

EVALUACIÓN DE REDES MÓVILES PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELEMEDICINA POR VIDEO EN AMBIENTES MÓVILES EN BOGOTÁ

MAIRA ALEJANDRA SALAZAR POLANÍA

Director:

Ing. Juliana Alejandra Arevalo Herrera MSc

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, 2019

TABLA CONTENIDO

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	11
1. MARCO GENERAL DEL PROYECTO	13
1.1 OBJETIVOS	13
1.2 ALCANCE	13
1.3 METODOLOGÍA	14
2. ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA MÓVIL EN COLOMBIA	162.1
Operadores móviles con infraestructura	16
2.2 Operadores móviles virtuales (MVNOs)	27
2.3 ARQUITECTURA 3G Y 4G	30
2.3.1 UMTS 3G	30
2.3.2 LTE 4G	32
3. MARCO REGULATORIO DE TELEMEDICINA EN COLOMBIA	354
4. REQUERIMIENTOS DE RED PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELEMEDICINA	47
4.1 Requerimientos legales de red para la prestación de servicios de Telemedicina	47
4.2 Servicios disponibles en el mercado de telemedicina	51
4.3 Aplicaciones y requerimientos de red para servicios de Telemedicina	57
5. MEDICIONES Y RESULTADOS	616
6. Comparación de los requerimientos con las mediciones	78
	86
	4
TABLAS	7
ANEXOS	90
CONCLUSIONES	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Abonados de telefonía móvil en Colombia	16
Figura 2. Mapa de cobertura 2G de Claro	18
Figura 3. Mapa de cobertura 3G de Claro	18
Figura 4. Mapa de cobertura 4G de Claro	19
Figura 5. Mapa de cobertura 2G de Movistar	21
Figura 6. Mapa de cobertura 3G de Movistar	21
Figura 7. Mapa de cobertura 4G de Movistar	22
Figura 8. Mapa de cobertura 2G de Tigo	23
Figura 9. Mapa de cobertura 3G de Tigo	23
Figura 10. Mapa de cobertura 4G de Tigo	24
Figura 11. Mapa de cobertura 2G de Avantel	25
Figura 12. Mapa de cobertura 3G de Avantel	26
Figura 13. Mapa de cobertura 4G de Avantel	26
Figura 14. Mapa de cobertura 2G de ETB	28
Figura 15. Mapa de cobertura 3G de ETB	29
Figura 16. Mapa de cobertura 4G de ETB	29
Figura 17. Arquitectura 3G	30
Figura 18. Arquitectura 4G	32
Figura 19. Número de servicios habilitados en la modalidad de Telemedicina	57
Figura 20. Aplicación de Android Speedtest.net.	65
Figura 21. Aplicación de Android Open Signal.	65
Figura 22. Aplicación de Android Open Signal.	65

Figura 23. Aplicación de Android Open Signal.	65
Figura 24. Velocidades mínimas de carga y descarga para la aplicación Skype.	66
Figura 25. Primera ruta a medir	67
Figura 26. Segunda ruta a medir	68
Figura 27. Tercera ruta a medir	69
Figura 28. Llamada: Movistar y Avante del primer recorrido.	90
Figura 29. Llamada: Movistar y Avantel del primer recorrido	90
Figura 30. Llamada: Avantel y Tigo del primer recorrido.	91
Figura 31. Llamada: Avantel y Tigo del primer recorrido.	91
Figura 32. Llamada: Claro y Avantel del primer recorrido.	92
Figura 33. Llamada: Claro y Avantel del primer recorrido.	92
Figura 34. Llamada: Claro y Avantel del primer recorrido	93
Figura 35. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido.	93
Figura 36. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido.	94
Figura 37. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido.	94
Figura 38. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido.	95
Figura 39. Llamada: Avantel y Tigo del segundo recorrido.	95
Figura 40. Llamada: Avantel y Tigo del segundo recorrido.	96
Figura 41. Llamada: Avantel y Tigo del segundo recorrido.	96
Figura 42. Llamada: Movistar y Avantel del segundo recorrido.	97
Figura 43. Llamada: Movistar y Avantel del segundo recorrido.	97

Figura 44. Llamada: Movistar y Avantel del segundo recorrido.	98
Figura 45. Llamada: Claro y Avantel del segundo recorrido.	98
Figura 46. Llamada: Claro y Avantel del segundo recorrido.	99
Figura 47. Llamada: Claro y Avantel del segundo recorrido.	99
Figura 48. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido.	100
Figura 49. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido.	100
Figura 50. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido.	101
Figura 51. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido.	101
Figura 52. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido.	102
Figura 53. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido.	102
Figura 54. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido.	103
Figura 55. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido.	103
Figura 56. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido.	104
Figura 57. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido.	104
Figura 58. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido.	105
Figura 59. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido.	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios, tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Claro.	18
Tabla 2. Servicios, tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Movistar.	20
Tabla 3. Rutas de cobertura del Operador móvil Movistar.	21
Tabla 4. Servicios, tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Tigo.	23
Tabla 5. Servicios, tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Avantel.	25
Tabla 6. Cobertura 4G LTE del Operador móvil Avantel.	26
Tabla 7. Clasificación de los operadores móviles virtuales: Servicios, tecnología y cantidad de usuarios.	28
Tabla 8. Servicios, tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil ETB.	28
Tabla 9. Velocidades máximas de subida y descarga en 3G y 4G.	35
Tabla 10. Marco regulatorio de Telemedicina en Colombia.	47
Tabla 11. Requerimientos relevantes para el estudio.	51
Tabla 12. Requerimientos no relevantes para el estudio.	52
Tabla 13. Clasificación por tipo de servicios disponibles en Telemedicina.	52
Tabla 14. Clasificación por especialidad médica disponibles en Telemedicina.	55
Tabla 15. Servicios prestados por centros y laboratorios de Telemedicina en Colombia.	56
Tabla 16. Parámetros para videoconferencia.	59
Tabla 17. Disponibilidad de los servicios de Telemedicina.	59
Tabla 18. Parámetros de red para servicios de Telemedicina.	60
Tabla 19. Presupuesto del proyecto.	63
Tabla 20. Cálculo del tiempo de las mediciones.	64
Tabla 21. Aplicaciones de Android para la medición de parámetros.	64
Tabla 22. Resultados cualitativos del primer recorrido.	71
Tabla 23. Resultados cualitativos del segundo recorrido.	72

Tabla 24. Resultados cualitativos del tercer recorrido.	74
Tabla 25. Definición de las imágenes de las videollamadas.	75
Tabla 26. Resultados cuantitativos del primer recorrido.	76
Tabla 27. Resultados cuantitativos del segundo recorrido.	76
Tabla 28. Resultados cuantitativos del Tercer recorrido.	77
Tabla 29. Resultados cuantitativos del primer recorrido.	77
Tabla 30. Resultados cuantitativos del segundo recorrido.	78
Tabla 31. Resultados cuantitativos del tercer recorrido.	78
Tabla 32. Comparación del peso y duración del primer recorrido.	78
Tabla 33. Comparación del peso y duración del segundo recorrido	79
Tabla 34. Comparación del peso y duración del tercer recorrido.	79

RESUMEN

La presente tesis realiza el análisis y evaluación de las redes móviles para la prestación de servicios de telemedicina por video en ambientes móviles en Bogotá. Para este análisis se realizó de la siguiente manera:

En el primer capítulo se describe el marco general del proyecto donde se plantea los objetivos, el alcance y la metodología de la presente tesis. En el segundo capítulo hace referencia al estado actual de la infraestructura en Colombia donde muestra los operadores que están en el mercado, cobertura, tecnología y usuarios de cada uno.

El tercer capítulo refiere al marco regulatorio de telemedicina en Colombia donde se encuentran las normas y leyes del manejo de los servicios de telemedicina. En el cuarto capítulo expone los requerimientos legales y de red para la presentación de servicios de telemedicina, donde muestra los requerimientos relevantes y no relevantes para el estudio realizado. También los servicios disponibles en el mercado de la telemedicina.

En el quinto capítulo se presentan las mediciones y conclusiones a las que se llegaron con el estudio. Se realizaron mediciones cualitativas y cuantitativas de la calidad de los servicios de los operadores con infraestructura. Por otra parte, se responde el objetivo general y específicos de la presente tesis. En el sexto y último capítulo se presenta la comparación de los requerimientos de los servicios de telemedicina con las mediciones realizadas en el experimento de la presente tesis.

Palabra clave: Telemedicina; redes móviles; servicios; calidad; requerimientos de red.

ABSTRACT

This thesis aims to develop an analysis and evaluation of the mobile networks for the presentation of telemedicine services in Bogota through videos in mobile ambient. To complete this analysis, we go through these steps.

The first chapter describes the general framework of the project and the objectives, the methodology and the goals of the thesis. The second chapter is related to the current state of the infrastructure in Colombia, it shows the operators that are in market, the coverage, technology, and the quantity of users.

The third chapter refers to the regulatory framework of telemedicine in Colombia, where it's norms and laws are found and explained. Fourth chapter is related to legal and network requirements of telemedicine services, it explained the important and non-important requirements to carry out the study.

In the fifth chapter we introduced the conclusions that we analyzed in the study. Qualitative and quantitative measurements of the quality of the service where made. In

synthesis, it responses the general objective of this thesis. The sixth chapter and the final compares the requirements of the telemedicine services we carried out to complete the experiment of this thesis.

Keyword: Telemedicine; mobile networks; services; quality; network requirements.

INTRODUCCIÓN

La implementación de los servicios de telemedicina ha sido de gran importancia porque permite mejorar el acceso a la atención médica en zonas con pocos especialistas y con problemas de acceso, también mejorando su calidad y disminuyendo costos.

La telemedicina brinda servicios que proporciona la interacción en tiempo real entre el paciente y el médico especialista, esto se realiza a través de teleconsultas, telediagnósticos, teleeducación, teletratamientos, entre otros. Estos servicios deben cumplir con protocolos médicos con el fin de establecer un canal de transmisión de información y poder realizar seguimientos de salud al paciente.

De otro lado, en la actualidad las redes móviles cada vez presentan avances tecnológicos en el país, ha habido un mayor número de operadores y ofertas de servicios para brindar a los clientes. La amplia oferta de servicios de datos prestados por dichos operadores es relevante para la prestación de diversos servicios basados en TIC. En Colombia en el mercado de la telefonía móvil existen cuatro operadores con infraestructura que ofrecen servicios de voz y datos/internet. Estos operadores móviles son: Claro, Movistar, Avantel y Tigo.

De acuerdo con estos dos temas principales que son Telemedicina y las redes móviles se formuló una pregunta problema la cual se responderá a lo largo de esta investigación. Esta pregunta fue definida de la siguiente manera, **¿Las condiciones de las redes 3G y 4G de Bogotá permiten la prestación de servicios de Telemedicina por video en ambulancias o ambientes móviles?**

Para darle respuesta a esta pregunta problema se desarrollará con el siguiente documento el cual presenta el estudio de las redes móviles en 3G y 4G y los servicios de Telemedicina por video en tiempo real que se encuentran en el mercado en Colombia.

En las redes móviles se presenta los operadores con infraestructura y sin infraestructura. Para esta investigación principalmente se tomará en cuenta los operadores con

infraestructura que son los que se van a comparar y evaluar los parámetros de calidad de servicio frente a los requerimientos de los servicios de Telemedicina por video en tiempo real.

Posteriormente se intentará responder la pregunta problema a través de mediciones cualitativas y cuantitativas, con el fin de comparar lo requerido por telemedicina y lo encontrado en la infraestructura móvil.

1 MARCO GENERAL DEL PROYECTO

A continuación, se presentan los objetivos, alcance y metodología para el desarrollo del proyecto.

1.1 OBJETIVOS

Determinar la viabilidad de la prestación de servicios de Telemedicina en video en tiempo real en ambientes móviles para algunos recorridos en la ciudad de Bogotá.

- Establecer el estado actual de la infraestructura tecnológica utilizada para prestar servicios de Telemedicina en ambientes móviles, disponibles en Colombia.
- Identificar el marco regulatorio para la prestación de servicios de Telemedicina y su aplicación en ambientes móviles.
- Identificar los requerimientos de red de las tecnologías de Telemedicina para ambientes móviles.
- Caracterizar algunos parámetros técnicos de canal (redes móviles) ofrecido por los operadores móviles en una zona de Bogotá.
- Comparar los parámetros caracterizados, con los requerimientos identificados en el objetivo 3.

