

Análisis de la Calidad de la Experiencia del Servicio de Telefonía IP Sobre la Red de Datos de la Universidad del Cauca



**INGRID MARITZA PANTOJA LINARES
LEIDY YURANY ORDOÑEZ USSA**

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones

Grupo Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones GNTT

Línea de Investigación Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de Telecomunicaciones

Popayán, Noviembre de 2008

Análisis de la Calidad de Experiencia del Servicio de Telefonía IP Sobre la Red de Datos de la Universidad del Cauca



Trabajo de Grado

**INGRID MARITZA PANTOJA LINARES
LEIDY YURANY ORDOÑEZ USSA**

Director: ING. OSCAR JOSUÉ CALDERÓN CORTÉS

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones

Grupo Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones GNTT

Línea de Investigación Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de Telecomunicaciones

Popayán, Noviembre de 2008

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecerle a nuestro director de Tesis el Ing. Oscar J. Calderón por su apoyo, dedicación y dirección que hoy hacen posible la finalización de este trabajo.

Queremos agradecerle también a la Ing. María Clara Rodríguez, el Ing. Jaime Gaviria y el Ing. Miguel Latorre jefes de la División de Sistemas, la Red de Datos y Área de Equipos respectivamente por las facilidades, colaboración y apoyo recibido que han hecho posible la adecuada elaboración de este trabajo de grado.

Y principalmente a Dios, a nuestras familias y amigos por su amor, comprensión y apoyo que nos dieron las fuerzas para seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
CALIDAD DE SERVICIO QOS	1
1.1. ASPECTOS DE LA CALIDAD DE SERVICIO ACORDE A LOS ORGANISMOS DE ESTANDARIZACIÓN	1
1.2. CALIDAD DE LA EXPERIENCIA - QoE	3
1.3. ASPECTOS DE LA PRESTACIÓN DE UN SERVICIO EN UNA RED CONVERGENTE	4
1.4. CALIDAD DE LA EXPERIENCIA - QoE Y SU RELACIÓN CON EL MARCOS DE CALIDAD DEL SERVICIO - QoS	4
CAPÍTULO II	6
2 VOZ SOBRE IP (VOIP).....	6
2.1. VOZ SOBRE IP (VOIP)	6
2.2. TELEFONÍA IP	7
2.2.1 Caso 1. Cliente IP a Cliente IP	7
2.2.2 Caso 2. Teléfono a teléfono por IP	8
2.2.3 Caso 3. Cliente IP a teléfono o teléfono a Cliente IP	9
2.3. QoS EN TELEFONÍA IP	10
2.4. FACTORES A MEDIR EN LA CALIDAD DE SERVICIO EN TELEFONÍA IP	11
2.4.1 Tipo de Códec	11
2.4.2 Latencia	12
2.4.3 Jitter	13
2.4.4 Ancho de Banda	13
2.4.5 Pérdida de Paquetes	14
2.4.6 Eco.....	15
CAPÍTULO III	16
3 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE QOE	16
3.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	17
3.1.1 Métodos Subjetivos	17
3.1.2 Métodos Objetivos	22
3.2. ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA QoE PARA EL SERVICIO DE TOIP	23
3.2.1 Método de evaluación acogido	23
3.3. PROPUESTA DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EXPERIENCIA PARA EL SERVICIO DE TOIP	24
CAPÍTULO IV.....	25
4 CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA QOE PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA IP	25
4.1. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA EXPERIENCIA PARA EL SERVICIO DE TOIP	25
4.2. FASES DE LA EVALUACIÓN DE LA QoE PARA EL SERVICIO DE TOIP	27
4.3. FASE DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS.....	27
4.3.1 Identificar y Definir los parámetros que afectan la ToIP.....	28
4.3.2 Formular los identificadores claves de desempeño (KPI, Key performance Indicator).....	32
4.4. FASE DE EVALUACIÓN	35
4.4.1 Formular preguntas para la evaluación de KPI's.....	35
4.4.2 Caracterizar el servicio de ToIP a Evaluar.....	37
4.4.3 Diseñar la prueba de Evaluación.....	38
4.4.4 Ejecutar la prueba	40

4.5.	FASE DE RESULTADOS.....	40
4.5.1	<i>Presentar los Resultados</i>	41
4.5.2	<i>Determinar el Nivel de Satisfacción del Usuario (NSU)</i>	41
4.5.3	<i>Analizar los Resultados</i>	46
4.5.4	<i>Plantear de Soluciones y Recomendaciones</i>	47
CAPITULO V.....		49
5	VALIDACION DE LOS CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA QOE PARA EL SERVICIO DE TOIP	49
5.1.	EVALUACIÓN DE LA QOE PARA EL SERVICIO DE TOIP DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA “VOIP UNICAUCA”	49
5.2.	FASE DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS.....	49
5.2.1	<i>Identificar y Definir los parámetros que afectan la ToIP en la Universidad del Cauca</i>	49
5.2.2	<i>Formular los identificadores claves de desempeño (KPI, Key performance Indicator)</i>	50
5.3.	FASE DE EVALUACIÓN.....	51
5.3.1	<i>Formular preguntas para la evaluación de KPI's</i>	51
5.3.2	<i>Caracterizar el Servicio de ToIP a Evaluar</i>	55
5.3.3	<i>Diseñar la prueba de evaluación</i>	58
5.3.4	<i>Ejecutar la prueba</i>	61
5.4.	FASE DE RESULTADOS.....	63
CAPITULO VI.....		90
6	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	90
6.1.	CONCLUSIONES.....	90
6.2.	RECOMENDACIONES	91
6.3.	TRABAJOS FUTUROS.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones entre los Marcos de QoS.	3
Figura 2. Fases de la interacción con un servicio.....	4
Figura 3. Relación de la QoE con el marco de QoS.....	5
Figura 4. Telefonía IP PC a PC.....	8
Figura 5. Telefonía IP teléfono a teléfono IP.....	9
Figura 6. PC a teléfono o teléfono a PC	10
Figura 7. Aspectos que impactan la QoS	11
Figura 8. Clasificación de los métodos de evaluación de calidad.	17
Figura 9. Modelo de los cinco Gaps	19
Figura 10. Diagrama del Árbol Adaptado al servicio de Telefonía IP.....	28
Figura 11. Comparación entre las expectativas y la Experiencia.....	30
Figura 12. Parámetros Objetivos que afectan el servicio de ToIP.....	31
Figura 13. Relación de los niveles de calidad y los parámetros que afectan un servicio.	32
Figura 14. Actores relacionados con el Servicio de Telefonía IP.	33
Figura 15. Preguntas de evaluación para los KPIs de los parámetros Subjetivos.....	36
Figura 16. Preguntas de evaluación para los KPIs de los parámetros objetivos.....	37
Figura 17. Preguntas para la recolección de información de las expectativas y evaluación de satisfacción general del servicio e importancia de los parámetros desde la perspectiva del usuario.	37
Figura 18. Proceso de diseño del muestreo	40
Figura 19. Pasos para el cálculo del NSU Total.	43
Figura 20. Esquema de ponderación de cada uno de los atributos en la Satisfacción general del Servicio de ToIP	45
Figura 21. Matriz de prioridades	46
Figura 22. Orden de ejecución de las soluciones.....	48
Figura 23. Diagrama del Árbol Adaptado al servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca.....	50
Figura 24. Relación de los parámetros que afectan el servicio con los actores relacionados con el servicio de Telefonía IP.....	50
Figura 25. Características del Servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca	56
Figura 26. Infraestructura del Servicio VoIP Unicauca.....	57
Figura 27. Pasos para la Inducción de la prueba de QoE de VoIP “Unicauca”.....	61
Figura 28. Percepción del usuario del comportamiento del Eco.....	65
Figura 29. Percepción del usuario del Códec Usado.	66
Figura 30. Pérdida de paquetes percibidas por el usuario.....	66
Figura 31. Pérdida de paquetes de la Red.....	66
Figura 32. Retardos Percibidos por el usuario.....	67
Figura 33. Latencia en la Red.....	67
Figura 34. Jitter en la Red.....	67
Figura 35. Percepción del usuario de la Calidad de la solución ofrecida por el servicio de Atención al Cliente.	68
Figura 36. Conocimiento y conformidad del usuario con el horario de funcionamiento del servicio de atención al cliente.	68

<i>Figura 37. Percepción del usuario de la Facilidad para contactarse con el servicio de Atención al Cliente.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 38. Percepción del usuario del desempeño de los asesores de Contacto 55.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 39. Usabilidad percibida por el usuario.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 40. Preferencias de uso del usuario del terminal final.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 41. Confiabilidad percibida por el usuario.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 42. Disponibilidad percibida por el usuario.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 43. Perfil de los Usuario del servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 44. Opinión de los usuarios de sus experiencias previas con otros servicio de Telefonía IP.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 45. Percepción del Usuario de la imagen de marca de la Universidad del Cauca.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 46. Prioridades dadas por el usuario a los atributos del grupo de atributos el funcionamiento técnico.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 47. Prioridades dadas por el usuario a los atributos del grupo de atributos atención al usuario.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 48. Prioridades de los parámetros que afectan el Servicio de Telefonía IP desde la perspectiva del usuario.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 49. Percepción General del usuario de la calidad técnica del servicio de Telefonía IP.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 50. Percepción General del usuario de la calidad del servicio de atención al cliente.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 51. Percepción del usuario de la permanencia del servicio.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 52. Percepción general de la calidad del servicio de telefonía IP.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 53. NSU de los grupos de atributos del servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 54. Porcentajes de Influencia de cada Atributo en la Satisfacción del servicio del ToIP de la Universidad del Cauca.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 55. Matriz de prioridades del Servicio de ToIP de la Universidad del Cauca “VoIP UNICAUCA”.</i>	<i>85</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis de los Marcos de QoS.....	2
Tabla 2. Tipos de Codec's	12
Tabla 3. Retardo aceptable para las diferentes niveles de calidad.....	13
Tabla 4. Jitter mínimo para diferentes aplicaciones	13
Tabla 5. Pérdida de paquetes dependiendo de la aplicación	14
Tabla 6. Modelos de evaluación subjetiva adaptados de la economía	18
Tabla 7. Modelo MOS.....	20
Tabla 8. Escala de percepción.....	21
Tabla 9. Escala de comparación.....	21
Tabla 10. Verificación del cumplimiento de los métodos subjetivos de las condiciones planteadas	24
Tabla 11. Matriz de criterios para la evaluación de la QoE en VoIP.....	25
Tabla 12. Explicación de los criterios para la evaluación de calidad de la experiencia en el servicio de telefonía IP.....	26
Tabla 13. Fases para el desarrollo de la Evaluación de QoE en el Servicio de ToIP.....	27
Tabla 14. KPIs del Servicio de Telefonía IP para cada Parámetro.....	33
Tabla 15. Relación de KPI's estimados para el servicio de telefonía IP, el actor del servicio responsable y el nivel de calidad relacionado.....	34
Tabla 16. Conversión de escalas cualitativas a cuantitativas.....	41
Tabla 17. Relación entre los Parámetros que afectan el servicio, KPI's, atributos y grupos de atributos asociación de los KPIs desde la perspectiva del usuario.....	42
Tabla 18. Relación entre el NSU y la escala de satisfacción.....	46
Tabla 19. Relación entre los parámetros, KPI's a Evaluar y actores del servicio VoIP Unicauca.....	51
Tabla 20. Preguntas para la evaluación de Experiencias previas e imagen del proveedor.....	52
Tabla 21. Preguntas para la evaluación de la Percepción del servicio.....	53
Tabla 22. Preguntas para la evaluación de la Usabilidad.....	53
Tabla 23. Preguntas para la evaluación de la Atención al Cliente.....	54
Tabla 24. Preguntas para la evaluación de la Disponibilidad y Confiabilidad.....	54
Tabla 25. Preguntas para la evaluación de la Satisfacción general del Servicio.....	55
Tabla 26. Preguntas para determinar importancia de cada parámetro.....	55
Tabla 27. Tipos de encuestas.....	58
Tabla 28. Actividades durante la Evaluación	59
Tabla 29. Ejecución de la prueba.....	63
Tabla 30. Relación de Parámetros, KPI's, atributos y categorías para la evaluación de la QoE en el servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.....	65
Tabla 31. Cálculo del ponderado de cada categoría del Servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.....	79
Tabla 32. Cálculo del ponderado de prioridad de los atributos del aspecto técnico y atención al usuario.....	80
Tabla 33. NSU de los KPI's del servicio y de los atributos del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.....	81
Tabla 34. NSU del grupo de atributos del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.....	82
Tabla 35. NSU total del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.....	83
Tabla 36. Resumen de la Satisfacción y el ponderado de prioridad de los grupos de atributos del servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca.....	85
Tabla 37. Relación de Parámetros, KPI's, atributos y categorías para la evaluación de la QoE en el servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.....	88
Tabla 38. Recomendaciones para mantener o mejorar la satisfacción del usuario con VoIP Unicauca.....	89

LISTA DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Ponderado de prioridad de un Grupo de Atributos.</i>	<i>43</i>
<i>Ecuación 2. Ponderado de cada atributo en un Grupo de Atributos.</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 3. NSU de cada KPI.</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 4. NSU de cada atributo.</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 5. NSU de un Grupo.</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 6. NSU total del servicio para la Telefonía IP.</i>	<i>45</i>
<i>Ecuación 7. Tamaño de la Muestra Estadística.</i>	<i>60</i>
<i>Ecuación 8. Aplicación de la Ecuación 7 para el servicio de ToIP de Unicauca.</i>	<i>60</i>

ACRONIMOS

ACR	Absolute Category Rating (índice de categoría absoluto)
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation (Modulación por codificación de impulsos diferencial adaptativa)
CCR	Comparison Category Rating (Índices por Categorías de Comparación)
CELP	Code Excited Linear Prediction (Predicción Lineal Excitada por Código)
CS-ACELP	Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction
DCR	Degradation Category Rating (Índices por Categorías de Degradación)
E2E	End to End (Extremo a Extremo)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo de estandarización de Telecomunicaciones)
FMPT	Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones
IETF	The Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
IPTV	Internet Protocol Television (Televisión sobre el protocolo IP)
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
ISP	Internet Service Provider (Proveedor de Servicios de Internet)
ITSP	Internet Telephony Service Providers (Proveedor de Servicios de Telefonía sobre Internet)
ITU	International Telecommunication Union (Union Internacional de Telecomunicaciones)
ITU-T	International Telecommunication Union -Telecommunication Standardization Sector (Union Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estandarización de Telecomunicaciones)
KPI	Key performance Indicator (Indicadores Claves de Desempeño)
LAN	Local Area Network (Red de Área Local)
LD-CELP	Low Delay Code-Excited Linear Prediction (Excitación de Código de Bajo Retraso)
MOS	Mean Opinión Score (Nota Media de Opinión)
NSU	Nivel de Satisfacción del Usuario
PC	Personal Computer (Computador Personal)
PCM	Pulse Code Modulation (Modulación por Impulsos Codificados)
PSTN	Public Switched Telephone Network (Red de Telefonía Pública Conmutada)
QoE	Quality of Experience (Calidad de la Experiencia)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
RPE-LTP	Regular Pulse Excitation - Long Term Prediction (Excitación de Pulsos Regulares y Predicción de Periodo Largo)
SIP	Session Initiation Protocol (Protocolo de inicio de Sesión)
SLA	Service Level Agreement (Acuerdo de Nivel de Servicio)
ToIP	Telephony over IP (Telefonía sobre el protocolo IP)
TTL	Transistor-Transistor Logic (Lógica Transistor a Transistor)
UDP	User Datagram Protocol (Protocolo de datagrama de usuario)
UIT-D	Unión Internacional de Telecomunicaciones-Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones
VoD	Video On Demand (Video sobre demanda)
VoIP	Voice over Internet protocol (Voz sobre el protocolo IP)
WAN	Wide Area Network (Red de Área Extendida)

INTRODUCCIÓN

El cambio en la industria de las telecomunicaciones actuales, impulsado por el aumento en la competencia, los nuevos avances tecnológicos, el desarrollo de nuevos y mejores servicios y un mercado que está cada vez más influenciado por las necesidades particulares del usuario, obliga a los operadores a mejorar la calidad de los servicios que suministra, de forma que puedan lograr una mayor fidelidad de sus clientes. La estrategia de mejoramiento en la prestación de los servicios que ofrece un operador se constituye en un elemento de diferenciación y posicionamiento en el mercado, ya que permite que de manera más fácil y rentable se puedan realizar nuevos negocios con los usuarios satisfechos y leales, en lugar de tener que buscar nuevos consumidores, lo cual puede ser una tarea más compleja.

El acelerado desarrollo tecnológico que cubre a las redes de hoy, ha permitido contar con un elevado incremento en la capacidad de transporte de las mismas, esto facilita el soporte de los exigentes requerimientos de los nuevos servicios: Video Bajo Demanda (VoD: Video On Demand), Videoconferencia, IPTV (IP TeleVision), entre otros; unido a esto, la red de hoy tiende a soportar el transporte de sus servicios (tanto tradicionales como nuevos) en infraestructuras de conmutación de paquetes, fundamentalmente sobre el Protocolo Internet (IP – Internet Protocol), lo cual conlleva grandes desafíos.

Uno de los servicios tradicionales que primeramente se empezó a brindar sobre una red IP, fue la telefonía, la cual se conoce en este contexto de forma genérica como Telefonía IP. Este servicio dada las características de calidad que ha heredado de la red de telefonía tradicional y las inherentes a su propia naturaleza (bajo retardo, ancho de banda dedicado, entre otros) demanda de la nueva infraestructura de transporte y de los operadores que brindan este servicio un nivel de calidad en su prestación igual o superior al que los usuarios encontraban en la red telefónica tradicional.

Por lo anterior es de gran importancia en la prestación y penetración de servicios soportados sobre IP poder determinar el grado de satisfacción de sus usuarios, lo cual es una tarea ardua porque depende tanto de parámetros técnicos (transparentes al usuario) como de parámetros subjetivos propios de quien usa el servicio. En los ambientes convencionales, según los estudios hechos por Accenture¹ el comportamiento que tienen los usuarios frente a un servicio mal recibido demuestra que gran parte de ellos nunca llaman a quejarse, sino que simplemente deciden cambiarse de proveedor; por tal razón conocer lo que el usuario desea y espera además de establecer la percepción del servicio ofrecido, son los primeros pasos para lograr la satisfacción de los mismos.

Esta nueva visión orientada a la satisfacción de los requerimientos del servicio y a mejorar la percepción del mismo por parte de los usuarios, ha hecho surgir el concepto de Calidad de la Experiencia (QoE - Quality of Experience) el cual abarca los aspectos de percepción y evaluación del servicio y es dependiente del servicio

¹ Accenture es una compañía global de consultoría de gestión, servicios tecnológicos y outsourcing, colabora con sus clientes para ayudarles a convertir sus organizaciones en negocios de alto rendimiento. www.accenture.com

particular que se valore y de los usuarios que hacen uso de él. En este contexto surgió la necesidad de realizar este trabajo de grado, con el fin de proponer y validar los criterios y procedimientos necesarios para llevar a cabo una evaluación de la calidad de la Experiencia del servicio de telefonía IP, que permita determinar el nivel de satisfacción percibido por el usuario con el servicio y la relación entre la satisfacción y el impacto de cada parámetro que lo afecta, además que faciliten, guíen el proceso y muestren todos los aspectos a tener en cuenta para realizar una evaluación exitosa.

Con el fin de abordar los temas necesarios para el desarrollo de este trabajo de grado, este documento está organizado de la siguiente manera:

Con el objetivo de ofrecer una claridad conceptual el Capítulo I, realiza una aproximación al estado del arte de la Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) definiendo a través de la construcción de un marco general los aspectos importantes y relevantes de QoS abordados en los trabajos realizados por ITU-T, la ETSI, la IETF y el modelo general. Adicionalmente relaciona el concepto de QoS con QoE lo que da una visión general del nuevo enfoque que debe tener un proveedor de servicio para garantizar la satisfacción de sus usuarios.

El Capítulo II define y diferencia los conceptos relacionados con la telefonía IP; realiza un estudio de los componentes, funciones y aspectos relacionados con dicho servicio y definen los factores técnicos que afectan la calidad en la prestación de éste, lo cual da una visión global de los aspectos técnicos a tener en cuenta para lograr la satisfacción del usuario.

El Capítulo III muestra las diferentes formas de evaluación para la Calidad de Servicio haciendo un análisis de los métodos encontrados, los cuales van desde propuestas hechas en el sector de la economía y el mercadeo hasta lo propuesto por la ITU-T como organismo de estandarización de las telecomunicaciones.

En el Capítulo IV se muestra de forma detallada los criterios y el procedimiento planteados para evaluar la Calidad de la Experiencia en el servicio de telefonía IP, lo cual incluye una explicación de cómo calcular el Nivel de Satisfacción Percibido por el Usuario y propone como mecanismo para el análisis de resultados una adaptación de la matriz de prioridades propuesta por la CRT la cual relaciona el nivel de satisfacción del usuario con cada parámetro que afecta el servicio, con la importancia dada por el usuario a cada uno de estos.

El Capítulo V tiene como objetivo validar los criterios y procedimientos propuestos en el Capítulo IV para la evaluación de la Calidad de la Experiencia en el Servicio de Telefonía IP, mediante la adaptación de estos al contexto del servicio de Telefonía IP que presta la Red de Datos de la Universidad del Cauca, cuyo objetivo es determinar las falencias, fortalezas y el grado de satisfacción del usuario con el servicio, además de proponer soluciones y recomendaciones que permitan mejorar y optimizar la prestación del servicio.

Por último en el Capítulo VI se dan una serie de conclusiones obtenidas en el desarrollo del proyecto y se proponen posibles trabajos futuros.

CAPITULO I

CALIDAD DE SERVICIO QoS

Actualmente el término Calidad de Servicio se define como “algo” por lo cual el usuario calificará el servicio como bueno o malo, ese “algo” es expresado en forma singular, lo que erradamente induce a pensar que la satisfacción del usuario con el servicio no depende de múltiples factores sino de uno solo. Las razones de que este concepto en muchas ocasiones sea comprendido de forma errada o confusa es, primero: que se encuentra definido de diferentes formas por los organismos de estandarización del sector y por las propuestas alternas, y segundo: que conceptos y aspectos nuevos formados alrededor de QoS toman cada día mayor fuerza como QoS percibida y Calidad de la Experiencia (*QoE, Quality of Experience*) y no se mencionan o abordan claramente en los marcos propuestos por los organismos de estandarización [1]-[6].

Con el objetivo de tener una claridad conceptual sólida, este capítulo define dichos conceptos a través de la exposición de un marco general de QoS donde se muestran los trabajos realizados por ITU-T, la ETSI, la IETF y el modelo general propuesto por William C Hard [5] y los cuales describen aspectos importantes de la calidad de Servicio, pero no fueron abordados de igual manera por todos los anteriores organismos de estandarización. Adicionalmente relaciona el concepto de QoS con QoE lo que da una visión general e integral del nuevo enfoque que debe tener un proveedor de servicio para garantizar la satisfacción de sus usuarios.

1.1. Aspectos de la calidad de servicio acorde a los organismos de estandarización

El término QoS es utilizado ampliamente en la actualidad, pero debido a que sus alcances y definiciones tienen diversas connotaciones en los marcos de calidad propuestos por los organismos de estandarización del sector, como la ITU, ETSI, la IETF y los modelos alternos más importantes como el Modelo General [5], es confusa su interpretación. La Tabla 1 enuncia, sintetiza y relaciona los diferentes enfoques de QoS de estos organismos, la tabla muestra la definición de cada uno de los aspectos de calidad mostrados en la Figura 1 y permite observar si son o no tenidos en cuenta por los marcos más importantes [5] [7]-[10].

Aspectos de QoS	Definición	Aspectos de QoS relacionados con los marcos de QoS			
		Modelo Gral.	ITU	ETSI	IETF
QoS Intrínseca	Está asociada a las características técnicas de un servicio. Es afectada por el diseño de la red de transporte y acceso, la selección de protocolos de transferencia y la confiabilidad de la red entre otros. Se evalúa comparando las medidas de desempeño alcanzada con las esperadas y le permite al usuario comparar las características técnicas entre proveedores para establecer técnicamente cual ofrece mejores condiciones [5]-[13].	SI	SI	SI	SI
Necesidades del usuario	Determina las necesidades de un servicio en términos comprensibles para el usuario, independientemente de la tecnología y arquitectura de red. Se miden objetiva y subjetivamente desde el punto de acceso al servicio, pueden relacionarse con los parámetros de funcionamiento e incluirse dentro del contrato, son traducidos por el proveedor en especificaciones técnicas de la red [12].	NO	SI	SI	NO
QoS ofrecida por el proveedor	Es el valor de calidad que el proveedor espera ofrecer al usuario. Se expresa con valores de parámetros técnicos, es útil para los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA, <i>Service Level Agreement</i>), los cuales se definen cuantitativa y cualitativamente [12][14].	NO	SI	SI	NO
QoS conseguida por el proveedor	Esta revela los niveles de calidad realmente alcanzados por el proveedor y se expresa con valores asignados a los parámetros del servicio por periodos específicos de tiempo, e idealmente deben ser idénticos a los valores de la QoS ofrecida por el proveedor de servicio [12] [14].	NO	SI	SI	NO
QoS Percibida	Expresa el nivel de calidad que el usuario cree haber obtenido. Depende de factores que tienen una relación con la interacción directa con el servicio como la calidad intrínseca, las expectativas del usuario, las experiencias con servicios similares, la disponibilidad y usabilidad del servicio. Con parámetros iguales de QoS intrínseca se pueden obtener diferentes calificaciones de QoS percibida, lo que refleja la subjetividad propia del usuario. Esta se evalúa mediante encuestas en lenguaje y términos comprensibles a los usuarios [4][5] [12] [13][14][15].	SI	SI	SI	NO
QoS Evaluada	Está influenciada por la QoS percibida y por factores que no se observan en la interacción directa con el servicio, como los costos, la atención al cliente y la facturación. Una QoS evaluada satisfactoria se refleja en que el usuario continúe usando el servicio, ya que a pesar que la QoS percibida sea excelente, esto no garantiza la permanencia del usuario con el servicio [5][14][16].	SI	NO	NO	NO

Tabla 1. Síntesis de los Marcos de QoS.

La Figura 1 es una representación gráfica de las relaciones entre los diferentes marcos de calidad del servicio. Entender dichos marcos es fundamental para establecer su relación con el concepto de QoE.

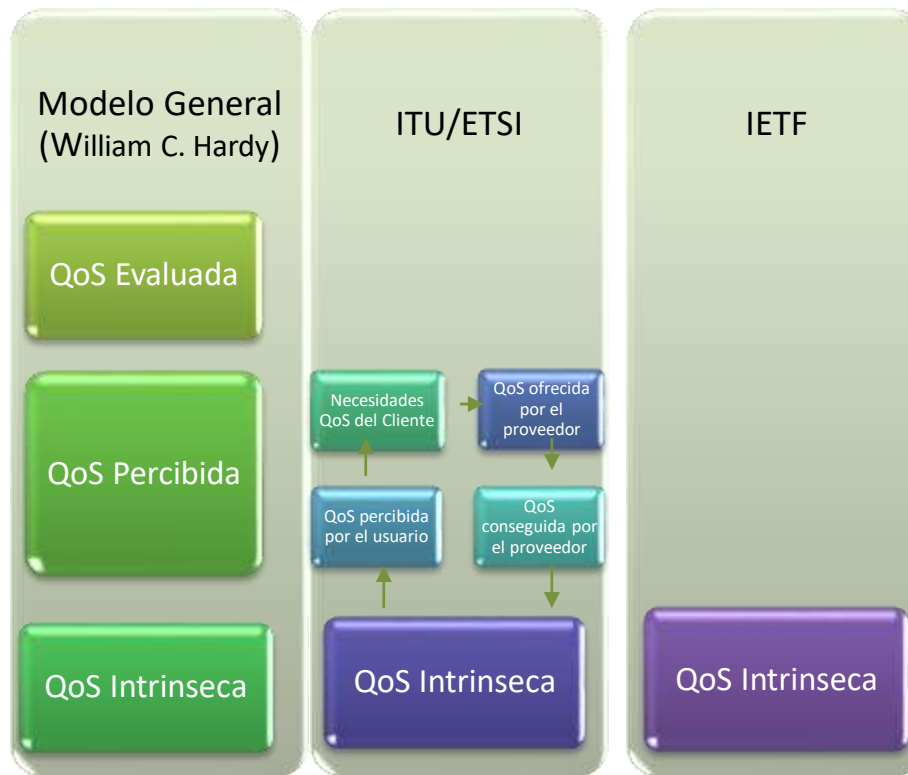


Figura 1. Relaciones entre los Marcos de QoS [14].

1.2. Calidad de la experiencia - QoE

El concepto de QoE surge de la necesidad de los proveedores de servicio de lograr una diferenciación en el ambiente competitivo actual y la satisfacción de sus usuarios como estrategia para obtener su fidelidad. La calidad de la experiencia se define por la ITU-T P.10/G.100 [17] como: *“la aceptabilidad general de una aplicación o de un servicio, conforme a la percepción subjetiva del usuario final”*, la definición es complementada con dos notas finales en las cuales se expresa que se debe tener en cuenta los efectos del sistema extremo a extremo, así como la influencia de las expectativas del usuario y el contexto en que este se desenvuelve [18][19].

La QoE abarca todos los aspectos que contribuyen a que el usuario se encuentre satisfecho, esto incluye desde los aspectos técnicos (Parámetros Objetivos), los cuales vienen definidos por el equipo de ingeniería de red, hasta los aspectos subjetivos del servicio los cuales varían de acuerdo a la percepción de quien lo usa (Parámetros Subjetivos). Con el fin de tener una visión global del servicio, es necesario identificar dichos parámetros mediante la descripción de las características generales de la prestación de un servicio, estos aspectos se presenta a continuación:

1.3. Aspectos de la prestación de un servicio en una red convergente

La prestación de un servicio se puede describir mediante un proceso que consta de tres fases: Antes, Durante y Después de su uso. La Figura 2 indica estas fases, cada una de ellas tiene asociados diferentes parámetros los cuales varían de acuerdo al servicio que se desea evaluar, ya que no todos ellos se ven afectados de la misma manera. La relación del proceso del servicio y los parámetros asociados se explican a continuación de acuerdo con [3][15][18]-[28]:

- Fase 1. Momento previo al uso e interacción con el servicio por parte del usuario. Elementos involucrados: Actitud, Hábitos y Expectativas.
- Fase 2. Interacción directa con el servicio por parte del usuario. Parámetros: Usabilidad del dispositivo terminal, Disponibilidad del Servicio y Parámetros de calidad de la red.
- Fase 3. Posterior a la interacción y uso del servicio. Parámetros: Servicios Complementarios, Atención al cliente, Costos y Facturación.

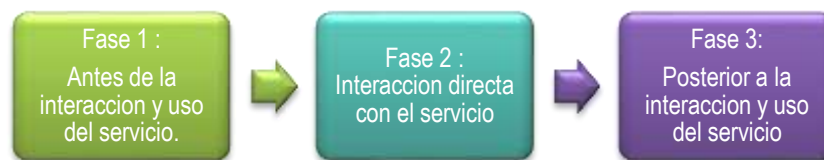


Figura 2. Fases de la interacción con un servicio

Un servicio es de carácter multidimensional, por lo que la satisfacción del usuario se compone de la interacción y logro de una alta calidad en cada una de las fases y los parámetros que lo afectan, estos al ser interdependientes, hacen imposible lograr la satisfacción del usuario de forma integral, con sólo mejorar alguno de ellos y dejar los otros sin atención. Es por esto que el impacto e importancia de una evaluación de QoE radica en la exactitud con la que se determinen los parámetros asociados al servicio.

1.4. Calidad de la experiencia - QoE y su relación con el marcos de calidad del servicio - QoS

De acuerdo al marco de calidad de servicio mostrado en la Figura 1, la definición de QoE, las fases de la prestación del servicio y los parámetros relacionados a estas, se establece la relación existente entre la calidad percibida, la calidad evaluada y la QoE. La Figura 3 muestra la relación de la QoE con los marcos de QoS, este marco propuesto de calidad es la base para el trabajo desarrollado ya que tiene en cuenta todos los factores que afectan la calidad del servicio.

