Call Traffic Class\*" set to "Mixed"
  - "Calling Line Identification Presentation\*" set to "Default"
  - "Deliver Conference Bridge Identifier" checkbox unchecked

Elaborado por: Rony Chuquín.

Por último, en el perfil SIP se debe configurar las opciones de conectividad, se puede dejar esta parte por defecto o se lo puede configurar de acuerdo con el estado de la red, además se puede rechazar automáticamente llamadas con números anónimos.

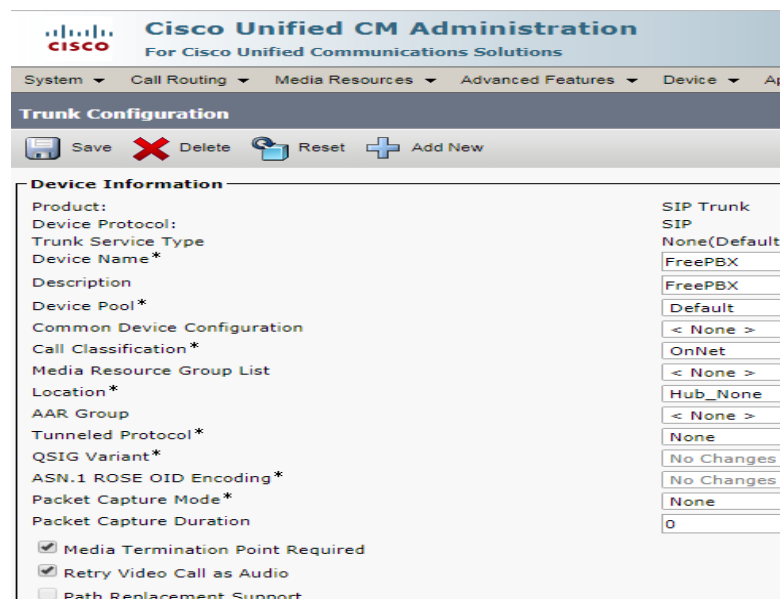
Figura A2.7 Opciones de conectividad del perfil SIP



Elaborado por: Rony Chuquín.

A continuación, se debe configurar el Trunk el cual nos permite conectar ambos servidores, primero debemos configurar la información donde se encuentra el nombre y la configuración general.

Figura A2.8 Configuración general del Trunk



Elaborado por: Rony Chuquín.

Luego se debe considerar el tráfico sRTP o TLS, si bien se puede dejar uno por defecto se puede configurar ambos cuando la red tiene conectividad con una operadora ya que la seguridad del sistema VoIP.

Figura A2.9 Configuración de la encriptación de los paquetes en el Trunk

The screenshot shows the 'Trunk Configuration' page in Cisco Unified CM Administration. The 'Trunk Configuration' section includes the following settings:

- Transmit UTF-8 for Calling Party Name
- Transmit UTF-8 Names in QSIG APDU
- Unattended Port
- SRTP Allowed - When this flag is checked, Encrypted TLS needs to be configured in the network to provide end to end security. Consider Traffic on This Trunk Secure\*
  - When using both sRTP and TLS
- Route Class Signaling Enabled\*
  - Default
- Use Trusted Relay Point\*
  - Default
- PSTN Access
- Run On All Active Unified CM Nodes

The 'Intercompany Media Engine (IME)' section shows 'E.164 Transformation Profile' set to '< None >'. The 'Multilevel Precedence and Preemption (MLPP) Information' section shows 'MLPP Domain' set to '< None >'. The 'Call Routing Information' section shows 'Remote-Party-Id' and 'Asserted-Identity' checked, and 'Asserted-Type\*' set to 'Default'.

Elaborado por: Rony Chuquín.

La configuración de las llamadas entrantes se lo debe dejar por defecto para recibir la mayor cantidad de información pública de una llamada entrante.