1.2 ALCANCE

- Se realizará una búsqueda de información sobre las tecnologías disponibles en Colombia telemedicina de video y sus requerimientos a través de publicaciones especializadas y verificación de especificaciones técnicas.
- Adicionalmente, se revisará el marco jurídico en el que se encuentra la telemedicina en Colombia.
- Se establecerán las condiciones mínimas de desempeño de red en términos de calidad de servicio (QoS). La calidad de servicio se considera con los parámetros de: Ancho de banda, latencia y pérdida de paquetes. Estas medidas serán tomadas por medio de una aplicación de Android y será seleccionada entre las que tienen

mayor cantidad de opciones que se encuentran en Play Store de Google que sean gratuitas. Las mediciones se harán sobre las redes móviles de Bogotá, disponibles en el área circundante a la clínica Marly (escogida por la cercanía a la sede central de la Universidad). Se realizarán un mínimo de 3 recorridos de entre 1 y 1,5 km.

- Se verificará el cumplimiento de dichas condiciones a través de medición con aplicaciones para teléfonos inteligentes en las diferentes infraestructuras de red móvil, a través de abonados de usuarios masivos con simcards de los 4 operadores disponibles: Claro, Movistar, Tigo y Avantel.
- Con la información obtenida, se realizará una comparación entre los operadores, así como la verificación del cumplimiento de las condiciones requeridas.
- Finalmente, se concluirá sobre las mediciones para valorar las redes móviles en Bogotá frente los requerimientos de servicio de video de telemedicina.

1.3 METODOLOGÍA

Se realizará una investigación de tipo exploratoria se pretende conocer la viabilidad de los servicios de Telemedicina en ambulancias de Bogotá con aplicaciones de video en tiempo real a través de redes móviles. También se realizará una investigación cualitativa, esta investigación nos ayuda a tener un control en la recolección de datos y poder hacer un análisis de los resultados del tráfico para la transmisión de video en tiempo real con la aplicación de herramientas de redes móviles de 3G y 4G para asegurar exactitud, precisión y validez en los datos recolectados. Por otro lado, se realizará una investigación cuasi-experimental donde se tomarán mediciones de las transmisiones en tiempo real en algunas zonas de Bogotá por medio de las redes móviles de 3G y 4G.

Fases del proyecto:

- FASE 1

Revisión de la tecnología de telemedicina actual. Validación de la pertinencia en el contexto colombiano y de Cundinamarca.

También se realizará un estudio del tiempo que tarda las ambulancias en llegar al hospital de destino y el porcentaje de mortalidad dentro de las ambulancias. Finalmente se revisará el marco jurídico de la telemedicina en Colombia.

- FASE 2

Identificación de servicios de Telemedicina que se prestan en ambulancias, requerimientos técnicos que pueden prestar este servicio e infraestructura de hospitales.

- FASE 3

Se realizará un estudio y mediciones sobre la Telemedicina en ambientes móviles en algunas zonas de Bogotá. Al finalizar montar protocolo de pruebas de requerimientos necesarios.

- FASE 4

Realizar mediciones de ancho de banda, latencia y pérdidas de paquetes. Generar resultados y conclusiones sobre la viabilidad de la Telemedicina en ambientes móviles.

2 ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA MÓVIL EN COLOMBIA

Según el informe del MinTic del periodo de corte: 2017-4T en Colombia existen 8 operadores de telefonía móvil en el mercado y cuenta con la participación de 62.222.011 usuarios, los cuales se clasifican en operadores con infraestructura como Claro, Movistar, Tigo y Avantel. Por otra parte, los operadores móviles virtuales como UFF móvil, Virgin Mobile, móvil Éxito y ETB. [1]

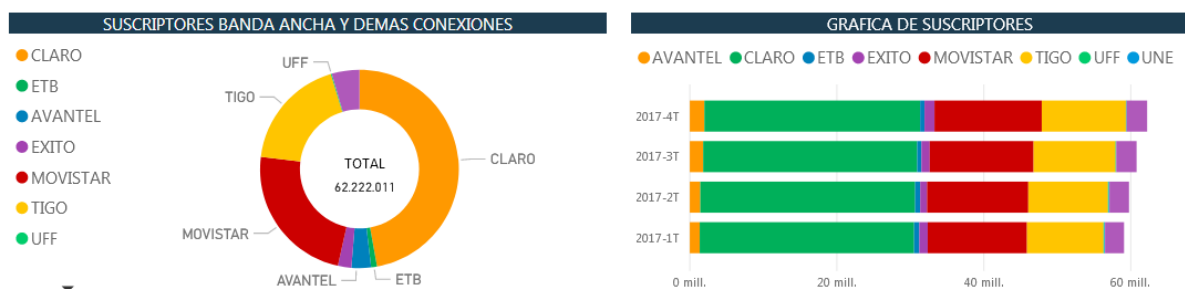


Figura 1. Abonados de telefonía móvil en Colombia

Fuente: MinTIC [1]

Estos operadores ofrecen diferentes servicios a sus clientes los cuales hacen referencia a algunos aspectos:

2.1 OPERADORES MÓVILES CON INFRAESTRUCTURA

A continuación, se presenta la clasificación de los operadores móviles con infraestructura los cuales son el operador móvil Claro, Movistar, Tigo y Avantel. Se presenta, los servicios que brindan, la tecnología que utilizan y la cantidad de usuarios que cuenta cada operador. Por último, se muestra la cobertura de cada operador en 2G, 3G y 4G en Bogotá.

- *Operador móvil Claro*

SERVICIOS	TECNOLOGÍA	USUARIOS
• Servicios de voz. • Datos/Internet. • SMS	GSM / GPRS / EDGE en 850 MHz / 1900 MHz / UMTS / HSPA+ en 850 MHz / 1900 MHz / LTE en 2500 MHz.	• 29.352.831 de usuarios.

Tabla 1. Servicios, Tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Claro.

Fuente: [1]

El operador Claro cuenta con una gran cobertura en Colombia, manejando tecnologías de 2G, 3G y 4G a 1.113 municipios con una red de 5.650 radiobases, con más de 28 millones de usuarios. Es el principal operador líder de América Latina y en 18 países del continente americano, los cuales son en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico y Uruguay. Claro es el operador con menor latencia tanto en 4G como en 3G. [2]

Mapa de Cobertura 2G

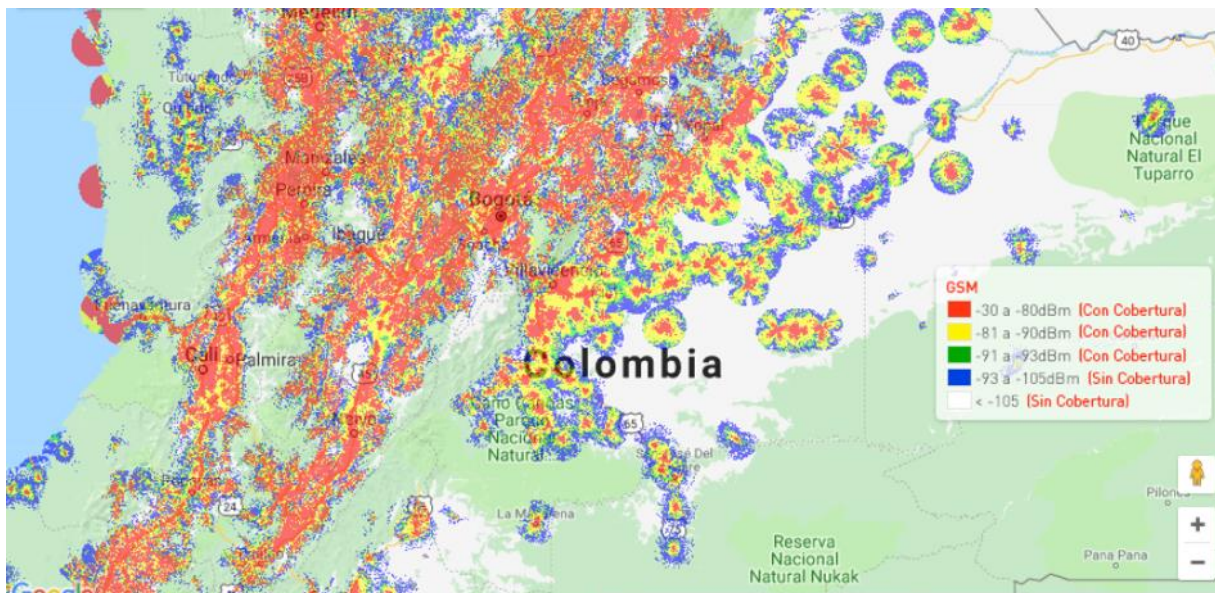


Figura 2. Mapa de Cobertura 2G de Claro. Fuente: [2] Consultado 17/09/2018

Mapa de Cobertura 3G



Figura 3. Mapa de Cobertura 3G de Claro. Fuente: [2] Consultado 17/09/2018

Mapa de Cobertura 4G



Figura 4. Mapa de Cobertura 4G de Claro. Fuente: [2] Consultado 17/09/2018

- Operador móvil Movistar

SERVICIOS	TECNOLOGÍA	USUARIOS
• Servicios de voz. • Datos/Internet. • SMS	GSM/ GPRS/ EDGE en 850 MHz/ 1900 MHz/ UMTS/ HSPA+ en 850 MHz/ 1900 MHz/ LTE en 1700 MHz/ 2100 MHz.	• 14.590.555 de usuarios.

Tabla 2. Servicios, Tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Movistar.

Fuente: [1]

El operador móvil Movistar cuenta con 4 tipos de cobertura para voz y para datos, los cuales son 4G LTE ofrece mayor velocidad y rendimientos a la conexión de Internet, 3.5 UMTS que permite navegar con velocidades de 1.4 Mbps, 2G GSM permite navegar con

velocidades 256 kb y HSPA+ permite con velocidad hasta 4Mbps. Movistar es el operador con mejor velocidad de descarga son los que cuentan con más disponibilidad en 4G. [3]

Algunas rutas de cobertura que permite el operador móvil Movistar

Bogotá-Tunja	Bogotá-Cali
Tunja-Bucaramanga-Cúcuta	Armenia-Pereira-Manizales
Bucaramanga-Santa Marta	Girardot-Neiva-San Agustín
Honda-Aguachica-Valledupar	Medellín-Montería-Golfo de Morrosquillo
Valledupar-Bosconia-Sincelejo	Medellín-Pereira-Cali
Riohacha-Santa Marta-Barranquilla-Cartagena	Cali-Popayán-Pasto
Bogotá-Girardot-Ibagué	Bogotá-Villavicencio-Yopal
Ibagué-Buenaventura	Cúcuta-Caracas
Medellín-Bogotá	Pasto-Quito

Tabla 3. Rutas de cobertura del operador móvil Movistar

Fuente: [3]