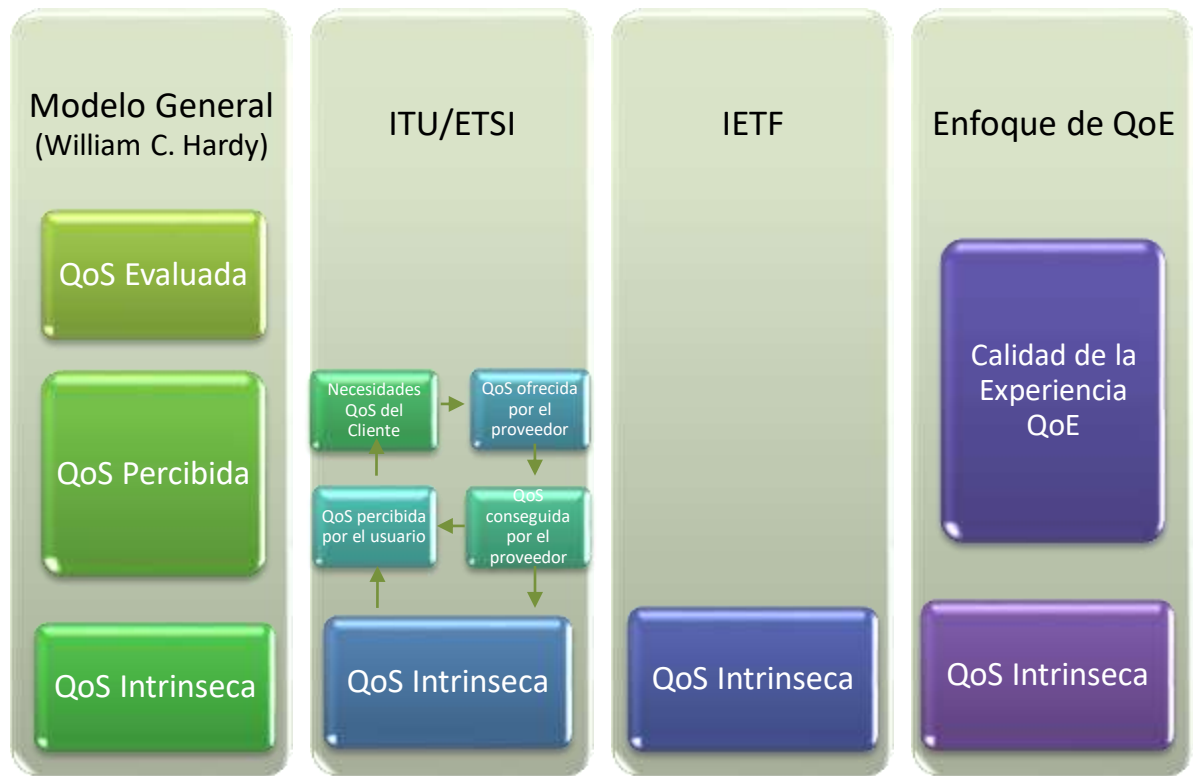


Figura 3. Relación de la QoE con el marco de QoS adaptado de [14].

Este capítulo permitió conocer el estado del arte de Calidad de Servicio, establecer claridad en la definición y los diferentes aspectos que abordan la QoS y su relación con la QoE.

Al finalizar este capítulo se pueden anotar dos conclusiones importantes; primero: no existe un marco conceptual común de Calidad de Servicio, ya que las definiciones de los diferentes organismos de estandarización y lo planteado en propuestas alternas tienen diferencias importantes entre sí; la ITU-T, la ETSI y el modelo general consideran QoS como el conjunto de los factores que afectan el servicio mientras que la IETF solo relaciona este concepto con la parte técnica del servicio. Segundo: evaluar la calidad de la experiencia es la manera más efectiva de determinar el nivel de satisfacción del usuario con el servicio y de detectar las falencias en los factores que lo afectan, para posteriormente mejorarlos y alcanzar la fidelización del mismo.

Lo anterior hace necesario determinar detalladamente los factores que afectan el servicio que se desea evaluar ya que de la exactitud de esta definición depende la veracidad de los datos que se obtendrán en la evaluación de QoE. El siguiente capítulo define detalladamente los parámetros técnicos relacionados con la calidad intrínseca que afectan el servicio de telefonía IP que es nuestro caso particular de estudio.

CAPÍTULO II

VOZ SOBRE IP (VOIP)

Con el objetivo de tener un marco conceptual sólido que defina y diferencie los conceptos relacionados con la telefonía IP, en este capítulo se realiza un estudio de los componentes, funciones y aspectos relacionados con dicho servicio y se definen los factores técnicos que afectan la calidad en su prestación, lo cual da una visión global de los aspectos técnicos a tener en cuenta para lograr la satisfacción del usuario.

2.1. Voz sobre IP (VoIP)

Voz sobre el protocolo IP (VoIP – Voice over IP) es el servicio que facilita el envío de señales de voz sobre una red de datos a través del protocolo IP, esto implica que la voz se procesará de forma digital. Las aplicaciones de VoIP han tenido un gran despliegue, desarrollo e importancia debido a varios factores como [29]-[34]:

- ❖ La rápida evolución de las tecnologías de transporte y procesado de señal.
- ❖ La necesidad de optimizar el uso de recursos de red.
- ❖ Necesidad de integrar redes existentes y nuevas.
- ❖ Reducción de costos de acceso, funcionamiento y mantenimiento que se reflejan en reducciones en los costos del servicio.
- ❖ Uso de IP y con esto el aprovechamiento de la infraestructura que Internet ofrece.
- ❖ La creciente demanda de los usuarios de nuevos servicios.
- ❖ La capacidad de integrar servicios de voz y datos.
- ❖ Los beneficios en la comunicación que ofrecen las aplicaciones en tiempo real.

Una aplicación de VoIP es la Telefonía IP, que al estar soportada en redes IP (las cuales por defecto no garantizan la entrega de paquetes de manera fiable al no poseer mecanismos de clasificación y protección para el tráfico de voz) demanda altos requerimientos para su correcto funcionamiento, exigiendo la implementación de mecanismos de calidad de servicio, sistemas de monitoreo y el despliegue de un proceso de evaluación constante que le permita al proveedor de servicio garantizar un nivel de calidad que satisfaga las necesidades del usuario.

La telefonía IP al ser considerada un sustituto de la telefonía tradicional, la aceptación y penetración en el mercado dependen de ofrecer una calidad en el servicio igual o superior a la que están acostumbrados los usuarios en la Red Telefónica Pública Conmutada (*PSTN, Public Switched Telephone Network*), lo cual hace necesario garantizar un correcto funcionamiento de los parámetros objetivos que afectan la calidad del servicio, entre estos parámetros están: el tipo de códec, el retardo extremo a extremo, la variación del retardo o “jitter”, pérdida de paquetes, el ancho de banda y el eco, así como también los factores subjetivos del servicio que pueden afectar la percepción de este; lo anterior, unido a la reducción de costos en el servicio harán que el usuario considere la posibilidad de reemplazar el servicio tradicional de Telefonía por la telefonía IP [13][28][30][35]-[39].

2.2. Telefonía IP

La telefonía IP se ha convertido en un servicio de gran importancia y altas expectativas ya que ofrece gran flexibilidad, es respaldado por la infraestructura, penetración y rápido desarrollo de Internet, además es un negocio con altos ingresos y un elevado número de clientes.

La telefonía IP es definida por el Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones (FMPT 2001) de la ITU-T [40] como: *“término genérico para la prestación de servicios vocales, facsímile y servicios conexos, parcial o totalmente para redes basadas en IP con conmutación de paquetes, que pueden incluir aplicaciones que integren o incorporen la transmisión de señales vocales y facsímile con otros medios tales como textos e imágenes”* [35][36] [40]-[42].

Para hacer posible la integración de servicio de voz y datos es necesario agrupar un conjunto de tecnologías que hacen posible la transmisión de la voz sobre redes públicas o privadas que utilizan el protocolo IP, estas se pueden diferenciar en dos categorías:

- ❖ Las encargadas del tratamiento de la señal de voz: digitalización, compresión y empaquetamiento, las cuales hacen posible generar la señal digital para ser codificada y obtener una reducción en la tasa de información a transmitir, para posteriormente empaquetarla y enviarla por la red, ocurriendo en el receptor el proceso inverso.
- ❖ Las encargadas de la configuración de la llamada, donde se destacan dos protocolos en la actualidad: (H.323)² y (SIP)³. Permitiendo funciones de autorización, autenticación, resolución de direcciones, etc. [29]-[31][43]-[47].

Según la naturaleza de la red IP que se emplee existe dos tipos de telefonía IP definidos por la UIT-D en [41]: *“La primera se basa en Internet, y se considera como la interconexión de un conjunto de redes públicas o privadas en un plano mundial. La segunda categoría reside en las redes IP gestionadas por los operadores de servicio, que disponen de numerosos mecanismos pre instalados (algoritmos de encaminamiento, codificación, etc.), que permiten asegurar un nivel de calidad de servicio aceptable para la voz.”*

Según el equipo terminal que se use y los tipos de red, existen tres casos de utilización de la voz por el protocolo Internet, a continuación se describirá cada uno de ellos [30][41] :

2.2.1 Caso 1. Cliente IP a Cliente IP

En este caso, tanto el usuario que llama como el usuario que se desea llamar, disponen de cliente IP que les permiten conectarse a Internet por medio de un proveedor de servicio, esta es la configuración más sencilla, ya que la conversión de los datos de voz se realiza en un PC utilizando un tarjeta de sonido y el software apropiado, las llamadas sólo pueden hacerse dentro de la red de datos y pueden establecer una comunicación vocal sólo mediante acuerdo previo, ya que ambos usuarios tienen que estar conectados a Internet al mismo tiempo es decir los usuarios tienen un plan de llamadas de antemano. Es importante destacar que el proveedor de servicio de Internet se limita simplemente a proporcionar acceso a la red, el

² Es un estándar aprobado por ITU que define cómo se transmiten los datos en conferencias audiovisuales a lo largo de una red.

³ Es un protocolo de señalización definido por la IETF para Telefonía IP y multimedia.

software que el cliente utiliza es transparente para el proveedor, siendo evidente las pocas garantías de calidad del servicio, por lo cual se dice que no se debe hablar de telefonía IP como tal, sino simplemente de la utilización de una aplicación vocal a través de Internet.

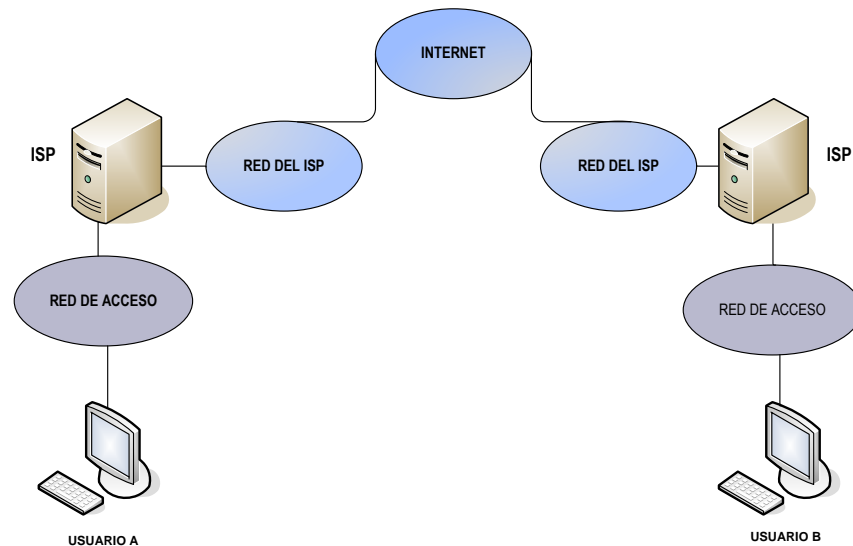


Figura 4. Telefonía IP PC a PC [41].

2.2.2 Caso 2. Teléfono a teléfono por IP

La gran evolución de VoIP, es la puerta de enlace o gateway, la puerta de enlace es una pasarela o un nodo que interconecta redes de datos, LAN, Internet, WAN y PSTN. En este caso el abonado llamante y llamado pertenecen a la red telefónica pública (fija o móvil) y utilizan su teléfono convencional para comunicación vocal como muestra la figura 5. Existen dos formas en que las pasarelas y la red IP están gestionadas, dependiendo de los actores:

- ❖ La utilización puramente interna de VoIP dentro de la red de un solo operador telefónico que posee y gestiona toda la operación, encargándose de ambos usuarios.
- ❖ La prestación de un servicio vocal de larga distancia a través de un operador de este tipo que utiliza tecnología VoIP donde toda la operación pertenece a este y es gestionada por el mismo teniendo en cuenta que la parte llamante y la llamada pertenecen a diferentes redes.

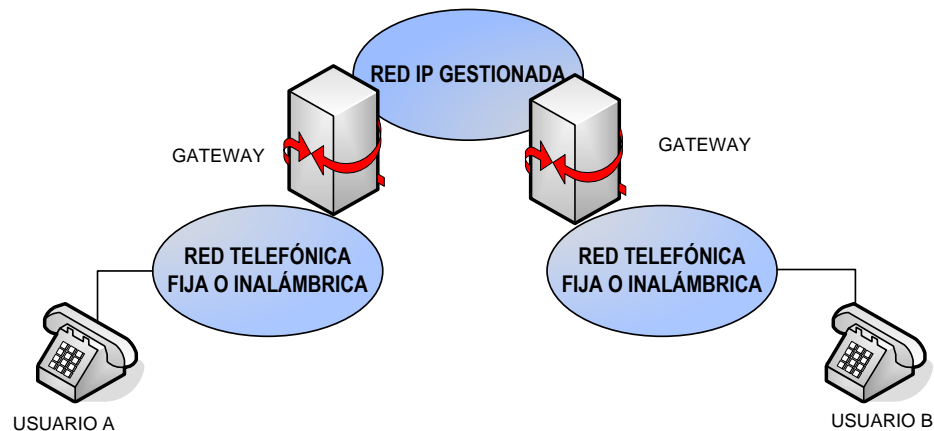


Figura 5. Telefonía IP teléfono a teléfono IP [41].

2.2.3 Caso 3. Cliente IP a teléfono o teléfono a Cliente IP

En este caso, existen dos situaciones:

La primera, la interconexión entre PC a un teléfono convencional donde uno de los usuarios utiliza un cliente IP conectado a Internet, mientras que el otro usuario es un abonado convencional de una red telefónica fija o móvil como muestra la Figura 6. Entonces si el usuario con el computador desea llamar, primero debe conectarse con el servicio de su proveedor de acceso a Internet, una vez conectado se emplean los servicios de un proveedor de servicio de telefonía por Internet (ITSP, Internet Telephony Service Providers), que es el que dispone de una pasarela que garantiza el acceso al punto más cercano de la central telefónica del abonado llamado. Dicha pasarela será la que se encargue de la llamada de la parte llamante y de toda la señalización relacionada con la llamada telefónica en el extremo de la parte llamada.

La segunda, la parte llamante es el usuario telefónico y la parte llamada es el usuario con un Cliente IP, para establecer la comunicación es necesario que el usuario con un Cliente IP disponga de un número E.164 definido en la Rec. ITU-T E 164 [48], para que el usuario con el teléfono pueda llamarlo, este número está compuesto por el código del país, código de zona o ciudad y un número telefónico.

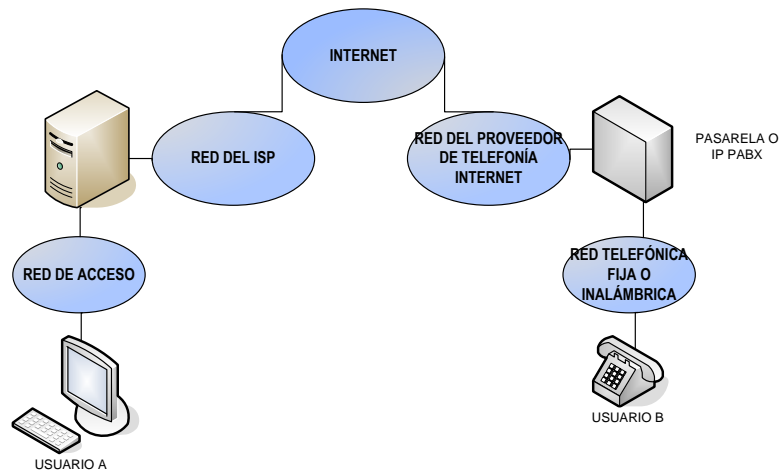


Figura 6. PC a teléfono o teléfono a PC [41].

2.3. QoS en Telefonía IP

Una de las principales dificultades de la Telefonía IP es lograr una calidad en la comunicación similar a la que están acostumbrados los usuarios de la PSTN, donde las condiciones técnicas de la transferencia de datos, la organización y forma de prestación del servicio influyen en la percepción de este, convirtiéndose en una necesidad fundamental garantizar la QoS en la telefonía IP.

Las necesidades y el comportamiento de la transmisión de voz frente a los datos sobre redes IP se diferencian en varios aspectos, ya que contrario a los datos, la voz necesita que los paquetes lleguen en orden para asegurar que no existan pérdidas y garantizar una tasa de transmisión que no supere un umbral determinado.

Transportar paquetes por la red IP involucra procesos de digitalización, compresión y empaquetamiento en el extremo emisor y los procesos inversos en el extremo receptor, afectando directamente la QoS. Estos procesos se llevan a cabo en determinados periodos de tiempo llamados tiempos de procesamiento y empaquetamiento:

- ❖ El tiempo de procesamiento se produce por la ejecución del algoritmo de codificación que entrega un flujo de bytes listos para ser empaquetados.
- ❖ El tiempo de empaquetamiento es el que se requiere para formar un paquete de voz a partir de los bytes codificados.

La Figura 7 muestra las posibles causas de deterioro de una señal de voz en una red IP (Peer to Peer) debido a factores como pérdidas de paquetes, latencia, variación del retardo o jitter y eco, los cuales generan una baja QoS intrínseca en el servicio de Telefonía IP e impiden el despliegue masivo de este servicio, por consiguiente es necesario agregar mecanismos adicionales para garantizar una óptima QoS intrínseca, como la diferenciación y priorización de tráfico, además de garantizar que los retardos asociados no superen los 150 ms lo cual se reflejará en el aumento de la calidad percibida por el usuario [25][28][30][32][34][41][44][49].

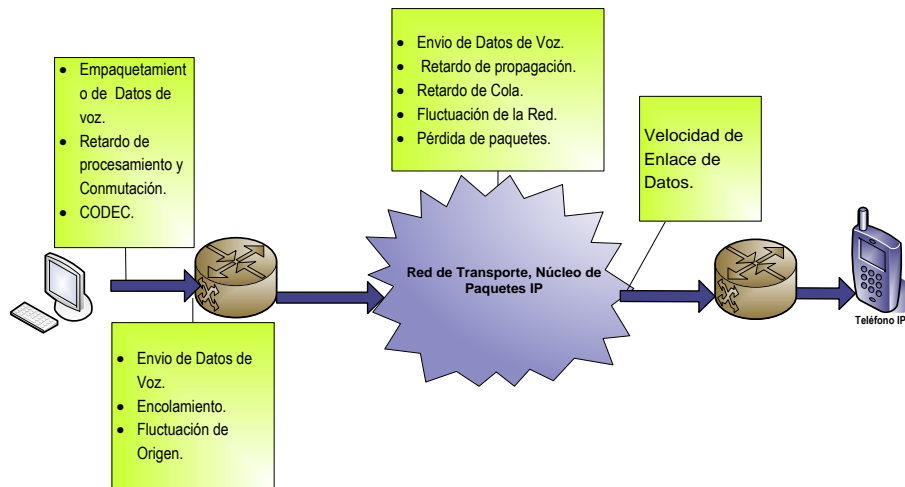


Figura 7. Aspectos que impactan la QoS [50].

2.4. Factores a medir en la Calidad de Servicio en Telefonía IP

Los factores técnicos que afectan directamente la QoS de la voz en una red IP son: el tipo de códec, la latencia, el ancho de banda, la variación del retardo, el eco y la pérdida de paquetes. Estos se describen a continuación: [13][28][30][35]-[39].

2.4.1 Tipo de Códec

Los códec de voz están diseñados bajo estándares de la ITU; especifican cómo los segmentos de la señal de voz analógica se codifican en flujos de datos digitales, estos determinan tanto el número mínimo de bytes que pueden ser razonablemente incluidos en un paquete de voz y el rendimiento de los paquetes que debe obtenerse con el fin de transmitir la voz digitalizada [39][50].

Los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de comparar diferentes códec son: la tasa de bits, el retardo, la robustez de pérdida de paquetes de voz y la calidad de la voz. La tasa de bits del códec indica la cantidad de datos que se entrega a la interfaz de red, la compresión implica cierto deterioro en la calidad, en general, cuanto más alta es la relación de compresión menor es la calidad de voz, para esto se han desarrollado algoritmos de codificación que pueden realizar una compresión al tiempo que se mantiene un buen nivel de Inteligibilidad [41][49].

A la capacidad de representar el sonido de la señal de audio analógica, con un nivel determinado de pérdidas y de compresión de información en la señal de salida se conoce como fidelidad del códec. En la actualidad no se puede asegurar que códec es mejor, pero para transportar voz sobre paquetes se utilizan generalmente el G.723.1, el G.729, el G.728, G.711 y el G.721, los cuales son considerados de calidad aceptable ya que Nivel de Opinión Medio (*MOS, Mean Opinión Score*) varía de 3 a 5. La Tabla 2 muestra una

comparación entre los códec más relevantes y los parámetros asociados como son la recomendación, velocidad, índice MOS y retardo [33][39][41].

Codificador	Norma/ Recomendación	Velocidad Binaria	Calidad Vocal (MOS)	Retardo de Codificador/ Decodificador
PCM (Pulse Code Modulation)	G.711	64 kbit/s	4,2	125 µs
ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)	G.721	32 kbit/s	4,0	300 µs
RPE-LTP (Regular Pulse Excitation - Long Term Prediction)	European Telecommunications Standards Institute (ETSI) – Global System for Mobile communications GSM 06-10	13 kbit/s	3,6	50 ms
CELP (Code Excited Linear Prediction)	G.723.1	6,3 y 5,3 kbit/s	3,9 a 3,7	90 ms
LD-CELP (Low delay code-excited linear prediction)	G.728	16 kbit/s	4,0	3 ms
CS-ACELP Análisis-síntesis (conjugate-structure algebraic-code- excited linear prediction)	G.729	8 kbit/s	4,0	30 ms

Tabla 2. Tipos de Codec's [31][41].

2.4.2 Latencia

Se define como el tiempo que le toma a un paquete recorrer la red de un extremo a otro. Para el caso de la voz no necesariamente degrada la calidad del sonido de una llamada telefónica, pero puede afectar la sincronización entre los terminales, por lo que es un parámetro importante para la comunicación desde la percepción humana. El retardo que experimenta un paquete es producido principalmente por tres factores:

1. Retardo de empaquetamiento: tiempo necesario para formar los paquetes de voz.
2. Retardo de encolamiento: tiempo que los paquetes esperan para ser transmitidos.
3. Retardo de conmutación: tiempo que tarda el conmutador para direccionar un paquete.

Para lograr una alta interactividad es necesario que la latencia extremo a extremo sea menor a 150 ms [5][13][29][31][33][35][39][51][52].

La Tabla 3 muestra los retardos aceptable para los diferentes niveles de calidad e interactividad de una conversación telefónica expresados en la Rec. ITU-T G.114 [53]:

Clase No	Retardo por Cada Sentido	Observaciones
1	De 0 a 150 ms	Aceptable para la mayoría de las conversaciones; solo algunas funciones altamente interactivas pueden experimentar degradación.
2	De 150 a 300 ms	Aceptable para las llamadas de baja interactividad (satélite con 250 ms por salto).
3	De 300 a 700 ms	Prácticamente una llamada semiduplex.
4	Más de 700 ms	Inútil, a menos que los llamantes estén habituados a conversar en semiduplex (como en el ejército)

Tabla 3. Retardo aceptable para las diferentes niveles de calidad.

2.4.3 Jitter

Se define como la variación en el tiempo de llegada de paquetes consecutivos; sus causas más comunes son la variación del retardo por encolamiento causado por los cambios dinámicos en las cargas de tráfico de la red, la pérdida de sincronización, las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino y el número de enrutadores que atraviesa [13][32][45][41][37].

La Tabla 4 muestra los valores mínimos de jitter para distintas aplicaciones de voz definidos en Rec. UIT-T G.1010 [13].

Aplicación	Jitter
Audio Voz en conversación	< 1ms
Audio Mensajería vocal	< 1ms
Audio Audio en tiempo real de gran calidad	<< 1ms

Tabla 4. Jitter mínimo para diferentes aplicaciones.

2.4.4 Ancho de Banda

Es definido como la velocidad a la cual un canal de comunicación puede transmitir información, independiente del soporte físico utilizado. El tráfico de voz exige un mayor consumo de ancho de banda que el tráfico de datos, debido a los protocolos utilizados por los servicio en tiempo real, los principales factores que influyen en el ancho de banda son [28][52][54]:

1. Algoritmo de codificación de voz.
2. Tamaño de paquetes de VoIP.
3. Número de paquetes de VoIP por segundo.

El algoritmo de codificación de voz influye en el ancho de banda, ya que define el tamaño de la información útil dentro de los paquetes que se transfieren a través de la red, la longitud del paquete depende del tamaño y el número de bloques de voz que se encuentran dentro de ellos y el tamaño del bloque de voz es definido por el códec estándar elegido. El número total de bloques de voz dentro de los paquetes VoIP influye en el

número de los paquetes enviados en un segundo, un menor número de bloques de voz significa menos paquetes de información útil, por lo que requiere de un mayor número de paquetes VoIP por segundo resultando en un mayor ancho de banda. Por otro lado el aumento del número de paquetes de voz dentro de los bloques de voz reduce el ancho de banda necesario, pero aumenta el retardo total de cada llamada [52][54].

2.4.5 Pérdida de Paquetes

La pérdida de paquetes se traduce en pérdida de información, y es un factor crítico para las aplicaciones en tiempo real, ya que tiene un efecto directo en la calidad de la información que percibe el usuario. El tráfico de VoIP se implementa sobre (UDP), protocolo que no está orientado a la conexión por lo que si se produce una pérdida no realiza reenvío de información, el único control que se puede realizar sobre la pérdida de paquetes es en los extremos de la transmisión; por lo cual la tasa de pérdida de paquetes dependerá de la calidad del medio de transmisión utilizado y del dimensionamiento de la red, hay que tener en cuenta que la pérdida de información no se limita solo a los errores de bit o a la pérdida de paquetes durante la transmisión, sino también a los efectos de cualquier degradación introducida por la codificación del medio para conseguir una transmisión más eficaz como es el caso del uso de códec vocales de baja velocidad binaria para la voz [13][25][41][55].

El grupo de expertos sobre Telefonía IP del UIT-D [41] establece que las cuatro causas posibles para la pérdida de paquetes son:

- ❖ Tiempo de vida del paquete expirado (TTL = 0).
- ❖ Retardo en el extremo receptor superior a la fluctuación de fase de (Jitter Buffer Memory).
- ❖ Destrucción por un módulo congestionado.
- ❖ Paquete no válido debido a fallos de transmisión.

En la Tabla 5 se indican los valores de pérdidas de paquetes especificados en la Rec. UIT-T G.1010, dependiendo de la aplicación [13].

Aplicación	Pérdida de Paquetes
Conversación	<3%
Streaming de Audio	<1%
Mensajes de Voz	<3%

Tabla 5. Pérdida de paquetes dependiendo de la aplicación

Las soluciones más usadas para la corrección de errores producidos por las pérdidas de paquetes son:

- ❖ Sistemas de corrección de errores con codificación redundante: los cuales varían de acuerdo con las pérdidas de paquetes observadas estadísticamente en la red en determinado momento.
- ❖ Ocultar la pérdida de paquetes: el cual consiste en insertar un vacío de silencio en lugar del paquete perdido con una duración equivalente.

- ❖ Creación artificial de paquetes: esta solución permite crear artificialmente muestras de voz con base en las anteriores las cuales remplazan al paquete perdido.

La creación artificial de paquetes es la solución más factible y de mejores resultados para aumentar la calidad en la comunicación, disminuida por la pérdida de paquetes [31][41].

2.4.6 Eco

Se refiere al retardo entre la transmisión de una señal y la recepción de la misma. Por lo general, este problema aparece en el contexto de las comunicaciones de PC a teléfono, de teléfono a PC o de teléfono a teléfono y es causado por los componentes electrónicos de las partes analógicas del sistema que reflejan una parte de la señal procesada. Un eco menor que 50 ms es imperceptible. Por encima de este valor, el hablante oirá su propia voz después de haber hablado [33][41][56].

Cuando el eco supera los 50 ms se deben utilizar técnicas para su cancelación, como los canceladores de eco que deben cumplir unos requisitos muy estrictos basándose en el estándar UIT-T G.165, comparando los datos de voz recibidos por la red de paquetes con los datos de voz enviados. Como solución al procesamiento de eco en las pasarelas, generado por la transferencia de dos a cuatro hilos se están instalando compensadores de eco de alta calidad en la pasarela de la red, de esta forma se logrará utilizar el servicio con equipos analógicos clásicos y ofrecer un servicio de telefonía IP deseado [5][41][56].

En este capítulo se estableció claridad en los conceptos relacionados con el servicio de telefonía IP, expuso los componentes, funciones y casos del servicio e identificó los parámetros técnicos que lo afectan, los cuales son fundamentales para la evaluación de la experiencia del usuario, ya que ésta se ve afectada tanto por los parámetros técnicos del servicio como por los parámetros subjetivos.

Los parámetros subjetivos que afectan la percepción del servicio a diferencia de los técnicos son difíciles de medir, por tanto es de gran importancia determinar un método de evaluación apropiado que permita realizar una evaluación óptima de la experiencia, por esta razón el siguiente capítulo muestra las formas y métodos de evaluación subjetivas más importantes creando un marco conceptual que permita escoger el método apropiado a utilizar.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE QoE

Un aspecto importante en la prestación de servicios de telecomunicaciones es poder determinar el Nivel de satisfacción de sus usuarios (NSU), lo cual es una tarea ardua porque depende tanto de parámetros técnicos (transparentes al usuario) como de parámetros subjetivos propios de quien usa el servicio.

En los ambientes convencionales, estudios realizados del comportamiento que tienen los usuarios frente a un servicio demuestra que:

- ❖ El 82% de las veces la causa de abandono de un servicio es la inconformidad con este y la incapacidad del proveedor de brindar soluciones eficazmente.
- ❖ Que por cada usuario que llama inconforme existen 29 usuarios que nunca llamaran.
- ❖ Que el 90% de los usuarios no se quejarán antes de abandonar el servicio, solo cambiaran de proveedor en el momento que se sientan insatisfechos y
- ❖ Que un cliente frustrado en promedio comentará a 13 personas más sobre sus malas experiencias.

por tal razón conocer lo que el usuario desea y espera y establecer la percepción del servicio ofrecido, son los primeros pasos para lograr la satisfacción y fidelidad de los mismos [0-6].

Esta nueva visión orientada a la satisfacción de los requerimientos del servicio y a mejorar la percepción del mismo por parte de los usuarios, ha dado gran importancia a las evaluaciones de Calidad de la Experiencia (QoE - Quality of Experience) las cuales abarcan los aspectos de percepción y evaluación del servicio y sobre el cual existe mucha discusión, dado que estas son dependiente del servicio particular que se valore y de los usuarios que hacen uso de él [4]-[6][21][22][30][32][35][43]-[45] [57]-[59].

Determinar el nivel de satisfacción del usuario (NSU), no es un proceso sencillo ya que está influenciada por múltiples factores subjetivos que no afectan a todos los servicio por igual y dependen de la opinión particular de cada usuario; debido a esto es necesario escoger de manera cuidadosa el método de evaluación para no caer en resultados errados que conduzcan a dediciones que perjudican aun más la percepción del servicio.

Este capítulo muestra una recopilación de los métodos de evaluación de calidad encontrados que van desde propuestas hechas en el sector de la economía y el mercadeo hasta lo propuesto por la ITU-T como organismo de estandarización de las telecomunicaciones, la cual permite realizar un análisis acerca del método de evaluación más apropiado al contexto de la Telefonía.

Este capítulo se encuentra dividido en tres secciones:

- ❖ La primera, se muestra las diferente formas de evaluación recopilando los métodos encontrados que van desde propuestas hechas en el sector de la economía y el mercadeo hasta lo propuesto por la ITU-T como organismo de estandarización de las telecomunicaciones.

- ❖ La segunda, se realiza un análisis de los métodos estudiados para definir el método más apropiado para la Evaluación de la QoE en el servicio de Telefonía IP.
- ❖ La tercera, se realiza una propuesta para realizar el proceso de evaluación de la calidad de la experiencia para el servicio de ToIP.

3.1. Métodos de Evaluación

Los métodos para medir o evaluar la calidad del servicio se dividen en dos clases: los métodos subjetivos, los cuales buscan conocer directamente la opinión de los usuarios, y los métodos objetivos, donde no existe interacción directa con el usuario para el proceso de evaluación. La Figura 8 muestra la clasificación de los métodos de evaluación que serán explicados a continuación [2][15][23][24]:



Figura 8. Clasificación de los métodos de evaluación de calidad.

3.1.1 Métodos Subjetivos

Los métodos subjetivos son ampliamente reconocidos por ser la forma más precisa de estimar la opinión del usuario sobre la calidad de un servicio; el objetivo de estos métodos es obtener la opinión media de un grupo de personas a través de interacciones directas con el usuario por medio de encuestas personales, telefónicas o vía Web, en las cuales él debe calificar la calidad del servicio a través de escalas de medición expresadas en términos entendibles a las personas.