Figura A2.10 Configuración de llamadas entrantes

The screenshot shows the 'Inbound Calls' configuration page in Cisco Unified CM Administration. The 'Inbound Calls' section includes the following settings:

- Significant Digits\*: All
- Connected Line ID Presentation\*: Default
- Connected Name Presentation\*: Default
- Calling Search Space: < None >
- AAR Calling Search Space: < None >
- Prefix DN: [Empty field]
- Redirecting Diversion Header Delivery - Inbound

The 'Incoming Calling Party Settings' section includes a note: 'If the administrator sets the prefix to Default this indicates call processing will use prefix at the next level setting (DevicePool/Service Parameter). Otherwise, empty in which case there is no prefix assigned.' Below this note are buttons for 'Clear Prefix Settings' and 'Default Prefix Settings'. A table below shows the following settings:

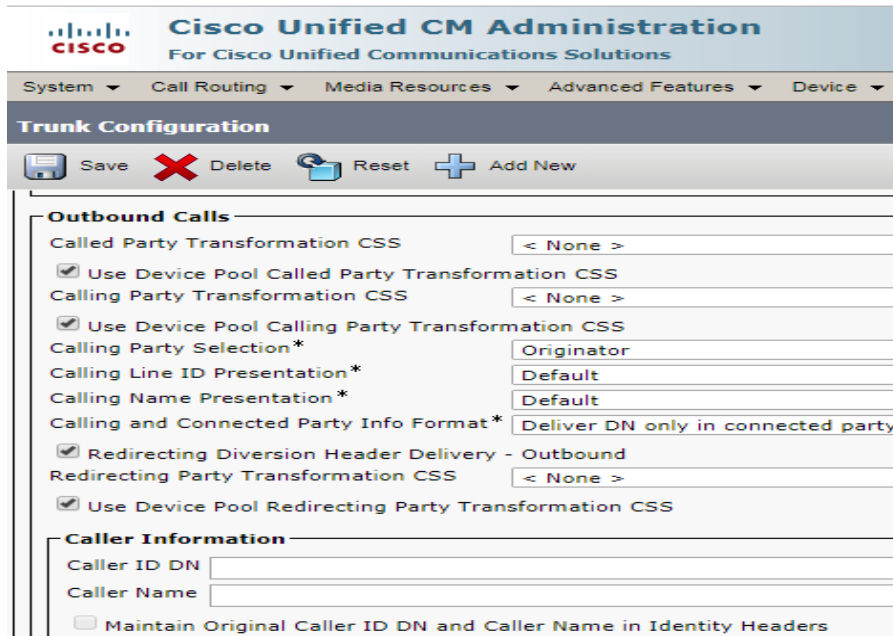
Number Type	Prefix	Strip Digits	Calling Search Space
Incoming Number	Default	0	< None >

The 'Connected Party Settings' section shows 'Connected Party Transformation CSS' set to '< None >' and the checkbox 'Use Device Pool Connected Party Transformation CSS' checked.

Elaborado por: Rony Chuquín.

Para llamadas salientes se debe considerar la seguridad de la red así que este apartado depende mucho de la cantidad de información que se quiera revelar cuando sale una llamada.

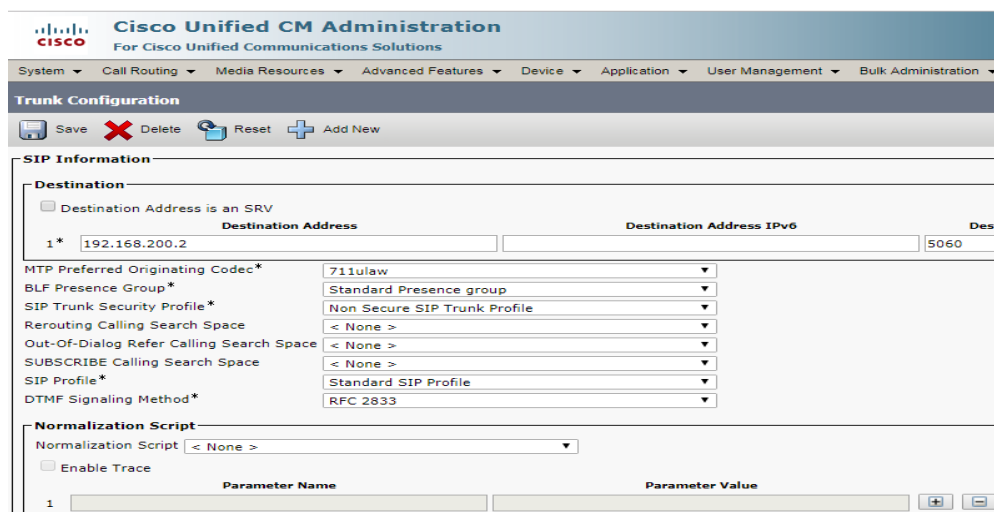
Figura A2.11 Configuración de llamadas salientes



Elaborado por: Rony Chuquín.