Mapa de cobertura 2G

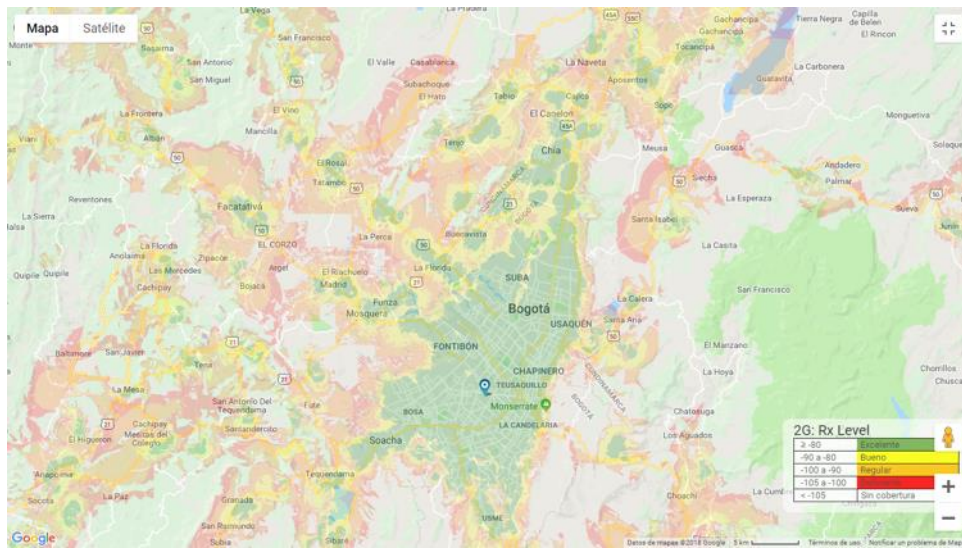


Figura 5. Mapa de Cobertura 2G de Movistar

Fuente: [7] Consultado 17/09/2018

Mapa de cobertura 3G

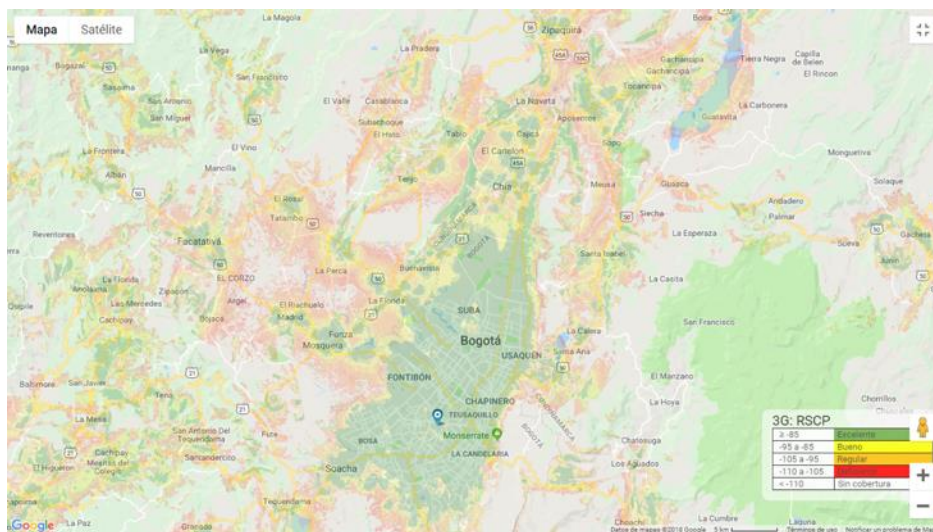


Figura 6. Mapa de Cobertura 3G de Movistar

Fuente: [7]. Consultado 17/09/2018

Mapa de cobertura 4G

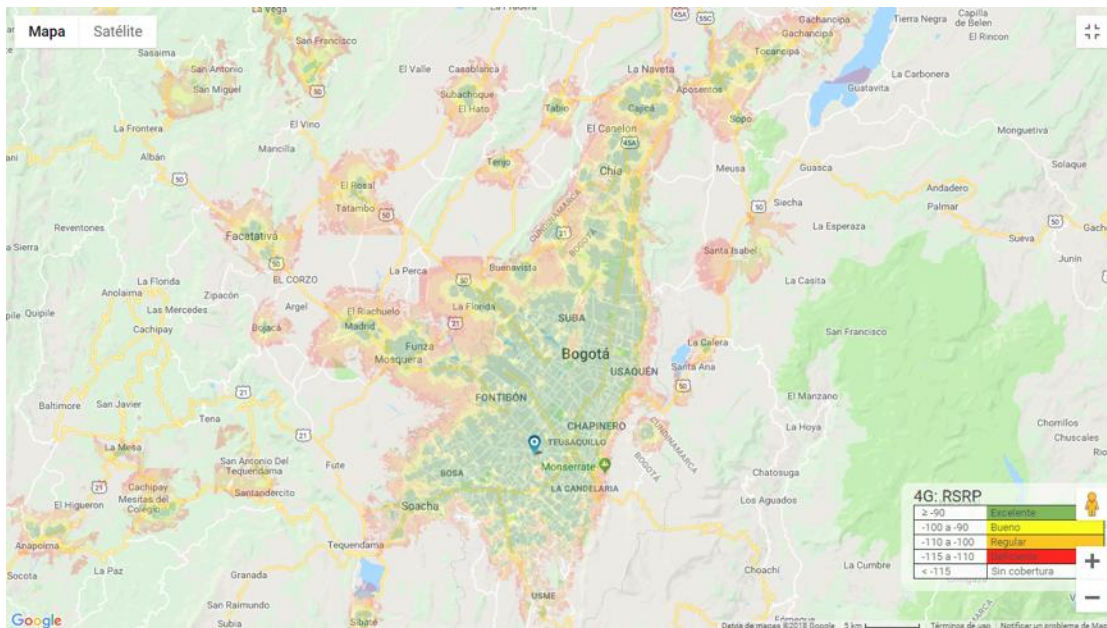


Figura 7. Mapa de Cobertura 4G de Movistar. Fuente: [7]. Consultado 17/09/2018

- *Operador móvil Tigo*

SERVICIOS	TECNOLOGÍA	USUARIOS
● Servicios de voz. ● Datos/Internet. ● SMS	GSM/ GPRS/ EDGE en 1900 MHz/ 1900 MHz/ UMTS/ HSPA+ en 1900 MHz/ LTE en 1700 MHz/ 2100 MHz-2500 MHz.	● 11.441.311 de usuarios.

Tabla 4. Servicios, Tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil Tigo.

Fuente: [1]

Fue el primer operador en lanzar la tecnología 3.5G en el 2010 y también fue el primer operador en lanzar el servicio 4G a través de HSPA+ en Bogotá, Cali y Medellín. Los usuarios de Tigo con Movistar son los que tiene más disponibilidad en 4G en el país. [4]

Mapa de cobertura 2G

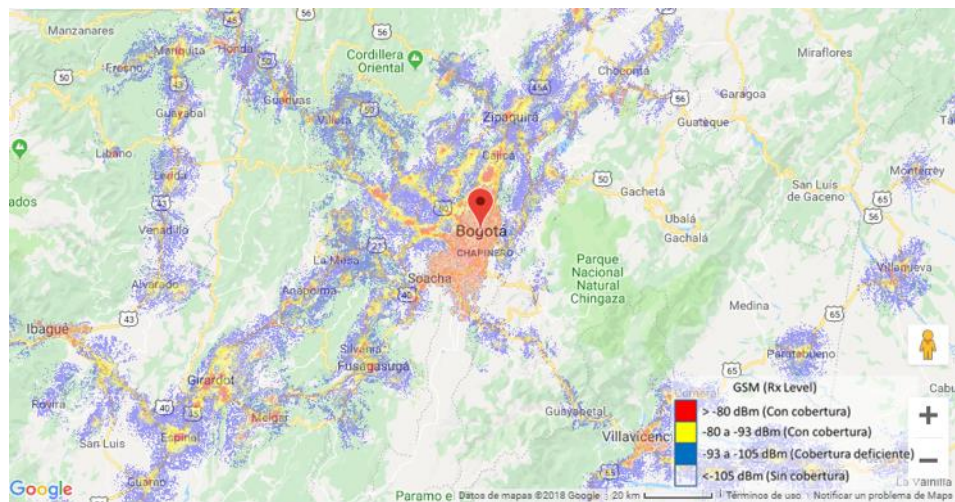


Figura 8. Mapa de Cobertura 2G de Tigo

Fuente: [4] Revisada 17/09/2018

Mapa de cobertura 3G

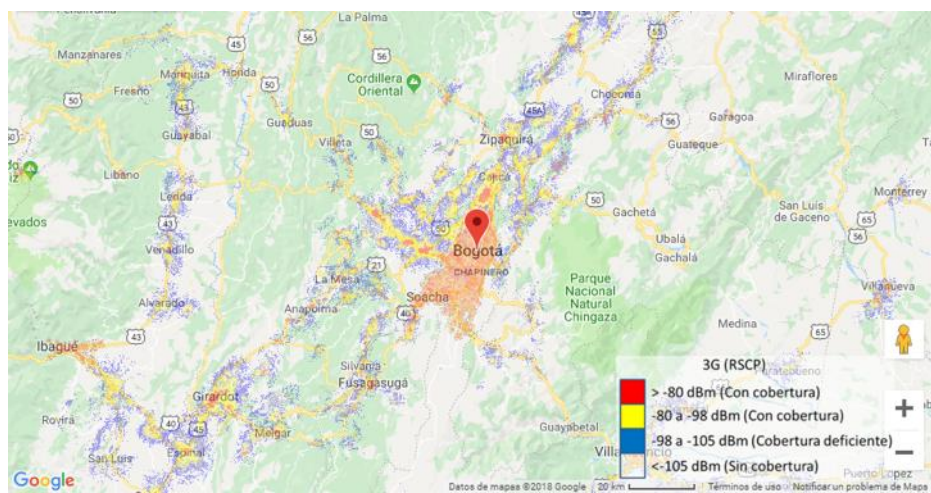


Figura 9. Mapa de Cobertura 3G de Tigo

Fuente: [4] Revisada 17/09/2018

Mapa de cobertura 4G

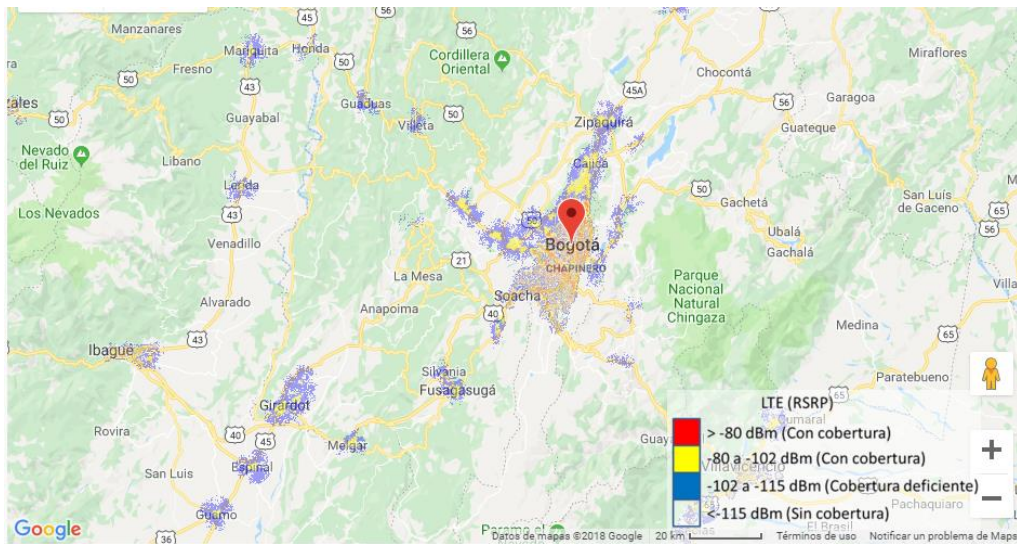


Figura 10. Mapa de Cobertura 4G de Tigo

Fuente: [4] Revisada 17/09/2018

- *Operador móvil AVANTEL*

SERVICIOS	TECNOLOGÍA	USUARIOS
• Servicios de voz. • Datos/Internet. • SMS	iDEN en 800 MHz / GSM / GPRS / EDGE / UMTS / HSPA+ en Roaming con Claro, Movistar y Tigo / LTE en 1700 MHz / 2100 MHz.	• 1.982.424 de usuarios.

Tabla 5. Servicios, Tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil AVANTEL.

Fuente: [1]

Avantel provee servicios con su red 4G LTE y por fuera de cobertura presenta servicios de Roaming Automático Nacional en redes móviles 2G/3G. Los servicios ofrecidos por 4G LTE son datos/Internet, para los servicios de voz y SMS se presentan a través de Roaming Automático Nacional en redes móviles 2G/3G. [6]

Cobertura 4G LTE

Tecnología	Parámetro Radio	Umbral
4G (LTE)	RSRP	-93dBm

Tabla 6. Cobertura 4G LTE del Operador móvil AVANTEL.

Fuente: [6]

Mapa de cobertura 2G



Figura 11. Mapa de Cobertura 2G de AVANTEL

Fuente: [6] Revisada 17/09/2018

Mapa de cobertura 3G



Figura 12. Mapa de Cobertura 3G de AVANTEL.