Estos métodos tienen como ventaja la recolección directa de la opinión del usuario lo cual permite datos confiables y verídicos y como desventajas mayor tiempo y dificultad para la realización, elevados costos, necesidad de un gran número de usuarios y no poder ser usados para monitorear la calidad en largos periodos de tiempo. Los resultados de la evaluación se tratan y analizan de forma estadística y estos deben ser expresados en términos entendibles al usuario ya que es de gran importancia para el proveedor mostrar el

nivel de calidad que ofrece. Los métodos subjetivos se pueden clasificar en: los adaptados de la economía y los propuestos por los organismos de regulación [15][23][25][26].

3.1.1.1 Adaptaciones de la Economía

La Tabla 6[60] muestra un resumen de los modelos de evaluación subjetiva adaptados de la economía, donde el de mayor importancia y reconocimiento es el modelo SERVQUAL que se explicara a continuación.

Autor	Dimensiones
Garvin (1984)	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeño. • Características. • Confiabilidad (probabilidad de un mal funcionamiento). • Apego (habilidad de cumplir con las especificaciones). • Durabilidad. • Aspectos del servicio (rapidez, cortesía, competencia y facilidad de corregir problemas). • Estética. • Calidad percibida.
Lehtinen y Lehtinen (1982)	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad física, que incluyen los aspectos físicos del servicio (equipamiento, edificios). • Calidad corporativa, que afecta a la imagen de la empresa. • Calidad interactiva, la cual deriva tanto de la interacción entre el personal y el cliente como de los clientes con otros clientes.
Grönroos (1984)	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión técnica o de resultado. • Dimensión funcional o relacionada con el proceso. • Imagen corporativa.
Eiglier y Langeard (1989)	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad del servicio prestado como resultado final. • La calidad de los elementos que intervienen en el proceso de fabricación del servicio. • La calidad del proceso de prestación del servicio.
Parasuraman, Zeithmal y Berry (1985)	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos tangibles. • Fiabilidad. • Capacidad de respuesta. • Seguridad (agrupa a las anteriores dimensiones denominadas como profesionalidad, cortesía, credibilidad y seguridad). • Empatía (agrupa a los anteriores criterios de accesibilidad, comunicación y comprensión del usuario).

Tabla 6. Modelos de evaluación subjetiva adaptados de la economía [60]

❖ Servqual

El estudio realizado por Parasuramman, Zeithmal y Berry da como resultado un modelo para la evaluación de la calidad en las empresas de servicios llamado “El modelo de los cinco Gaps”⁴ mostrado en la Figura 9, este método está formado por cinco Gaps o desajustes que según los autores son las causas de un bajo nivel de calidad percibida. Estos son [24][60]:

- ❖ *Gap 1:* Diferencia entre las expectativas del cliente y la percepción de dichas expectativas por parte del proveedor del servicio.
- ❖ *Gap 2:* Diferencia entre la percepción de las expectativas del cliente y la forma de traducirlo en parámetros de calidad del servicio.
- ❖ *Gap 3:* Diferencia entre la calidad percibida por el usuario y la entregada por el proveedor.

⁴ Se podría traducir como el modelo de las cinco diferencias o desajustes.

- ❖ *Gap 4:* Diferencia entre el servicio prometido al cliente y el realmente entregado. En este punto se destaca la importancia de prometerle más al cliente, de lo que de verdad se está en condiciones de entregar, ya que se verá reflejado en la mala calificación del servicio.
- ❖ *Gap 5:* Diferencia entre la percepción del servicio por parte del usuario y las expectativas que él tenía del servicio.

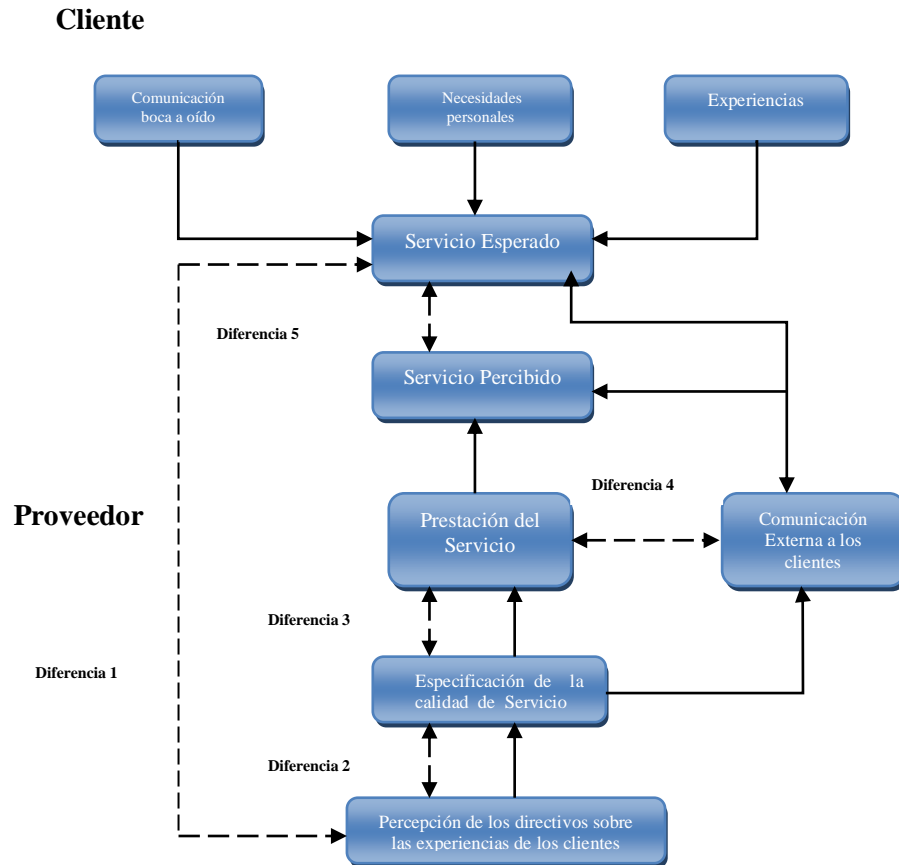


Figura 9. Modelo de los cinco Gaps [60]

El método SERVQUAL mide la satisfacción del usuario a través de una encuesta de 22 preguntas la cual tiene en cuenta cinco dimensiones que son consideradas comunes a cualquier servicio las cuales se mencionan a continuación:

- ❖ **Tangibilidad:** instalaciones físicas, equipamiento y apariencia del personal.
- ❖ **Fiabilidad:** capacidad para ofrecer el servicio prometido formalmente y correctamente.
- ❖ **Capacidad de respuesta:** buena voluntad de los empleados para ayudar a los clientes y proporcionarles un pronto servicio.
- ❖ **Garantía:** conocimiento y cortesía de los empleados y su capacidad para inspirar confianza y seguridad.
- ❖ **Empatía:** es la capacidad del cliente de usar el servicio cuando quiera y la habilidad de informarle con su propio lenguaje de sus necesidades.

El método SERVQUAL en primera instancia mide las expectativas del usuario determinando lo que él considera que debería ser un servicio ideal y posteriormente mide la percepción del servicio en particular, para determinar el grado de calidad en que se encuentra el servicio evaluado desde la percepción del usuario; este método tiene como desventaja que no todos los sectores de servicios se ajustan a las cinco dimensiones planteadas anteriormente, dentro de los que se encuentra el sector Tecnológico ya que las validaciones del método se han realizado en servicios del sector comercial como bancos, bibliotecas y supermercados.

3.1.1.2 Organismos de regulación

La UIT-T ha llevado a cabo estudios en la evaluación subjetiva de un servicio, las propuestas más importantes son:

1. Recomendación ITU-T P.800 [61]

Esta recomendación define una guía para realizar pruebas subjetivas de la calidad de transmisión en laboratorios con el fin de determinar el grado de satisfacción con el funcionamiento de ciertas conexiones telefónicas calculando la nota media de opinión (*MOS, Mean Opinión Score*). El MOS es el proceso subjetivo en el que un conjunto de personas califican la QoS de diferentes muestras de voz en un escala de uno a cinco (Excelente=5, Buena=4, Regular=3, Mediocre=2, Mala=1), como se muestra en la Tabla 7 y se promedian los resultados para obtener una tasa de puntuación media.

Esta recomendación sugiere que la evaluación subjetiva se puede desarrollar a través de pruebas de solo escucha o de conversación, considerando las pruebas de solo escucha como las más factibles para la evaluación de servicios de telecomunicaciones y recomendando los siguientes métodos de evaluación subjetiva:

❖ Pruebas de opinión sobre la conversación

Este tipo de pruebas intenta simular las condiciones reales del servicio en laboratorios propios, por lo cual es necesario seleccionar adecuadamente los participantes, las condiciones de la prueba, realizar medidas antes y después de cada experimento y utiliza la escala MOS para calificar el servicio.

Calificación	Valor de calidad
Excelente	5
Buena	4
Regular	3
Mediocre	2
Mala	1

Tabla 7. Modelo MOS.

❖ Pruebas de opinión sobre la escucha

Para que este tipo de pruebas tenga el mismo realismo que las pruebas de opinión sobre la conversación es necesario planificar algunos parámetros cuidadosamente, el método recomendado

para pruebas de opinión sobre la escucha es el Índice de Categorías Absolutas (ACR- Absolute Category Rating) que ha sido ampliamente aplicado a sistemas telefónicos digitales y analógicos y en dispositivos como Codec's; en este tipo de evaluación se debe dar una opinión global de la calidad de la comunicación bajo la escala MOS.

❖ **Detectabilidad con Respuesta Cuantificada**

Este método permite determinar los niveles por encima de los cuales diferentes parámetros afectan la percepción del usuario, este método se mide bajo la escala que se muestra en la Tabla 8.

❖ **Determinación de Índices por Categoría de Degradación (DCR- Degradation Category Rating)**

Este método compara el sistema bajo prueba con una referencia fija y permite la evaluación de algoritmos para el procesamiento digital de la palabra y puede ser útil en la optimización del sistema, este método se mide bajo la escala que se muestra en la Tabla 8.

Calificación	Valor de calidad
Imperceptible	5
Perceptible pero no molesta	4
Un poco molesta	3
Molesta	2
Muy molesta	1

Tabla 8. Escala de percepción.

❖ **Determinación de Índices por Categorías de Comparación (CCR, Comparison Category Rating)**

Este método compara el sistema sometido a prueba con una referencia fija de alta calidad, siendo muy útil este método de prueba si se desea mejorar la calidad de la conversación percibida. La escala utilizada en este método se muestra en la Tabla 9.

Calificación	Valor de calidad
Mucho mejor	3
Mejor	2
Ligeramente mejor	1
Aproximadamente igual	0
Ligeramente peor	-1
Peor	-2
Mucho peor	-3

Tabla 9. Escala de comparación

❖ **Método de Umbral**

Este método es adecuado para la optimización del sistema, mediante la comparación entre el sistema sometido a prueba y la referencia directamente.

❖ Entrevistas y cuestionarios

Si la importancia del experimento lo exige y se cuenta con el personal necesario que realice entrevistas y cuestionarios, se puede determinar el nivel de calidad a través de observaciones en condiciones de servicio, se recomienda realizar 100 entrevistas para cada condición que se desee evaluar con el objetivo de obtener resultados precisos, en la recomendación ITU-T P.82 [62] se establecen las condiciones y las preguntas que se deben realizar para este tipo de evaluaciones.

2. Recomendación ITU-T G.107 [63]

Esta recomendación define el modelo informático E cuyo resultado es un valor escalar que determina el índice de calidad R, el cual varía linealmente con la calidad global de la conversación. Este es comúnmente utilizado para: evitar el sobredimensionamiento de la red, evaluar los diversos parámetros de un servicio de voz, la calidad de la voz en redes de paquetes fija e inalámbrica, determinar cómo se verá afectada la calidad de la voz en la red y como herramienta de planificación de sistemas de transmisión.

El modelo parte de un puntaje perfecto (100) y resta diversos factores que degradan la calidad de la voz percibida como el uso de codec's, retardos de la red, pérdida de paquetes, ruido y eco. Cabe recalcar que el modelo no pretende determinar la opinión real del servicio por parte de los usuarios, como se enuncia textualmente en esta recomendación *"Hay que destacar que el resultado fundamental del modelo es el "factor de determinación de índices" R, aunque se puede transformar para obtener estimaciones de la opinión de los clientes. Estas estimaciones se hacen solamente a los efectos de la planificación de la transmisión y no para predecir la opinión real de los clientes (para lo cual no hay un modelo acordado recomendado por el UIT-T)"* [63].

3.1.2 Métodos Objetivos

Los métodos objetivos arrojan una estimación de los resultados que una evaluación de calidad subjetiva encontraría, por lo que no dan como resultado la opinión directa del usuario sino una similitud con la calidad percibida, tiene como ventaja que necesita menos tiempo, dinero y personal para su ejecución y como desventaja que los resultados no reflejan la opinión real del usuario de la calidad del servicio ya que este no interactúa directamente con el método de evaluación.

Los métodos objetivos de calidad percibida se encuentran divididos en dos clases: los intrusivos o no intrusivos. Los intrusivos requieren la inyección de señales adicionales para la estimación de calidad, estos son más precisos pero no son adecuados para monitorear la QoE ya que es necesario comparar las señales extras con la originales. Los no intrusivos no requieren de estas señales por lo que son adecuados para estimar la QoE [2][23][25].

3.2. Análisis de los métodos de Evaluación de la QoE para el Servicio de ToIP

3.2.1 Método de evaluación acogido

La calidad de la experiencia abarca todos los aspectos que contribuyen a que el usuario se encuentre satisfecho lo que sugiere que el método de evaluación apropiado, requiere considerar:

- ❖ Los aspectos técnicos (Parámetros Objetivos), los cuales vienen definidos por el equipo de ingeniería de red
- ❖ Los aspectos subjetivos del servicio los cuales varían de acuerdo a la percepción de quien lo usa (Parámetros Subjetivos).

Las características de una evaluación objetiva no tienen en cuenta estos requerimientos ya que en estos se realizan estimaciones de la calidad que el usuario experimenta únicamente por el análisis de la red, por consiguiente las características de métodos subjetivos permiten desarrollar una evaluación propicia que a través de la recolección directa de la opinión del usuario obtiene datos confiables y verídicos de la percepción que tiene el usuario del servicio.

3.2.1.1 Método de evaluación subjetivo acogido

Para escoger el método de evaluación subjetivo a usar en la evaluación de la calidad de la experiencia en el servicio de Telefonía IP se tiene en cuenta que sean flexibles para cumplir las siguientes condiciones:

- ❖ **Condición 1:** Permitir la evaluación de la calidad en las condiciones reales del servicio, no en laboratorios.
- ❖ **Condición 2:** Permitir la evaluación de todos los parámetros que afectan los servicios de telefonía IP, tanto subjetivos como objetivos.
- ❖ **Condición 3:** Permitir fácil adaptación al servicio de Telefonía IP.

La Tabla 10 muestra si los métodos subjetivos expuestos que cumplen las condiciones necesarias para ser adoptados como método de evaluación de la calidad de la Experiencia del servicio de Telefonía IP.

Método Subjetivo		Condición 1	Condición 2	Condición 3	
Adaptados de la Economía	SERVQUAL	✓	✓	X	
	Pruebas de opinión sobre la conversación	X	✓	✓	
Organismos de regulación	Pruebas de opinión sobre la escucha	X	X	✓	
	Rec ITU-T P.800	Detectabilidad con Respuesta Cuantificada	X	X	✓
		Determinación de Índices por Categoría de Degradación	X	X	✓
		Determinación de Índices por Categorías de Comparación	X	X	✓

	Método de Umbral	X	X	✓
	Entrevistas y cuestionarios	✓	✓	✓
Recomendación ITU-T G.107	modelo informático E	✓	X	X

Tabla 10. Verificación del cumplimiento de los métodos subjetivos de las condiciones planteadas

De la Tabla 10 se concluye que el método que cumple a todas las condiciones necesarias es el método “Entrevistas y cuestionarios” propuesto por la Rec. ITU-T P.800, por tanto este es escogido como método de evaluación subjetivo para la Evaluación de la Calidad de la experiencia en el servicio de Telefonía IP.

3.3. Propuesta del Proceso de evaluación de la Calidad de la Experiencia para el Servicio de ToIP

La Rec. ITU-T P.800 presenta poca información para desarrollar la evaluación con el método de “entrevistas y cuestionarios”, ya que la recomendación P.82 que cita como referencia no considera aspectos que son importantes en el contexto de evaluación de calidad de la experiencia, por lo tanto es necesario plantear un proceso de evaluación acertado y eficiente con el objetivo de determinar de manera precisa el NSU ya que está basado en la evaluación de la experiencias que el usuario ha tenido con el servicio permitiéndole al proveedor de servicios conocer el estado de este de manera detallada para ubicar las falencias del servicio y decidir las estrategias y cambios en este que mejoren el nivel de satisfacción.

Esta propuesta de evaluación se realiza en fases las cuales se desarrollan a través de procedimientos acorde a unos criterios de evaluación, con el objetivo de determinar el nivel de satisfacción del usuario (NSU) con cada uno de los parámetros que afectan la calidad.

Después de mostrar los diferentes métodos de evaluación y escoger al método subjetivo de entrevistas y cuestionarios propuesto por la Rec. P.800 como el apropiado para la evaluación de la Calidad de la Experiencia del Servicio de Telefonía IP, se concluye que es necesario determinar de forma precisa los parámetros que afectan el servicio, los criterios a tener en cuenta y el procedimiento a seguir para evaluar, siendo esto fundamental para determinar correctamente el nivel de satisfacción de los usuario, lo cual bajo las condiciones actuales de competencia y necesidades de diferenciación del proveedor es considerado una estrategia de fidelización. Por tanto el siguiente capítulo muestra los parámetros que afectan el servicio de Telefonía IP, los criterios y el procedimiento a seguir para la evaluación de la experiencia del servicio de telefonía IP

CAPÍTULO IV

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA QoE PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA IP

En este capítulo se presenta el desarrollo del proceso de evaluación propuesto a través de fases, criterios y procedimientos para establecer de manera precisa el nivel de satisfacción de los usuarios con el servicio, proporcionando información detallada del servicio.

4.1. Criterios para la Evaluación de la calidad de la Experiencia para el Servicio de ToIP

Para el desarrollo eficiente, exacto y satisfactorio de las fases de evaluación de la QoE se proponen criterios que permiten establecer los aspectos y normas para el cumplimiento de todas las actividades en el desarrollo de cada fase. Para determinar estos criterios de evaluación se ha tomado como base de análisis y síntesis la matriz para la definición de evaluación de calidad de servicio en las comunicaciones propuesta en la Rec. G.1000, la cual se adapta al servicio de Telefonía IP como muestra la Tabla 11.

Fases	Actividades	Criterios					
		Claridad	Simplicidad	Corta Duración	Exactitud	Flexibilidad	Regularidad
Determinación de los KPIs asociados al servicio de telefonía IP	Identificación de los parámetros	✓			✓		
	Formulación de los KPI's	✓	✓		✓		
Proceso de Evaluación	Establecimiento de Encuestas	✓	✓	✓	✓	✓	
	Establecimiento de Escalas		✓				
	Establecimiento de la muestra				✓		
	Ejecución de la Evaluación			✓	✓		✓
Resultados	Presentación de Resultados	✓	✓				
	Análisis de Resultados	✓			✓		

Tabla 11. Matriz de criterios para la evaluación de la QoE en VoIP.

La matriz propuesta en la Tabla 11 brinda una visión global de la relación de los criterios con las actividades de cada fase necesarias para una evaluación de QoE. El enfoque de cada uno de los criterios propuestos para la evaluación de la QoE del servicio de Telefonía IP se explica de forma clara en la Tabla 12.

Criterios	Explicación
Claridad	<p>Para lograr una Evaluación de la Experiencia del usuario Exitosa es necesario :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Tener claridad en los parámetros que afectan el servicio de Telefonía IP ya que esto es fundamental para la correcta determinación de los KPIs asociados al servicio. ❖ Claridad en la formulación o redacción de cada KPI, esto evitará que se presenten ambigüedades ó confusiones que puedan llevar a una evaluación errada de éstos. ❖ Claridad en la formulación de las encuestas, estas deben ser formuladas en términos comprensibles y sencillos para el usuario lo cual impedirá mala interpretación y resultados errados. ❖ Claridad en la presentación de los resultados finales de la evaluación, ya que además del proveedor, deben ser presentados al usuario para que pueda conocer el nivel de calidad del servicio.
Simplicidad	<p>Dado el fuerte carácter subjetivo de una evaluación de la QoE, es necesario que :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Las encuestas que conteste el usuario sean simples, para que sean contestadas de manera intuitiva evitando inconformidades y resultados erróneos. ❖ La presentación de resultados debe contar con un alto grado de simplicidad que permita su fácil comprensión. ❖ La escala de medición escogida para las preguntas de las encuestas sea simple y no contenga ambigüedades, evitando posibles dudas o confusiones del usuario en el momento de contestar, lo cual es fundamental para la evaluación ya que es a través de la escala de medición que se puede cuantificar y valorar la opinión del usuario.
Corta Duración	<p>Dado que una evaluación de QoE involucra la disponibilidad de tiempo del usuario es necesario que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ La ejecución de la evaluación y las encuestas que evalúan la opinión del usuario sean lo más cortas y concretas posible, ya que esto facilita que el usuario colabore con la evaluación.
Exactitud	<p>Una evaluación de QoE debe contar con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Exactitud en la identificación de los parámetros asociados al servicio de telefonía IP, ya que errores en este paso hará que la evaluación tenga un enfoque errado y por tanto resultados poco acertados. ❖ Exactitud en el establecimiento de la muestra estadística, ya que así se garantiza que los resultados obtenidos representan la opinión de la población total de usuarios, lo cual es fundamental para la veracidad de la evaluación. ❖ Exactitud en la ejecución de la evaluación, respetando fechas, horas y cronogramas acordados con el usuario. ❖ Exactitud en el análisis de resultados para que la evaluación sea confiable y exitosa, ya que es en esta instancia donde se determinan las falencias, debilidades y fortalezas del servicio, facilitando el planteamiento de soluciones y recomendaciones, si por el contrario el análisis de resultados se maneja de forma inexacta, el planteamiento de soluciones y recomendaciones no se ajustará a las condiciones reales del servicio por consiguiente no se conseguirá el aumento de la satisfacción del usuario.
Flexibilidad	<p>Dado que el proceso de evolución de la QoE se realiza en el lugar donde es usado el servicio, es necesario :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ofrecerle al usuario flexibilidad en tiempo y espacio para que realice la evaluación dentro del periodo de tiempo estipulado para la evaluación del servicio, lo cual aumenta la disposición de este para colaborar.
Regularidad	<p>Dado que las opiniones del usuario varía con el tiempo debido a factores económicos, culturales, tecnológicos entre otros, es necesario:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Evaluar regularmente el nivel de satisfacción con el servicio, lo cual garantiza que se estén satisfaciendo las necesidades del usuario.

Tabla 12. Explicación de los criterios para la evaluación de calidad de la experiencia en el servicio de telefonía IP.

4.2. Fases de la evaluación de la QoE para el servicio de ToIP

Las fases de evaluación se desarrollan a través de procedimientos como se muestra en la Tabla 13 estos procedimientos propuestos se basan en la Rec. BS 1284-1 de la ITU [64] y lo propuesto en [15],[18] y [21]

Fases de Evaluación	Procedimientos	Actividades
Determinación de Parámetros	1 •Identificar y Definir los parámetros que afectan la QoE en la ToIP	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificación de los parámetros. ➤ Formulación de los KPIs.
	2 •Formular KPIs	
Evaluación	1 •Formular preguntas para la Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecimiento de Preguntas. ➤ Establecimiento de escalas. ➤ Establecimiento de la muestra. ➤ Ejecución de la Evaluación. ➤ Presentación de Resultados.
	2 •Caracterizar el Servicio de ToIP a Evaluar	
	3 •Diseñar la prueba de Evaluación	
	4 •Ejecutar la Prueba de Evaluación	
Resultados	1 •Presentar los Resultados	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Presentación de Resultados. ➤ Análisis de Resultados.
	2 •Determinar el nivel de satisfacción del usuario promedio NSUP	
	3 •Analizar los Resultados	
	4 •Plantear soluciones y Recomendaciones	

Tabla 13. Fases para el desarrollo de la Evaluación de QoE en el Servicio de ToIP.

4.3. Fase de Determinación de parámetros

En esta fase se determinan todos los parámetros que afectan la calidad de la experiencia en el servicio de ToIP y a partir de ellos se define aspectos particulares que puedan ser evaluados para que entreguen indicadores de calidad, el desarrollo se realiza a través de procedimientos en los cuales debe efectuarse diferentes actividades.

4.3.1 Identificar y Definir los parámetros que afectan la ToIP

Hasta el momento, los organismos de estandarización no han desarrollado una recomendación completa que permita identificar claramente los parámetros tanto objetivos como subjetivos que afectan la percepción del servicio de telefonía IP, por ello para establecer los parámetros que lo afectan se propone una adaptación del modelo planteado en [22] denominado como “modelo del árbol” el cual propone un diagrama que tiene como base la experiencia con el servicio y a partir del cual se desprenden dos ramificaciones: los parámetros subjetivos y los parámetros objetivos; la unión de estos parámetros determina el nivel de satisfacción de los usuarios.

El nombre del modelo se debe a la semejanza hecha entre los árboles a los cuales con el tiempo le cambian las hojas y las ramas, característica similar que tienen los parámetros que afectan un servicio ya que estos evolucionan con el tiempo, algunos desaparecen y otros aparecen dependiendo del contexto, además el modelo permite visualizar las posibles interacciones entre los parámetros del servicio.

La Figura 10 muestra el modelo del árbol adaptado para el caso del servicio de Telefonía IP, indicando los parámetros que afectan este servicio los cuales se explican a continuación [2][3][7][8][11][15][18][21]-[23][27][33][65][67]-[70]:

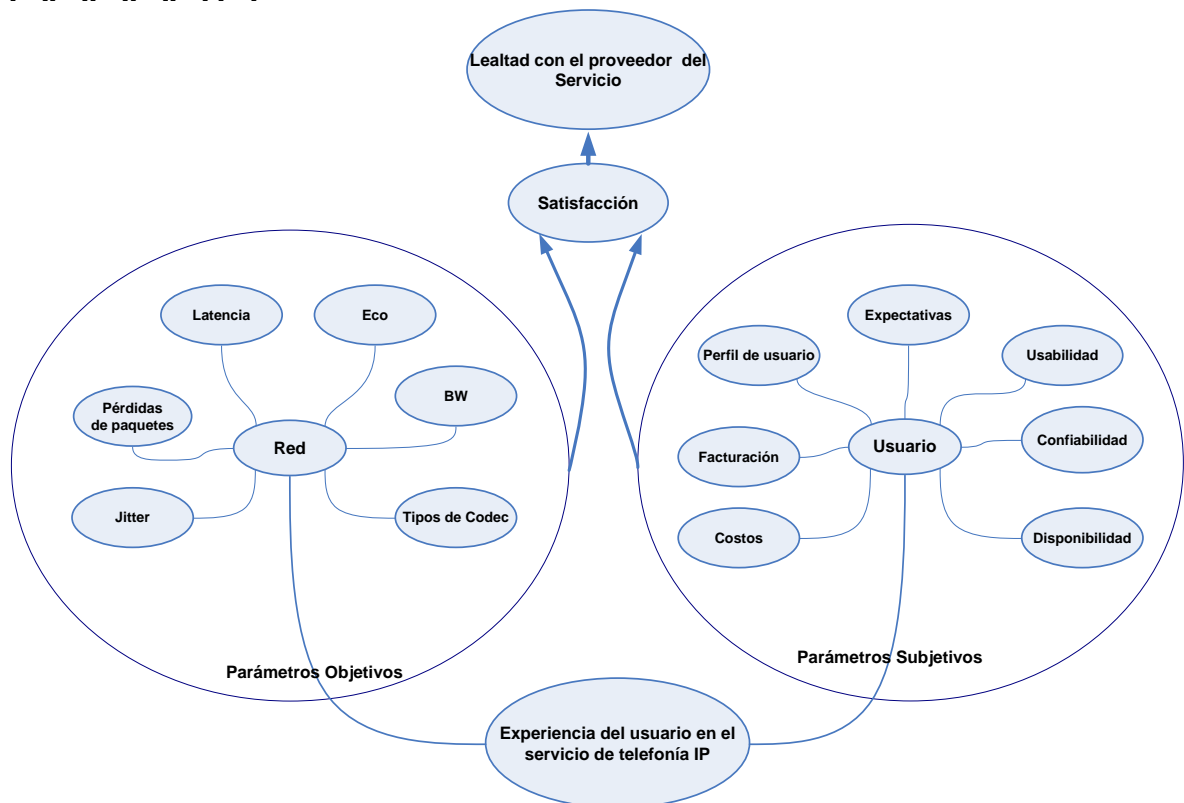


Figura 10. Modelo del Árbol Adaptado al servicio de Telefonía IP (Modificado de [22]).

4.3.1.1 Parámetros Subjetivos

Un parámetro subjetivo se define como una variable que puede tomar diferentes valores basándose en la opinión del individuo, el cual está influenciado por los intereses, deseos, percepciones y experiencias. Para el caso particular de la telefonía IP este tipo de parámetro está directamente relacionado con el usuario, su percepción y la experiencia personal con el servicio. A continuación se definen cada uno de los parámetros subjetivos que influyen en la QoE del servicio de telefonía IP:

a. Usabilidad

Se define como la facilidad de usar y comprender un producto o servicio; se encuentra ligada a la presencia o ausencia de características particulares de la interfaz o el producto e influenciada por parámetros como dónde está siendo usado, cómo se usa, el propósito del uso y el perfil del usuario, lo cual influye en la capacidad de que éste sea comprendido, aprendido y utilizado [2][11][18][22][65][67]. La norma ISO 9241-11 la define como *"El grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr los objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado"* [68].

b. Disponibilidad

Técnicamente se define como el porcentaje de tiempo que un servicio está disponible para su uso [11]. Expresado en términos comprensibles para el usuario es la facilidad de poder contar con el servicio en cualquier momento que se lo requiera [18]. Desde la perspectiva del usuario no es de gran importancia conocer el nivel de disponibilidad sino que él lo determinará a través del número de experiencias positivas o negativas que tenga al momento de usarlo. Es por esto de gran importancia establecer el nivel de disponibilidad percibido ya que permite determinar si se está cumpliendo con las necesidades del usuario [2][67][71].

c. Confiabilidad o Fiabilidad

La Rec. ITU-T E.800 [11] la define como *"la aptitud de un elemento para realizar una función requerida en condiciones determinadas durante un intervalo de tiempo"*. Una alta confiabilidad se refleja en la disposición del usuario de realizar a través del servicio labores que considera de gran importancia.

d. Expectativas

Son consideradas pronósticos que el usuario tiene de un servicio, están influenciadas por la opinión de otros usuarios, la imagen de marca del proveedor, experiencias anteriores con servicios similares y por el perfil del usuario. Como lo muestra la Figura 11, la satisfacción con un servicio está relacionada con una comparación entre la calidad esperada y la experimentada. Si la calidad experimentada es superior a las expectativas o calidad esperada, el usuario se encontrará satisfecho de lo contrario insatisfecho. Las expectativas no son constantes en el tiempo sino que varían de acuerdo a los avances tecnológicos, los factores sociales, culturales y económicos. Este es considerado un parámetro difícilmente medible, ya que no se podría establecer claramente en que porcentaje se ve afectada la percepción del servicio por la imagen de marca del proveedor, las experiencias anteriores y los demás factores involucrados [15][18][21][22][71].

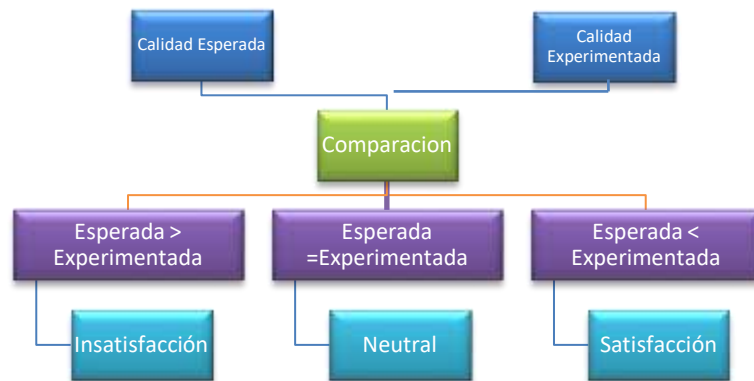


Figura 11. Comparación entre las expectativas y la Experiencia [15].

e. Costos

Se define como el valor económico que el usuario debe pagar para disfrutar del servicio, este factor tiene un gran impacto muchas veces decisivo a la hora de determinar si se continua o no con el servicio, ya que a pesar de que la QoS percibida por el usuario sea excelente, si los costos son demasiados altos el usuario buscará un proveedor que le ofrezca mejores posibilidades.

f. Facturación

Se define como el proceso por el cual el proveedor realiza el cobro del servicio a sus usuarios, este debe realizarse de manera exacta ya que se perjudica al proveedor si se cobra menos o al usuario si se sobrepasa el costo acordado; los costos están asociados directamente con la satisfacción ya que a pesar de no ser un factor visible en la interacción directa con el servicio está fuertemente relacionado con la decisión de permanencia con este. La recomendación UIT-T E.800 resalta la importancia de este factor desde la perspectiva objetiva proponiendo diferentes parámetros medibles estadísticamente a través de las quejas que los usuarios realizan [37][38].

g. Atención al Usuario

Es un servicio que establece un canal de comunicación entre el proveedor de servicio y el usuario permitiéndole expresar sus quejas y solicitar ayuda si así lo desea. Este servicio a menudo es obligatorio y se encuentra como requisito para establecer un contrato entre las dos partes. Un buen servicio de atención al usuario debe permitir varios medios de atención como: centros, líneas de ayuda y páginas web, además debe resolver de forma clara, rápida, veraz y concisa las inquietudes del usuario y proporcionar un trato cordial y respetuoso a este. Una atención al usuario con alta calidad contribuye con la satisfacción del servicio [11][15][18][65][67][69], lo cual se refleja en:

- ❖ La lealtad con el proveedor; definida como la voluntad del usuario de regresar al mismo proveedor la próxima vez que necesite el mismo servicio o uno nuevo.