Por último, en el Trunk se debe configurar el códec y el perfil de seguridad y el perfil SIP que ya fue configurado, además se configura la IP del servidor Elastix además de un puerto que por defecto se lo deja en UDP 5060.

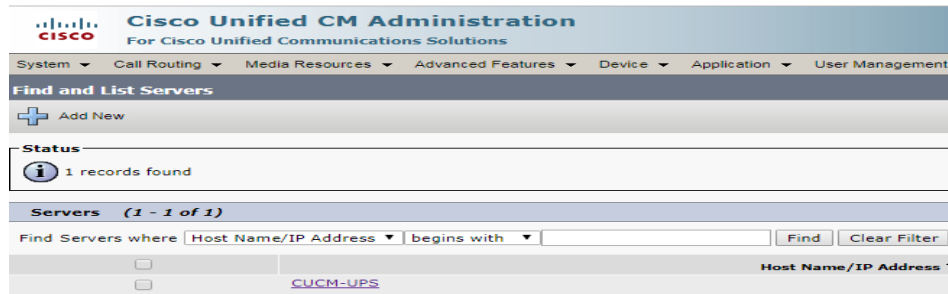
Figura A2.12 Configuración del códec para intercambiar llamadas entre PBX



Elaborado por: Rony Chuquín.

Lo siguiente es configurar el servidor, para este proyecto se le colocará el nombre CUCM-UPS.

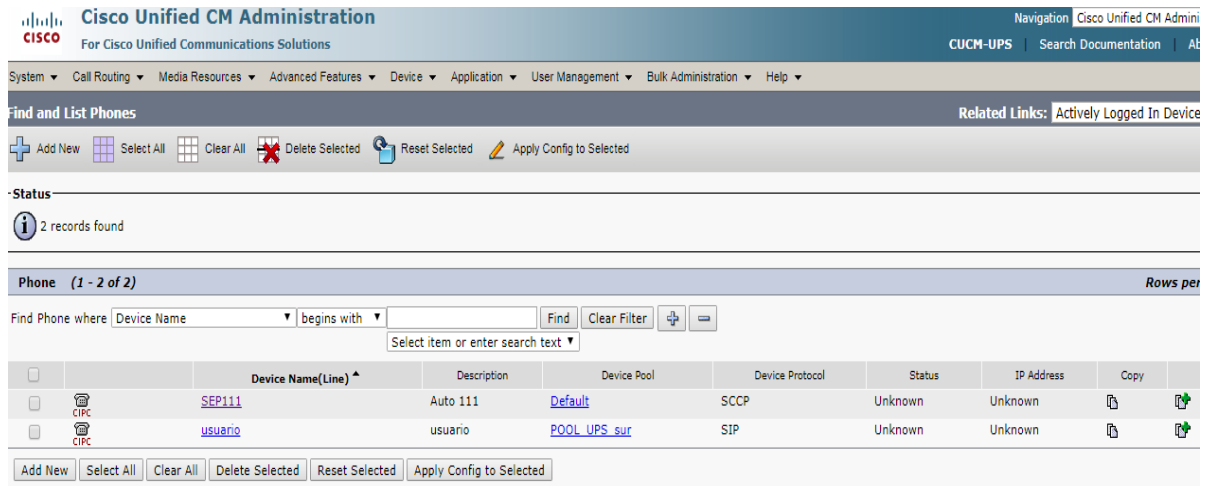
Figura A2.13 Configuración del servidor CUCM-UPS



Elaborado por: Rony Chuquín.

Cuando se ingresa en CUCM-UPS se pueden crear extensiones y asociarlas a dispositivos.