Fuente: [6] Revisada 17/09/2018

Mapa de cobertura 4G

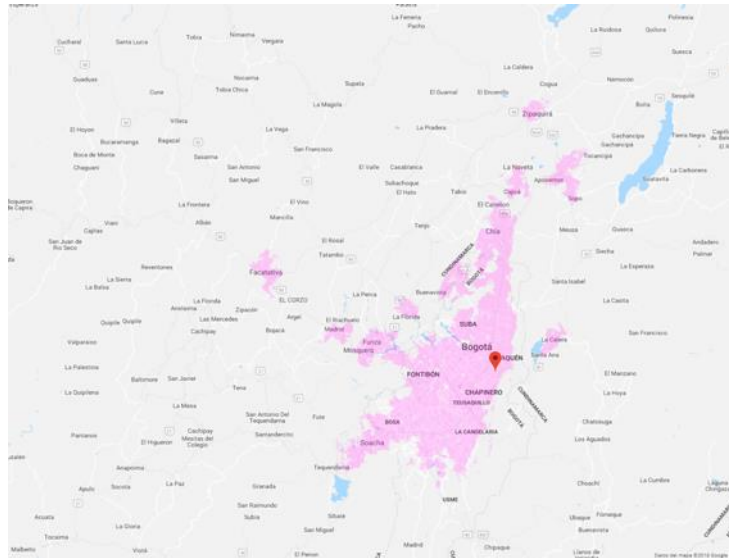


Figura 13. Mapa de Cobertura 4G de AVANTEL

Fuente: [6] Revisada 17/09/2018

2.2 OPERADORES MÓVILES VIRTUALES (MVNOS)

Los operadores móviles virtuales no cuentan con infraestructura es decir establece acuerdos con operadores que poseen infraestructura de voz y datos, este le da acceso a la red para la prestación de servicios móviles. Este proceso se puede realizar a través de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), que es un modelo de negocio de los operadores móviles virtuales y se encarga junto a la Agencia Nacional del Espectro de otorgar permisos para el uso del espectro en las bandas de frecuencias para IMT en Colombia. La cobertura de UFF móvil y Éxito están avaladas por la red de Colombia móvil TIGO y el operador Virgin Mobile está avalada por la red de Movistar. [8]

Operador	Servicios	Tecnología	Usuarios
Virgin Mobile	• Servicios de voz. • Datos/Internet. • SMS	• GSM 2G, UMTS 3G y LTE 4G	2,803.168
Éxito	• Servicios de voz. • Datos/Internet. • SMS	• GSM 2G, UMTS 3G y LTE 4G	104.785

Tabla 7. Clasificación de los operadores móviles virtuales: Servicios, tecnología y cantidad de usuarios. Fuente [1]

- Operador móvil ETB

SERVICIOS	TECNOLOGÍA	USUARIOS
• Servicios de voz. • Datos/Internet. • SMS	• LTE en 1700 MHz/ 2100 MHz.	• 594.725 de usuarios.

Tabla 8. Servicios, Tecnología y cantidad de usuarios del Operador móvil ETB.

Fuente: [1]

ETB en el año 2013 logró licencia en unión temporal con el Operador móvil TIGO con el fin de operar con tecnología 4G en el país. En el año 2014 lanzó sus servicios de Telefonía móvil 4G. ETB tiene cobertura en los municipios de Cundinamarca y Meta a nivel nacional. [5]

Mapa de cobertura 2G

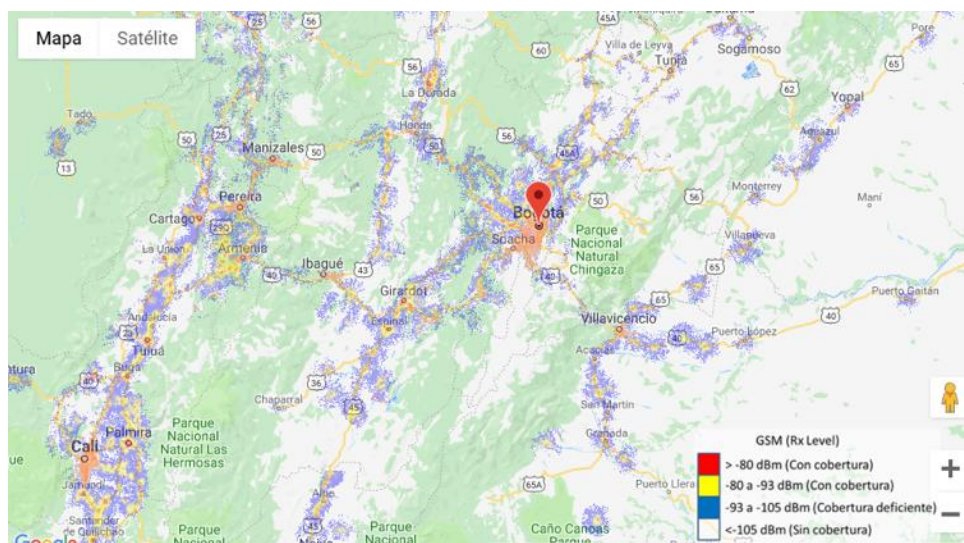


Figura 14. Mapa de Cobertura 2G de ETB

Fuente: [5] Revisada 18/09/2018

Mapa de cobertura 3G

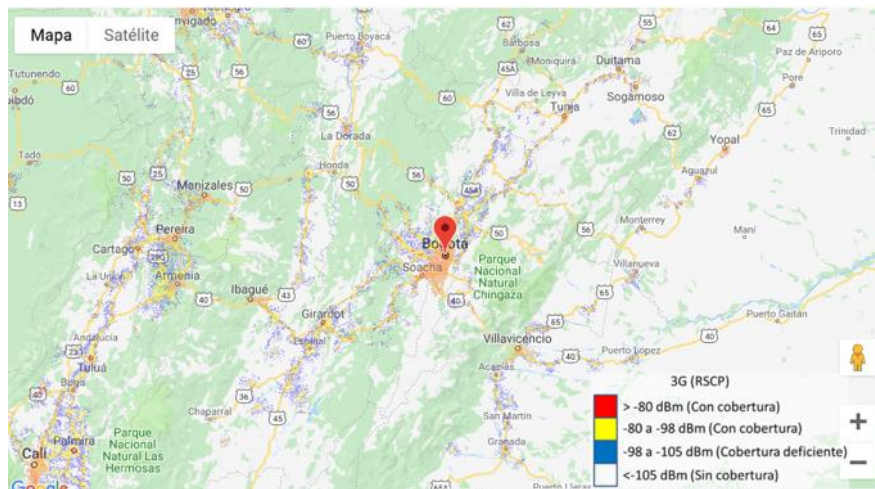


Figura 15. Mapa de Cobertura 3G de ETB

Fuente: [5] Revisada 18/09/2018

Mapa de cobertura 4G

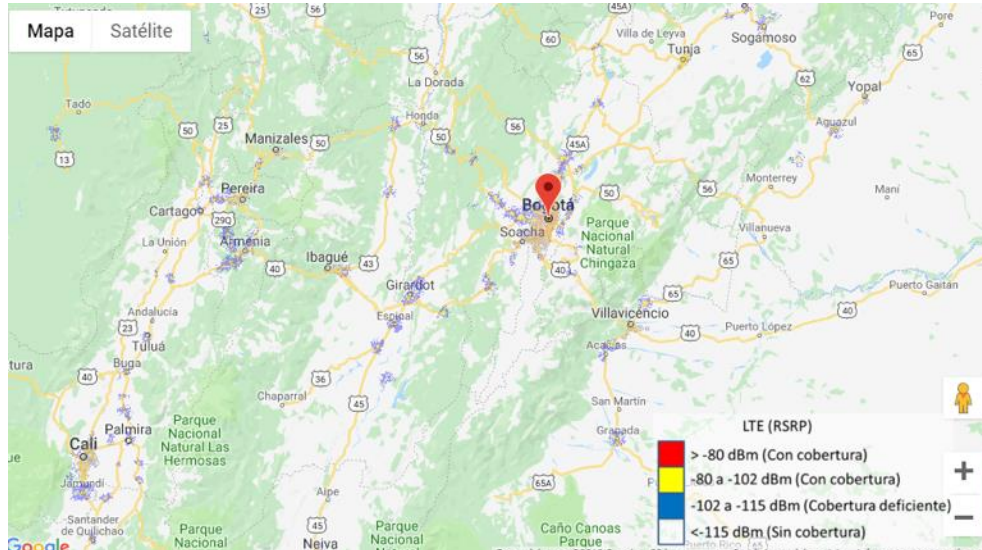


Figura 16. Mapa de Cobertura 4G de ETB

Fuente: [5] Revisada 18/09/2018

Frente a la información presentada, se identifica que el operador con mayor cobertura es el operador Claro, según se ve en la comparación de las figuras 2 y 4. De otro lado, la

cobertura en 2G es amplia en comparación de 3G y 4G, que son las que podrían utilizarse para el transporte de servicios de telemedicina.

En particular en Bogotá, se observa que la cobertura de 4G es amplia y por lo tanto es posible realizar el estudio planteado sobre esta infraestructura.

2.3 ARQUITECTURA 3G Y 4G

A continuación, se presenta la arquitectura de 3G y 4G, donde se muestra cada uno de sus elementos, arquitectura y características de cada una de estas arquitecturas.

2.3.1 UMTS 3G

Se presenta a continuación la arquitectura de UMTS 3G y sus elementos que la componen:

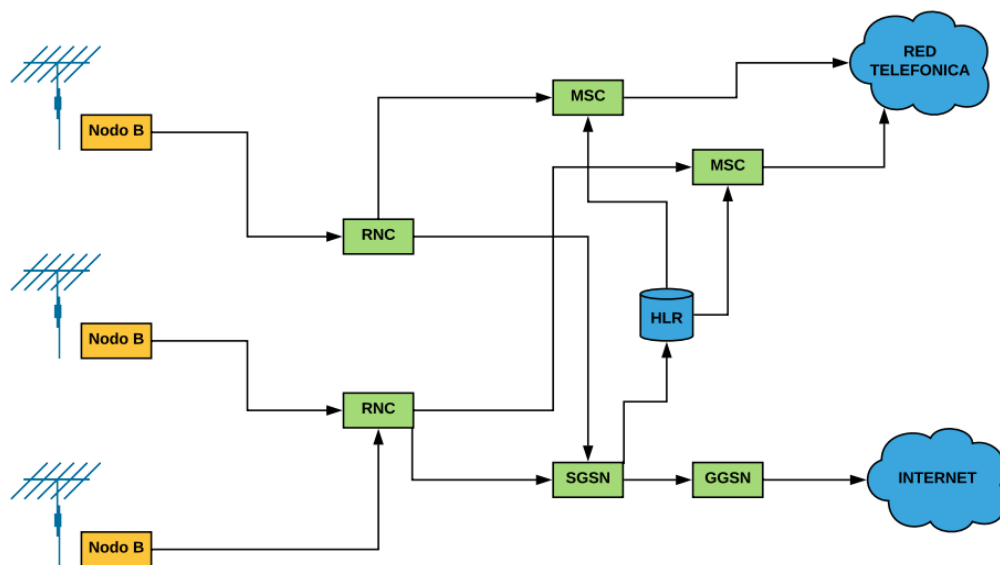


Figura 17. Arquitectura 3G

Fuente: [14]

Los elementos que componen la arquitectura 3G:

- **MS (Estación móvil):** Está compuesta por la MT (terminal móvil) es el encargado de la transmisión, codificación y decodificación de voz, detección y corrección de errores y da acceso a la tarjeta SIM. También está compuesta por a tarjeta SIM (Módulo de identidad del Suscriptor), esta tarjeta almacena información del suscriptor como su identidad, servicios suscritos, procedimientos de seguridad, ubicación del suscriptor e información personal.
- **Nodo B o antena:** Es la que capta la señal de la terminal UMTS.
- **RNC:** Dividir la información de voz y de datos, luego pasa por el núcleo (CORE) para ser procesada.
- **MSC (Centro de conmutación móvil):** Es la encargada de administrar las comunicaciones entre teléfonos móviles dentro o fuera de la red. Los elementos que está compuesta la MSC es HLR, AUR y EIR.
- **SGSN:** Es el encargado de dar acceso a los terminales móviles hacia la red de datos. [14]

En la arquitectura de red de 3G se compone a partir de la red de acceso UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access) y esta se basa en la tecnología W-CDMA (Code División Multiple Access) esta tecnología se divide en FDD (Frequency Division Duplex) que son las que utilizan frecuencias diferentes separadas con 190 Mhz con un enlace ascendente y otro descendente. TDD (Time Division Duplex) utiliza la misma frecuencia con un enlace ascendente y otro descendente con intervalos temporales distintos. Para cada portadora utiliza un ancho de banda de 5 Mhz y una tasa de bit de 3.84 Mcps. [13]

En 3G se logra más velocidades porque las portadoras son de 5 Mhz y utilizan esquemas de modulación mayor. Estas velocidades se pueden observar en:

- UMTS: 2 Mbps
- HSDPA: 14 Mbps
- HSUPA: 7 Mbps
- HSPA+: 42 Mbps. [13]

2.3.2 LTE 4G

Se presenta a continuación la arquitectura de LTE 4G y sus elementos que la componen:

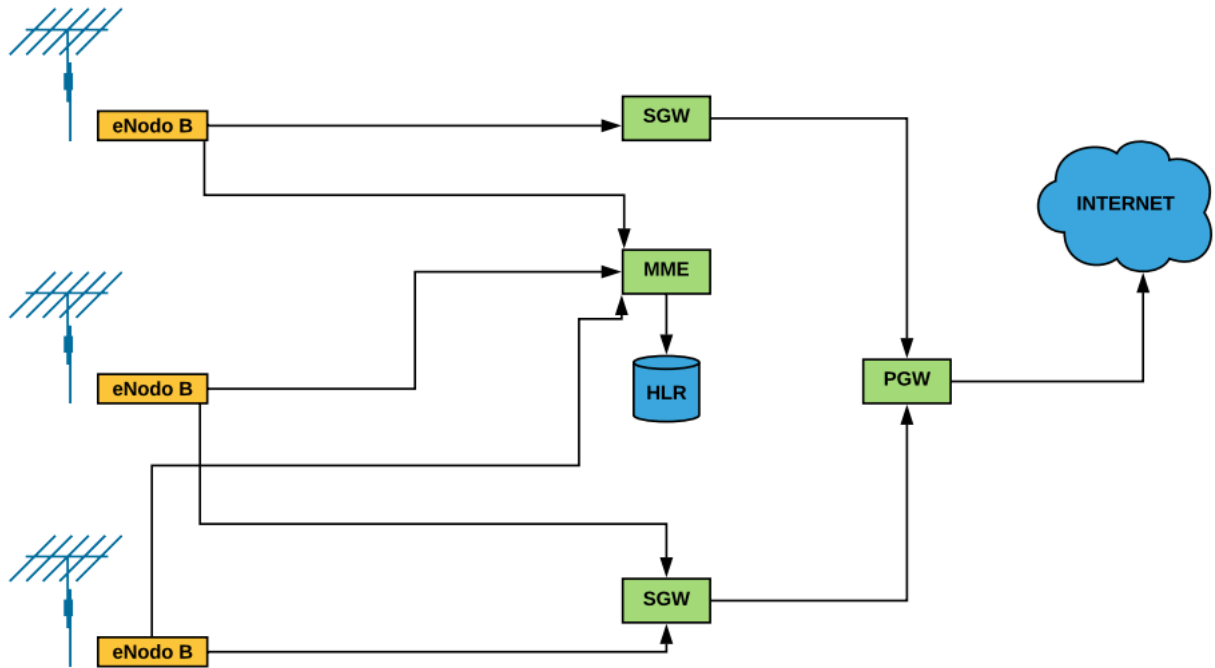


Figura 18. Arquitectura 4G

Fuente: [14]

Los elementos que componen la arquitectura 4G:

- **eNode B:** Es la que hace las mismas funciones que el elemento RNC, ya que no hay una controladora.
- **SGW (Serving Gateway):** Es el elemento que recibe los datos de los eNodeB sin dejar pasar tráfico por PGW.
- **MME (Mobility Management Entity):** Este elemento se encarga de gestionar la red es decir realizando la identificación del usuario con el HSS.
- **HSS (Home Subscriber Server):** Es el elemento que reemplaza el HLR y se encarga de almacenar datos de los usuarios y los servicios suscritos.

- **PGW (Packet Data Network Gateway):** Este elemento reemplaza a GGSN, es decir, es el encargado de asignar las direcciones IP de cada usuario, también el control de datos y de tarificación. [14]

En la arquitectura de red de 4G se compone a partir de la red de acceso e-UTRAN y esta se basa en la tecnología OFDMA. La red de acceso e-UTRAN proporciona servicios de transferencia de paquetes IP por la red LTE, este proceso se hace entre el equipo de usuario y una red. La red 4G para su portadora utiliza un ancho de banda son hasta de 20 Mhz. En 4G se logra más velocidades con su acceso que es OFDMA, esto permite que se logre mayores velocidades que el acceso de 3G que es W-CDMA. [13]

De acuerdo con lo anterior se presenta las velocidades máximas de subida y descarga en 3G y 4G.

Tecnologías	Estándar	Descarga máxima	Subida máxima
3G	UMTS	384 kbps	128 kbps
	HSDPA	7,2 Mbps	3,6 Mbps
	HSPA (release 6)	14,4 Mbps	5,76 Mbps
	HSPA+ (release 7)	21,1 Mbps	11,5 Mbps
	HSPA+ (release 8)	42,2 Mbps	11,5 Mbps
	HSPA+ (release 9)	84,4 Mbps	11,5 Mbps
	HSPA+ (release 10)	168,4 Mbps	23 Mbps

4G	LTE (Cat 3)	100 Mbps	50 Mbps
	LTE (Cat 4)	150 Mbps	50 Mbps
	LTE (Cat 5)	300 Mbps	75 Mbps
	LTE-A (Cat 6)	300 Mbps	50 Mbps
	LTE-A (Cat 7)	300 Mbps	150 Mbps
	LTE-A (Cat 8)	1.200 Mbps	600 Mbps
	LTE-A (Cat 9)	450 Mbps	50 Mbps
	LTE-A (Cat 10)	450 Mbps	100 Mbps
	LTE-A (Cat 11)	600 Mbps	50 Mbps
	LTE-A (Cat 12)	600 Mbps	100 Mbps
	LTE-A (Cat 13)	390 Mbps	150 Mbps
	LTE-A (Cat 14)	3.900 Mbps	1500 Mbps

Tabla 9. Velocidades máximas de subida y descarga en 3G y 4G. Fuente: Propia.

3 MARCO REGULATORIO DE TELEMEDICINA EN COLOMBIA

En Colombia la telemedicina está regida por la Ley 1419 de 2010, la cual define los lineamientos de desarrollo de la Telesalud en Colombia. La anterior ley define los siguientes términos que son la Telesalud, Telemedicina y la Teleeducación en salud. Estas definiciones se presentan de la siguiente manera:

- **Telesalud:** “Es el conjunto de actividades relacionadas con la salud, servicios y métodos, los cuales se llevan a cabo a distancia con la ayuda de las tecnologías de la información y telecomunicaciones. Incluye, entre otras, la Telemedicina y la Teleeducación en salud.” [15]
- **Telemedicina:** “Es la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportunidad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica.” [15]
- **Teleeducación en salud:** “Es la utilización de las tecnologías de la información y telecomunicación para la práctica educativa de salud a distancia.” [15]

Por otra parte, la ley 1419 de 2010 muestra los principios de la Telesalud, los cuales son la eficiencia, la universalidad, la solidaridad, la integralidad, la unidad y la participación. También explican cómo está conformado el comité asesor de la Telesalud y sus funciones. El comité asesor de la Telesalud está conformado por los delegados del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Comunicaciones, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de vivienda, Desarrollo territorial y Medio ambiente. [15]

El capítulo V de Gestión del conocimiento en el parágrafo 10 de dicha ley “Se recomienda incluir los conocimientos en TELESALUD, en el pensum de estudios de las carreras de las áreas de la salud; además, en los programas de Ingeniería de Sistemas,

Telecomunicaciones, Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica, entre otros.” [15] Este apartado muestra la relevancia de la discusión de los temas de telemedicina dentro de la Facultad de Ingeniería de telecomunicaciones.

Por otro lado, se encuentra la Resolución 2003 de 2014 del Ministerio de Salud y Protección Social, “la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud.” [16]

Esta resolución aplica para las instituciones que prestan servicios de salud, los profesionales independientes en salud, los servicios de transporte de salud, Entidades prestadoras de servicios de salud, Entidades Departamentales y Distritales de salud. [16]

Dicha resolución muestra la estructura de los servicios de salud los cuales se clasifican en grupo, servicio y modalidad. Esta clasificación se puede observar de la siguiente manera:

Grupo:

- Protección específica y detección temprana
- Consulta externa
- Urgencias
- Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica
- Internación
- Quirúrgicos
- Transporte Asistencia. [16]

Modalidad:

- Intramural
- Extramural
- Telemedicina. [16]

Entre las modalidades está la Telemedicina y se clasifican en:

1) Telemedicina prestador remitente: brinda servicios de salud en áreas limitadas. Cuenta con Tics que le permite enviar y recibir información para colaborar con las instituciones que brindan servicios de salud

2) Telemedicina prestador remitidor con TELE-UCI: presta servicios de cuidados intensivos al ciudadano que se encuentra en áreas limitadas de acceso y disponibilidad en talento humano.

3) Telemedicina para centros de referencia: servicios que se brindan al ciudadano intermedio de forma presencial con los recursos necesarios y cuenta con TICS suficientes para brindar a prestadores remitores en condiciones de oportunidad y seguridad.

Por otra parte, se encuentra la Resolución 5521 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social el cual “define, aclara y actualiza integralmente el plan obligatorio de salud (POS)”. En el título 1 del artículo 3 explican los principios generales para la aplicación del plan obligatorio de salud, los cuales son: La integralidad, Territorialidad, Complementariedad, Transparencia, Competencia, Corresponsabilidad y Calidad. [17]

El Artículo 8 de la resolución 5521 de 2013 se aplica un glosario el cual define la Telemedicina de la siguiente manera:

Telemedicina: “Es la provisión de servicios de salud a distancia, en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso a la población de los servicios de salud.” [17]

Otro aspecto de esta resolución se encuentra el Artículo 13, el cual el POS incluye a la telemedicina como una modalidad con el fin de prestar servicios de salud para dar atención a los ciudadanos que se encuentran en áreas limitadas por la geografía o la oferta. [17]

La Ley 1122 de 2007 “la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones”. [18] En el capítulo V de la prestación de servicios de salud, el Artículo 26 de la prestación de servicios por parte de las instituciones públicas, el parágrafo 2 la Nación y las entidades utilizan los servicios de la Telemedicina con el fin de prevenir enfermedades, ofrecer capacitaciones y mejorar la calidad con bajos costos. También en el Artículo 27 de regulación de las empresas sociales del Estado en el parágrafo 4, el Ministerio de la Protección Social declaró el funcionamiento

de empresas sociales del Estado con el fin de ofrecer servicios especializados en Telemedicina. [18]

La Resolución 1441 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social “la cual se definen los procedimientos y condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar los servicios y se dictan otras disposiciones”. [19] Esta resolución define la telemedicina como una modalidad y no como un servicio, cuando se quiere prestar o contratar un servicio de Telemedicina se debe ingresar un formulario de registro especial de prestadores de Servicios de Salud (REPS). Para esto debe cumplir con los requerimientos del servicio que realiza el registro como prestador remitente o centro de referencia. [19]

También en la Resolución se define que al paciente se le debe informar en qué consiste la modalidad del servicio de la Telemedicina donde incluye los siguientes riesgos que se pueden presentar:

- Posibilidad de ocultación de información.
- Posibilidad de que terceras personas tengan acceso a información personal.
- Autorización para ejercer la Telemedicina en el país donde se encuentren.
- Resistencia por parte de las compañías de seguros.
- Poco conocimiento y experiencia del personal médico.
- Recursos insuficientes que pueden traer deficiencias en cubrimiento y calidad. [19]

Por otro lado, se encuentran beneficios que tiene esta modalidad. Estos beneficios pueden ser para:

- **Paciente**

- Reduce el tiempo de respuesta de los datos para los diagnósticos y tratamientos.
- Evita el desplazamiento de los pacientes al centro médico.
- Tienen posibilidad de ser atendidos por Especialistas.
- Puede consultar diagnósticos con varios médicos.
- Seguimiento constante y personalizado a los pacientes a larga distancia. [19]

- **Médico tratante o remitente**

- Reciben ayuda de los Especialistas.