- ❖ La lealtad al contrato; definida como la disposición del usuario de cooperar con el proveedor y seguir las recomendaciones que este sugiere permitiendo resultados óptimos, características de gran importancia en un mercado tan competitivo como el de las telecomunicaciones.

4.3.1.2 Parámetros Objetivos

Están directamente relacionados con el comportamiento y funcionamiento de la red. Para garantizar el óptimo funcionamiento del servicio de voz, las recomendaciones UIT-T G.1010 [13] y G.114 [39][53] establecen los valores mínimos y máximos para estos parámetros; Estos factores se muestran en la Figura 12 y se explican en el Capítulo 2.



Figura 12. Parámetros Objetivos que afectan el servicio de ToIP.

Después de definir los Parámetros que afectan la percepción del servicio de telefonía IP, es necesario establecer la relación entre cada parámetro y el nivel de calidad al cual están asociados, con el objetivo de entender de forma detallada lo que una evaluación de carácter subjetivo como lo es la QoE involucra. Como se explica previamente, la QoE es la unión de la calidad evaluada y la percibida y cada uno de estos niveles de calidad tienen asociados diferentes parámetros de acuerdo a la relación de estos con el servicio.

La Calidad percibida depende de tres tipos de parámetros: los parámetros técnicos del servicio que dependen directamente de la calidad intrínseca de la red, de los parámetros “fácilmente medibles” que son aquellos de los cuales el usuario puede dar una calificación subjetiva y los “difícilmente medibles” son aquellos que debido al fuerte carácter subjetivo del que dependen, es complejo dar una opinión subjetiva de ellos, lo que dificulta establecer su impacto en la satisfacción del usuario. La calidad evaluada depende de la calidad percibida y de los parámetros subjetivos externos a la interacción con el servicio, esta relación se muestra en la Figura 13 .



Figura 13. Relación de los niveles de calidad y los parámetros que afectan un servicio.

4.3.2 Formular los identificadores claves de desempeño (KPI, Key performance Indicator)

Una forma común de medir y monitorear si una empresa o servicio está logrando sus objetivos es a través de los indicadores claves de desempeño KPIs, estos se definen en [72] como “una variable que cuantitativamente expresa la efectividad o eficacia o ambos de una parte de un proceso entero o sistema, contra una norma dada, o un objetivo”, ó como “Un indicador de funcionamiento que define la medida de una parte de información importante y útil sobre el funcionamiento de un programa expresado como un porcentaje, índice, proporción u otra comparación que es monitoreado en intervalos regulares y es comparado con uno o más criterios”.

Los KPIs permiten determinar los factores directos o indirectos que afectan un servicio estableciéndose índices que arrojan información acertada de cada uno de ellos, en algunos casos son difíciles de establecer, de interpretar y necesitan de actualización constante por lo que es importante asociarlos a [2][73]-[78]:

- ❖ Los actores del servicio, para identificar quien es el responsable de ofrecer calidad de alto nivel en ellos.
- ❖ Las metas comerciales de una empresa, para monitorear el cumplimiento de estas.

La formulación de los KPIs del servicio de telefonía IP, se realizan teniendo en cuenta los parámetros que afectan la QoE del servicio para posteriormente evaluarlos. La Tabla 14 muestra los KPIs del servicio de telefonía IP y la Figura 14 muestra los actores involucrados en el servicio de telefonía IP.

Parámetro	KPI
Costos	Nivel de satisfacción del usuario con los costos del servicio Nivel de satisfacción del usuario con la relación costo beneficio del servicio
Facturación	Nivel de satisfacción del usuario con la exactitud del proceso de facturación Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo que se demora la factura en llegar Nivel de satisfacción del usuario con la claridad y detalle de la factura Nivel de satisfacción del usuario con el cumplimiento de las tarifas y promociones
Atención al cliente	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores para ayudar y solucionar el problema. Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores. Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.
Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario
Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario
Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario Preferencias del usuario del terminal final
Expectativas	No se puede determinar el impacto en la satisfacción del usuario al ser un parámetro difícilmente medible
Retardo (Jitter, Latencia)	Nivel de retardo percibido por el usuario
Perdidas (BW, Perdida de paquetes)	Nivel de pérdidas percibido por el usuario
Códec	Nivel de nitidez percibido por el usuario
Eco	Nivel de eco percibido por el usuario

Tabla 14. KPIs del Servicio de Telefonía IP para cada Parámetro.

Además de los KPIs mostrados en la Tabla 14 es necesario tener en cuenta tres aspectos adicionales:

- ❖ El perfil del usuario.
- ❖ La satisfacción general del usuario con el servicio.
- ❖ La importancia dada por el usuario a los parámetros que afectan la satisfacción con el servicio.



Figura 14. Actores relacionados con el Servicio de Telefonía IP adaptado de [18].

La Tabla 15 muestra una relación entre los niveles de Calidad asociados a la QoE, los parámetros que afectan el servicio de ToIP, los KPI asociados y su relación con los actores del servicio, con el objetivo de dar una visión global.

Nivel de Calidad asociados a la QoE	Parámetro	KPI	Actor del servicio Responsable
QoS Evaluada	Costos	Nivel de satisfacción del usuario con los costos del servicio Nivel de satisfacción del usuario con la relación costo beneficio del servicio	Proveedor de Servicio.
	Facturación	Nivel de satisfacción del usuario con la exactitud del proceso de facturación Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo que se demora la factura en llegar Nivel de satisfacción del usuario con la claridad y detalle de la factura Nivel de satisfacción del usuario con el cumplimiento de las tarifas y promociones	
	Atención al cliente	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores para ayudar y solucionar el problema. Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores. Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.	
QoS Percibida	Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario	Dispositivos de Usuario
	Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario	
	Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario Preferencias del usuario del terminal final	Usuario
	Expectativas	No se puede determinar el impacto en la satisfacción del usuario al ser un parámetro difícilmente medible	Proveedores de Infraestructura de Red
	Retardo (Jitter, Latencia)	Nivel de retardo percibido por el usuario	
	Perdidas (BW, Pérdida de paquetes)	Nivel de pérdidas percibido por el usuario	
	Códec	Nivel de nitidez percibido por el usuario	
Eco	Nivel de eco percibido por el usuario		

Tabla 15. Relación de KPI's estimados para el servicio de telefonía IP, el actor del servicio responsable y el nivel de calidad relacionado.

4.4. Fase de Evaluación

En esta fase se realiza todo lo concerniente al diseño de encuestas y su ejecución, todo el desarrollo de esta fase se realiza a través de varios procedimientos que se explican a continuación.

4.4.1 Formular preguntas para la evaluación de KPI's

Para evaluar los KPI's definidos se formulan preguntas que permiten obtener la percepción real que tienen los usuarios de cada uno de los parámetros. Para formular las preguntas se tiene en cuenta la Rec. UIT-T P.851, donde se definen dos tipos de preguntas:

- ❖ Las preguntas abiertas; *“Se caracterizan por ayudar a encontrar valores de calidad que de otra manera permanecerían sin detectarse y a identificar los aspectos de calidad que son más importantes desde el punto de vista del usuario”.*
- ❖ Las preguntas cerradas; *“facilitan la comparación entre agentes y experimentos y dan los medios exactos para cuantificar las percepciones del usuario”.*

La realización de las preguntas abiertas son la manera más precisa de conocer el nivel de calidad percibido por el usuario de cada KPI permitiendo que el usuario exprese su opinión exacta, sin embargo es complejo el análisis de los resultados en este tipo de preguntas ya que las respuestas no son fácilmente cuantificables, por lo que es más conveniente para el manejo de los resultados realizar preguntas cerradas con escalas de opinión apropiadas.

Para definir las preguntas y los tipos de escala de opinión que evalúan a cada uno de los KPIs formulados, se tiene en cuenta las propuestas y estudios hechos por organismos de estandarización como los presentados en [69][79]-[83].

Las preguntas que evalúan los KPIs del servicio de telefonía IP se muestran en la Figura 15, Figura 16 y Figura 17, agrupadas en parámetros subjetivos, objetivos y expectativas, Satisfacción general del servicio e Importancia de los parámetros. Por su facilidad para cuantificar las percepciones del usuario se usan diferentes escalas de opinión que se caracterizan principalmente por tener el mismo número de alternativas y por ser equilibradas (tiene el mismo número de alternativas positivas y negativas). La explicación detallada de las recomendaciones para formular las preguntas de evaluación se muestran en el Anexo A y las escalas utilizadas en el Anexo B.

KPI	• Pregunta de Evaluación
Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario	• ¿Qué tan complicado le pareció usar el SoftPhone?
Preferencias del usuario del terminal final	• ¿Preferiría usar un teléfono convencional en lugar de un Softphone?
Nivel de disponibilidad percibida por el usuario	• ¿Cuándo intento realizar una llamada a través del servicio de telefonía IP logró hacerlo?
Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario	• ¿Utilizaría el servicio para realizar llamadas importantes?
Nivel de satisfacción del usuario con la rapidez que el servicio de atención al cliente detecta y resuelve un problema	• ¿El servicio de atención al cliente detecta y resuelve rápidamente su problema?
Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas por el servicio de atención al cliente	• ¿Las instrucciones dadas en el servicio de atención al cliente son claras y fáciles de realizar?
Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida realizada por el servicio de atención al cliente	• ¿El servicio de atención al cliente realiza un seguimiento a la solución o respuesta dada?
Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo en el servicio de atención al cliente	• ¿Obtiene una solución a su problema sin tener que contar repetitivamente su inquietud a varias personas?
Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente	• ¿Es fácil contactarse con el servicio de atención al cliente?
Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido por el servicio de atención al cliente	• ¿Tiene que esperar mucho tiempo antes de ser atendido?
Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores del servicio de atención al cliente para ayudar y solucionar el problema.	• ¿Los asesores del servicio de atención al cliente están dispuestos a entenderlo, ayudarlo y a solucionar su problema?
Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores del servicio de atención al cliente	• ¿Los asesores del servicio de atención al cliente son amables y respetuosos?
Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención del servicio de atención al cliente	• ¿Conoce el horario de funcionamiento del servicio de atención al cliente? • ¿Considera que este horario es conveniente?
Nivel de satisfacción general del usuario con el servicio de atención al cliente	• En general usted calificaría el servicio de atención al cliente como:
Nivel de satisfacción del usuario con los costos del servicio	• ¿Considero que los costos del servicio son justos?
Nivel de satisfacción del usuario con la relación costo beneficio del servicio	• ¿Cómo calificaría la relación costo beneficio del servicio?
Nivel de satisfacción del usuario con la exactitud del proceso de facturación	• ¿Considera que el proceso de facturación es exacto?
Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo que se demora la factura en llegar	• ¿Considera que las facturas del servicio llegan a tiempo?
Nivel de satisfacción del usuario con la claridad y detalle de la factura	• ¿Considera que la factura tiene información clara y detallada?
Nivel de satisfacción del usuario con el cumplimiento de las tarifas y promociones	• ¿Considera que el proveedor cumple con las tarifas y condiciones de los planes y promociones?

Figura 15. Preguntas de evaluación para los KPIs de los parámetros Subjetivos.

KPI	• Pregunta de Evaluación
Nivel de Retardo Percibido por el Usuario	• ¿Ha percibido que la voz de la persona con la que habla ó su voz llegan con un tiempo de retraso?
Nivel de Perdidas Percibido por el Usuario	• ¿Escucha entrecortada la voz de la persona con la que habla?
Nivel de eco Percibido por el Usuario	• ¿Ha escuchado su voz como un eco de fondo en la comunicación?
Nivel de Nitidez percibido por el usuario	• ¿Era nitida la voz de la persona con la que habló cuando realizó o recibió una llamada?

Figura 16. Preguntas de evaluación para los KPIs de los parámetros objetivos.

Expectativas del usuario con el servicio de telefonía IP	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil de Usuario <ul style="list-style-type: none"> • Sexo Edad Ocupación • Experiencias Previas e imagen del proveedor <ul style="list-style-type: none"> • ¿Ha tenido experiencias anteriores con servicio de telefonía IP? • ¿Qué tan a menudo usa el servicio de telefonía IP? • Califique las experiencias anteriores que ha tenido con el servicio de Telefonía IP. • Califique la imagen que usted tiene de "hombre del proveedor "como proveedor de servicios de Internet y Telfonia convencional.
Satisfacción general del servicio	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Conservaría el servicio de Telefonía IP? • ¿Reemplazaría el servicio tradicional de telefonía por el de telefonía IP? • En general usted calificaría este servicio de Telefonía IP como:
Importancia de los parámetros desde la perspectiva del usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Enemure del 1 al 7 los siguiente factores de acuerdo a la importancia que tienen en su satisfaccion con el servicio, siendo el numero 1 el mas importante para usted. • Usabilidad (facilidad al usar el teléfono IP o Softphone). • Correcto funcionamiento técnico del Servicio de telefonía IP (que se escuche claro, sin cortes ni ruidos). • Disponibilidad (poder contar con el servicio en el momento que se lo desee). • Confiabilidad (realizar a través del servicio labores que considera de gran importancia). • Atención al usuario . • Facturación correcta y a tiempo. • Costos justos y acordes a sus necesidades.

Figura 17. Preguntas para la recolección de información de las expectativas y evaluación de satisfacción general del servicio e importancia de los parámetros desde la perspectiva del usuario.

4.4.2 Caracterizar el servicio de ToIP a Evaluar

Para caracterizar el servicio de ToIP a evaluar se debe considerar:

- ❖ Infraestructura de red.
- ❖ Tipos de usuarios.
- ❖ Tipo de servicio (Empresarial, Hogar).
- ❖ Tiempo de funcionamiento del servicio.

Recolectar esta información determina las ventajas, desventajas y limitantes del servicio, lo cual es fundamental para el diseño de una prueba de evaluación acorde a las particularidades del servicio y que obtenga resultados fiables para una mejor comprensión de los resultados de la evaluación.

4.4.3 Diseñar la prueba de Evaluación

Para obtener resultados óptimos y precisos en la evaluación, es importante tener en cuenta los siguientes criterios de evaluación [81]:

- ❖ Corta duración en la ejecución de la evaluación, ya que los usuarios tienden a aburrirse, olvidarse o rehusarse a participar.
- ❖ Exactitud en la ejecución de la evaluación, respetando fechas, horas y cronogramas acordados con el usuario.
- ❖ Exactitud en el establecimiento de la muestra estadística, ya que así se garantiza que los resultados obtenidos representan la opinión de la población total de usuarios, lo cual es fundamental para la veracidad de la evaluación.
- ❖ Flexibilidad en tiempo y espacio para que se realice la evaluación lo cual aumenta la disposición de colaborar.

Recomendaciones:

- ❖ La interfaz que se use para realizar la evaluación ya sea Web, escrita, telefónico o personal, debe ser agradable y usable.
- ❖ El número de encuestas a contestar debe ser el menor posible.
- ❖ Se debe incentivar la colaboración de los usuarios con el objetivo de que la evaluación sea contestada con la mejor disposición.
- ❖ Los mecanismos que se utilicen para el monitoreo de la red deben ser transparentes al usuario ya que afecta negativamente la evaluación puesto que afectan la disposición de los participantes.
- ❖ Se debe asegurar que el usuario entienda la manera de ingresar y contestar la evaluación.

Las condiciones para diseñar una prueba de evaluación varía de acuerdo a las características del servicio, ya que el tiempo de realización, los KPI's a evaluar y por ende las preguntas que se realizan en cada encuesta están sujetos a estas características.

Hay cuatro aspectos que deben definirse para diseñar la evaluación:

- ❖ Tiempo de realización de la evaluación.
- ❖ Mecanismos de monitoreo.
- ❖ Mecanismos para la realización de encuestas.
- ❖ Determinación de la muestra estadística.

4.4.3.1 Tiempo de realización de la evaluación

El tiempo para la realización de la prueba de evaluación debe ser corto de tal manera que no genere inconformidad y rechazo por parte del usuario, este tiempo varía dependiendo de las condiciones de servicio, tales como el tiempo de utilización previo a la evaluación ya que para que los resultados sean confiables, el usuario debe estar familiarizado con el servicio, por lo tanto la determinación del tiempo de evaluación queda sujeta a la consideración del servicio de cada proveedor.

4.4.3.2 Mecanismos de monitoreo

La utilización de herramientas que permitan monitorear los parámetros objetivos del servicio es necesaria para establecer el comportamiento de estos y conocer los valores exactos con los cuales se entrega el servicio en el periodo de tiempo de cada llamada. Estos mecanismos deben ser transparentes al usuario para que no influyan de manera negativa en la evaluación.

4.4.3.3 Medios para la realización de encuestas

Las evaluaciones subjetivas pueden realizarse por diferentes medios dependiendo de las consideraciones del proveedor, en donde la decisión depende de cuál de los medios disponibles se ajusta más a la comodidad, necesidades y disposición de sus usuarios; los medios más utilizados son [80]:

- ❖ Entrevista escrita: Se hace llegar al usuario los tipos de encuestas impresas con las recomendaciones para su correcto diligenciamiento dando un tiempo prudente para que se realice la entrega de la información.
- ❖ Entrevista personal: Un representante del proveedor de servicio se dirige hasta donde se encuentra el usuario para realizar las encuestas.
- ❖ Entrevista telefónica: Un representante del proveedor de servicio se comunica vía telefónica con cada usuario, presentando cada una de las preguntas en su correcta entonación con disposición de resolver dudas e inquietudes, de tal manera que el usuario no tenga ningún inconveniente en su realización.
- ❖ Vía Web: El proveedor le notificará al usuario la manera de ingresar al sitio web al que debe dirigirse para contestar las encuestas, proporcionando un “login” y un “password” para asegurar que sea el usuario seleccionado el que conteste la evaluación.

Después de establecer el mecanismo de realización de la encuesta es necesario realizar encuestas previas con usuarios pilotos que permitan detectar falencias y garantizar que la encuesta no presenta ningún tipo de error y que está arrojando los resultados esperados.

4.4.3.4 Determinar la muestra estadística:

Dado que el número de usuarios de un proveedor de telefonía IP puede ser demasiado grande es muy difícil, lento y costoso realizar el estudio de la calidad de la experiencia con la totalidad de los usuarios, por tanto es necesario establecer una muestra estadística que permita determinar la opinión del usuario de forma confiable y veraz pero mucho más rápido y menos costosa. La selección de la muestra estadística varía de acuerdo a las características del servicio a evaluar [84][85][86] y para obtenerla es necesario seguir el proceso mostrado en la Figura 18.

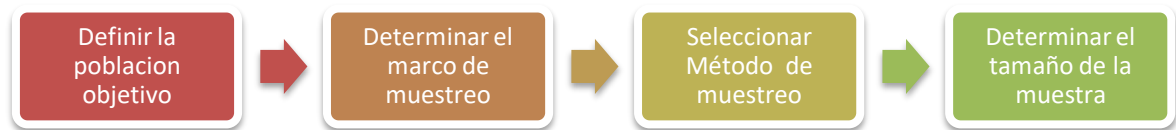


Figura 18. Proceso de diseño del muestreo [85].

- ❖ Población Objetivo: usuarios del servicio de telefonía IP.
- ❖ Marco de Muestreo: Listado o base de datos de usuarios del servicio de telefonía IP.
- ❖ Método de Muestreo: Existen varios métodos de muestreo que permiten seleccionar el número de usuarios que participan en la evaluación, el método escogido depende de las características del proveedor. La explicación detallada de la forma de establecer la muestra estadística se detalla en el Anexo C.

4.4.4 Ejecutar la prueba

La ejecución de la evaluación es el paso donde se lleva a cabo la prueba que determinará la opinión del usuario, este paso se puede dividir en dos partes: Inducción a la prueba y realización de la prueba.

4.4.4.1 Inducción a la prueba

Al usuario se le da una inducción al proceso de evaluación, en el cual se le explica dependiendo del medio escogido para la realización de las encuestas cómo acceder a ella y cómo responder correctamente las preguntas, además se le informa del servicio de atención al cliente al que pueden dirigirse si se presenta algún inconveniente.

4.4.4.2 Realización de la prueba

Se procede a la realización de las encuestas a los usuarios seleccionados supervisando el proceso para garantizar una alta calidad así como para determinar inconsistencias de la información suministrada por los usuarios, lo cual es fundamental para obtener resultados confiables en este tipo de estudios [79] [84].

4.5. Fase de Resultados

En esta fase se busca interpretar los datos recolectados, determinar si estos son positivos o negativos y encontrar el nivel de satisfacción del usuario (NSU) con servicio de ToIP considerando el porcentaje de influencia de cada parámetro en la satisfacción general ya que la satisfacción no es afectada en igual proporción por todos los parámetros. El desarrollo de esta fase se realiza a través de los procedimientos que se explican a continuación.

4.5.1 Presentar los Resultados

La presentación de resultados debe estar enfocada a la fácil e intuitiva comprensión del comportamiento de cada uno de los KPI's, por tal motivo deben mostrarse gráficamente a través de diagramas de barras o tortas asociando la pregunta realizada al usuario con la escala de medición utilizada. Además se debe a su vez realizar una conversión de las escalas cualitativas usadas en la evaluación para la comprensión del usuario, a escalas cuantitativas de 0 a 100 puntos ya que esta permite un manejo estadístico y arroja resultados más precisos y detallados; esta conversión se muestra en la Tabla 16.

Escalas Cualitativas Usadas				Escala Cuantitativa de 1 a 5	Valor Asignado en Escala Cuantitativa de 0 a 100
Muy Bueno	Nunca	Si, muy clara	Muy Satisfecho	Muy Fácil	100
Bueno	Casi Nunca	Si, suficientemente clara	Satisfecho	4	75
Regular	Algunas Veces	Medianamente clara	Ni Satisfecho - Ni Insatisfecho	3	50
Malo	A Menudo	No, no muy clara	Insatisfecho	2	25
Muy Malo	Siempre	No, en absoluto	Muy Insatisfecho	Muy complicado	0

Tabla 16. Conversión de escalas cualitativas a cuantitativas.

4.5.2 Determinar el Nivel de Satisfacción del Usuario (NSU)

Partiendo del marco metodológico de consultoría de la CRT en donde se realiza un diseño de una metodología de medición del nivel de satisfacción para las empresas de telefonía de larga distancias acorde al contexto nacional, se determina que la evaluación subjetiva de QoE debe realizarse de manera coordinada y exacta para determinar de manera precisa el NSU ya que este está basado en la evaluación de la experiencias que el usuario tiene con el servicio, permitiéndole al proveedor de servicios conocer el estado de este de manera detallada para ubicar las falencias del servicio y decidir las estrategias y cambios en este que mejoren el nivel de satisfacción.

La satisfacción del usuario con el servicio de telefonía IP está ligada con el nivel de calidad logrado por todos los parámetros que intervienen en la prestación del mismo, teniendo en cuenta que cada uno de estos influye en la satisfacción del usuario en diferente proporción, se considera establecer un valor ponderado que determine el porcentaje de influencia. El porcentaje de influencia en la satisfacción está dado por lo que considera el usuario más importante o prioritario que debe tener el servicio, para cumplir sus expectativas, estas expectativas varían por lo cual dependiendo del contexto de evaluación este porcentaje también varía.

Para realizar la ponderación es conveniente asociar los KPI's a atributos, es decir a cualidades específicas inherentes del servicio y los atributos asociarlos desde la perspectiva del usuario a un grupo de atributos, de tal forma que cuando se pida al usuario que atribuya un orden de prioridad, de manera fácil identifique acerca de lo que se le pregunta y pueda realizar la asignación. La Tabla 17 muestra como cada KPI está asociado a un atributo del servicio y estos asociados a grupos más generales de fácil comprensión para el usuario.

Parámetros que Influyen en QoE de la ToIP		KPI	Atributos	Grupos de Atributos
Objetivos	Códec	Nivel de Nitidez de la voz percibido por el usuario	Nitidez de la Comunicación	Funcionamiento Técnico
	Eco	Nivel de eco percibido por el usuario	Claridad de la comunicación	
	Perdidas (BW)	Nivel de pérdidas percibido por el usuario	Perdida de palabras	
	Retardo (Jitter)	Nivel de retardo percibido por el usuario	Continuidad de la Comunicación	
Subjetivos Difíciles de Medir	Expectativas (Actitud, Habito, perfil de usuario, imagen de marca)	No se pueden medir, por lo cual no tiene un KPI asociado a ellas.		
Subjetivos Fácilmente medibles	Facturación	Nivel de satisfacción del usuario con la exactitud del proceso de facturación.	Exactitud con la facturación	Calidad del Proceso de Facturación
		Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo que se demora la factura en llegar.	Tiempo de Facturación	
		Nivel de satisfacción del usuario con la claridad y detalle de la factura.	Claridad y Detalle de la factura	
		Nivel de satisfacción del usuario con el cumplimiento de las tarifas y promociones.	Cumplimiento de Tarifas y Promociones	
	Costos	Nivel de satisfacción del usuario con la relación costo beneficio del servicio.	Relación del costo con el Beneficio	Económico
		Nivel de satisfacción del usuario con los costos del servicio.		
	Atención al usuario	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema.	Calidad de la Solución.	Atención al Usuario
		Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas.		
		Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida.		
		Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo.	Facilidad para contactarse.	
		Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente.		
		Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido.		
		Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores para ayudar y solucionar el problema.	Desempeño de los Asesores.	
		Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores.		
		Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.		
	Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario.	Usabilidad del terminal	Usabilidad
		Preferencias del usuario del terminal final		
	Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario	Confiabilidad del Servicio	Confiabilidad
	Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario	Disponibilidad del Servicio	Disponibilidad

Tabla 17. Relación entre los Parámetros que afectan el servicio, KPI's, atributos y grupos de atributos asociación de los KPIs desde la perspectiva del usuario.

El nivel de satisfacción depende de la evaluación de cada parámetro al cual está asociados uno o varios KPI y su ponderación en el nivel de satisfacción total con el servicio, la Figura 19 presenta los pasos para realizar el cálculo de manera exacta.

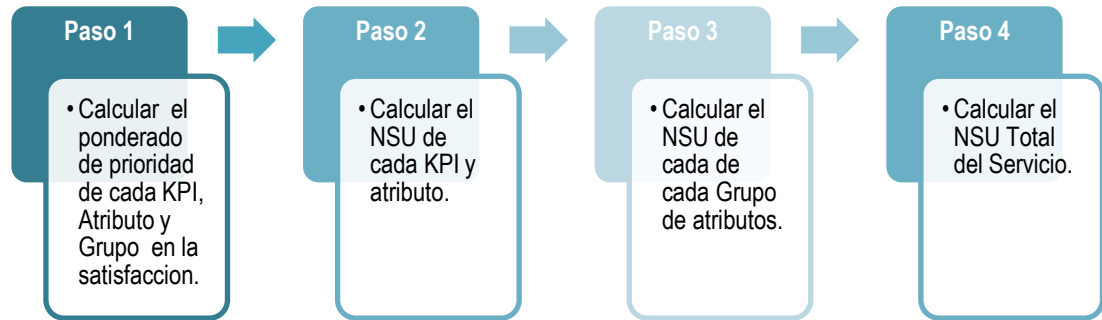


Figura 19. Pasos para el cálculo del NSU Total.

4.5.2.1 Paso 1. Calcular el ponderado de cada KPI y Atributo

La satisfacción del usuario con el servicio de telefonía IP depende de la calidad de cada uno de los parámetros, pero no de forma equitativa ya que para el usuario no tiene igual importancia que el proveedor le ofrezca una alta calidad en el servicio de atención al cliente, que una alta calidad del funcionamiento técnico del servicio, es por esto que debe determinarse el porcentaje de influencia en la satisfacción dado por lo que considera el usuario prioritario, para lo cual se pide al usuario organizar en orden de prioridad atributos de un grupo de atributos particular del servicio.

Acorde al orden de prioridad se realiza un cálculo de ponderación para obtener un valor de prioridad con el que se calcula el porcentaje de influencia en la satisfacción de cada atributo y grupo de atributos.

El cálculo del ponderado de prioridad de cada grupo de atributos dado por la Ecuación 1. Teniendo en cuenta que dependiendo del contexto donde se evalué esta varía, ya que los parámetros que afectan el servicio no son los mismos. La ecuación considera los 7 grupos de atributos que se evalúan en el servicio de telefonía IP.

$$P_{Gx} = \frac{p1 * 7 + p2 * 6 + p3 * 5 + p4 * 4 + p5 * 3 + p6 * 2 + p7 * 1}{100}$$

Ecuación 1. Ponderado de prioridad de un Grupo de Atributos.

Donde:

P_{Gx} = Ponderado de prioridad del grupo X

$P_{1...7}$ = Porcentaje de usuarios que califican al grupo x como prioridad 1 ... 7

Cada grupo tiene asociados uno o varios atributos los cuales influyen en la satisfacción general del servicio en diferente proporción, por lo cual el ponderado de cada atributo esta dado por el numero de ellos en el grupo de atributos. La Ecuación 2 muestra cómo debe calcularse el ponderado de cada atributo.

$$P_{aYX} = \frac{P_1 * n + \dots + P_n * 1}{100}$$

Ecuación 2. Ponderado de cada atributo en un Grupo de Atributos.

Donde:

P_{aYX} = Ponderado de prioridad del atributo Y en el grupo X

n = total de atributos en un grupo

pn = Porcentaje de usuarios que califican al atributo Y como prioridad n para el grupo X.

4.5.2.2 Paso 2. Calcular el NSU de un atributo:

Primero se calcula el NSU de cada KPI que pertenece a una categoría determinada, en donde se toma el total de usuarios que evalúan al KPI con la escala cuantitativa correspondiente. La Ecuación 3 muestra cómo debe calcularse.

$$NSU_{KPI} = \frac{n1 * 100 + n2 * 75 + n3 * 50 + n4 * 25 + n5 * 0}{100}$$

Ecuación 3. NSU de cada KPI.

Donde:

NSU_{KPI} = Nivel de Satisfacción del Usuario promedio con el KPI.

n = % de usuarios que califican al KPI con una escala cuantitativa de hasta 100.

Después de calcular el NSU del KPI se procede al cálculo del NSU del atributo, considerando cada KPI que asocian a un atributo.

$$NSU_{Atributo} = \frac{NSU_{KPI1} + \dots + NSU_{KPI n}}{n}$$

Ecuación 4. NSU de cada atributo.

Donde:

$NSU_{Atributo}$ = Nivel de Satisfacción del Usuario con el Atributo correspondiente.

$NSU_{KPI n}$ = Nivel de Satisfacción del usuario con el KPI n, asociado al atributo.

4.5.2.3 Paso 3. Calcular el NSU de un Grupo de Atributos

Se calcula el NSU del grupo considerando el ponderado de cada uno de los atributos que la asocian. La Ecuación 5 muestra cómo debe calcularse.

$$NSU_{Grupo x} = NSU_{Atributo 1 1} * P_{a 1 1} + \dots + NSU_{Atributo Y X} * P_{a Y X}$$

Ecuación 5. NSU de un Grupo.

Donde:

$NSU_{Grupo\ x}$ = Nivel de Satisfacción del Usuario con el grupo x .

$NSU_{Atributo\ Y\ x}$ = Nivel de Satisfacción del Usuario con el atributo Y de la categoría X .

$P_{a\ Y\ x}$ = Ponderado del atributo Y en la grupo X .

4.5.2.4 Paso 4. Calcular el NSU Total del Servicio

Con cada uno de los NSU calculados se procede al cálculo del NSU total del servicio el cual está dado por la Ecuación 6.

$$NSU_{Total\ del\ Servicio} = NSU_{Categoría\ 1} * P_{c\ 1} + \dots + NSU_{Categoría\ x} * P_{c\ x}$$

Ecuación 6. NSU total del servicio para la Telefonía IP.

Donde:

$NSU_{Total\ del\ Servicio}$ = Nivel de Satisfacción del Usuario total.

$NSU_{Grupo\ x}$ = Nivel de Satisfacción del Usuario con el grupo X .

$P_{c\ x}$ = Ponderado del Grupo X .

La Figura 20 muestra como la satisfacción general del servicio de ToIP está dada por cada uno de los ponderados de atributos del servicio en donde cada uno de ellos afecta en diferente proporción la percepción del usuario.