Figura A2.14 Creación de un dispositivo

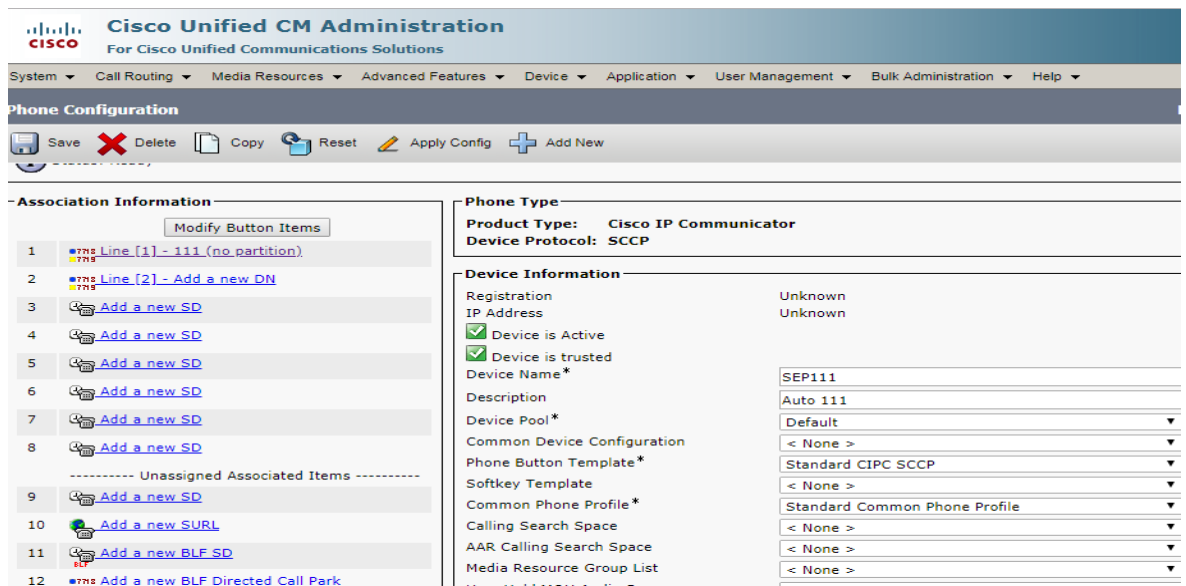


Elaborado por: Rony Chuquín.

Al dar clic en *Add New* nos aparece una pantalla donde se puede crear un dispositivo y ponerle nombre, además de configurar en otros parámetros.



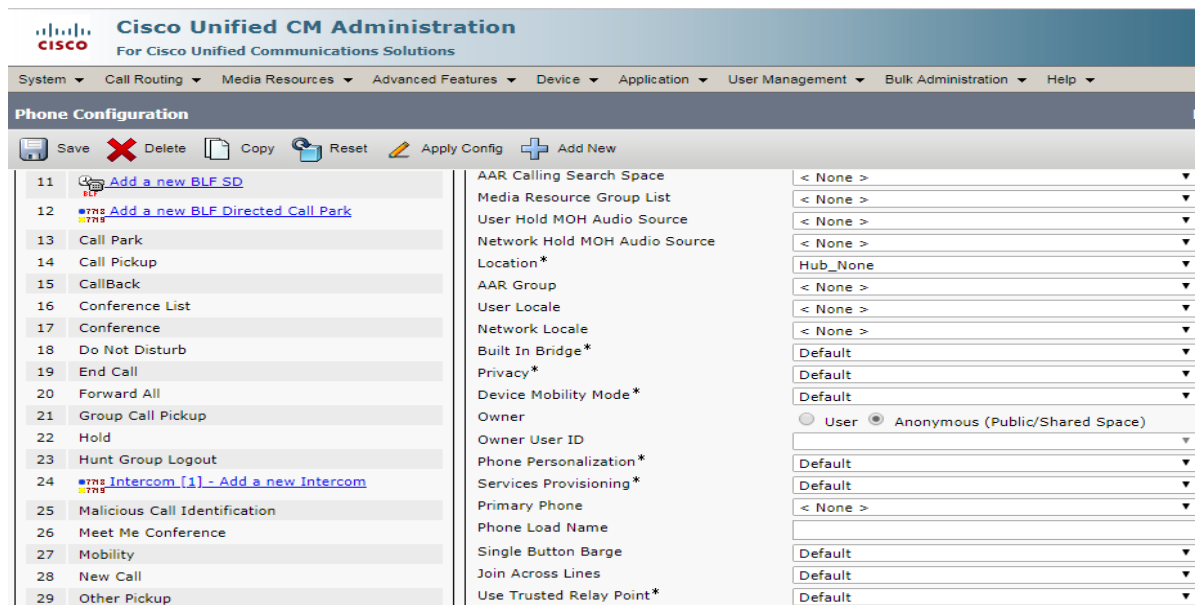
Figura A2.15 Creación del dispositivo



Elaborado por: Rony Chuquín.