- Disminución de accidentes médicos. [19]
- **Médico especialista**
 - Obtienen variedad de pacientes y casos médicos.
 - Disponibilidad para el desarrollo de los procedimientos.
 - Economizar tiempo y costos en su movilidad.
 - Pueden realizar interconsultas de los casos de los pacientes.
 - Calidad de servicios en la transmisión de imágenes y señales diagnósticas.
 - Estudio de bases de datos y pueden acceder a las tecnologías usadas en Telemedicina. [19]
- **Institución:**
 - Economiza costos en su movilidad dependiendo de cada ocasión.
 - Evita la congestión y la migración de los pacientes al momento de ser trasladados.
 - Mayor cobertura en los servicios que prestan.
 - Aumento de horarios de atención.
 - Recolección de información en bases de datos para fácil acceso.
 - Ventajas contra los competidores al brindar servicios de Telemedicina. [19]
- **Comunidad:**
 - Aumento de educación sanitaria a la población.
 - Descentralización para la asistencia sanitaria y administración de la información.
 - Atención sanitaria para zonas rurales y aisladas.
 - Más productividad de empleo.
 - Desplazamiento de personal calificado a zonas rurales y aisladas.
 - Implementación de redes de salud pública.
 - Aumento de recursos de enseñanza.
 - Recolección de información en bases de datos con el fin de realizar análisis de estudios. [19]

Por último, se debe realizar constancia de la historia clínica del paciente, donde debe firmar que entendió la información de esta modalidad y acepta este tipo de atención de la Telemedicina (Consentimiento Informado) Si el paciente no se encuentre en buenas

condiciones de salud, el consentimiento lo puede dar los padres biológicos o adoptivos, el cónyuge o compañero permanente o su representante legal. [19]

La Resolución 1418 del 8 de mayo del 2006 del Ministerio de la Protección Social “la cual se definen las Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina”. [21] Esta resolución define los siguientes términos:

- **Institución Remisora:** “Es aquella institución prestadora de servicios de salud, localizada en un área con limitaciones de acceso o en la capacidad resolutoria de uno o más de los componentes que conforman sus servicios, y que cuenta con tecnología de comunicaciones que le permite enviar y recibir información para ser apoyada por otra institución de mayor complejidad a la suya, en la solución de las necesidades de salud de la población que atiende, en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de la enfermedad.” [21]
- **Centro de referencia:** “Es aquella institución Prestadora de Servicios de Salud que cuenta con los recursos asistenciales especializados, y con las tecnologías de información y de comunicación suficientes y necesarios para brindar a distancia el apoyo en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de la enfermedad, requerido por una o más instituciones remisoras en condiciones de oportunidad y seguridad.” [21]
- **Mensaje de datos:** “Se adopta la definición establecida en el literal A del artículo 2 de la Ley 527 de 1999: “Es la información generada, enviada, recibida, almacenada o comunicada por medios electrónicos, ópticos o similares, como pudieran ser, entre otros, el Intercambio Electrónico de Datos (EDI), Internet, el correo electrónico, el telegrama, el télex o el telefax”. ” [21]
- **Firma Digital:** “Se adopta la definición establecida en el literal C del artículo 2 de la Ley 527 de 1999: “Es un valor numérico que se adhiere a un mensaje de datos y que, utilizando un procedimiento matemático conocido, vinculado a la clave del iniciador y al texto del mensaje permite determinar que este valor se ha obtenido exclusivamente con la clave del iniciador y que el mensaje inicial no ha sido modificado después de efectuada la transformación”. ” [21]

En el capítulo II Sistema de habilitación para las instituciones prestadoras de servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina, en el artículo 10 de las condiciones de capacidad tecnológica y científica, técnico administrativo y de suficiencia patrimonial, se debe cumplir de capacidad tecnológica y científica, de capacidad técnico-administrativa y de suficiencia patrimonial y financiera. [21]

La Resolución 2182 de 2004 del Ministerio de la Protección Social “la cual se definen las Condiciones de habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina”. [24]

En el artículo 6 de esta resolución definen las características de calidad que brindan la modalidad de la Telemedicina, las cual son establecidas por el artículo 6 del Decreto 2309 de 2002. [22] Este Decreto muestra las siguientes características:

- Accesibilidad: Posibilidad que tienen los usuarios de usar los servicios de salud.
- Oportunidad: Posibilidad que tienen los usuarios de adquirir los servicios de salud.
- Seguridad: Minimizar riesgos en los procesos de atención de salud.
- Pertinencia: El grado de los usuarios que obtienen los servicios de salud.
- Continuidad: El grado de los usuarios que obtienen intervenciones requeridas. [22]

El acuerdo número 029 de 2011 “Por el cual se sustituye el Acuerdo 028 de 2011 que define, aclara y actualiza integralmente el Plan Obligatorio de Salud”. [23] En el título II de cobertura del plan obligatorio de salud se presenta que las entidades prestadoras de salud pueden brindar servicios mediante la modalidad de la Telemedicina con el fin de ayudar en el acceso de estos servicios y facilita el cobro de este servicio por parte de los prestadores. [23]

La resolución número 2182 de 2004 “la cual se definen las Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina.” [24] El capítulo III define que la prestación de servicios de Telemedicina en instituciones extranjeras debe tener una sede en el territorio nacional, a partir de un acuerdo o contrato con una prestadora de servicio de salud Colombiana y esta debe estar inscrita como Institución Remisora o Centro de Referencia. [24]

Por otro lado, se encuentra el Documento CONPES 3670 de 2010, define “Lineamientos de política para la continuidad de los programas de acceso y servicio universal a las tecnologías de la información y las comunicaciones”. [25] Para este documento en la parte del Sector de Protección Social se presenta que el programa Compartel ha colaborado con 900 instituciones con acceso a Internet y 140 de ellas ofrecen servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina y esto lo han logrado a través de las TIC. [25]

El Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones junto con el Programa Compartel y el Ministerio de Protección Social definieron opciones para garantizar continuidad de los servicios de este documento, para esto se consideró lo siguiente:

- El pago de los servicios por parte de cada 23 instituciones beneficiadas.
- Promover la gestión de recursos de las entidades prestadoras de servicios ante sus respectivos entes territoriales.
- La explotación de proyectos especiales como de Telemedicina. [25]

Por otra parte, se presenta la Ley 1266 de 2008, “la cual se dictan las disposiciones generales del hábeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la financiera, crediticia, comercial, de servicios y la proveniente de terceros países y se dictan otras disposiciones”. [26] Esta ley está definida para aplicarse en los datos de información personal que se encuentran registrados en bases de datos en entidades públicas o privadas. [26]

En el artículo 4 de la presente ley se encuentra los principios de la administración de datos, los cuales son:

- Principio de veracidad o calidad de los registros o datos.
- Principio de finalidad.
- Principio de circulación restringida.
- Principio de temporalidad de la información.
- Principio de interpretación integral de derechos constitucionales.
- Principio de seguridad.
- Principio de confidencialidad. [26]

En el Artículo 5 de esta ley 1266 de 2008, la información recolectada en las bases de datos se debe entregar solo a los titulares, a los usuarios de autoridad, autoridades judiciales, entidades públicas, órganos de control, operadores de datos y personas autorizadas por la ley, esta entrega se debe ser verbal o escrita. [26]

En el artículo 6 de la presente ley define los derechos de los titulares de la información, los cuales tienen derecho de realizar consultas o reclamos, solicitar respeto al realizar reclamos y peticiones, solicitar pruebas de certificación y solicitar información de los usuarios autorizados. [26]

Es importante resaltar la Ley 1341 de 2009 “la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones -TIC-, se crea la agencia nacional de espectro y se dictan otras disposiciones”. [27]

Esta ley expone el apoyo financiero de parte del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones al desarrollo de la Telesalud en Colombia, este financiamiento es de manera gubernamental. Esto se define en el artículo 40 -TELESALUD- del título IV de Promoción al acceso y uso de las Tecnologías de la información y las comunicaciones [27].

A continuación, se presenta un compendio de la información presentada anteriormente donde cada uno de los documentos regulatorios presentados se muestra con su principal aporte a la telemedicina y la relevancia dentro del estudio realizado.

Normas	Definiciones y lineamientos generales	Importancia en Telemedicina
Ley 1419 de 2010	- Lineamientos de desarrollo de la Telesalud en Colombia. - Define: Telesalud, Telemedicina, Teleeducación en salud. - Conformación del comité asesor de la Telesalud y sus funciones.	- Financiación para el desarrollo de la Telesalud en Colombia y recursos para su desarrollo. - Principios de la Telesalud.

Resolución 2003 de 2014 (Ministerio de salud y protección social)	- Define: Procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud. - Estructura de los servicios de salud y su clasificación.	- Clasificación de la modalidad de Telemedicina, la cual es: Telemedicina prestador remitente, Telemedicina prestador remitente con TELE-UCI, Telemedicina para centros de referencia.
Resolución 5521 del 27 de Diciembre 2013 (Ministerio de salud y protección social)	- Define: Integralmente el plan obligatorio de salud. - Principios generales para la aplicación del plan obligatorio de salud.	- Plan obligatorio de salud (POS), define la Telemedicina como una modalidad.
Ley 1122 de 2007	- Modificaciones en el sistema general de seguridad social en salud y otras disposiciones.	- El ministerio de la protección social declara el funcionamiento de empresas sociales del estado con el fin de ofrecer servicios en Telemedicina.
Resolución 1441 del 6 de mayo 2013 (Ministerio de salud y protección social)	- Define: Procedimientos y condiciones que deben cumplir los prestadores de servicios de salud para habilitar los servicios y otras disposiciones. - Requerimientos que debe cumplir para realizar el registro REPS.	- Definen riesgos y beneficios que tienen la modalidad de Telemedicina. - Para prestar o controlar un servicio de Telemedicina se debe realizar un registro especial de prestadores de servicios de salud (REPS). - Define las modalidades de prestación de servicios de salud, incluyendo la Atención en unidad móvil terrestre (ambulancias)
Resolución 1448 del 8 mayo 2006 (Ministerio de la protección social)	- Define: Condiciones de habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina.	Los prestadores de servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina deben cumplir: - Capacidad tecnológica y científica - capacidad técnico-administrativa y suficiencia patrimonial y financiera.

La resolución 2182 del 9 Julio 2004 (Ministerio de la protección social)	- Define: Condiciones de habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina.	Definen: Características de calidad que brindan la modalidad de la Telemedicina, las cuales son: - accesibilidad - oportunidad - seguridad - pertinencia - continuidad.
Acuerdo 029 de 2011 (Comisión de Regulación en salud)	- Sustituye el acuerdo 028 de 2011, este acuerdo define, aclara, y actualiza integralmente el plan obligatorio de salud.	- Las entidades prestadoras de salud pueden brindar servicios de Telemedicina con el fin de ayudar en el acceso de estos servicios.
Documento CONPES 3670 de 2010 (MinTic, Ministerio de Protección Social.)	- Define: Lineamientos de política para la continuidad de los programas de acceso y servicio universal, para las tecnologías de la información y comunicaciones. - Presenta los requerimientos para poder garantizar el documento CONPES, se presenta por parte del Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones junto con el programa Compartel y el Ministerio de Protección Social.	- Presenta el programa Compartel, este programa colabora con instituciones de salud con acceso a internet, con el fin de ofrecer servicios bajo la modalidad de Telemedicina.
Ley 1266 de 2008	- Esta ley está definida para aplicarse en los datos de información personal que se encuentran registrados en bases de datos en entidades públicas o privadas. - Presenta los principios de la administración de bases de datos. - Presenta a los encargados que deben entregar la información recolectada en las bases de datos. - Presenta los derechos de los titulares de la información recolectada en bases de datos.	- Manejo de bases de datos en los centros de Telemedicina.
Ley 1341 de 2009	- Definen: Principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones.	- Expone el apoyo financiero de parte del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

	- Se crea la agencia nacional de espectro y se dictan otras disposiciones.	al desarrollo de la Telesalud en Colombia.
--	--	--

Tabla 10. Marco regulatorio de Telemedicina en Colombia. *Fuente* [Propia]

En la tabla 10 se puede observar las definiciones y lineamientos de la información recolectada sobre el marco regulatorio de Telemedicina. Por otra parte, se seleccionó de cada norma la importancia que tiene en la Telemedicina en el marco regulatorio.

4 REQUERIMIENTOS DE RED PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE TELEMEDICINA

En el siguiente capítulo se muestra los requerimientos tecnológicos identificados en el marco legal para la prestación de servicios de Telemedicina, por otro lado, se presenta los servicios necesarios para la prestación de la modalidad de Telemedicina a partir de video y por último se presenta los servicios que se encuentran disponibles en el mercado de Telemedicina.

4.1 Requerimientos legales de red para la prestación de servicios de Telemedicina (Resolución 1441 de 2013).

A continuación, se presenta los requerimientos que componen un prestador remitente con Teleconsulta y/o apoyo diagnóstico son los siguientes:

- **Talento Humano:**
 - El personal asistencial que presta servicio bajo la modalidad de Telemedicina debe contar con certificación de formación en el manejo de las Tecnologías, procesos y herramientas que ocupan los prestadores.
- **Infraestructura:**
 - Para la consulta y transmisión de información de la prestación de servicios bajo la modalidad de Telemedicina debe contar con conexión a internet y ancho de banda con el fin de brindar un mejor servicio. [19]
- **Dotación:**
 - Las instituciones deben asegurar mantenimiento a los equipos de captura, transmisión y almacenamiento de datos e imágenes. Los equipos deben garantizar información original, ofreciendo calidad y confiabilidad de los resultados.
- **Procesos Prioritarios:**
 - El prestador debe contar con guías de manejo o protocolos de acuerdo con las patologías bajo la modalidad de la Telemedicina.
- **Historia clínica y registros:**
 - Los prestadores deben contar con parámetros de seguridad para la transferencia y el almacenamiento de datos, con el fin de brindar privacidad en los documentos.