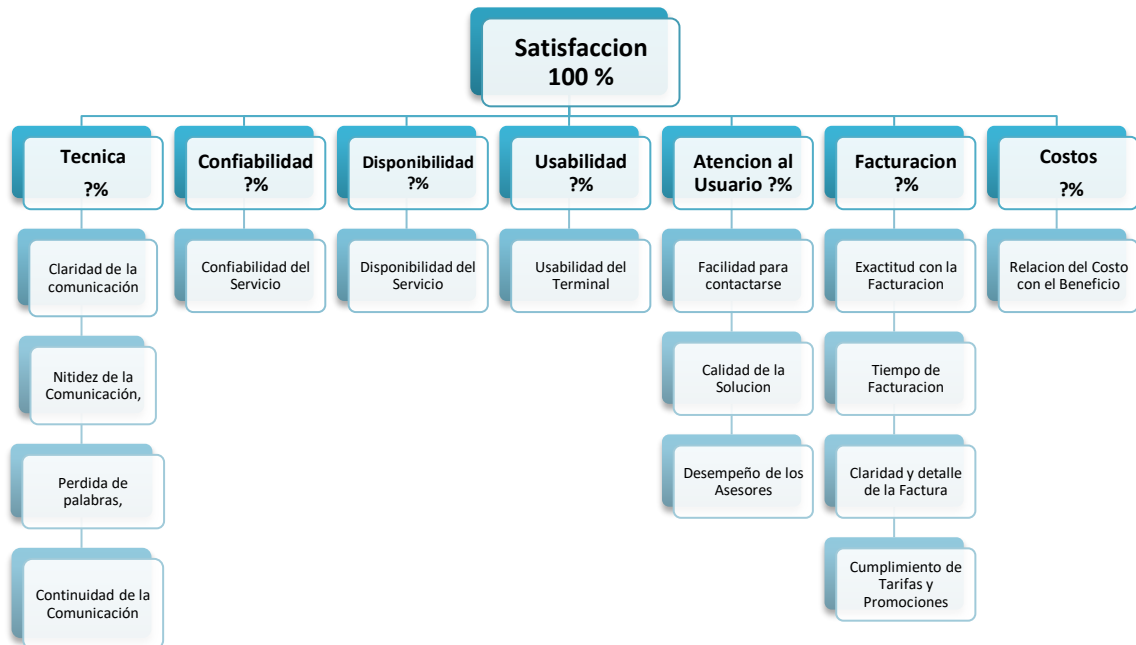


Figura 20. Esquema de ponderación de cada uno de los atributos en la Satisfacción general del Servicio de ToIP

Establecidos el NSU para cada KPI, atributo y grupo de atributos se relaciona este valor con la escala cualitativa de satisfacción que se propone en [80] presentada en la Tabla 18, el nivel de satisfacción del usuario asociada a la escala se deduce al obtener el punto medio de la escala cuantitativa asigna a la escala cualitativa de la satisfacción mostrada en la Tabla 16.

Nivel de Satisfacción del usuario (NSU)	Escala cualitativa de Satisfacción
88-100	Muy Satisfecho
63-87	Satisfecho
38-62	Ni Satisfecho - Ni Insatisfecho
13-37	Insatisfecho
0-12	Muy Insatisfecho

Tabla 18. Relación entre el NSU y la escala de satisfacción.

4.5.3 Analizar los Resultados

Analizar los datos recolectados es fundamental para determinar si estos son positivos o negativos, encontrar la relación entre el impacto que tiene cada uno de los parámetro en la satisfacción del usuario, que se traduce como el valor ponderado de prioridad y el nivel de satisfacción de los parámetros que afectan el servicio, ya que la satisfacción no es afectada en igual proporción por todos los parámetros. Para encontrar esta relación se hace uso de la matriz de prioridades propuesta en [80], la cual permite mostrar los parámetros más influyentes en la calidad de la experiencia visualizándose en ella las falencias y fortalezas del servicio, dándole una visión global al proveedor. Esta matriz se muestra en la Figura 21 y se explica a continuación:



Figura 21. Matriz de prioridades [80].

La matriz consta de dos ejes que representan, el impacto de los factores en la percepción del servicio y la satisfacción percibida de ellos, dividida en cuatro cuadrantes donde se ubican a cada uno de los parámetros como críticos, fortalezas, neutral y mantenimiento.

- ❖ En el cuadrante de críticos se ubican aquellos parámetros que tienen alto impacto en la satisfacción del usuario pero han sido calificados como insatisfactorios, estos son los parámetros más críticos por lo que son los primeros que deben solucionarse ya que el aumento en la calidad de estos genera grandes cambios en la satisfacción del servicio.
- ❖ En el cuadrante inerte están ubicados los parámetros que a pesar de ser considerados insatisfactorios al tener un bajo impacto en la satisfacción no influyen en gran medida la percepción del servicio, por lo que el mejoramiento de la calidad de estos factores puede no reflejarse en un aumento en la satisfacción general del servicio.
- ❖ En el Cuadrante Mantenimiento están ubicados los parámetros que tienen poco impacto en la satisfacción general del servicio pero que son considerados satisfactorios por el usuario, estos parámetros necesitan de mantenimiento para garantizar que no disminuyan el nivel de satisfacción percibida por el usuario o controlar los posibles aumentos del impacto en la satisfacción de servicio.
- ❖ En el cuadrante fortalezas se encuentran ubicados los factores de alto impacto en la satisfacción general del servicio que han sido calificados como satisfactorios por los usuarios, los cuales son considerados las fortalezas del proveedor, este debe trabajar constantemente y realizar acciones novedosas que permitan mantener la alta satisfacción del usuario con estos factores.

Los límites de la matriz que determina la ubicación de cada KPI en alguno de los cuadrantes, están dados por la escala cuantitativa asociada a la escala cualitativa de satisfacción mostrada en la Tabla 18 y por el promedio del impacto o ponderado, el rango de la escala de satisfacción que determina el cruce de la matriz es determinado según los objetivos y opinión del proveedor de servicio, lo cual indica que los KPI's que tengan valores de NSU por encima del valor mínimo del rango de la escala de satisfacción seleccionada por el proveedor del servicio, se ubican en los cuadrantes fortalezas o mantenimiento, dependiendo del impacto que tengan estos para el usuario y si tienen valores por debajo de él se ubican en los cuadrantes crítico o neutral como se observa en la Figura 21.

4.5.4 Plantear de Soluciones y Recomendaciones

En esta fase se plantean soluciones a las falencias encontradas en la evaluación y mostradas en la interpretación de los resultados. La prioridad en que deben ser atendidas las falencias encontradas en el servicio, se realiza acorde a la clasificación que arroja la matriz como muestra la Figura 22:



Figura 22. Orden de ejecución de las soluciones.

Llevar a cabo las recomendaciones y posibles soluciones planteadas permitirá aumentar la satisfacción del usuario lo cual se reflejará en lograr el objetivo principal del proveedor de servicio que es la fidelización de sus usuarios.

Este capítulo mostró los criterios y procedimientos necesarios para llevar a cabo una evaluación de la QoE en el servicio de telefonía IP, donde se tienen en cuenta todos los factores que afectan la satisfacción del usuario. Seguir el procedimiento planteado permitirá desarrollar una evaluación de QoE en Telefonía IP de manera exitosa y fiable, con la cual se identifican las falencias del servicio y se propone soluciones eficientes.

El siguiente capítulo muestra la validación de los criterios y procedimientos planteados a través de la implementación de lo propuesto en la evolución de la QoE el servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca.

CAPÍTULO V

VALIDACIÓN DE LOS CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA QOE PARA EL SERVICIO DE TOIP

La validación del desarrollo de la evaluación de QoE para el Servicio de Telefonía IP a través de los criterios y procedimientos propuestos, es fundamental para garantizar que cumple con los requerimientos necesarios que exige este tipo de evaluación.

Este capítulo muestra la validación de los criterios y procedimientos propuestos sobre el servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca, VoIP Unicauca, con el objetivo de determinar el Nivel de Satisfacción del Usuario NSU que facilita la identificación de las falencias y fortalezas del servicio para proponer soluciones y recomendaciones que permitan mejorar y optimizar la prestación del servicio. A continuación se describen los procedimientos realizados para la evaluación.

5.1. Evaluación de la QoE para el servicio de ToIP de la Universidad del Cauca “VoIP Unicauca”

Los procedimientos para la evaluación de la calidad de la experiencia de VoIP Unicauca se realizan acorde a lo propuesto en la Tabla 13 y se desarrollan a continuación.

5.2. Fase de Determinación de parámetros

A continuación se presenta los procedimientos de la fase de Determinación de Parámetros de la evaluación de la calidad de la experiencia del servicio VoIP Unicauca.

5.2.1 Identificar y Definir los parámetros que afectan la ToIP en la Universidad del Cauca

Para definir los parámetros que afectan la QoE en VoIP, es necesario adaptar la visión global de los parámetros que afectan el servicio de telefonía IP planteada en el capítulo 4 a las características particulares del servicio de la Universidad. VoIP Unicauca es un servicio institucional, por tanto no se genera ningún proceso de tarificación y facturación lo que indica que el usuario no debe cancelar ningún valor por el uso, de ahí que la QoE no se vea influenciada por los parámetros de Costos y Facturación. La Figura 23 muestra la adaptación del diagrama de árbol propuesta en [22] para las característica particulares de VoIP Unicauca.

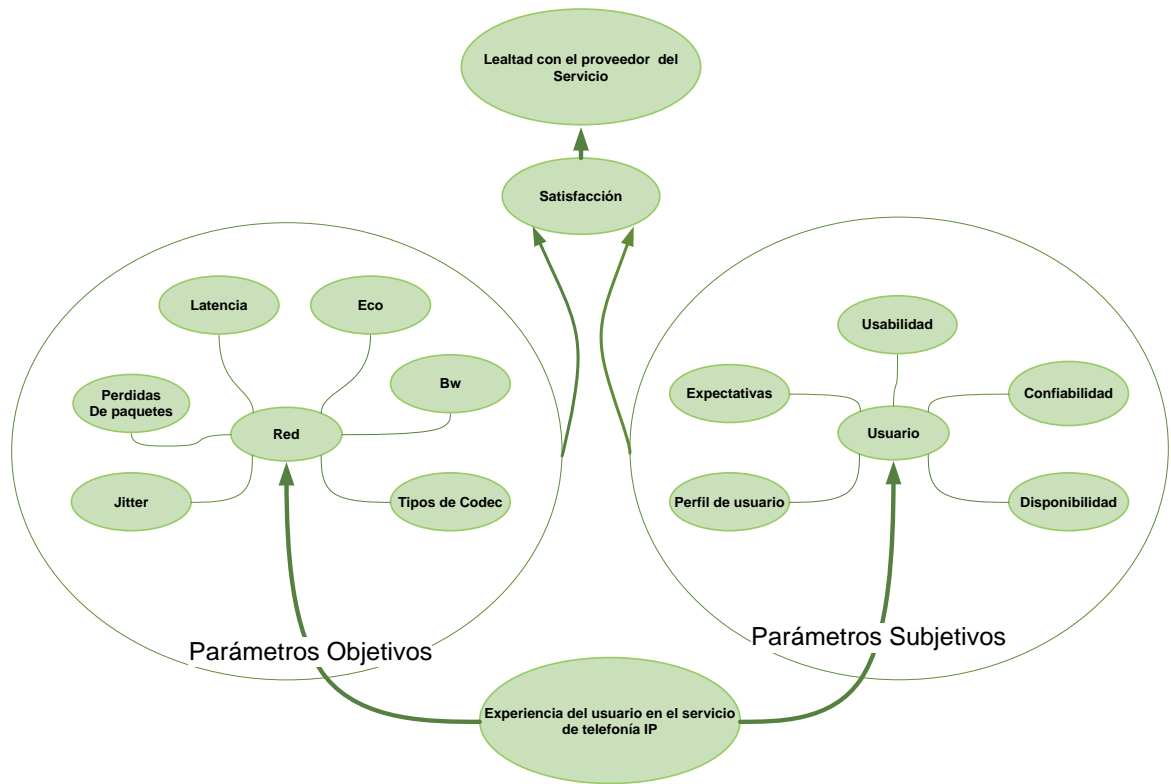


Figura 23. Diagrama del Árbol Adaptado al servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca (Modificado de [22]).

5.2.2 Formular los identificadores claves de desempeño (KPI, Key performance Indicator)

Teniendo en cuenta los parámetros que influyen en la calidad de la experiencia en VoIP Unicauca expuestos en la Figura 23 y los actores relacionados con el servicio mostrados en la Figura 24, se identifican los KPI's a evaluar, los cuales están relacionados con los actores del servicio y los parámetros en la Tabla 19.

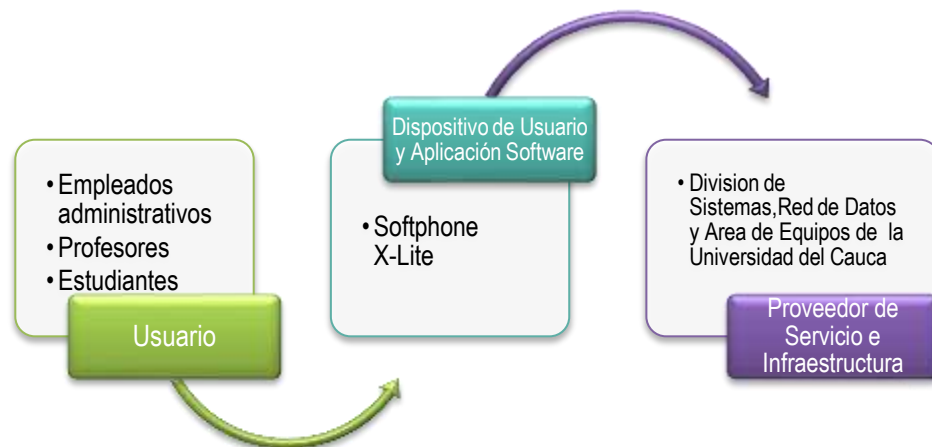


Figura 24. Relación de los parámetros que afectan el servicio con los actores relacionados con el servicio de Telefonía IP.

Parámetro	KPI	Actor del servicio Responsable
Atención al cliente	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema. Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas. Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida. Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo. Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente. Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido. Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores para ayudar y solucionar el problema. Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores. Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.	División de Sistemas, Red de Datos Unicauca (Proveedor de Servicio e Infraestructura)
Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario.	
Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario.	
Retardo (Jitter, Latencia)	Nivel de retardo percibido por el usuario.	
Perdidas (BW, Pérdida de paquetes)	Nivel de pérdidas percibido por el usuario.	
Códec	Nivel de nitidez percibido por el usuario.	
Eco	Nivel de eco percibido por el usuario.	
Expectativas	No se puede determinar el impacto en la satisfacción del usuario al ser un parámetro difícilmente medible.	Usuario
Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario. Preferencias del usuario del terminal final.	Dispositivos de Usuario

Tabla 19. Relación entre los parámetros, KPI's a Evaluar y actores del servicio VoIP Unicauca.

5.3. Fase de Evaluación

A continuación se presenta los procedimientos a través de los cuales se desarrolla la fase de Evaluación.

5.3.1 Formular preguntas para la evaluación de KPI's

Las preguntas de evaluación de cada uno de los KPI's identificados para el contexto de VoIP Unicauca y se muestran a continuación y organizan para el usuario de la siguiente manera:

- ❖ Experiencias previas e imagen del proveedor (Tabla 20).
- ❖ Percepción del servicio (Tabla 21).
- ❖ Usabilidad (Tabla 22).
- ❖ Atención al cliente (Tabla 23).
- ❖ Disponibilidad y confiabilidad (Tabla 24).
- ❖ Satisfacción general del servicio (Tabla 25).
- ❖ Importancia de cada parámetro que afecta la satisfacción del servicio de Telefonía IP desde la perspectiva del usuario (Tabla 26).

Experiencias previas e imagen del proveedor						
<p>1. ¿Ha tenido experiencias anteriores con servicio de telefonía IP (Skype, voz en msn)?</p> <p>SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>Si su respuesta es SI por favor responda las preguntas 2 y 3 de lo contrario continúe respondiendo la pregunta numero 4</p> <p>2. ¿Qué tan a menudo uso el servicio de telefonía IP?</p> <p><input type="checkbox"/> Siempre. <input type="checkbox"/> A menudo. <input type="checkbox"/> Algunas veces. <input type="checkbox"/> Casi nunca.</p>						
		Muy Bueno=5	Bueno=4	Regular=3	Malo=2	Muy Malo=1
3.	Califique las experiencias anteriores que ha tenido con el servicio de Telefonía IP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Califique la imagen que usted tiene de "nombre del proveedor" como proveedor de servicios de Internet y Telefonía convencional.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla 20. Preguntas para la evaluación de Experiencias previas e imagen del proveedor.

Percepción del servicio					
De acuerdo a la experiencia que ha tenido con el servicio de Telefonía IP, por favor responda las siguientes preguntas:					
	Nunca.	Casi nunca.	Algunas veces.	A menudo	Siempre.
1.	¿Ha percibido que la voz de la persona con la que habla o su voz llegan con un tiempo de retraso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Escucha entrecortada la voz de la persona con la que habla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Ha escuchado su voz como un eco de fondo en la comunicación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	<p>¿Era clara la voz de la persona con la que hablo cuando realizo o recibí una llamada?</p> <p><input type="checkbox"/> Si muy clara <input type="checkbox"/> Si, suficientemente clara <input type="checkbox"/> Medianamente clara <input type="checkbox"/> No, no muy clara <input type="checkbox"/> No, no muy clara</p>				
5.	<p>¿Cómo califica la calidad general de las llamadas que realizó o recibió?</p> <p><input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular. <input type="checkbox"/> Mala</p>				
6.	¿Era clara la voz de la persona con la que hablo cuando realizo o recibí una llamada?				

<input type="checkbox"/> Si muy clara <input type="checkbox"/> Si, suficientemente clara <input type="checkbox"/> Medianamente clara <input type="checkbox"/> No, no muy clara <input type="checkbox"/> No, en absoluto
7. ¿Cómo califica la calidad general de las llamadas que realizó o recibió? <input type="checkbox"/> Muy buena. <input type="checkbox"/> Buena. <input type="checkbox"/> Regular. <input type="checkbox"/> Mala. <input type="checkbox"/> Muy mala.
8. Los siguientes factores deterioran una comunicación a través de Telefonía IP. Por favor enumérelas del 1 al 3 siendo el número 1 el que más le causa INSATISFACCIÓN <ul style="list-style-type: none"> a) Escuchar entrecortada la voz de la persona con lo que habla b) Escuchar su voz como un eco de fondo en la llamada c) Percibir que la voz llega con un tiempo de retardo

Tabla 21. Preguntas para la evaluación de la Percepción del servicio

Usabilidad					
Basándose en su experiencia de uso del Softphone por favor califique de 1 a 5, siendo 5= Muy complicado y 1= Muy Fácil.					
	Muy complicado= 5	4	3	2	Muy fácil=1
9. ¿Qué tan complicado le pareció usar el SoftPhone?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ¿Preferiría usar un teléfono convencional en lugar de un Softphone? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Me es indiferente, podría usar cualquiera de los dos.					

Tabla 22. Preguntas para la evaluación de la Usabilidad.

Atención al cliente					
11. ¿Usted ha usado el servicio de atención al cliente "Nombre del Servicio" de "Nombre del Proveedor"? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Si su respuesta es Sí continúe contestando la pregunta 12. De lo contrario salte a la pregunta número 25 Basándose en la solución ofrecida a su problema o queja, por favor responda					
	Siempre.	A menudo	A veces/ algunas veces.	Casi nunca.	Nunca.
12. ¿El servicio de atención al cliente detecta y resuelve rápidamente su problema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13.	¿Las instrucciones dadas en el servicio de atención al cliente son claras y fáciles de realizar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	¿Obtiene una solución a su problema sin tener que contar repetitivamente su inquietud a varias personas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	¿El servicio de atención al cliente realiza un seguimiento a la solución o respuesta dada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Por favor responda las siguientes preguntas basándose en la disponibilidad del servicio y el trato que le brindaron los asesores del servicio de atención al cliente:						
16.	¿Es fácil contactarse con el servicio de atención al cliente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	¿Tiene que esperar mucho tiempo antes de ser atendido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	¿Los asesores del servicio de atención al cliente están dispuestos a entenderlo, ayudarlo y a solucionar su problema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	¿Los asesores del servicio de atención al cliente son amables y respetuosos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	¿Conoce el horario de funcionamiento del servicio de atención al cliente?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No			
21.	¿Considera que este horario es conveniente?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No			
22.	En general usted calificaría el servicio de atención al cliente como:					
	<input type="checkbox"/> Muy bueno. <input type="checkbox"/> Bueno. <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo.					
23.	La satisfacción con el servicio al cliente se puede dividir principalmente en los siguientes factores. Por favor enumérelos del 1 al 3 siendo el número 1 el más importante para usted					
	a) Amabilidad y respeto del asesor que lo atiende. b) Exactitud de la solución dada a mi problema. c) Facilidad para contactar el servicio de atención al cliente.					

Tabla 23. Preguntas para la evaluación de la Atención al Cliente.

Disponibilidad y confiabilidad					
	Siempre.	A menudo	A veces/ algunas veces.	Casi nunca.	Nunca.
24.	¿Cuando intento realizar una llamada a través del servicio de telefonía IP logró hacerlo?				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.	¿Utilizaría el servicio para realizar llamadas importantes?				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabla 24. Preguntas para la evaluación de la Disponibilidad y Confiabilidad.

Satisfacción general del servicio	
26.	¿Conservaría este servicio de Telefonía IP? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> NO
27.	¿Reemplazaría el servicio tradicional de telefonía por este de telefonía IP? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Me es indiferente, podría usar cualquiera de los dos.
28.	En general usted calificaría este servicio de Telefonía IP como: <input type="checkbox"/> Muy Bueno. <input type="checkbox"/> Bueno. <input type="checkbox"/> Regular. <input type="checkbox"/> Malo. <input type="checkbox"/> Muy malo.

Tabla 25. Preguntas para la evaluación de la Satisfacción general del Servicio.

Importancia de cada parámetro que afecta la satisfacción del servicio de Telefonía IP desde la perspectiva del usuario	
29.	La satisfacción con el servicio de Teléfono IP depende principalmente de los siguientes parámetros. Por favor ENUMÉRELOS del 1 al 5 siendo el número 1 el más importante para usted. Por favor léalos todos antes de contestar. a) Usabilidad (Facilidad de Usar el SoftPhone/Telefono IP). b) Disponibilidad (Poder contar con el servicio cuando se lo desee). c) Confiabilidad (realizar a través del servicio labores que considera de gran importancia). d) Correcto funcionamiento técnico del servicio(escuchar claramente, sin cortes ni ruidos). e) Atención al cliente.

Tabla 26. Preguntas para determinar importancia de cada parámetro.

5.3.2 Caracterizar el Servicio de ToIP a Evaluar

5.3.2.1 Infraestructura de red

La infraestructura con la que cuenta el servicio de Telefonía IP consta de una central telefónica Asterisk cuyo protocolo VoIP es SIP (Asterisk es una aplicación de software libre que ofrece las mismas funcionalidades de una central telefónica (PBX), soporta protocolos de VoIP SIP, H.323, IAX y MGCP además de ofrecer servicios adicionales como, buzón de voz, llamada en espera y multiconferencia, Ver Anexo D).

La PBX Asterisk se gestiona a través de Elastix; un software aplicativo que a través de una interfaz simple y amigable permite utilizar la características de las PBX basadas en Asterisk.

La central IP se encuentra conectada a la central telefónica conmutada ALCATEL a través de las tarjetas TDM 2400 y TDM 404 con 8 y 4 puertos FXO respectivamente (los puertos FXO permiten convertir una línea

telefónica analógica en una llamada VOIP), estas tarjetas son conectadas a 10 líneas telefónicas analógicas que permiten la comunicación de las líneas telefónicas IP con las líneas analógicas de Telefonía tradicional.

La nomenclatura usada para las extensiones IP es la siguiente:

- ❖ Las extensiones IP cuentan con 3 dígitos, las usadas para la facultad de ingeniería Electrónica parten de la número 500.
- ❖ Las extensiones IP se pueden comunicar con las extensiones Telefónicas convencionales directamente ya que internamente la central Asterisk a través de los puertos FXO conmuta la línea IP con la analógica.
- ❖ La comunicación entre una línea telefónica tradicional y una línea IP se realiza a través de un IVR, a la cual se accede desde la línea tradicional a través de la extensión 53 donde posteriormente es direccionada al número de la extensión digitado por el usuario.

El terminal de usuario utilizado para la comunicación consta de:

- ❖ La versión libre del Softphone X-Lite, seleccionado por ser el principal Softphone libre SIP, es robusto, fácil de usar, configurar y amigable para el usuario, lo cual facilita la transición entre la telefonía tradicional y la Telefonía IP (ver Anexo D).
- ❖ Diadema IP Genius.

La Figura 25 muestra las características del servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca y la Figura 26 presenta la infraestructura del servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca.

Central telefónica IP	Red Telefónica Pública conmutada	Dispositivo de entrada Análogo	Dispositivo de Usuario
<ul style="list-style-type: none"> •Asterisk bajo Linux •Protocolo VoIP: SIP •Servicios Adicionales: ninguno •Gestionada por: Elastix 	<ul style="list-style-type: none"> •Central conmutada ALCATEL •10 líneas Telefónicas Análogas 	<ul style="list-style-type: none"> •Tarjeta TDM 2400 8 puertos FXO •Tarjeta TDM 404 4 puertos FXO 	<ul style="list-style-type: none"> •Softphone X-Lite •Diadema IP Genius

Figura 25. Características del Servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca

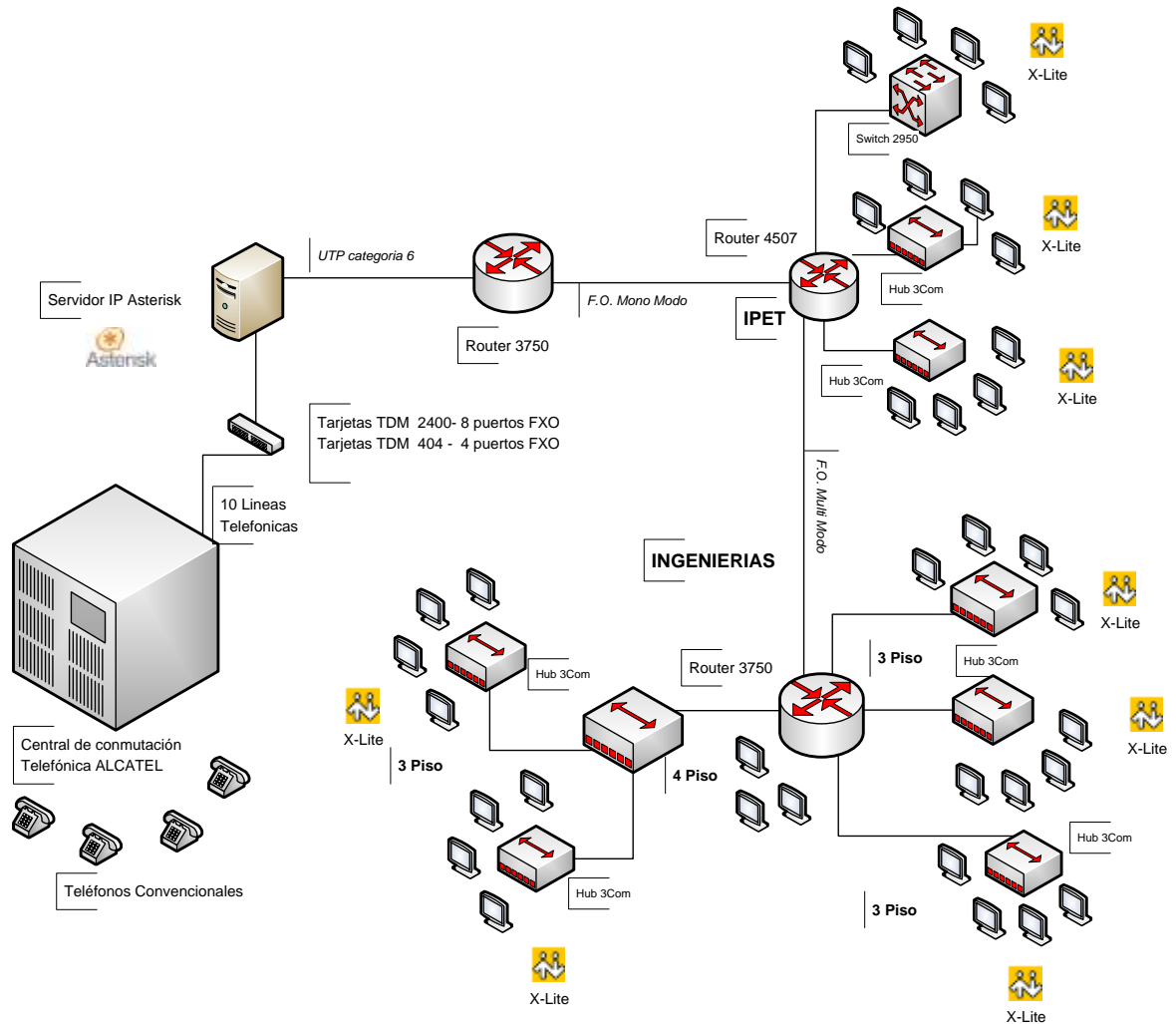


Figura 26. Infraestructura del Servicio VoIP Unicauca.

5.3.2.2 Tipos de usuarios

El servicio cuenta con tres tipos de usuario:

- ❖ Estudiantes de Tesis que cuentan con oficina asignada.
- ❖ Profesores de la Universidad.
- ❖ Administrativos de la Universidad.

5.3.2.3 Tipo de servicio

El servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca es de tipo institucional, ya que la universidad lo ofrece a sus empleados como medio de comunicación por lo cual no tiene un costo directo para los usuarios, este es utilizado casi siempre en horario de oficina.

5.3.2.4 Tiempo de funcionamiento del servicio

El servicio de telefonía IP VoIP Unicauca lleva en funcionamiento un año, pero este solo es utilizado como medio de comunicación entre la sede de Santander de Quilichao y la sede principal en Popayán y no ha sido difundido masivamente entre los funcionarios de la institución.

5.3.3 Diseñar la prueba de evaluación

Para diseñar la evaluación de VoIP Unicauca se tiene en cuenta la caracterización del servicio y los siguientes cuatro aspectos:

- ❖ Tiempo de realización de la evaluación.
- ❖ Mecanismos de monitoreo
- ❖ Mecanismos para la realización de encuestas
- ❖ Determinación de la muestra estadística

5.3.3.1 Tiempo de realización de la evaluación

Teniendo en cuenta el tiempo de funcionamiento del servicio es necesario dar al usuario un tiempo prudente para que aprenda a usarlo, se familiarice con él y experimente la calidad del servicio. Debido a esto se establece que la prueba de calidad de la experiencia tiene una duración de 5 días en los cuales el usuario contesta 2 encuestas. Los tipos de encuestas y el cronograma de la evaluación es explicado en la Tabla 27 y Tabla 28.

Encuesta	Objetivo	Descripción
Tipo I	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener los datos personales y el perfil del usuario, además de conocer sus expectativas, experiencias anteriores con el servicio, la imagen que tiene el usuario del proveedor de servicio y el impacto en la satisfacción de los usuarios en cada factor. 	Es la encuesta inicial, se realiza el primer día de la Evaluación de QoE.
Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la opinión del usuario sobre la usabilidad, disponibilidad, confiabilidad y la atención al cliente. • Determinar la respuesta subjetiva de los parámetros técnicos del servicio de telefonía IP. 	Se realizará el último día de la prueba ya que para muchos de los factores que se desea medir se necesita que el usuario tenga una percepción global del servicio.

Tabla 27. Tipos de encuestas.

Actividad	Días de Evaluación				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Realización de encuesta Tipo I					
Adaptación del usuario con el servicio					
Realización de encuestas Tipo II					
Recolección de Datos					

Tabla 28. Actividades durante la Evaluación

5.3.3.2 Mecanismos de monitoreo

Después de analizar las diferentes herramientas de monitoreo de parámetros objetivos (Jitter, latencia y pérdidas de paquetes), la herramienta seleccionada es PINGPLOTTER, software que se instala en cada uno de los equipos de cómputo desde donde el usuario accede al servicio, esta herramienta permite estar al tanto de los valores exactos con los cuales se entrega el servicio en el periodo de tiempo correspondiente a cada llamada, caracterizándose por ser transparente al usuario. Las características de la herramienta son explicadas en el Anexo E.

5.3.3.3 Medios para la realización de encuestas

La evaluación se realiza por medio de una página web, esta le permite al usuario:

- ❖ Acceder a información acerca del periodo y proceso de evaluación de QoE.
- ❖ Acceder a las encuestas que debe contestar, para lo cual se asigna una contraseña que garantice que el usuario seleccionado sea el que conteste la evaluación.

Las características de la página web desarrollada para realizar la evaluación se detallan en el Anexo F.

5.3.3.4 Determinación de la muestra estadística:

Determinar la muestra estadística se realiza acorde a los pasos presentados en la Figura 18, continuación se explica cada uno para el contexto de VoIP Unicauca:

1. Definir la población objetivo

Para realizar la evaluación del QoE del servicio VoIP Unicauca, se escoge como escenario de prueba los usuarios potenciales de este servicio en la facultad de Ingeniería Electrónica y telecomunicaciones, la cual cuenta con una población estimada de 130 personas entre administrativos, profesores y estudiantes de tesis con computador asignado.