Además de configurar el nombre se puede configurar aspectos como dejar el número en anónimo, todas estas configuraciones dependen de la organización así que para la implementación se deja todo por defecto.

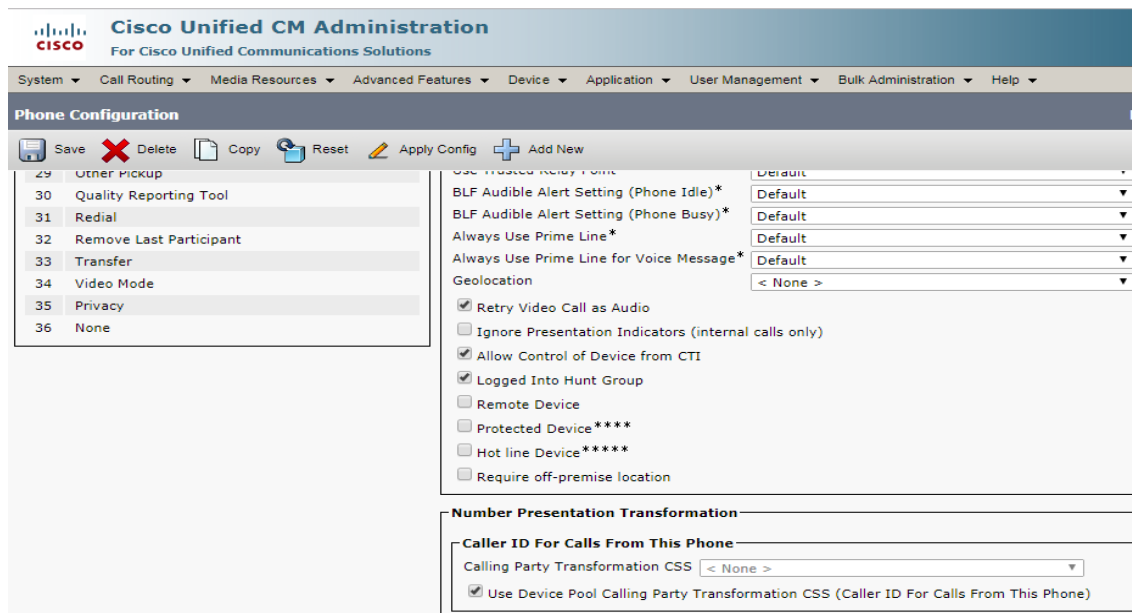
Figura A2.16 Configuración del dispositivo



Elaborado por: Rony Chuquín.

Además de los aspectos antes mencionados también se pueden configurar opciones como intentar conectar una videollamada como una llamada de voz.

Figura A2.17 Configuración de opciones del dispositivo



Elaborado por: Rony Chuquín.

Dentro de la información de protocolos de la extensión se puede configurar el dispositivo al que se le va a asignar el número, puede ser un softphone o un teléfono IP.

Figura A2.18 Información específica de protocolos del dispositivo



Elaborado por: Rony Chuquín.

También se puede configurar parámetros como la hora, fecha, ubicación o información personal de la persona a la que se va a asignar.

Figura A2.19 Configuración de los datos de un dispositivo

The screenshot displays the Cisco Unified CM Administration interface for Phone Configuration. The top navigation bar includes System, Call Routing, Media Resources, Advanced Features, Device, Application, User Management, and Bulk Administration. The main title is "Cisco Unified CM Administration For Cisco Unified Communications Solutions". Below the navigation bar, there are icons for Save, Delete, Copy, Reset, Apply Config, and Add New. The configuration area is divided into two main sections:

- Generate String:** Includes a "Generate String" button, "Key Size (Bits)\*" set to 1024, "Operation Completes By" set to 2019-06-25-12 (YYYY:MM:DD:HH), and "Certificate Operation Status: None". A note states: "Note: Security Profile Contains Addition CAPF Settings."
- External Data Locations Information (Leave blank to use default):** A list of fields with corresponding input boxes:
  - Information
  - Directory
  - Messages
  - Services
  - Authentication Server
  - Proxy Server
  - Idle
  - Idle Timer (seconds)
  - Secure Authentication URL
  - Secure Directory URL
  - Secure Idle URL
  - Secure Information URL

Elaborado por: Rony Chuquín.