- **Interdependencia:**

- El prestador debe contar con un Centro de Referencia para prestar servicios y tener complejidad en los servicios que brindan bajo la modalidad de la Telemedicina.

A continuación, se presenta los requerimientos que se componen un prestador remitente con **Tele-UCI**

- **Talento humano**

Los prestadores deben contar con médicos generales, profesionales de enfermería con certificado en el manejo de la modalidad de Telemedicina

- **Infraestructura:**

Los cuidados intensivos bajo la modalidad de Telemedicina, para esto debe contar con:

- Conectividad permanente para el manejo del monitoreo del paciente las 24 horas del día, debe contar con velocidad y ancho de banda para la transmisión de información y para una buena consulta bajo esta modalidad. El valor del ancho de banda debe ser 512 kbps. [19]

- **Dotación:**

El prestador debe contar con:

- Equipos periféricos necesarios para la atención del paciente crítico a través de Telemedicina, garantizando recolección de la información del centro de referencia.

- **Medicamentos, Dispositivos Médicos e Insumos:**

- Los pacientes que están en estado intensivo bajo la modalidad de Telemedicina deben contar con medicinas y equipos médicos necesarios.

- **Procesos prioritarios:**

- Los procesos para la remisión de pacientes deben contar con equipos de comunicaciones necesarios para el contacto con la entidad de referencias y disponibilidad de los medios de transporte. [19]

- **Historia clínica y registros:**

- El prestador remitente debe contar con seguridad necesaria para la transferencia y almacenamiento de datos, con el fin de evitar pérdidas, acceso no autorizado de la información.
- **Interdependencia:**
 - Los servicios de cuidado intensivo bajo la modalidad de Telemedicina deben contar con: Un centro de Referencia para prestar servicios de cuidado intensivo con recursos necesarios para el monitoreo a distancia. [19]

Por último, se presenta los requerimientos que componen los **Centros de Referencia-** Con Teleconsulta. Apoyo diagnóstico y Tele-UCI

- **Talento Humano**
 - Personal asistencial bajo la modalidad de Telemedicina debe contar con certificación de formación de las tecnologías que manejan por el prestador.
 - El especialista en Teleconsulta debe contar disponibilidad y comunicación directa con el Prestador Remisor para realizar estudios sobre cuadros clínicos, diagnósticos o patología de rutina. [19]
- **Infraestructura**
 - Las instituciones cuentan con permanente energía eléctrica y sistemas de comunicaciones, según el servicio que se va a prestar y deben contar con disponibilidad en las tecnologías.
- **Dotación**
 - Las instituciones ofrecen mantenimiento a las tecnologías con el fin de garantizar calidad y control de la información.
- **Procesos Prioritarios**
 - Todos los procedimientos que se realicen deben estar documentados y almacenados para garantizar originalidad en la transmisión de información.
- **Historia Clínica y Registros**
 - Los Centros de Referencia deben contar con seguridad para la transferencia y almacenamiento de los datos.
- **Requerimientos relevantes para el estudio**

Requerimientos		Tipo de centro de telemedicina			Por qué es relevante para el estudio
		Prestador remitir con Teleconsulta y/o apoyo diagnóstico	Prestador remitir con Tele-UCI	Centros de referencia- Con Teleconsulta, Apoyo diagnóstico y Tele-UCI	
1	Dotación	Características de equipos biomédicos.	Equipos y software necesarios.	Mantenimiento a las tecnologías.	Incluye elementos Tecnológicos.
2	Infraestructura	- Conexión a internet. - Ancho de banda necesario.	- Conectividad permanente. - Monitoreo permanente. - Ancho de banda debe ser 512 kbps	- Energía Eléctrica Permanente. - Sistemas de comunicaciones.	Define los requerimientos de red
3	Historia Clínica y Registros	- Seguridad en los datos. - Fácil acceso a equipos. -Confidencialidad - Plan de contingencia.	- Seguridad en los datos. - Fácil acceso a equipos. - Confidencialidad - Plan de contingencia.	- Seguridad en los datos. - Fácil acceso a equipos. - Confidencialidad.	Gestión de la información
4	Interdependencia	- Centro de referencia. - Protocolos y procesos.	- Centro de referencia.	Los centros de referencia no requieren interdependencia.	Identificar las relaciones entre prestadores

Tabla 11. Requerimientos relevantes para el estudio. Fuente: propia.

En la tabla 11 se presenta los requerimientos y procesos entre el prestador remitir con Teleconsulta, prestador remitir con Tele-UCI y los centros de referencia. El fin de este análisis fue seleccionar los requerimientos relevantes y no relevantes para el estudio realizado.

Dentro de los requerimientos relevantes, el principal para determinar las condiciones necesarias desde el punto de vista de red es el de infraestructura (2).

Las ambulancias están definidas dentro de la Resolución 1441 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social como prestación de servicios de salud que utiliza un medio de transporte terrestre. Para esto se indica que se puede prestar servicios quirúrgicos de

procedimientos de baja complejidad. Considerando que además las ambulancias deben realizar monitoreo de los pacientes, las características que se requieren para la prestación del servicio de telemedicina son las asociadas al Prestador Remisor – Con TELEUCI. De esta forma, según la tabla 11, las condiciones requeridas para la prestación del servicio son:

- a) Equipos y software necesarios.
- b) Conectividad permanente.
- c) Monitoreo permanente.
- d) Ancho de banda debe ser 512 kbps
- e) Seguridad en los datos.
- f) Fácil acceso a equipos.
- g) Confidencialidad
- h) Plan de contingencia.

Puesto que la naturaleza del estudio presentado es de requerimientos de red, lo que se evaluará dentro de las pruebas serán las condiciones b y d. A éstas se sumarán las condiciones requeridas para tener una buena transmisión de videoconferencia presentadas en la sección 4.3 del presente documento.

De manera informativa, a continuación, se presentan diversos requerimientos encontrados que no se consideran relevantes para el estudio, así como la justificación.

- **Requerimientos no relevantes para el estudio**

Requerimientos	No relevante para el estudio
Talento Humano	No se requieren para el estudio porque no utilizan tecnologías.
Procesos prioritarios	No se requieren para el estudio porque no utilizan tecnologías.
Medicina, dispositivos medicos e insumos	No se requieren para el estudio porque no utilizan tecnologías.

Tabla 12. Requerimientos no relevantes para el estudio. Fuente: propia.

4.2 SERVICIOS DISPONIBLES EN EL MERCADO DE TELEMEDICINA

Esta sección presenta servicios disponibles en el mercado de telemedicina a través de video en Colombia. La información se ha obtenido a través de una búsqueda sistemática de instituciones (EPS, IPS, Hospitales, etc.) que comercializan servicios de telemedicina, a través del motor de búsqueda “Google”, con los siguientes criterios:

- Ubicación
- Declaración de la prestación de servicios de telemedicina

A continuación, se presenta los servicios disponibles en el mercado de Telemedicina:

- **Clasificación por tipo de servicio:**

SERVICIOS DE TELEMEDICINA	NOMBRE DE INSTITUCIONES DE TELEMEDICINA
Teleconsulta	• Telemedicina Rooserver: Brinda servicios de Teleconsulta sincrónica y asincrónica. Este servicio presenta: - Cirugía pediátrica - Genética - Medicina física y rehabilitación - Ortopedia y/o traumatología - Pediatría - Psicología - Psiquiatría - Ortopedia infantil - Terapia ocupacional - Terapia física - Terapia del lenguaje - Endocrinología pediátrica - Clínica del dolor (Anestesia) - Neurología pediátrica - Neurología. [31] • Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Brinda servicios de Teleconsulta en las especialidades de: - Cardiología adultos - medicina interna - Pediatría - Neurología - Ginecobstetricia

	- Clínica del dolor - Cirugía Vascular periférica - Odontología - Infectología. [32] ● Consultorsalud: Brinda servicios de Teleconsulta. Este servicio presenta: - Licenciamiento Teleconsulta de acuerdo con el volumen de Consultas. - Arrendamiento por transacción servicio en la nube. - TELE-UCI, para modelos de atención - Transacción Online interinstitucional - Transacción Online Asesoría Médico - Paciente. [35] ● CareCloud: Brinda servicios de Teleconsulta y cuentan con software necesario para: - Calidad de ruidos cardiacos - Imágenes - Electrocardiograma - Maletines portátiles. [36]
Tele-diagnóstico	● Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Brinda servicios de Tele-diagnósticos como: - Tele-electrocardiografía - Tele-radiología - Telepatología. [32]
Telemonitoreo	● Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Brinda servicios de Telemonitoreo, se enfocan en algunos parámetros vitales como: - El pulso - La respiración - La presión arterial - La glucosa - Oxígeno sanguíneo. [32] ● STS Telemedicina: Brindan servicios de monitoreo a pacientes crónicos. Pueden controlar las siguientes patologías como: - Diabetes - Hipertensión - EPOC - Postinfartados - Diabetes gestacional. [34] ● CareCloud: Brinda servicios de Telemonitoreo. Cuenta con: - Periféricos básicos para examen físico.

	- Video conferencia de alta definición - Sistema de sonido privado para la comunicación discreta entre el paciente y el especialista. [36]
Teleducación	• Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Realizan capacitación del personal en el área de la salud. [32]
Almacenamiento digital de datos	• Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Implementan un respaldo digital donde almacenan imágenes diagnósticas o historias clínicas médicas completas. Se realiza con el fin de: - Agilizar procesos - Acceso rápido y fácil - Disminuir espacio físico de almacenamiento. [32]
Telejuntas Médicas	• Telemedicina Rooserver: Brinda servicios de Tele- Juntas Médicas. Este servicio se presenta para: - Dolor - Enfermedades Metabólicas - Enfermedades Neuromusculares - Enfermedades Óseas - Espasticidad - Evaluación y Rehabilitación Cognitiva - Movimientos Anormales - Prevención y Diagnóstico de sintomatología Neurocognitiva - Rehabilitación - Sedestación. [31] • Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Utilizan Teleconferencia para reuniones médicas virtuales en segundas opiniones o discusiones de casos. [32]
Apoyo Diagnóstico	• Telemedicina Rooserver: Brinda servicios de Apoyo Diagnóstico. Este servicio se presenta para: - Radiología e imágenes diagnósticas - Lectura e interpretación de radiología convencional - Lectura e interpretación de estudios especiales - Lectura e interpretación de TAC. [31]

Tabla 13. Clasificación por tipo de servicios disponibles en telemedicina. Fuente: Propia

- **Clasificación por especialidad médica:**

	• ASMET SALUD EPS: Brinda servicios de Tele-radiología. En los municipios de Nariño, Cauca,
--	--

Tele-radiología	Caldas, Risaralda y Caquetá. [33] ● Consultorsalud: Brinda servicios de Tele-radiología “RIS/ PACS TDX EDGE”. Este servicio presenta: - Rayos x - Tomografía - Mamografía - Resonancia Magnética - Ecografía. [35]
Telecardiología	● Consultorsalud: Brinda servicios de Telecardiología “TDX EDGE”. Este servicio presenta: - Electrocardiogramas - Holter - Pruebas de esfuerzo. [35]
Tele EKG	● Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV): Brinda servicios de electrocardiografía en tiempo real, también monitoreo cardiológico no invasivo. [32]
Teledermatología	● ASMET SALUD EPS: Brinda servicios de Teledermatología. En los municipios de Nariño, Cauca, Caldas, Risaralda y Caquetá. [33]
Teleoftalmología	● Consultorsalud: Brinda servicios de Teleoftalmología “TDX EDGE”. Este servicio presenta: - Fondo de ojo - Optometría básica. [35]

Tabla 14. Clasificación por especialidad médica disponibles en telemedicina.
Fuente: Propia.

La siguiente tabla presenta la ubicación y servicios prestados por centros y laboratorios de Telemedicina en Colombia.

NOMBRE DE CENTROS DE TELEMEDICINA	LUGAR	SERVICIOS MÉDICOS
Telesalud Universidad de Caldas	Caldas, Colombia.	● Promoción ● Prevención ● Diagnóstico ● Tratamiento ● Rehabilitación

		• Tele-radiología • Tele-electrocardiografía.
Centros de Telemedicina Universidad Nacional	Bogotá, Colombia.	• Medicina interna • Pediatría • Psiquiatría • Dermatología • Ginecología • Ortopedia • Cardiología • Infectología • Urología • Otorrinolaringología • Neurología • Nutrición y dietética.
Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV)	Bucaramanga, Colombia.	• Teleconsulta • Telediagnóstico • Telemonitoreo • Tele EKG • Almacenamiento digital de datos • Teleeducación • Teleconferencia.
Telemedicina Roosevelt	Bogotá, Colombia.	• Apoyo Diagnostico • Telejuntas médicas • Teleconsulta
ASMET SALUD EPS--	Popayán, Colombia	• Teledermatología • Tele-radiología
STS TELEMEDICINA--	Bogotá, Colombia.	• Telemonitoreo.
Consultorsalud--	Bogotá, Colombia	• Teleoftalmología • Tele-radiología • Teleconsulta • Telecardiología.
CareCloud--	Bogotá, Colombia.	• Telemonitoreo • Teleconsulta.