2. Determinar el marco de muestreo

Dado que no existe una base de datos de los usuarios potenciales del servicio de ToIP en la facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, es necesario a través de: visitas a las diferentes oficinas y consultas en el directorio de la universidad; recopilar la información como nombre completo, el cargo y el correo electrónico para contactarlos.

3. Método de Muestreo

El método de muestro escogido es el muestreo aleatorio simple el cual tiene como característica que cada uno de los elementos de la población tiene la misma oportunidad de ser incluido en dicha muestra, referirse al Anexo C para obtener información de este y otros métodos de muestreo.

4. Determinar el tamaño de la muestra

Haciendo uso del método de muestreo aleatorio simple explicado en detalle en el anexo C, el tamaño de la muestra es definido por la Ecuación 7:

$$n = \frac{\sigma^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Ecuación 7. Tamaño de la Muestra Estadística

La cual es aplicada para este contexto obteniendo los siguientes resultados:

$$n = \frac{\sigma^2 0.5 * 0.5 * 130}{130 * (4\%)^2 + (95\%)^2 * 0.5 * 0.5} = 96$$

Ecuación 8. Aplicación de la Ecuación 7 para el servicio de ToIP de Unicauca.

n, Número de usuarios de la muestra.
 Z (nivel de confianza)= 95%
 P (variabilidad positiva) = 0.5
 Q (variabilidad negativa) = 0.5
 E (error permitido)= 4%
 N (tamaño de la población)= 130

El número de usuarios de la muestra n es igual a 96, lo que indica que es necesario realizar las encuestas a 96 usuarios para establecer la opinión real del servicio.

5.3.4 Ejecutar la prueba

5.3.4.1 Inducción a la prueba

Debido a que el servicio de telefonía IP, VoIP Unicauca no se encuentra en funcionamiento, la inducción a la prueba de calidad de la experiencia a los usuarios se realiza acorde a los pasos mostrados en la Figura 27 explicados a continuación:

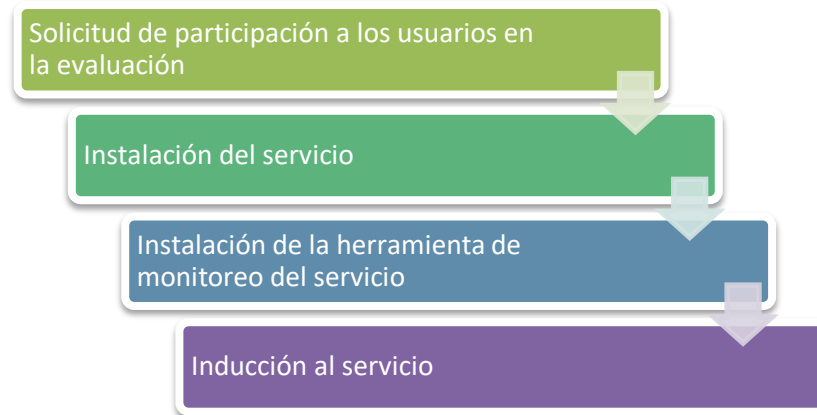


Figura 27. Pasos para la Inducción de la prueba de QoE de VoIP “Unicauca”.

1. Solicitud de participación a los usuarios en la evaluación

Se envía por medio de un correo electrónico y ó personalmente a los usuarios potenciales del servicio, una invitación a usar VoIP Unicauca y a participar de la evaluación de este. En esta invitación se explica al usuario en qué consiste la evaluación de la QoE, el tiempo de duración y los objetivos, si el usuario accede a participar se le programaba una visita para la instalación de este.

2. Instalación del Servicio

- ❖ Se asigna en la central telefónica una extensión IP a cada usuario la cual incluye un nombre de usuario y clave de acceso.
- ❖ Se instala en el computador de este el Softphone X-Lite, el cual es configurado con la extensión IP asignada, el dominio de la central IP y la clave y contraseña asignada,
- ❖ Se entrega una diadema IP y se realiza una llamada de prueba que corrobore que el servicio funciona correctamente.

3. Instalación de la herramienta de monitoreo del servicio

En el computador donde va a ser usado el servicio y donde fue instalado el Softphone se instala y configura la versión de prueba de la herramienta de monitoreo escogida, posteriormente se corrobora el correcto funcionamiento de esta y se verifica su configuración como “Windows Service” garantizando que sea transparente al usuario, la información detallada de la configuración se encuentra en el anexo E.

4. Inducción al servicio:

El usuario de VoIP UNICAUCA, recibe al momento de la instalación:

- ❖ Explicación del manejo del Softphone X-Lite para realizar una llamada.
- ❖ Explicación acerca de cómo comunicarse a una extensión tradicional y IP y a un número telefónico ubicado fuera de la institución.
- ❖ Entrega de un manual para la utilización del servicio, donde se explica de forma clara y en términos comprensibles para el usuario cada uno de estos aspectos.
- ❖ Entrega de un directorio telefónico en el cual se encuentra un listado de las extensiones IP de las personas que participaban en la evaluación. El Anexo xxx muestra el directorio Telefónico y el manual de usuario del servicio VoIP Unicauca.
- ❖ Información acerca del servicio de atención al usuario (Contacto 55), donde el usuario puede comunicarse si se presenta algún inconveniente con el servicio marcando a la extensión 55.
- ❖ Explicación de cómo acceder a la página web del servicio para contestar las dos encuestas programadas.
- ❖ Entrega a cada usuario de una contraseña de autenticación asignada para cada encuesta, adicionalmente se agrega a las páginas favoritas del navegador predeterminado la página de la evaluación, para que el usuario tenga acceso rápido a la información del proceso, objetivos de la prueba y enlaces para contestar la evaluación.

El Anexo F muestra las herramientas usadas para la evaluación de QoE en VoIP Unicauca.

5.3.4.2 Realización de la prueba

La prueba se realiza siguiendo el cronograma propuesto en la Tabla 29 en donde:

- ❖ El usuario es invitado a contestar el primer cuestionario que debe ser diligenciado antes que este utilice el servicio para asegurar que sus respuestas no estén influenciadas así como para determinar consistencias e inconsistencias de la información suministrada por estos.
- ❖ Las encuestas son monitoreadas para que se contesten de manera correcta, esa labor se facilita ya que la plataforma utilizada para el despliegue de estas permite conocer en qué momento el usuario contesta las encuestas y las respuestas que se asignaron a cada una de las preguntas de tal forma que si se presenta algún error o el usuario no contesta en el periodo de tiempo adecuado, se envía una notificación informando lo ocurrido y de manera cordial se invita a que diligencie nuevamente la encuesta.

Una vez transcurrido el tiempo de utilización y adaptación del servicio, se procede a invitar al usuario a contestar la segunda encuesta la cual es monitoreada de la misma manera para evitar cualquier tipo de

percance, al mismo tiempo se realiza la recolección de los datos que arroja la herramienta de monitoreo de cada uno del equipos para poder realizar un posterior análisis de los resultados. La Tabla 29 muestra un resumen de la ejecución de la prueba.

Actividad	Primera Semana					Segunda Semana				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
• Selección del personal que participará en la evaluación.										
• Instalación del software de funcionamiento y monitoreo del servicio.										
• Explicación del uso del servicio y entrega del equipo necesario para la evaluación.										
• Capacitación en el acceso y manejo de la pagina web de la evaluación.										
• Ejecución de la prueba.										
• Recolección de los datos almacenados por el Software de monitoreo de red.										

Tabla 29. Ejecución de la prueba.

5.4. Fase de Resultados

A continuación se presenta los procedimientos para la fase de Resultados de la evaluación de la calidad de la experiencia del servicio VoIP Unicauca.

5.4.1.1 Presentar los Resultados

Los resultados de la evaluación de la calidad de la experiencia del servicio de VoIP Unicauca se presentan en el siguiente orden:

- ❖ Resultados obtenidos de los Grupos de Atributos de la Evaluación de VoIP Unicauca. La relación entre parámetros KPIs y grupos de atributos es mostrada en la Tabla 30.
- ❖ Resultados obtenidos de las expectativas del usuario de VoIP Unicauca.
- ❖ Resultados obtenidos de la asignación de prioridades del los grupos de atributos desde la perspectiva del usuario de VoIP Unicauca.
- ❖ Resultados obtenidos de la Satisfacción general del servicio de VoIP Unicauca

Parámetros que Influyen en QoE de la ToIP	KPI	Atributos	Grupo de Atributos	Preguntas de Evaluación
Objetivos	Códec	Nivel de Nitidez de la voz percibido por el usuario	Funcionamiento Técnico	¿Era clara la voz de la persona con la que habló cuando realizó o recibió una llamada?
	Eco	Nivel de eco percibido por el usuario		¿Ha escuchado su voz como un eco de fondo en la comunicación?
	Perdidas (BW)	Nivel de pérdidas percibido por el usuario		¿Escucha entrecortada la voz de la persona con la que habla?
	Retardo (Jitter)	Nivel de retardo percibido por el usuario		¿Ha percibido que la voz de la persona con la que habla ó su voz llegan con un tiempo de retraso?
Subjetivos Dificiles de Medir	Expectativas (Actitud, Habito, perfil de usuario, imagen de marca)	No se pueden medir, por lo cual no tiene un KPI asociado a ellas.		
Subjetivos Fácilmente medibles	Atención al usuario	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema.	Atención al Usuario	¿El servicio de atención al cliente detecta y resuelve rápidamente su problema?
		Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas.		¿Las instrucciones dadas en el servicio de atención al cliente son claras y fáciles de realizar?
		Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida.		¿El servicio de atención al cliente realiza un seguimiento a la solución o respuesta dada?
		Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo.	Facilidad para contactarse.	¿Obtiene una solución a su problema sin tener que contar repetitivamente su inquietud a varias personas?
		Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente.		¿Es fácil contactarse con el servicio de atención al cliente?
		Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido.		¿Tiene que esperar mucho tiempo antes de ser atendido?
Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los	Desempeño de los Asesores.	¿Los asesores del servicio de atención al cliente están dispuestos		

	asesores para ayudar y solucionar el problema.			a entenderlo, ayudarlo y a solucionar su problema?
	Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores.			¿Los asesores del servicio de atención al cliente son amables y respetuosos?
	Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.			¿Conoce el horario de funcionamiento del servicio de atención al cliente? ¿Considera que este horario es conveniente?
Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario.	Usabilidad del terminal	Usabilidad	¿Qué tan complicado le pareció usar el SoftPhone?
Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario	Confiabilidad del Servicio	Confiabilidad	¿Utilizaría el servicio para realizar llamadas importantes?
Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario	Disponibilidad del Servicio	Disponibilidad	¿Cuándo intento realizar una llamada a través del servicio de telefonía IP logró hacerlo?

Tabla 30. Relación de Parámetros, KPI's, atributos y categorías para la evaluación de la QoE en el servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

❖ **Resultados obtenidos de los Grupos de Atributos de la Evaluación de VoIP Unicauca**

1. Grupo de Atributos Funcionamiento Técnico

A continuación se muestra el resultado de la percepción del usuario de cada uno de los parámetros asociados al atributo y la los resultados obtenidos de estos en la herramienta de monitoreo.

A. Atributo: Nitidez de la comunicación



Figura 28. Percepción del usuario del comportamiento del Eco.

B. Atributo: Claridad de la comunicación



Figura 29. Percepción del usuario del Códec Usado.

C. Atributo: Pérdida de Palabras

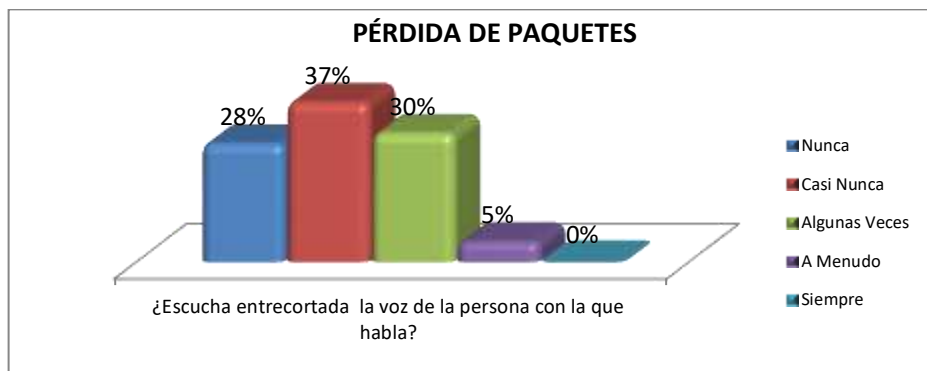


Figura 30. Pérdida de paquetes percibidas por el usuario.

COMPORTAMIENTO DE LA PÉRDIDA DE PAQUETES EN LA RED

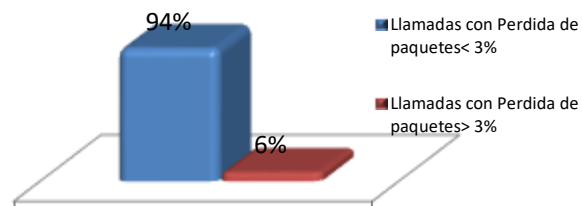


Figura 31. Pérdida de paquetes de la Red.

D. Atributo: Continuidad de la comunicación

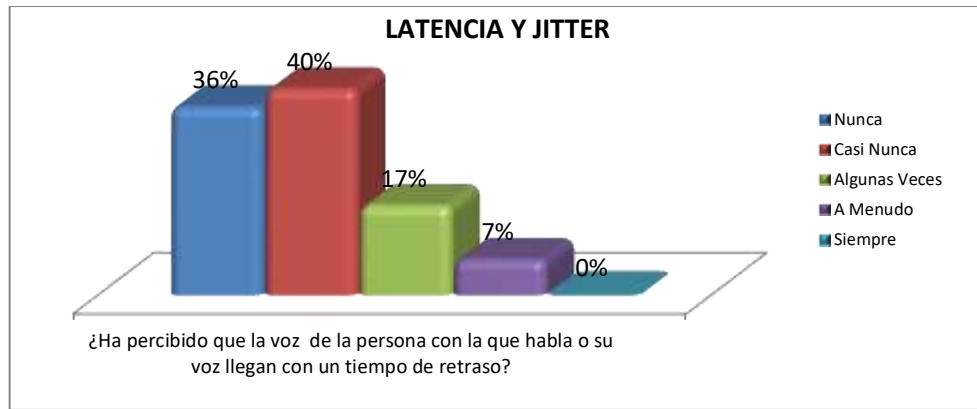


Figura 32. Retardos Percibidos por el usuario.

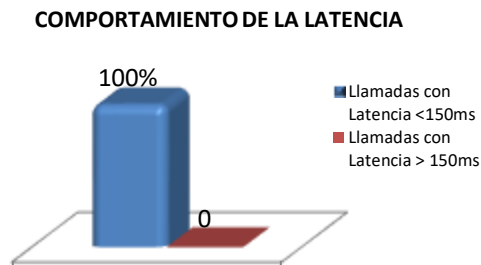


Figura 33. Latencia en la Red.

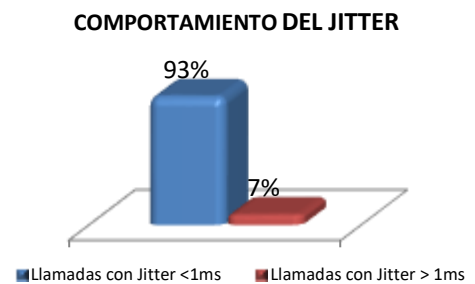


Figura 34. Jitter en la Red.

La percepción del usuario es totalmente acorde al comportamiento técnico ya que como se observa en la Figura 33, la Figura 34 y Figura 31 por encima del 70% de los usuarios consideran que estos fenómeno nunca o casi nunca se presenta, lo cual se evidencia en que el porcentaje de llamadas en las cuales estos parámetros técnicos superan los valores máximos estipulados por la ITU en la Rec G1000 (Latencia>150ms, Jitter>1ms y Perdida de paquetes >3%) se encuentra por debajo del 10%.

2. Grupo de Atributos Atención al Usuario

A continuación se muestra la percepción del usuario de cada uno de los atributos asociados a este grupo.

A. Atributo: Calidad de la Solución Ofrecida.

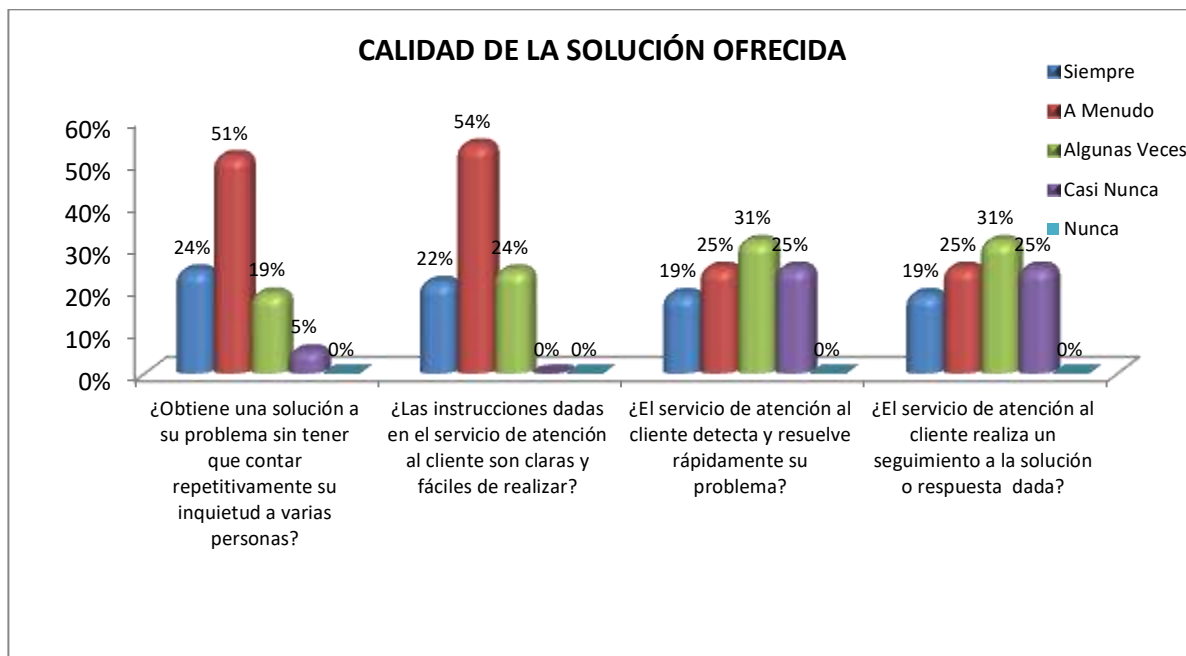


Figura 35. Percepción del usuario de la Calidad de la solución ofrecida por el servicio de Atención al Cliente.

B. Atributo: Facilidad para contarse atención

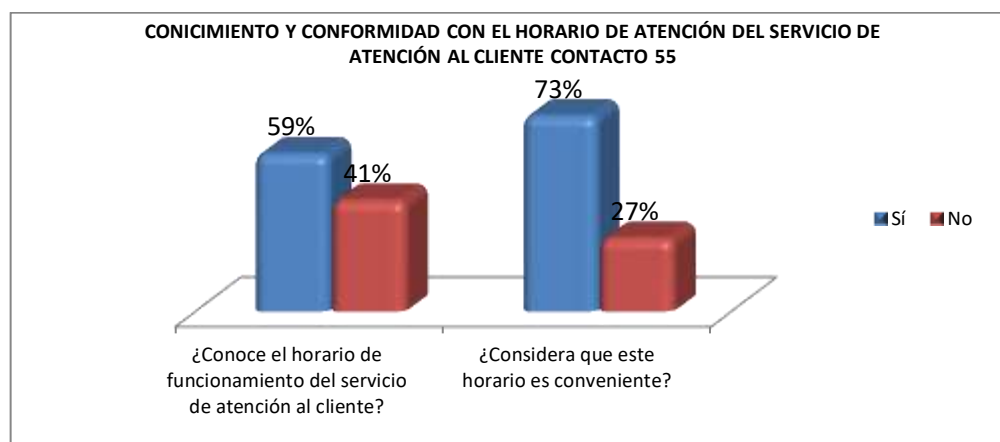


Figura 36. Conocimiento y conformidad del usuario con el horario de funcionamiento del servicio de atención al cliente.

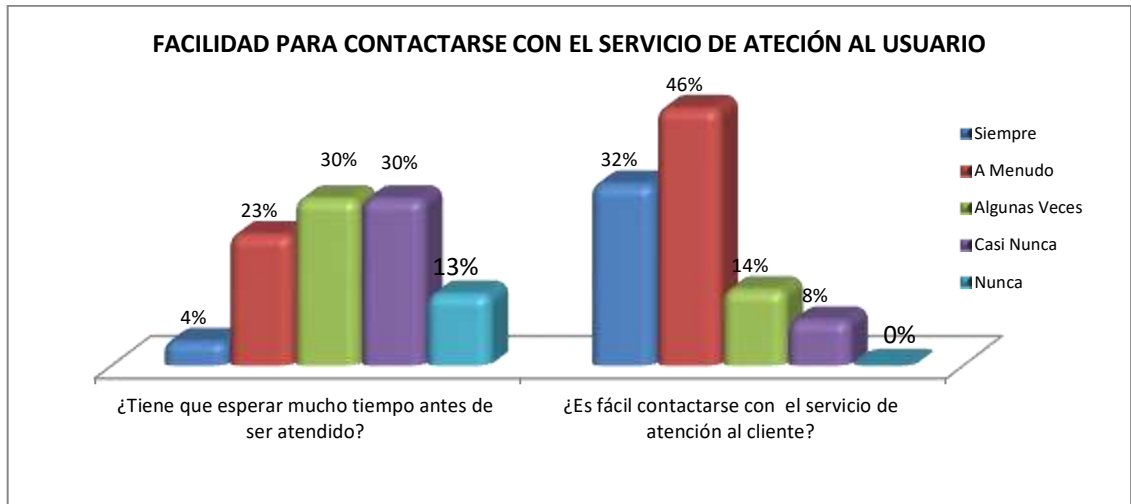


Figura 37. Percepción del usuario de la Facilidad para contactarse con el servicio de Atención al Cliente.

C. Atributo: Desempeño de los Asesores.

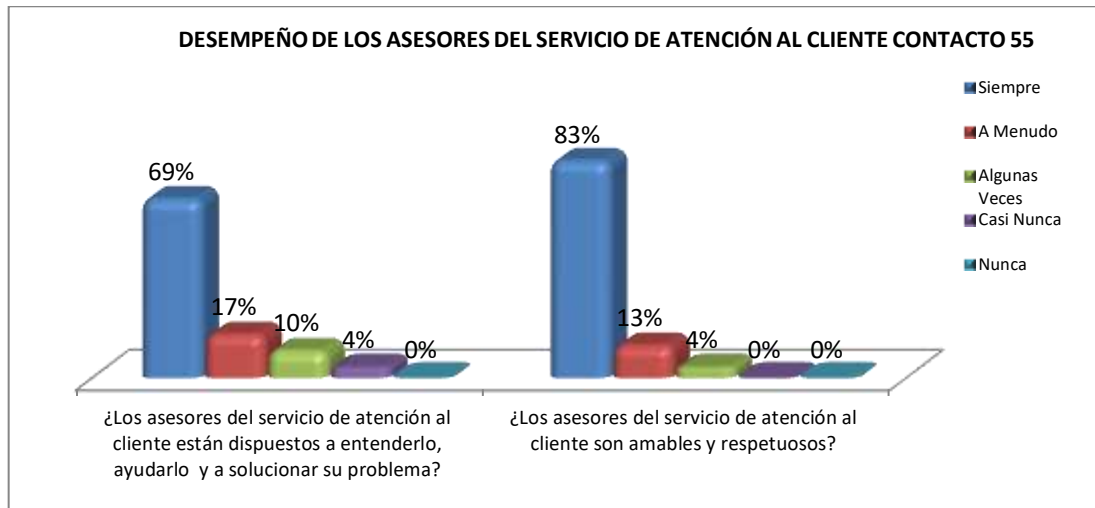


Figura 38. Percepción del usuario del desempeño de los asesores de Contacto 55.

3. Grupo de Atributos Usabilidad.

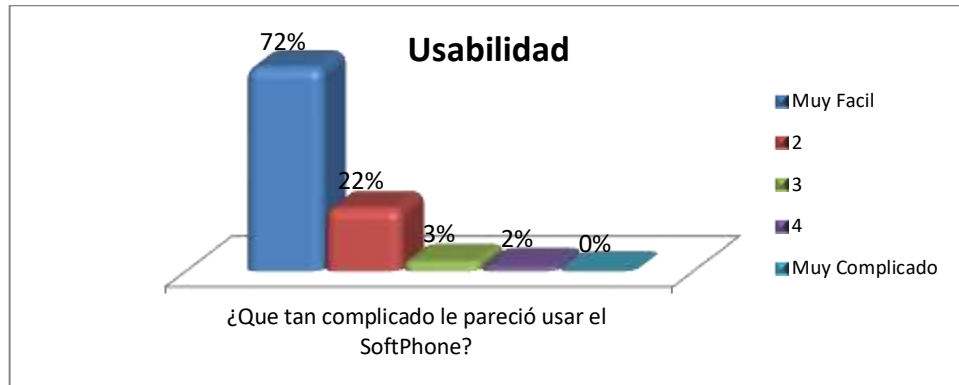


Figura 39. Usabilidad percibida por el usuario.

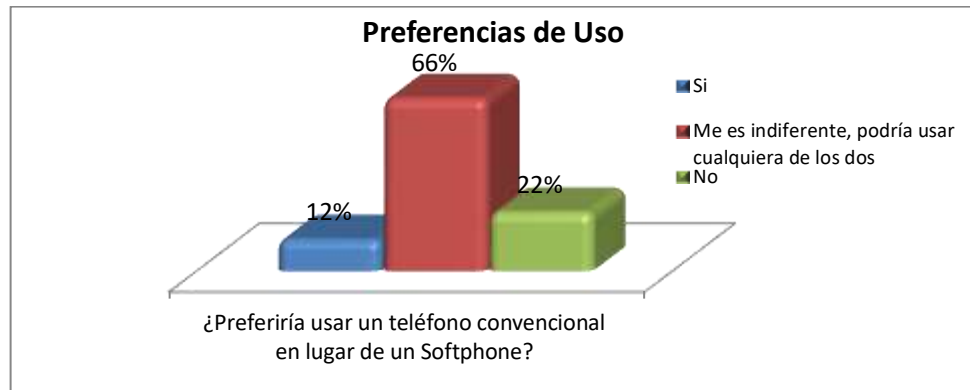


Figura 40. Preferencias de uso del usuario del terminal final.

4. Grupo de Atributos Confiabilidad.

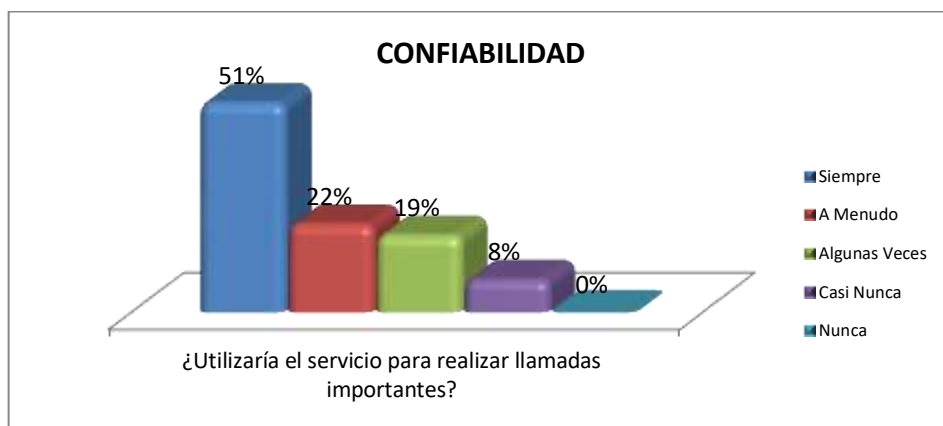


Figura 41. Confiabilidad percibida por el usuario.

5. Grupo de Atributos Disponibilidad.



Figura 42. Disponibilidad percibida por el usuario.

❖ Resultados Obtenidos de las Expectativas de Usuario de VoIP Unicauca

Las expectativas intervienen en la QoE del servicio de ToIP VoIP Unicauca, a pesar de no poder definir un KPI para evaluarlo es importante que el proveedor de servicio obtenga información acerca de los aspectos que influyen. A continuación se despliegan los datos recolectados del perfil del usuario, las experiencias con el servicio y la imagen que tienen del proveedor de servicio.

1. Perfil de los Usuario del servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca

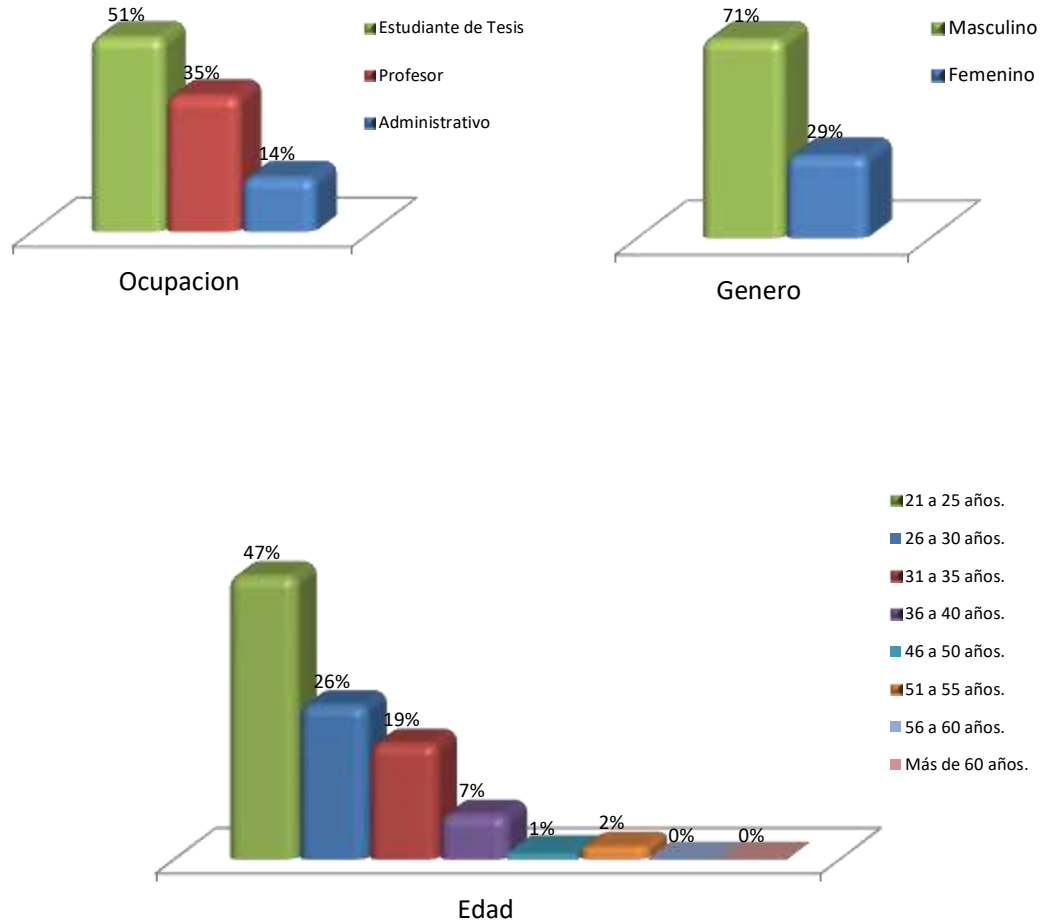


Figura 43. Perfil de los Usuario del servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca.