Se pueden configurar parámetros adicionales como MLPP (The Multilevel Precedence and Preemption) pero como no se tiene configuradas este servicio no se lo configura.

Figura A2.20 Configuración adicional de un dispositivo

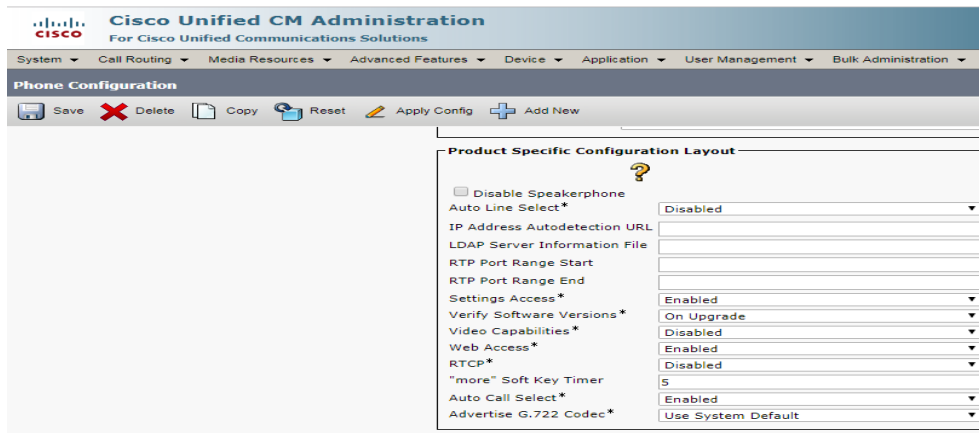
The screenshot displays the Cisco Unified CM Administration interface for additional Phone Configuration settings. The top navigation bar and title are the same as in Figure A2.19. The main configuration area includes:

- Secure Services URL:** A text input field.
- Extension Information:**
  - Enable Extension Mobility
  - Log Out Profile: -- Use Current Device Settings --
  - Log in Time: < None >
  - Log out Time: < None >
- MLPP Information:**
  - MLPP Domain: < None >
  - MLPP Indication\*: Default
  - MLPP Preemption\*: Default
- Do Not Disturb:**
  - Do Not Disturb
  - DND Option\*: Use Common Phone Profile Setting
  - DND Incoming Call Alert: < None >

Elaborado por: Rony Chuquín.

Dependiendo del dispositivo se puede configurar el protocolo de tiempo real y otros aspectos de autenticación además de códec a utilizar por defecto.

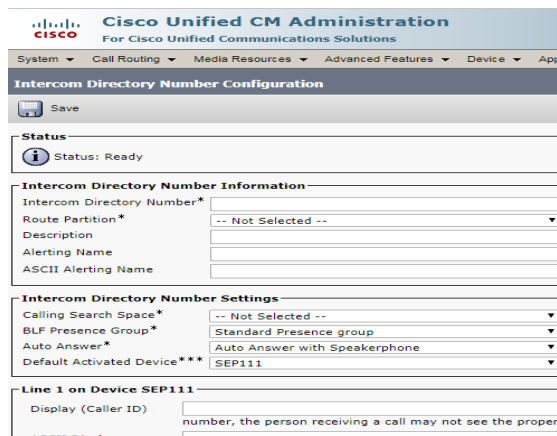
Figura A2.21 Configuración del protocolo RTP



Elaborado por: Rony Chuquín.

Para poder crear una extensión se debe crear un nombre en el directorio de configuración donde se asigna el número de extensiones y el total de extensiones.

Figura A2.22 Creación de un nombre en el directorio de extensiones



Elaborado por: Rony Chuquín.

Además de las extensiones se puede dentro de la organización ver el nombre de la persona que llama o solamente el numero de la extensión.

Figura A2.23 Configuración de visibilidad de ID de una extensión

The screenshot shows the Cisco Unified CM Administration interface for configuring an intercom directory number. The page title is "Intercom Directory Number Configuration". Below the title is a "Save" button. The main configuration area is titled "Line 1 on Device SEP111" and contains several input fields: "Display (Caller ID)", "ASCII Display (Caller ID)", "Line Text Label", "ASCII Line Text Label", "Speed Dial", and "External Phone Number Mask". A note below the "Display (Caller ID)" field states: "number, the person receiving a call may not see the proper ident". Below this section is a "Forwarded Call Information Display on Device SEP111" section with two checkboxes: "Caller Name" (checked) and "Caller Number" (unchecked).

Elaborado por: Rony Chuquín.

Cuando ya se tiene creado el directorio se asigna a un dispositivo para su uso.

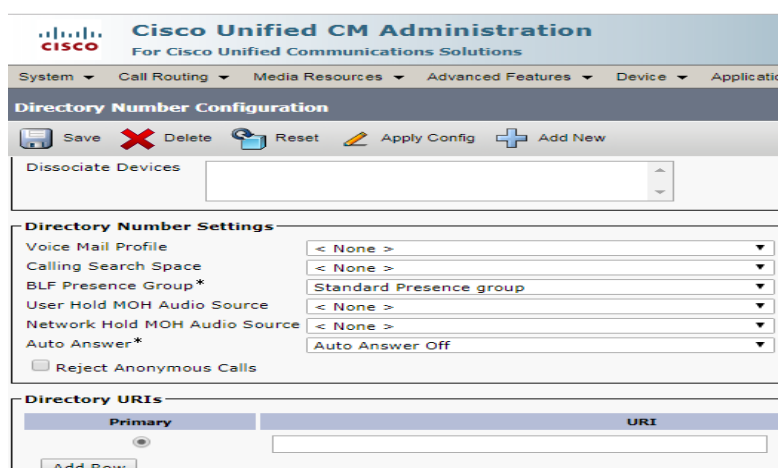
Figura A2.24 Asignación de una extensión a un dispositivo

The screenshot shows the Cisco Unified CM Administration interface for configuring a directory number. The page title is "Directory Number Configuration". Below the title are buttons for "Save", "Delete", "Reset", "Apply Config", and "Add New". The "Status" section shows "Status: Ready". The "Directory Number Information" section contains the following fields: "Directory Number\*" (111), "Route Partition" (< None >), "Description", "Alerting Name", and "ASCII Alerting Name". There is a checked checkbox for "Allow Control of Device from CTI". The "Associated Devices" list contains "SEP111". Below this list are "Dissociate Devices" and "Add New" buttons.

Elaborado por: Rony Chuquín.

Además de la extensión se puede configurar un email si se tiene un servidor configurado.

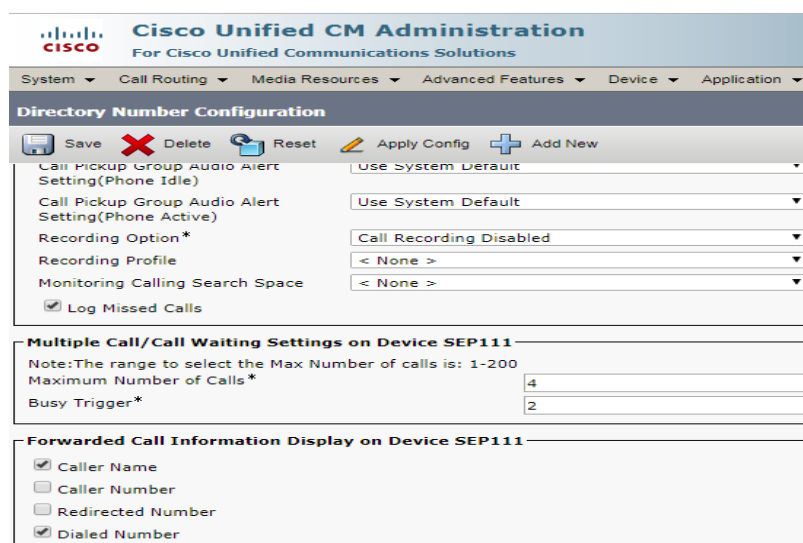
Figura A2.25 Configuración adicional de una extensión



Elaborado por: Rony Chuquín.