2. Experiencias previas de los usuarios de VoIP Unicauca con otros servicios de Telefonía IP

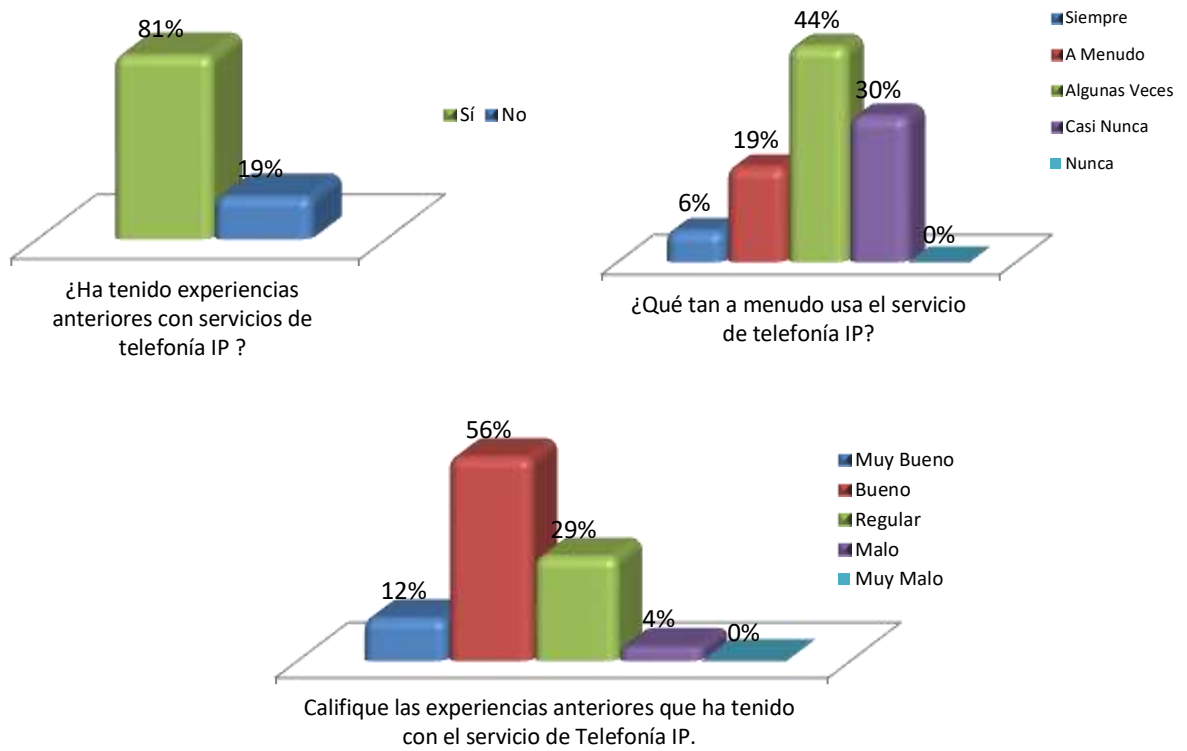


Figura 44. Opinión de los usuarios de sus experiencias previas con otros servicio de Telefonía IP.

3. Imagen de Marca de la División de Sistemas, Red de Datos y Ares de Equipos

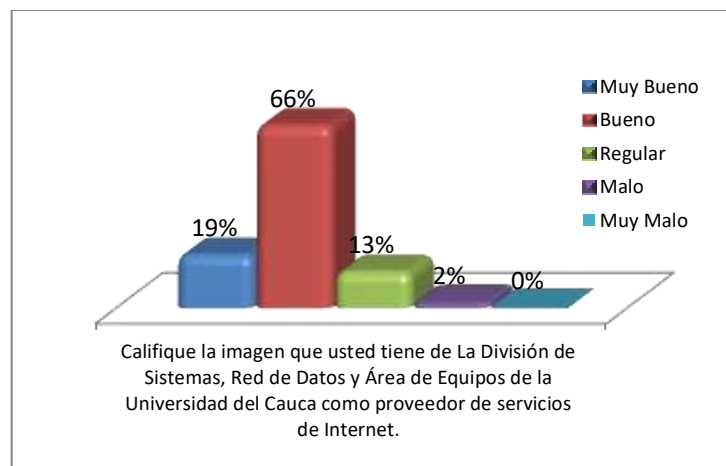


Figura 45. Percepción del Usuario de la imagen de marca de la Universidad del Cauca.

❖ **Presentación de los resultados de la asignación de prioridades de los grupos de atributos desde la perspectiva del usuario.**

Para realizar el cálculo del ponderado de cada una de los grupos y atributos, se le pide al usuario que asigne un orden de prioridad a los diferentes KPI's, a continuación se muestra la información que establece la prioridad de cada grupo de atributos y los atributos que lo conforman.

1. Prioridades dadas por el usuario a los atributos del Grupo de Atributos Funcionamiento Técnico

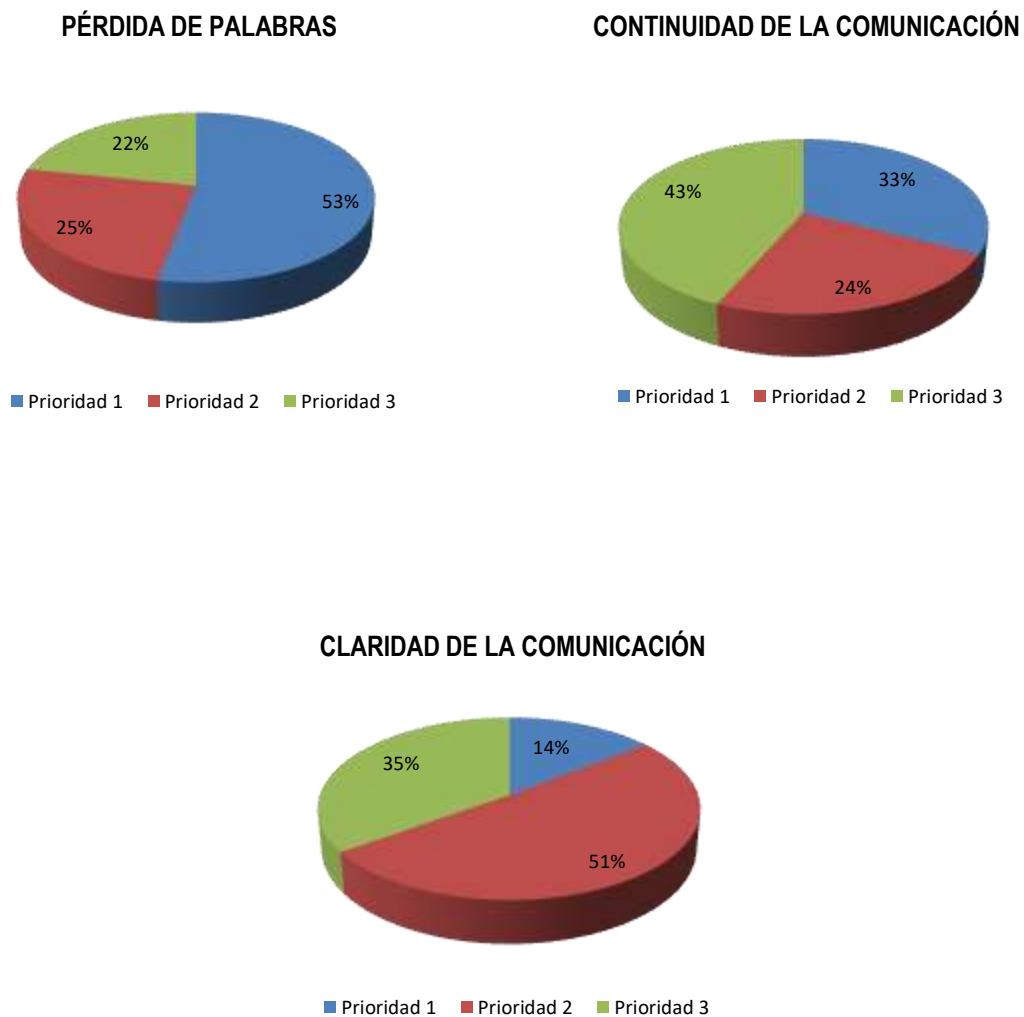
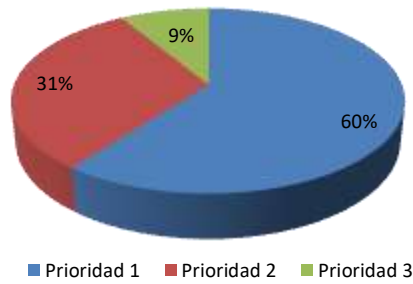


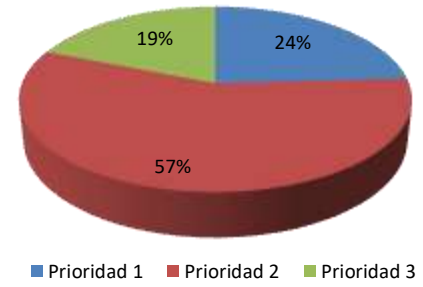
Figura 46. Prioridades dadas por el usuario a los atributos del grupo de atributos el funcionamiento técnico.

2. Prioridades dadas por el usuario a los atributos del Grupo de Atributos Atención al Usuario

DESEMPEÑO DE LOS ASESORES



CALIDAD DE LA SOLUCIÓN OFRECIDA



FACILIDAD PARA CONTACTAR

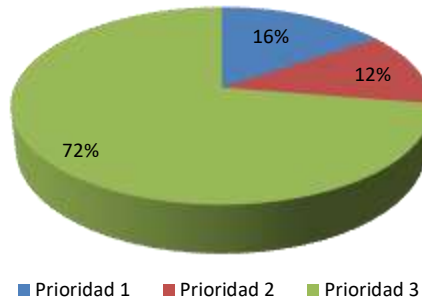


Figura 47. Prioridades dadas por el usuario a los atributos del grupo de atributos atención al usuario.

3. Prioridades dadas por el usuario a los Grupos de Atributos del Servicio VoIP Unicauca

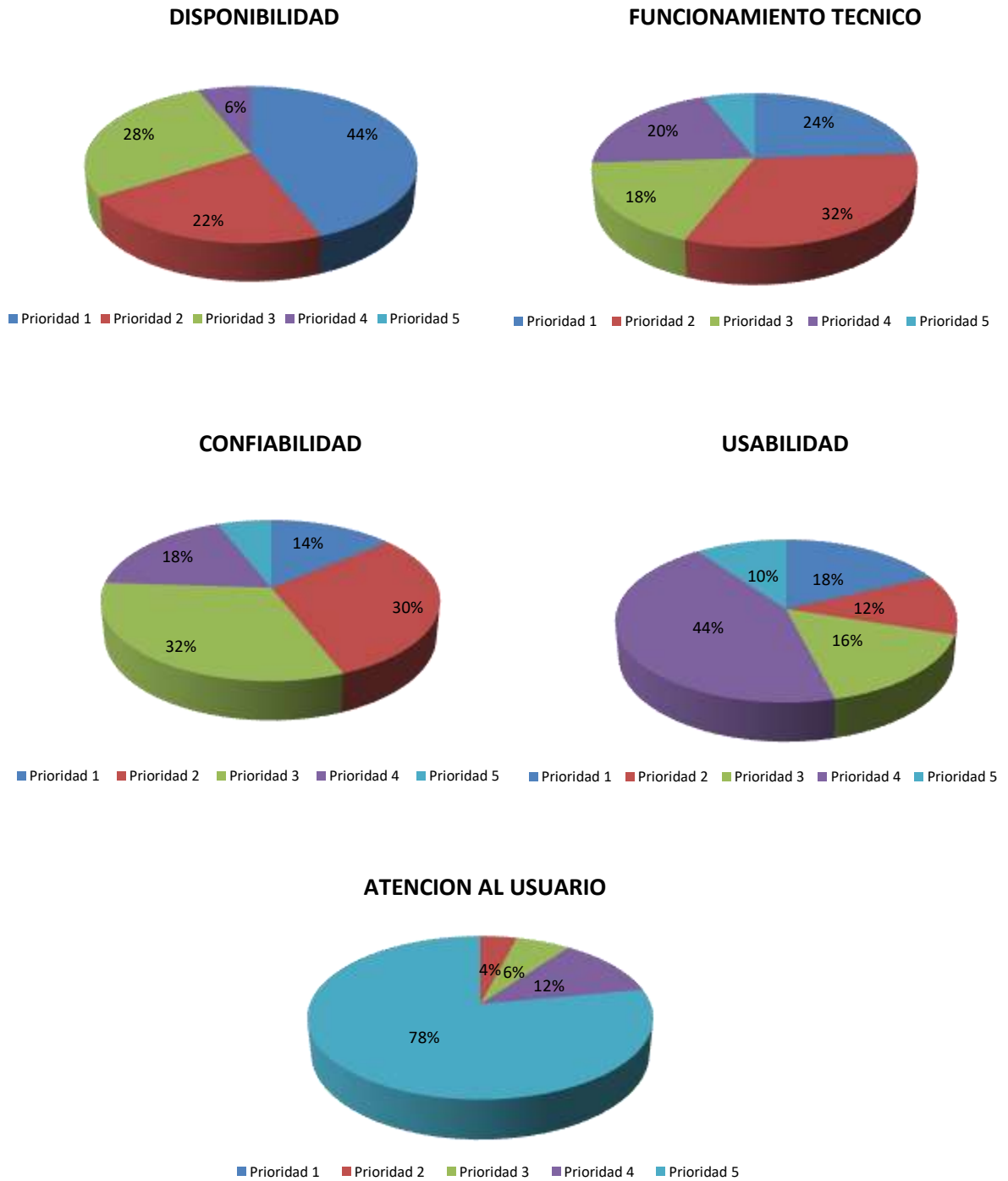


Figura 48. Prioridades de los parámetros que afectan el Servicio de Telefonía IP desde la perspectiva del usuario.

❖ **Resultados Obtenidos de la Satisfacción general del servicio de VoIP Unicauca**

A continuación se exponen los datos sobre la satisfacción general del servicio VoIP Unicauca, lo cual permitan corroborar la veracidad del NSU general calculado con cada uno de los atributos y su ponderado de prioridad en la satisfacción general.

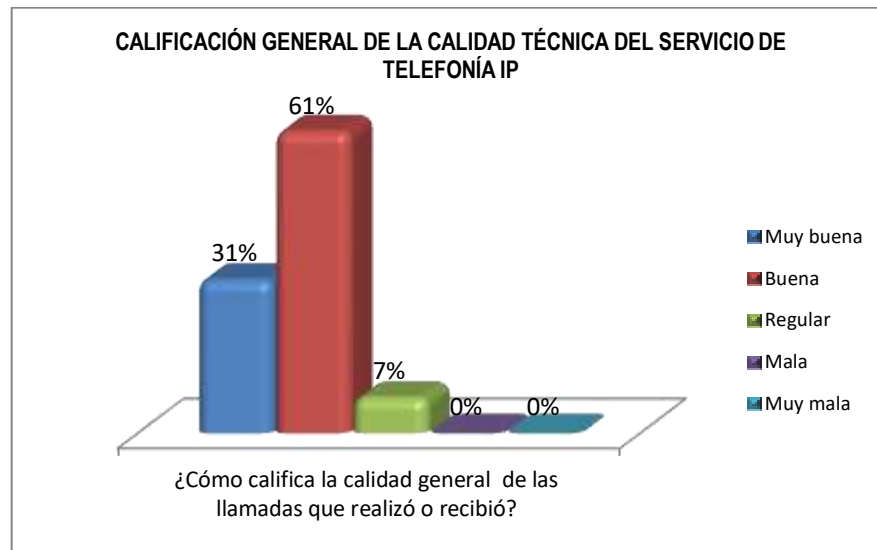


Figura 49. Percepción General del usuario de la calidad técnica del servicio de Telefonía IP.

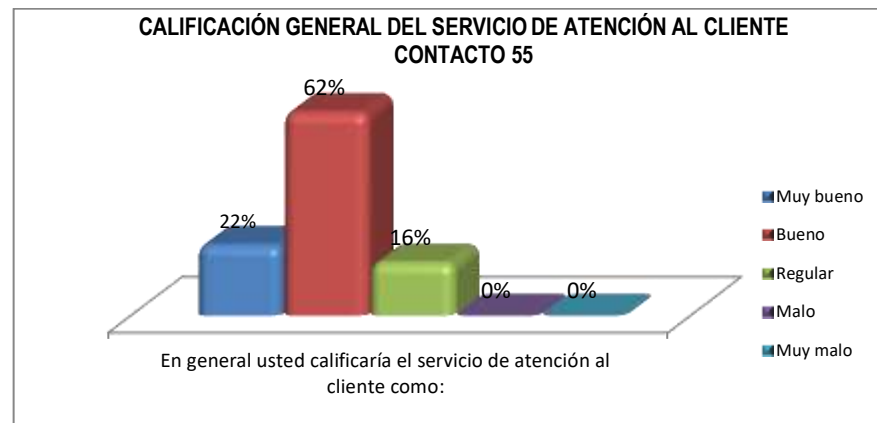


Figura 50. Percepción General del usuario de la calidad del servicio de atención al cliente.

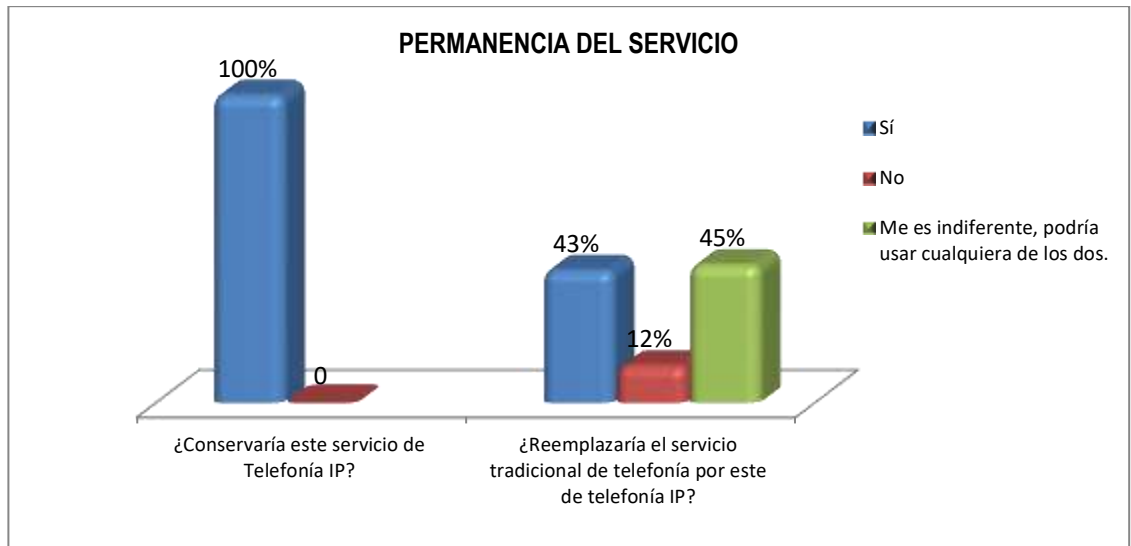


Figura 51. Percepción del usuario de la permanencia del servicio.

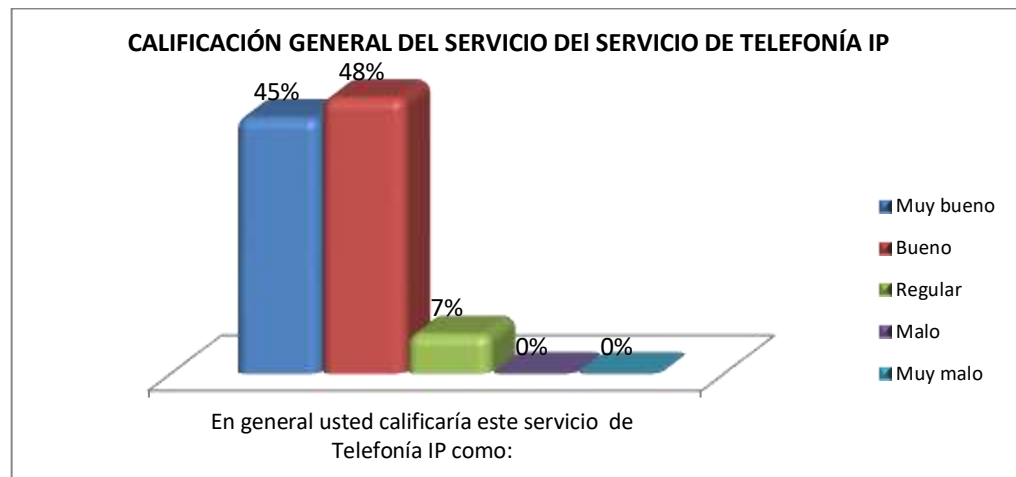


Figura 52. Percepción general de la calidad del servicio de telefonía IP.

5.4.1.2 Determinar el Nivel de Satisfacción del Usuario (NSU)

El NSU del servicio de ToIP VoIP Unicauca se calcula acorde a los pasos mostrados en la Figura 19 los cuales se desarrollan a continuación, los cálculos detallados se muestran en el Anexo G:

❖ **Paso 1. Calcular el ponderado de prioridad de cada KPI, Atributo y Grupo de Atributos.**

Se calcula el ponderado de prioridad de cada uno de los grupos de atributos del servicio de ToIP VoIP Unicauca aplicando la Ecuación 1, teniendo en cuenta que no se consideran los atributos de los parámetros de facturación y costos. Además es conveniente realizar su conversión a porcentajes para estimar el porcentaje de influencia en la satisfacción general del servicio para una mejor comprensión. La Tabla 31 muestra e ponderado de prioridad de cada uno de los grupos de atributos del servicio considerando la respuesta del usuario en cada uno de ellos.

Aspecto	Referencia de Datos	Ponderado de Prioridad	% de influencia en la satisfacción General
Disponibilidad		4.04	26.93
Técnica		3.48	23.2
Confiabilidad	Figura 48	3.28	21.87
Usabilidad		2.84	18.93
Atención al usuario		1.36	9.07

Tabla 31. Cálculo del ponderado de cada categoría del Servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

La Tabla 32 muestra los resultados del cálculo del ponderado de prioridad para el grupo de atributos del funcionamiento técnico y la atención al usuario para lo cual se hace uso de la Ecuación 2, además muestra el porcentaje de influencia de cada uno de estos atributos al grupo que pertenecen y el porcentaje de influencia del grupo en la satisfacción general del servicio.

Grupo de Atributos	Atributo	Referencia	Ponderado de Prioridad	% de influencia en la satisfacción del Grupo de Atributos	% de influencia en la satisfacción General del Servicio
Funcionamiento Técnico	Nítidez de la Comunicación y Perdida de Palabras	Figura 46	2.31	38.5	8.93
	Claridad de la Comunicación		1.9	31.67	7.35
	Continuidad de la Comunicación		1.79	29.83	6.92
Atención al usuario	Facilidad para Contactarse	Figura 47	1.44	24	2.19
	Calidad de la solución		2.05	34.17	3.09
	Desempeño de los Asesores		2.51	41.83	3.79

Tabla 32. Cálculo del ponderado de prioridad de los atributos del aspecto técnico y atención al usuario.

❖ **Paso 2: Calcular el NSU de cada Atributo**

Se procede al cálculo del NSU de cada KPI aplicando la Ecuación 3, debido a que varios KPI se asocian a un atributo, el cálculo del NSU de un atributo se efectúa promediando el NSU de cada KPI asociado aplicando la Ecuación 4. La Tabla 33 muestra el cálculo del NSU de cada KPI y atributo, además se establece la relación entre la escala de satisfacción mostrada en la Tabla 18 y el NSU de cada atributo.

Grupo de Atributos	KPI	Atributo	NSU KPI	NSU Atributo	Escala de Satisfacción
Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario.	Usabilidad del terminal	90.5	90.5	Muy Satisfecho
Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario	Confiabilidad del Servicio	90.75	90.75	Muy Satisfecho
Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario	Disponibilidad del Servicio	91.75	91.75	Satisfecho
Funcionamiento Técnico	Nivel de eco percibido por el usuario	Claridad de la Comunicación	74.25	74.25	Satisfecho
	Nivel de nitidez de la voz percibido por el usuario	Nitidez de la Comunicación	77.5	77.5	Satisfecho
	Nivel de pérdidas percibido por el usuario	Nivel de pérdidas percibido por el usuario	72	72	Satisfecho
	Nivel de retardo percibido por el usuario	Continuidad de la Comunicación	76.25	76,25	Satisfecho
Atención al Usuario	Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente.	Facilidad para Contactarse	75.5	65.87	Satisfecho
	Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido.		56.25		Ni Satisfecho - Ni Insatisfecho
	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema.	Calidad de la solución	59.5	66.62	Ni Satisfecho - Ni Insatisfecho
	Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas.		74.5		Satisfecho
	Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida.		59.5		Ni Satisfecho - Ni Insatisfecho
	Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo.		73		Satisfecho
	Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores para ayudar y solucionar el problema.		87.75		85.17
	Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores.	94.75	Muy Satisfecho		
	Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.	73	Satisfecho		

Tabla 33. NSU de los KPI's del servicio y de los atributos del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

❖ **Paso 3. Calcular el NSU de cada grupo de atributos**

Se procede al cálculo del NSU de cada grupo de atributos aplicando la Ecuación 5, teniendo en cuenta que para los atributos: usabilidad del terminal, confiabilidad del servicio y disponibilidad del servicio, el cálculo del NSU del grupo al que se asocian es el mismo del atributo asociado ya que no existen otros atributos influyendo en él.

El NSU de los atributos Nitidez de la comunicación y pérdida de palabras se pondera ya que como se mencionó estos atributos se unen por conveniencia en la asignación de prioridades. La Tabla 34 muestra los resultados de estos cálculos y la Figura 53 da la visión gráfica de estos resultados.

Grupo de Atributos	Atributo	NSU Atributo	% de influencia del atributo en el Grupo de Atributos	NSU del Grupo de Atributos
Usabilidad	Usabilidad del terminal	90.5	100	90.5
Confiabilidad	Confiabilidad del Servicio	90.75	100	90.75
Disponibilidad	Disponibilidad del Servicio	91.75	100	91.75
Funcionamiento Técnico	Nitidez de la Comunicación y Perdida de Palabras	73.12	38.5	75.36
	Claridad de la Comunicación	77.5	31.67	
	Continuidad de la Comunicación	76.25	29.83	
Atención al Usuario	Facilidad para Contactarse	65.87	24	74.12
	Calidad de la solución	66.62	34.17	
	Desempeño de los Asesores	85.17	41.83	

Tabla 34. NSU del grupo de atributos del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

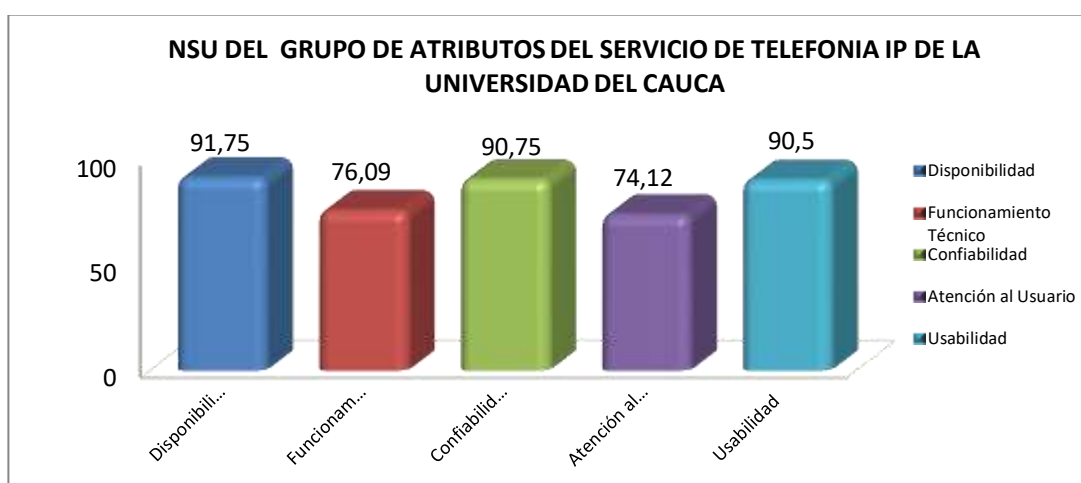


Figura 53. NSU de los grupos de atributos del servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca.

❖ **Paso 4. Calcular el NSU Total del Servicio**

Se calcula el NSU total del servicio considerando cada uno de los NSU de los grupos de atributos con sus respectivos ponderados en la satisfacción general del servicio. La Tabla 35 muestra el cálculo del NSU general del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

Grupo de Atributos	Atributo	NSU Grupo de Atributos	% de influencia del grupo de atributo en la satisfacción Total	NSU total
Usabilidad	Usabilidad del terminal	90.5	18.93	
Confiabilidad	Confiabilidad del Servicio	90.75	21.87	
Disponibilidad	Disponibilidad del Servicio	91.75	26.93	
Funcionamiento Técnico	Nitidez de la Comunicación y Perdida de Palabras	75,36	23.2	86.06
	Claridad de la Comunicación			
	Continuidad de la Comunicación			
Atención al Usuario	Facilidad para Contactarse	74.12	9.07	
	Calidad de la solución			
	Desempeño de los Asesores			

Tabla 35. NSU total del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

El nivel de satisfacción promedio general del usuario con el servicio de ToIP de la Universidad del Cauca es de 86.06 puntos, esta valor en la escala de satisfacción mostrada en la Tabla 18 se traduce en que el usuario se encuentra “satisfecho”. La Figura 54 da una visión global del impacto que tiene cada uno de los atributos del servicio en el nivel de satisfacción promedio del usuario.

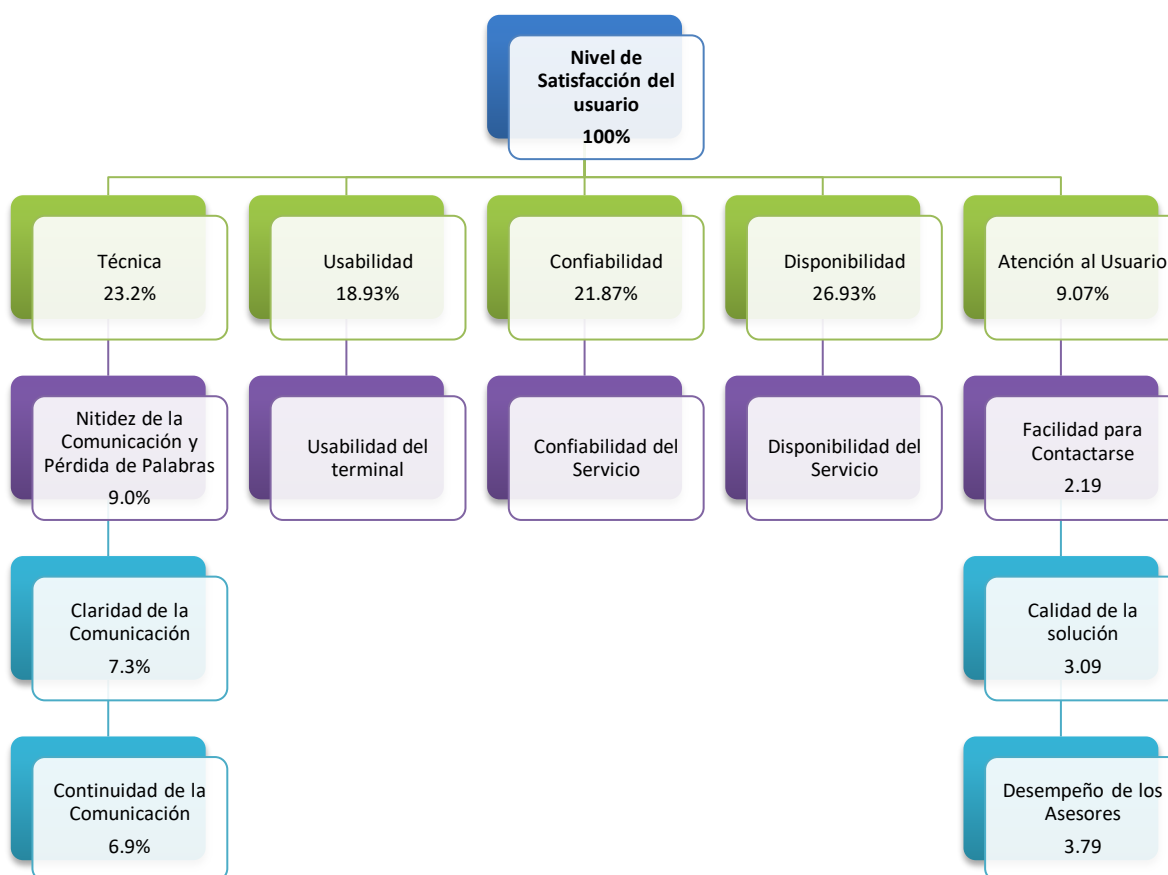


Figura 54. Porcentajes de Influencia de cada Atributo en la Satisfacción del servicio del ToIP de la Universidad del Cauca.

5.4.1.3 Interpretación de los Resultados.

Después del cálculo del NSU se procede a la ubicación de cada grupo de atributos en la matriz de prioridades teniendo en cuenta el ponderado de prioridad asignado por el usuario y el NSU de los atributos y grupos de atributos.

El primer paso para realizar la ubicación es establecer los límites de la matriz, para esto se parte de que el nivel de satisfacción general del servicio de ToIP de la Universidad del Cauca VoIP Unicauca es 86.06 puntos, lo cual ubica la opinión general de los usuarios de este servicio en la escala de satisfacción mostrada en la Tabla 18 como “satisfechos”.

La coordenada en el eje “X” de la matriz de prioridades que establece el límite entre lo que se considera de alta y baja satisfacción es el valor mínimo del rango del nivel de satisfacción que es 63 puntos y La coordenada en el eje “Y” es el promedio de los ponderados de los grupos de atributos que es 3, el cual establece el límite entre lo que se considera de alto y bajo impacto.

La Tabla 36 muestra un resumen el NSU y el impacto de cada grupo de atributos del servicio, los cuales son la base para determinar la ubicación de estos en la matriz de prioridades presentada en la Figura 55.