Para las llamadas en cola depende del dispositivo utilizado en este caso las configuraciones por defecto se tiene un máximo de 4 llamadas en cola y solo dos ring de espera en algunos teléfonos IP se tiene 3 llamadas en cola y 3 ring de espera.

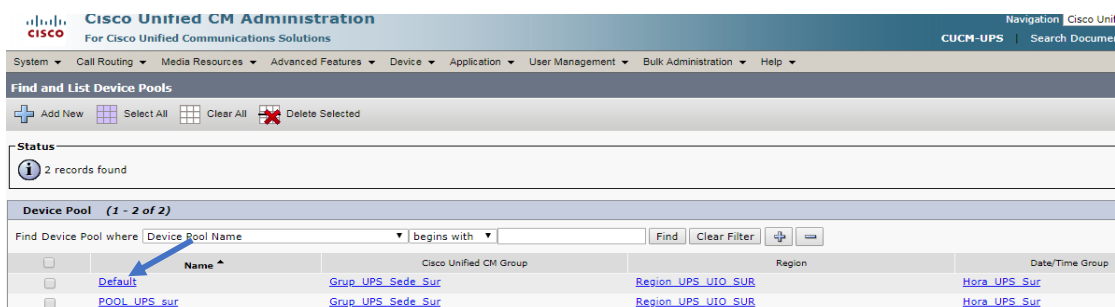
Figura A2.26 Configuración de las llamadas en espera



Elaborado por: Rony Chuquín.

Para poder configurar el routing de llamadas se debe crear un pool de dispositivos, esto se hace para administrar las personas que se pueden comunicar con la otra PBX.

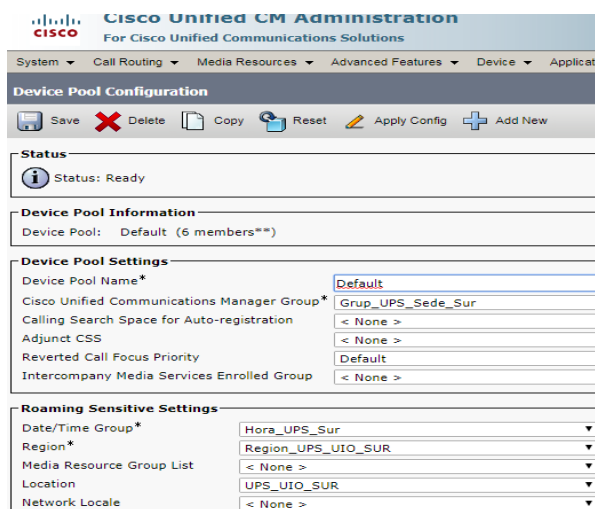
Figura A2.27 Creación de un Pool de dispositivos



Elaborado por: Rony Chuquín.

En la configuración del Pool tenemos la información general donde se asigna el nombre *POOL-UPS-sur*.

Figura A2.28 Configuración de un Pool de dispositivos



Elabora por: Rony Chuquín.

Por último, se debe configurar información del dispositivo y su ubicación además se tiene el *Local Route Group* que sirve para poder comunicar a dos diferentes Pools.

Figura A2.29 Información del dispositivo dentro de un Pool

The screenshot shows the Cisco Unified CM Administration interface for Device Pool Configuration. The top navigation bar includes System, Call Routing, Media Resources, Advanced Features, Device, and Application. The main content area is titled 'Device Pool Configuration' and contains several sections:

- Device Pool Configuration:** Includes fields for SRST Reference (Disable), Connection Monitor Duration (\*\*\*), Single Button Barge (Default), Join Across Lines (Default), Physical Location (< None >), Device Mobility Group (< None >), and Local Route Group (< None >).
- Device Mobility Related Information\*\*\*\*:** Includes fields for Device Mobility Calling Search Space (< None >), AAR Calling Search Space (< None >), AAR Group (< None >), Calling Party Transformation CSS (< None >), and Called Party Transformation CSS (< None >).
- Geolocation Configuration:** Includes fields for Geolocation (< None >) and Geolocation Filter (< None >).

Elaborado por: Rony Chuquín.

### Tabla de Erlang B

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74



31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34