Grupo de Atributos	Atributo	NSU De Grupo de atributos	Ponderado de prioridad del grupo de Atributos
Disponibilidad	Disponibilidad del Servicio	91.75	4,04
Funcionamiento Técnico	Nitidez de la Comunicación y Perdida de Palabras	76.09	3,48
	Claridad de la Comunicación		
	Continuidad de la Comunicación		
Confiabilidad	Confiabilidad del Servicio	90.75	3.28
Atención al Usuario	Facilidad para Contactarse	74.12	2.84
	Calidad de la solución		
	Desempeño de los Asesores		
Usabilidad	Usabilidad del terminal	90.5	1.36

Tabla 36. Resumen de la Satisfacción y el ponderado de prioridad de los grupos de atributos del servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca.

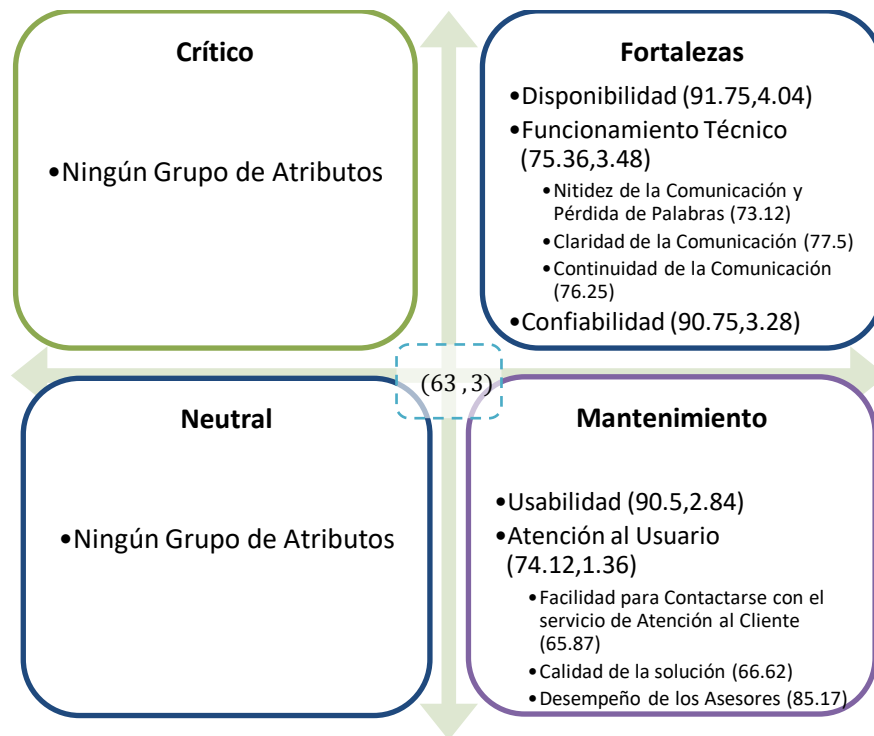


Figura 55. Matriz de prioridades del Servicio de ToIP de la Universidad del Cauca "VoIP UNICAUCA".

La matriz de prioridades mostrada en la Figura 55 refleja los buenos niveles de satisfacción del usuario con los diferentes grupos de atributos expuestos en la presentación de resultados, permite mostrar la relación entre la satisfacción y el impacto de cada parámetro dada por el usuario. La matriz de prioridades del Servicio de Telefonía IP VoIP Unicauca permite concluir que:

- ❖ La disponibilidad es el grupo de atributos más importante desde la perspectiva del usuario, ya que el ponderado de prioridad en la satisfacción es 4.04 y el NSU es 91,75 puntos lo que en la escala de satisfacción lo ubica en el rango de "Muy Satisfecho", lo cual indica que pequeños cambios en el nivel ofrecido de este grupo de atributos, pueden provocar grandes cambios en la satisfacción general del servicio. Por tanto al considerarse el parámetro de mayor impacto y al estar calificado con el NSU más alto, es una gran fortaleza del servicio.
- ❖ El funcionamiento Técnico del servicio se encuentra ubicado en el cuadrante fortalezas, es considerado por el usuario como el segundo grupo de atributos más importante con un ponderado de prioridad de 3,48 y un NSU de 75,36 puntos, por tanto según la escala de satisfacción el usuario se encuentra "Satisfecho" con este grupo de atributos. Es importante tener en cuenta que a pesar de encontrarse en el cuadrante de fortalezas del servicio, se sitúa más cerca del límite inferior del cruce de la matriz que los otros dos grupos de atributos, lo cual sugiere plantear soluciones que aumenten aún más el nivel de satisfacción del usuario con el funcionamiento técnico del servicio.
- ❖ La confiabilidad se encuentra ubicado en el cuadrante de fortalezas, es considerado por el usuario como el tercer grupo de atributos más importante con un ponderado de prioridad de 3,28, y un NSU de 90.75 puntos ubicando al usuario en la escala de satisfacción como "Muy Satisfecho".
- ❖ Según la escala de satisfacción el usuario se encuentra "Muy Satisfecho" con el grupo de atributos Usabilidad, ya que cuenta con un NSU de 90.75 puntos, pero debido a que este no lo considera relevante para su satisfacción con un ponderado de prioridad de 2,8, se ubica en el cuadrante de mantenimiento, lo cual no debe ser interpretado como un parámetro de poca atención por parte del proveedor, ya que este es el medio de interacción del servicio con el usuario.
- ❖ Según la escala de satisfacción el usuario se encuentra "Satisfecho" con el grupo de atributos Atención al Usuario ya que cuenta con un NSU de 74,12 puntos, pero debido a que este no lo considera relevante en su satisfacción asignándole el ponderado de prioridad más bajo del grupo de atributos (1,36) este se encuentra ubicado en el cuadrante de mantenimiento.

Observando la calificación del NSU de los atributos que componen este grupo, se concluye que la calidad de la solución y la facilidad para contactarse se encuentran en la escala de satisfacción como "Ni Satisfecho ni Insatisfecho", lo que indica que es necesario aplicar estrategias para mejorar la percepción de la calidad con estos atributos.

El desempeño de los asesores del servicio de atención al usuario es el atributo mas importante en el grupo de atributos y el usuario se encuentra muy satisfecho con la calidad ofrecida, por tanto se recomienda mantener la buena percepción de este atributo.

A pesar de que es difícil establecer el porcentaje de influencia que tiene las expectativas en la satisfacción general del usuario, los datos mostrados en la presentación de los resultados permiten concluir que:

- ❖ Los usuarios que participan en la evaluación tienen un alto conocimiento en tecnología, ya que son estudiantes, profesores y administrativos de la facultad de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones, lo cual es una ventaja en la adaptación y apropiación del servicio de Telefonía IP, VoIP Unicauca.
- ❖ El 81% de los usuarios que participan en la evaluación de la QoE de VoIP Unicauca han tenido experiencia anteriores con servicios de telefonía IP, los cuales en promedio usan el servicio a menudo y han tenido buenas experiencias con estos servicio, lo cual es una ventaja en la aceptación y apropiación del servicio, ya que haber usado servicios similares y haber tenido buenas experiencias anteriores disminuye el rechazo que puede provocar la implementación de un servicio sustituto como la telefonía IP.
- ❖ El 80% de los usuarios que participan en la evaluación de QoE de VoIP Unicauca califican la imagen de la División de Sistemas, la Red de Datos y el Área de Equipos satisfactoriamente, lo cual se reflejara en la tendencia de estos a recibir positivamente los nuevos servicios que este proveedor ofrezca.

La Tabla 37 muestra un resumen de la asociación de los diferentes parámetros que afectan el servicio de Telefonía IP de la Universidad del Cauca con el KPI, el atributo, el grupo de atributos y el cuadrante en el que se han ubicado en la matriz de prioridades.

Parámetros	KPI	Atributos	Grupo de Atributos	Cuadrante Matriz
Códec	Nivel de claridad de la voz percibido por el usuario	Claridad de la comunicación	Funcionamiento Técnico	Fortalezas
Eco	Nivel de eco percibido por el usuario	Nitidez de la Comunicación		
Pérdidas (BW)	Nivel de pérdidas percibido por el usuario	Perdida de palabras		
Retardo (Jitter)	Nivel de retardo percibido por el usuario	Continuidad de la Comunicación		
Confiabilidad	Nivel de confiabilidad del servicio que percibe el usuario	Confiabilidad del Servicio		
Disponibilidad	Nivel de disponibilidad percibida por el usuario	Disponibilidad del Servicio	Disponibilidad	
Atención al usuario	Nivel de satisfacción con la rapidez para detectar y resolver un problema.	Calidad de la Solución.	Atención al Usuario	Mantenimiento
	Nivel de satisfacción con la Claridad y simplicidad en las instrucciones dadas.			
	Nivel de satisfacción con el seguimiento a la solución ofrecida.			
	Nivel de satisfacción con la rapidez que es comunicado con la persona capacitada para ayudarlo.			
	Nivel de satisfacción con la facilidad para contactarse con el servicio de atención al cliente.	Facilidad para contactarse.		

Nivel de satisfacción del usuario con el tiempo de espera antes de ser atendido.			
Nivel de satisfacción del usuario con la disposición de los asesores para ayudar y solucionar el problema.			
Nivel de satisfacción del usuario con la amabilidad de los asesores.		Desempeño de los Asesores.	
Nivel de satisfacción del usuario con el horario de atención.			
Usabilidad	Nivel de usabilidad del terminal de Telefonía IP considerada por el usuario.	Usabilidad del terminal	Usabilidad

Tabla 37. Relación de Parámetros, KPI's, atributos y categorías para la evaluación de la QoE en el servicio de ToIP de la Universidad del Cauca.

En conclusión se puede decir que los parámetros Códec, Eco, Pérdidas, Retardo, Confiabilidad, Disponibilidad, están dentro de las fortalezas del servicio, es decir que tiene un alto impacto en el satisfacción del usuario y que fueron calificados de manera satisfactoria o muy satisfactoria, por tal razón la Red de Datos y la División de Sistemas deben sostener la percepción de sus usuarios y mejorar las falencias encontradas en estos parámetros ya que cambios pequeños tanto positivos como negativos en la calidad ofrecida, afectan en gran medida la satisfacción general del servicio. Adicionalmente otros parámetros como: el Servicio de atención al usuario y la usabilidad se ubican en el cuadrante mantenimiento por lo cual estos parámetros considerados de bajo impacto y alta satisfacción deben de mantener e incluso mejorar la calidad ofrecida, ya que generan valor agregado al servicio de ToIP VoIP Unicauca.

5.4.1.4 Planteamiento de Soluciones y Recomendaciones

Dado que ninguno de los parámetros que afectan la satisfacción del usuario se encuentra en el cuadrante de factores críticos en la matriz de prioridades presentada en la Figura 55, se plantean más que soluciones a los problemas encontrados posibles recomendaciones que aumenten el nivel de satisfacción del usuario con los diferentes grupos de atributos. Las soluciones y recomendaciones se muestran en la Tabla 38.

GRUPO DE ATRIBUTOS	RECOMENDACIONES
Disponibilidad	Realizar proceso de actualización y mantenimiento en horas y días fuera del horario habitual de uso.
	Establecer un plan de contingencia que garantice la disponibilidad del servicio para tratar fallas de software y hardware y cambios de configuración imprevistos.
	Solucionar rápidamente los problemas técnicos que se le presenten al usuario.
	Implementar herramientas de monitoreo y reportes a la PBX que alerten de una posible falla.
Funcionamiento Técnico	Establecer mecanismos de priorización del tráfico de voz en la Red.
	Establecer políticas de gestión que garanticen el ancho de banda mínimo para una comunicación de voz.
	Implementar los mecanismos de QoS que permite el Softphone.
Confiabilidad	Aumentar la calidad diadema IP usada en términos de Impedancia y sensibilidad de esta.
Usabilidad	Mantener el nivel de confiabilidad, ya que si se disminuye la calidad de este parámetro se reduce el nivel de calidad general del servicio.
Atención al Usuario	Mantener el Softphone X-Lite como terminal de usuario por la buena aceptación que tiene en los usuarios.
	Capacitar a los asesores del servicio de atención al cliente para brindar soluciones a los problemas más frecuentes para que de manera rápida y eficiente resuelvan los problemas.
	Realizar seguimiento continuo a la solución ofrecida al usuario, disminuyendo la posibilidad que el usuario se sienta inconforme al tener que llamar repetitivamente por los problema que se presentan reiterativamente.
	Establecer estrategias de comunicación para difundir el horario de funcionamiento del servicio de atención al usuario ya que el 41% de los usuarios lo desconoce.
	Crear estrategias eficientes que disminuyan el tiempo que el usuario debe esperar para ser atendido ya que un tiempo prolongado de espera degrada en gran proporción la percepción de este servicio.

Tabla 38. Recomendaciones para mantener o mejorar la satisfacción del usuario con VoIP Unicauca.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1. Conclusiones

- ❖ El desarrollo de este trabajo de grado permitió conocer los principales conceptos relacionados con la calidad de la Experiencia, su definición, la relación existente con la QoS y todos los aspectos que esta involucra, lo cual formó la base del conocimiento necesaria para abordar los desafíos de este proyecto.
- ❖ La propuesta presentada de la relación de la Calidad de la Experiencia con los aspectos de calidad (QoS Intrínseca, QoS Percibida y QoS Evaluada) y la asociación de los diferentes parámetros que afectan el servicio de Telefonía IP a estos aspectos, relaciono las diferentes visiones de los actores y permitió comprender como afecta cada parámetro asociado al servicio a la satisfacción del usuario, lo cual fue fundamental para comprender lo que una evaluación de la QoE involucra.
- ❖ Desde la perspectiva de las relaciones de parámetros entre los diferentes aspectos de calidad (QoS Intrínseca, QoS Percibida y QoS Evaluada) se concluye que es imposible corregir las insatisfacciones del usuario simplemente mejorando uno de los aspectos de calidad, ya que es la unión de una buena calidad en cada uno de ellos lo que permite aumentar la QoE del servicio.
- ❖ Para identificar claramente los parámetros objetivos y subjetivos asociados al servicio de telefonía IP fue de gran importancia la adaptación del “modelo del árbol”, ya que este permitió tener una visión global de lo que influyen en la satisfacción del usuario. En el contexto de servicios convergentes, este modelo puede ser una buena herramienta para establecer la QoE de los futuros servicio.
- ❖ Uno de los resultados más importantes de este trabajo es la propuesta de los procedimientos necesarios para desarrollar una evaluación exitosa de la Calidad de la Experiencia en el servicio de Telefonía IP, ya que estos permiten establecer de manera precisa el nivel de satisfacción de los usuarios proporcionando información detallada del servicio.
- ❖ Se concluye que determinar integralmente los parámetros que afectan la QoE es el procedimiento más importante para que una evaluación de este tipo sea exitosa, ya que de este depende la correcta identificación de los KPI's a evaluar.
- ❖ Las expectativas al ser considerado un parámetro “difícilmente medible” no es asociable a un KPI, por ende determinar el impacto de este en la satisfacción del usuario es complejo. Sin embargo una evaluación de QoE debe obtener información de estas, ya que esta es fundamental para determinar lo que el usuario desea y espera.
- ❖ La validación de los criterios y procedimientos propuestos en el servicio de telefonía IP de la Universidad del Cauca comprobó las dificultades y costos que una evaluación subjetiva abarcan, ya

que es necesario contar con la colaboración y disposición de los usuarios, lo cual dificulta el cumplimiento del cronograma de evaluación establecido.

- ❖ Se comprobó que es fundamental para obtener resultados veraces que las preguntas que evalúan los diferentes KPIs del servicio de telefonía IP se formulen desde la perspectiva del usuario a través de lenguaje común, sencillo y simple, evitando confusiones que puedan llevar a malas interpretaciones.
- ❖ Bajo el contexto del servicio de Telefonía IP de la universidad del Cauca se puede concluir que de los grupos de atributos que afectan la satisfacción del usuario, es la Disponibilidad y el funcionamiento técnico los más importantes desde la perspectiva del usuario.
- ❖ Determinar el Nivel de satisfacción del usuario NSU es fundamental para el análisis de los resultados de la evaluación, ya que entrega información detallada del estado del servicio, permitiendo identificar falencias y fortalezas de este.
- ❖ Determinar la matriz de prioridades como medio de análisis de los resultados de una evaluación de QoE es primordial para el proveedor de servicio, ya que ésta al establecer la relación entre la satisfacción y el impacto muestra los parámetros de alta y baja satisfacción así como los de alto y bajo impacto permitiendo generar estrategias de mejoramiento y mantenimiento que aumenten o mantengan el NSU del servicio.
- ❖ Se identificó que cuando se realiza la evaluación de QoE, los costos y el tiempo de desarrollo es mayor al establecido previamente, ya que está condicionado a la disponibilidad del usuario lo cual dificulta el proceso.
- ❖ Se concluye que una evaluación de QoE está sujeta a consideraciones propias del contexto en que se desenvuelva el proveedor de servicio y que se ve afectada no solo por los parámetros técnicos del servicio (transparentes al usuario) sino también por los parámetros subjetivos que no afectan a todos los servicios ni a los usuarios por igual.
- ❖ Se concluye que evaluar la calidad de la experiencia es una manera efectiva de determinar el nivel de satisfacción del usuario con el servicio, de conocer lo que el usuario desea y espera y de detectar las falencias del servicio, para posteriormente mejorarlos.

6.2. Recomendaciones

- ❖ Es importante que para este tipo de evaluaciones se cuente con un equipo multidisciplinario que analice el servicio desde diferentes perspectivas, sociales, económicas y técnicas lo cual facilita la identificación y comprensión de los parámetros que afectan el servicio.
- ❖ Es conveniente que la herramienta de monitoreo del servicio que se use sea implementada en los equipos del proveedor del servicio y no el dispositivo final de usuario, ya que esto evita la instalación y posterior recolección de datos en cada uno de los usuarios que participen en la evaluación,

disminuyendo la indisponibilidad del usuario en participar, el tiempo de la evaluación y el personal necesario.

- ❖ Se recomienda realizar encuestas previas con usuarios del servicio para detectar falencias en las encuestas y garantizar que estas no presenten ningún tipo de errores y arrojen los resultados esperados.

6.3. Trabajos Futuros

- ❖ Dada la irrupción de las NGN que propone la convergencia de los nuevos servicios multimedia (voz, datos, video...), se propone tomar como base este trabajo para generar el proceso de evaluación para dichos servicios.
- ❖ Se propone la implementación de un piloto software que le permita al proveedor evaluar y monitorear la calidad de la Experiencia de los diferentes servicios que ofrece y que disminuya los costos que este tipo de evaluación representa.
- ❖ Se propone un estudio que permita identificar la relación existente entre los parámetros objetivos del servicio de telefonía IP y la respuesta subjetiva del usuario, con el que se pueda determinar los niveles mínimos de calidad acorde a la perspectiva de este.
- ❖ Se propone aplicar de los criterios y procedimientos planteados a un escenario más amplio complejo e interdisciplinar, que permita determinar de forma detallada el impacto que tienen las expectativas en la percepción del servicio.

REFERENCIAS

- [1] UIT-T Rec. G.1000, “*Calidad De Servicio en las Comunicaciones: Marco y Definiciones*”, 2003.
- [2] Zapater M., Bressan G., “*A Proposed Approach for Quality of Experience Assurance for IPTV*”, Dept. of Computing and Digital Systems Engineering, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo São Paulo, Brazil.
- [3] Saliba Anthony J, Beresford Michael A., Ivanovich Milosh, Fitzpatrick Paul “*User-Perceived Quality of Service in Wireless Data Networks*” Springer-Verlag London, 2005.
- [4] Hardy William, “*VoIP Service Quality*”, Editorial McGraw Hill Companies, 2003.
- [5] Hardy William, “*QoS Measurement and Evaluation of Telecommunications Quality of Service*” WorldCom, 2001.
- [6] Crawley E. , “*A Framework for QoS-Based Routing in the Internet,*” IETF RFC 2386, Agosto 1998.
- [7] UIT-T Rec. I. 350, “*Aspectos Generales de Calidad de Servicio y de Calidad de Funcionamiento en las Redes Digitales Incluidas las Redes Digitales de Servicios Integrados*”, Marzo de 1993.
- [8] UIT-T Rec. Y.1540, “*Parámetros de Desempeño para la Transferencia de Paquetes IP y la Disponibilidad*”, Diciembre de 2002.
- [9] UIT-T Rec. Y.1541 “*Objetivos de Desempeño de Red para Servicios IP*”, Febrero de 2006.
- [10] UIT-T Rec. Y1291, “*Marco Arquitectural para el Soporte de Calidad de Servicio en Redes de Paquetes*”, Mayo de 2004.
- [11] UIT-T Rec. E.800, “*Términos y Definiciones Relativos a la Calidad de Servicio y a la Calidad de Funcionamiento de la Red, Incluida la Seguridad de Funcionamiento*”, Agosto de 1994.
- [12] ETSI ETR 003, “*Network Aspects (NA); General Aspects of Quality of Service (QoS) and Network Performance (NP)*”, 1994.
- [13] UIT-T Rec. G.1010, “*Categorías de Calidad de Servicio para los Usuarios de Extremo de Servicios Multimediales*”, Noviembre de 2001.
- [14] Gozdeck Janusz, “*Quality of Service Terminology in IP Networks*”, IEEE Communications Magazine, Marzo 2003.
- [15] Afullo Thomas J.O., “*Quality Of Service In Telecommunications - The Customer's Perspective*” Department of Electrical Engineering, University of Kwazulu-Natal (Wesville Campus), Septiembre 2004.

- [16] Chapman Caesar Matthew, Ghosal Dipak, Katz Randy; "Resource Management for IP Telephony Networks"; Resource management for IP telephony, networks - Quality of Service, Tenth IEEE International Workshop on, 2002.
- [17] ITU-T Rec. P.10/G.100, "New Appendix I – "Definition of Quality of Experience (QoE)", 2006.
- [18] Nokia, "Quality of Experience (QoE) of Mobile Services: Can it Be Measured and Improved?", Abril de 2006.
- [19] Jion Sun, "Football on Mobile Phones, Algorithms, Architectures and Quality of Experience in Streaming Video", Departamento de aplicaciones físicas y electrónicas Universidad de Umeå, 2006.
- [20] Soldani David, Li Man, Cuny Renaud , "QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems", Agosto 2006.
- [21] Liberal Fidel, Ferro Armando, and Fajardo J.O., "What Quality Means for Internet Users: A Guide to Selecting your ISP", Networking and Services, 2006. ICNS '06. International conference on, 2006.
- [22] Perki Andrew, Munkeby Solveig, Hillestad Odd Inge, "A Model for Measuring Quality of Experience", Center for Quantifiable Quality of Service in Communication Systems Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, Junio 2006.
- [23] Engelke Ulrich, Zepernick Hans Jürgen, "Perceptual-based Quality Metrics for Image and Video Services: A Survey", Blekinge Institute of Technology, 2007.
- [24] Bellido Triana Luis, "Contribución a las Metodologías para la Evaluación de la Calidad de Servicio en Redes Heterogéneas" Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2004.
- [25] Casa HernándezPedro, Guerra Vidal Diego, Irrigaria Bayarres Ignacio, "Calidad de Servicio Percibida en Servicios de Voz y video sobre IP", Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Agosto de 2005.
- [26] Information Society Technologies (IST) Sixth Framework Programme, "Studies of User-Perceived Quality of Service within EuroNGI", Eurongi Network of Excellence Information Society Technologies (IST) Sixth Framework Programme, Enero de 2005.
- [27] Pereira Fernando, "A Triple User Characterization Model for Video Adaptation and Quality of Experience Evaluation", Instituto Superior Técnico- Instituto de Telecomunicaciones- Lisboa Portugal, Octubre 2005.
- [28] Nieblas Zapater Marcio, Bressan Graça, "A Proposed Approach for Quality of Experience Assurance for IPTV", Dept. of Computing and Digital Systems Engineering, Escuela Politecnica de la Universidad de Sao Pablo, Brazil, 2007.
- [29] Sean Christensen, "Voice Over IP Solutions", Professional Service Juniper Networks, Julio de 2001.

- [30] Vugrinec Alex, *"IP telephony from a user perspective"*, 10TH Mediterranean Electrotechnical Conference, 2000.
- [31] Razvan Beuran, Mihai Ivanovici, *"User-Perceived Quality Assessment for VoIP Applications Technical Report"*, Enero 2004.
- [32] CISCO, *"Quality of Service for VoIP Solutions Guide"*.
- [33] Laborda Joseph, Lopez Miguel, Calatayud Ruben, Canton Cristian, *"Redes Fijas (VoIP)"*, 2002.
- [34] Doshi Bharat T, Eggenschwiler Dominik, Rao Aswath, Samadi Behrokh, Wang Y. T, Wolfson James, *"VoIP Network Architectures and QoS Strategy"*, Bell Labs Technical Journal, 2003.
- [35] Chapman Caesar Matthew, Ghosal Dipak, Katz Randy, *"Resource Management for IP Telephony Networks"*, Resource management for IP telephony, networks - Quality of Service, Tenth IEEE International Workshop on, 2002.
- [36] Protocolos para telefonía sobre IP (IP-Telephony), *"Voice over IP Solutions"*, Professional Service Juniper Networks, Julio del 2001.
- [37] Markopoulou Athina P., Tobagi Fouad A., Karam Mansour J., *"Assessing the Quality of Voice Communications Over Internet Backbones"*, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 11, N0. 5, Octubre 2003.
- [38] Seibert. C Hristea y Tobagi Fouad A., *"Assessing the User-Perceived Quality of Packet Voice in Networks with Mobile Users"*, Stanford University, Septiembre 2003.
- [39] Hardy William C., *"VoIP Service Quality Measuring and Evaluating Packet-Switched Voice"*, McGraw-Hill, 2003.
- [40] UIT-T, *"Telefonía IP"*, Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones, 2001.
- [41] UIT-T, Grupo de Expertos sobre Telefonía IP del UIT-D, *"Informe Esencial sobre Telefonía IP"*, 2003.
- [42] Thalhammer J.; *"Security inVoIP-Telephony Systems"*, Tesis de Maestría, Institute for Applied Information Processing and Communications Graz, University of Technology, 2004.
- [43] Alcatel, *"Comments to ITU Report on IP Telephony"*, 2005.
- [44] Kaschel. H, San Juan. E, *"Consideraciones Técnicas para Elaborar un Estándar Definitivo VoIP"*, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Tecnologías Industriales, Universidad Santiago de Chile, 2003.

- [45] Hernández C. Pedro, Guerra V. Diego, “*Calidad de Servicio Percibida en Servicios de Voz y Video sobre IP*”, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, 2005.
- [46] ITU-D, “*Price of telecommunication services on IP networks and the impact of VoIP on the price of the national and international telephone services in Togo*”, Regional seminar on costs and tariffs for telecommunication services, Abril 2005.
- [47] Bergmark D, Keshav S; “ *Building Blocks for IP Telephony Donna Bergmark and S. Keshav*”, IEEE Communications Magazine, Abril 2000.
- [48] UIT-T Rec. E.164, “*Plan internacional de numeración de telecomunicaciones públicas*”, Mayo de 2005.
- [49] Flàvia M Ana, S. G. de Carvalho Leandro, de Souza José Neuman, de Souza Mota Edjair, “*A framework for Network Quality Monitoring in the VoIP Environment*”, Teleinformatics Engineering Department, Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil, Octubre 2006.
- [50] ANONIMO, “*El Estándar VoIP Redes y Servicios de banda Ancha*”,
- [51] Minoli Daniel, Minoli Emma, “*Delivering Voice over IP Networks*”, 1998.
- [52] Gregory W. Cermak, “*Subjective Quality of Speech Over Packet Networks as a Function of Packet Loss, Delay and Delay Variation*”, International Journal of Speech Technology, Enero 2002.
- [53] UIT-T Rec. G.114 “*Tiempo de Transmisión en un Sentido*”, Mayo de 2003.
- [54] Kapov Milutin, Dhaka Damir, “*IP Telephony Network Saving Capacity Due To Substitution Of Pstn By Ip Network*”, 2000.
- [55] Pagina Web: “*QoS (Quality of service)*”, Disponible en: http://www.voipforo.com/QoS/QoS_PacketLoss.php
- [56] Diaz Yony Fernando, “*Estudio Comparativo de las Recomendaciones UIT-T G.107, P.862 y P.563 para Evaluar la Calidad de la Voz en redes IP*”, 2006.
- [57] Polyzois Christos a, Purdy k. Hal, Yang Ping-fai, Shrader David, Sinnreich Henry, Ménard François, schulzrinne Henning, “*FROM POTS TO PANS: A Commentary on the Evolution to Internet Telephony*” IEEE Internet Computing, Junio 1999.
- [58] Jain Ramesh, “*Media Vision Quality of Experience*” Georgia Institute of Tecnology, IEEE Computer Society, 2004.
- [59] Kapov Milutin, Dhaka Damir, “*IP Telephony Network Saving Capacity Due To Substitution Of Pstn By Ip Network*”, 2000.

- [60] Fransi Eduard Cristóbal, “*Conceptualización de la Calidad de Servicio al Cliente Percibida en el Comercio Electrónico. Evaluación y aplicación en el establecimiento Virtual*”, Tesis Doctoral, Universidad de Lleida, 2004.
- [61] UIT-T Rec. P.800, “*Métodos de Determinación Subjetiva de la Calidad de Transmisión*”, Agosto de 1998.
- [62] UIT-T Rec. P.82, “*Method for evaluation of Service from the Standpoint of Speech Transmission Quality*”, Octubre de 1984.
- [63] UIT-T Rec. G.107, “*El modelo E, un Modelo Informático para Utilización en Planificación de la Transmisión*”, Marzo 2005.
- [64] UIT-R, Rec.BS.1284-1, “*Métodos Generales para la Evaluación Subjetiva de la Calidad de Sonido*”, 2003
- [65] Mahlke S., “*Understanding User’s Experience of Interaction*”, Center of Human-Machine-Systems Berlin University of Technology Jebensstr, 2005.
- [66] ISO, 8402, “*Quality Management and Quality Assurance – Vocabulary*”, Abril 1994.
- [67] Xia Weidong, Lee Gwanhoo, “*The influence of Persuasion, Training, and Experience on User Perceptions and Acceptance of it Innovation*”, Carlson School of Management, University of Minnesota, 2000.
- [68] UIT-T Rec. P.851, “*Evaluación de la Calidad Subjetiva de los Servicios Telefónicos Basados en Sistemas Conversacionales*”, Noviembre 2003.
- [69] McNamara N., Kirakowski J., “*Defining Usability: Quality of Use or Quality of Experience?*” IEEE International Professional Communication Conference Proceedings, 2005.
- [70] velsen L. Van, Steehouder M., De jong M., “*Evaluation of User Support: Factors That Affect User Satisfaction With Helpdesks and Helplines*”, IEEE Transactions on Professional Communication, September 2007.
- [71] Gutiérrez M^a, Fuentes F., “*Tratamiento Borroso del Intangible en la Valoración de Empresas de Internet*”, 2003.
- [72] Beauregard R, Corriveau P, “*User Experience Quality: A Conceptual Framework for Goal Setting and Measurement*” Intel Corporation, Channel platforms Group, 2007.
- [73] Jovan V., Zorzut S., “*Use of Key Performance Indicators in Production Management*” Department of Systems and Control Jožef Stefan Institute, Junio 2006.
- [74] Cusani R., Inzerilli T, Valentini L, “*Network Monitoring and Performance Evaluation in a 3.5G Network*”, Sapienza Università di Roma, Via Eudossiana, Junio 2007.

- [75] Akatsu M., “*Identifying the Value for Service Management*”, Julio 2007.
- [76] Lai C, Wei M, “*A Common Weighted Performance Evaluation Process by Using Data Envelopment Analysis Models*”, Department of Information Management, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, Diciembre de 2007.
- [77] Ericsson, “*User Service Performance*”, Febrero 2007.
- [78] APIRENT Communication “*Delivering Optimal Quality of Experience (QoE) for IPTV Success*”, Febrero 2006.
- [79] Ugwu O.O, Haupt T.C., “*Key Performance Indicators and Assessment Methods for Infrastructure Sustainability—a South African Construction Industry Perspective*”, Octubre 2005.
- [80] CRT, “*Diseño de Metodología y Medición del NSU de Servicios de TPBCLD, Móvil e Internet*” Medición del NSU Larga distancia residencial, 2007.
- [81] Dutka Alan, “*Manual de Ama para la Satisfacción del Cliente*”, Granica, 1994.
- [82] UIT-T Rec. P.80, “*Métodos de Determinación Subjetiva de la Calidad de Transmisión*”, Marzo 1993.
- [83] UIT-T Rec. P.85, “*Método para la Evaluación Subjetiva de la Calidad Vocal de los Dispositivos Generadores de voz*”, Marzo 1993.
- [84] Centeno E., “*Metodologías Estadísticas en el Contexto del ciclo DMAMC de Seis Sigma para la mejora de la Calidad en los Procesos de Servicio*”, Tesis profesional, Universidad de las Américas Puebla, Enero 2005.
- [85] CRT, “*Informe Técnico De Validación De La Metodología Para La Medición Del Indicador Nivel De Satisfacción Del Usuario Para El Acceso A Internet-Segmentos Residencial, Empresarial Y Social*”, 2007.
- [86] Malhotra Naresh K., “*Investigación de Mercados un Enfoque Aplicado*”, Editorial: Person Prentice Hall, Edición 2004.
- [87] Moore David, “*Estadística Aplicada BASICA- 2B: edición*”, Publicado por Antoni Bosch editor, 2006.