Tabla 15. Servicios prestados por centros y laboratorios de Telemedicina en Colombia.
Fuente: Propia.

A continuación, se presenta la figura 19, que muestra los 184.234 servicios de Telemedicina registrados en las regiones de Colombia, donde se encontró 2.320 instituciones remisoras donde se encuentran ubicadas en áreas con limitaciones de acceso y poca capacidad resolutive. También se encuentro 93 servicios en centros de referencia e instituciones remisoras, donde brindan apoyo a larga distancia.

En la figura 19 se puede observar mayor cantidad de instituciones remisoras en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia. Para los centros de referencia se presenta en mayor número en Bogotá D.C, Antioquia y Santander.

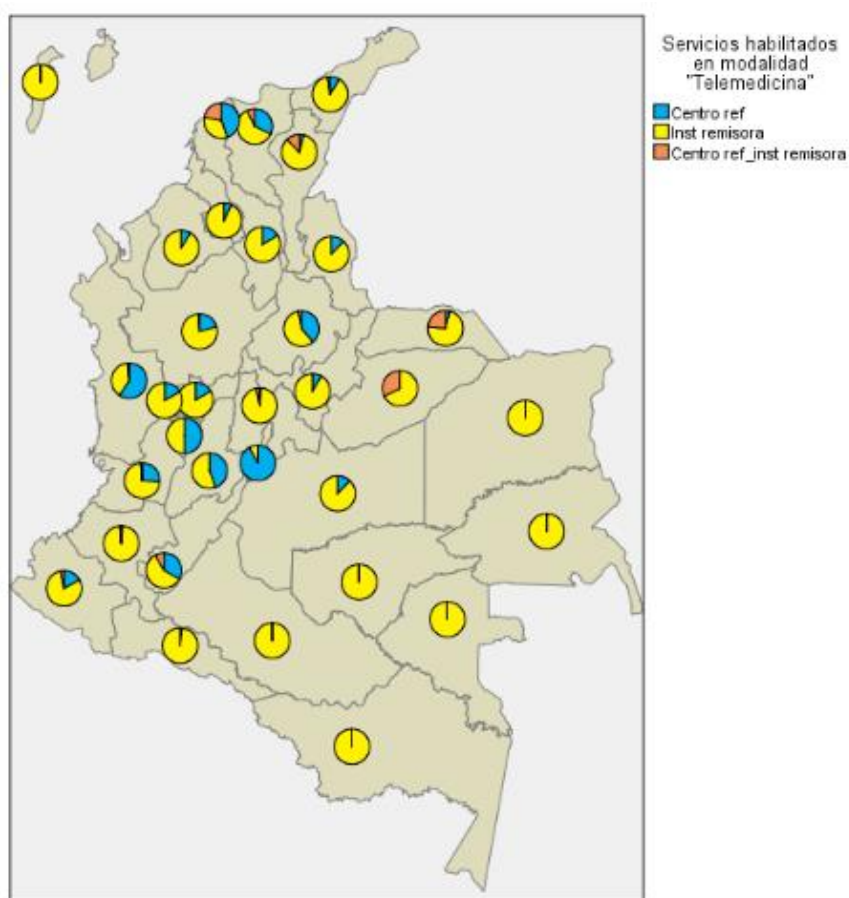


Figura 19. Número de servicios habilitados en la modalidad de Telemedicina.
Fuente [30]

4.3 Aplicaciones y requerimientos de red para servicios de Telemedicina

Posibles aplicaciones y requerimientos de red que se presentan en la modalidad de Telemedicina, estas son las siguientes:

- **Parámetros para videoconferencia:** Según lo visto en las tablas 13 y 14, se evidencia la importancia de la videoconferencia ya que es fundamental para los servicios prestados en Telemedicina.

Tipo	Capacidad de red
Videoconferencia de baja calidad (Baja resolución).	64 kbps
Videoconferencia de alta calidad (Alta resolución, aplicaciones de negocios).	512 kbps
Videoconferencia de Excelente calidad (Aprendizaje a distancia, aplicaciones médicas).	768 kbps

Tabla 16. Parámetros para videoconferencia. Fuente [38]

A continuación, se presenta cual es la disponibilidad que debe tener los servicios de Telemedicina.

- **Disponibilidad de los servicios de Telemedicina**

Disponibilidad	Explicación del servicio
Crítica	Para los servicios de Telemedicina se requiere disponibilidad al 100% del tiempo. Ya que se utilizan servicios de urgencias o de vigilancia y estos no debe cortarse en ningún momento cuando se están manejando.
No crítica	Estos servicios que no se consideran críticos son: - Videoconferencia de consulta entre especialistas. - Conferencias médicas para estudiantes a través de la red.

Tabla 17. Disponibilidad de los servicios de Telemedicina. Fuente [38]

- **Parámetros de red requeridos para servicios de Telemedicina**

Se presenta a continuación los parámetros de red para servicios de Telemedicina, estos parámetros se van a tomar en cuenta para comparar las mediciones en el capítulo 6, en particular de la Telemonitorización de pacientes y videoconferencia.

Servicios	Tamaño (bytes)	Bw (kbps)	Pérdidas	Retardo	Disponibilidad
Audio conferencia	Analógico: 8KB Digital: 8 KB Digital comprimido: 4 KB	64 128 32	<1% pérdidas de paquetes (PLR) <3% Límite.	<150ms extremo a extremo (E2E) unidireccional	Crítico
Tele monitorización de pacientes	BP/PsO2: 400B ECG: 250B Holter: 8B EEG: 2B ECO: 8B	3.2 24 8.7 80 384	0	<300ms E2E para electrocardiogramas de alta definición.	Crítico
Acceso a bases de datos médicas	HTTP:10 KB 800 KB	13 80	0	No aplica	No crítico
Transmisión de imágenes médicas	B/N: 10 KB Color: 800 KB	46 285	0	Ninguna (depende del tamaño de la imagen)	Crítico

Videoconferencia	Analógico: 800 KB Dig. H.263: 140 KB Dig. Comprimido: 253 KB	128 a 512 en general. Baja calidad: 64 Alta calidad: 512 Excelente calidad: 768	1% PLR	<250 E2E unidireccional (hasta 400 ms)	Crítico
Información relativa al paciente	Word: 800 KB PDF: 80 KB	64	0	No aplica	No crítico

Tabla 18. Parámetros de red para servicios de Telemedicina. Adaptado de: [37], [38] y [39].

La tabla 18 será utilizada como referencia para la comparación de los parámetros obtenidos durante las mediciones, en particular para el servicio de videoconferencia.

5 MEDICIONES Y RESULTADOS

A continuación, se presenta el diseño del experimento y los resultados obtenidos de las siguientes mediciones.

Diseño del experimento:

1. Qué se va a medir:

Se presenta a continuación los parámetros que se van a tomar en cuenta para medir, lo cuales son:

- Ancho de banda
- Pérdidas de paquetes
- Retardo
- Jitter
- Disponibilidad.
- Calidad percibida a través de videollamadas

2. Cómo se va a medir:

Por medio de los softwares descritos en la tabla 18, se realizarán mediciones durante los recorridos. Cada uno de ellos se repetirá al menos 3 veces para obtener más información que permita un mejor análisis. Puesto que se realizarán pruebas con la red móvil, se requiere el uso de tarjetas SIM de los 4 operadores, por lo que se requiere:

- 4 tarjetas SIM Cards compatibles con 3G y 4G de distintos operadores con infraestructura.

Tigo Une: Costo: \$ 4.500

Movistar: Costo: \$ 5.000

Claro: Costo: \$ 5.000

Avantel: Costo: \$ 5.000

- Paquetes de recargas de distintos operadores que incluya Internet:

Tigo Une: 2GB de navegación. Costo: \$40.000 x 15 días.

Movistar: 2GB de navegación. Valor: \$20.000

Claro: 2GB de navegación. Valor: \$20.000 x 20 días.

Avantel: 2GB de navegación. Valor \$25.000 x 30 días.

Estos paquetes de recargas se compraron para cada operador y se usaron para medir los datos cualitativos y cuantitativos de las tres rutas establecidas.

- 4 celulares.

Los celulares que se usaron para las mediciones fueron:

- Huawei P smart
- Xiaomi Redmi note 5
- iPhone 6s Plus
- iPhone 5

Total de presupuesto:

El presupuesto se determinó de acuerdo con las tarjetas de SIM Cards que se compraron y los paquetes de recargas. Se utilizó para los operadores Claro y Movistar las SIM Cards y los datos móviles de uso personal.

El siguiente presupuesto se muestra a continuación:

Material	Cantidad	Valor
Tarjetas SIM Cards	2	\$ 9.500
Paquetes de recargas	2	\$ 65.000
Total		\$ 74.500

Tabla 19. Presupuesto del proyecto. Fuente: propia.

Para el tiempo de las mediciones se realizó el siguiente cálculo:

KB	Segundos
----	----------

1.024	1
2.000.000	X

X=1953 Segundos
X= 32 minutos

Tabla 20. Cálculo del tiempo de las mediciones. Fuente: Propia.

Se realizó una regla de tres donde 1.024KB se tomaron de la capacidad que le corresponde a la videoconferencia de excelente calidad ya que corresponde a aplicaciones médicas, a este valor que es 768 kbps se le agregaron 256 para obtener más capacidad y obtener 1.024KB. Los 2MB se tomaron de la máxima capacidad que pueden ofrecer los operadores vistos anteriormente, con el fin de obtener con esta capacidad el tiempo que puede tomar las mediciones para tres rutas. Como resultado de la regla de tres nos dio 1953 Segundos y luego se divide en 60 segundos, se obtuvo como resultado final 32 minutos que es el tiempo que se debe tomar para las tres rutas.

- Para medir los anteriores requerimientos se necesita clasificar algunas aplicaciones de Android. Esta clasificación se presenta en la tabla 21.

Aplicaciones	Sistema Operativo	Costo	Velocidad de conexión	Latencia	Jitter	Pérdidas de paquetes
Speedtest.net	Android	Gratis	SI	NO	SI	SI
Speed meter	Android	Gratis	SI	NO	NO	NO
Speed Test	Android	Gratis	SI	NO	NO	NO
Meteor	Android	Gratis	SI	NO	NO	NO
Open Nettest	Android	Gratis	SI	NO	SI	SI
Speedcheck	Android	Gratis	SI	NO	NO	NO
Wifi Speed test	Android	Gratis	SI	NO	NO	NO
Open Signal	Android	Gratis	SI	SI	NO	NO
Fireprobe Speed Test	Android	Gratis	SI	NO	SI	NO
SpeedSmart Speed Test	Android	Gratis	SI	SI	NO	NO

Tabla 21. Aplicaciones de Android para la medición de parámetros. Fuente: Propia.

Se hace evidente que no hay ninguna aplicación que mida todo, por lo tanto, si se desea medir los cuatro parámetros mencionados, hay que usar al menos dos herramientas. Se evidencia que la latencia solo se mide por dos (Open Signal y SpeedSmart Speed Test) es necesario incluir alguna de estas dos dentro para el desarrollo del proyecto. Para el Jitter solo se mide para tres (Speedtest.net, Open Nettest y Fireprobe Speed Test). A sí mismo para la pérdida de paquetes solo se mide por dos (Speedtest.net y Open Nettest).

Se puede concluir que las aplicaciones más completas para medir los cuatro parámetros son Speedtest.net, Open Nettest, Open Signal y SpeedSmart Speed Test. En algunas se puede medir la velocidad de conexión, Jitter, pérdidas de paquetes y en otras aplicaciones se podría medir la latencia.

Se seleccionaron dos aplicaciones de las anteriores las cuales son Speedtest.net y Open Signal ya que **Speedtest.net** podemos medir la Velocidad de la conexión, Jitter y Pérdidas de paquetes y **Open Signal** se puede medir la velocidad de la conexión y Latencia. La segunda aplicación la usamos para complementar la primera para poder medir la Latencia.



Figura 20. Aplicación de Android Speedtest.net. Fuente: Propia.

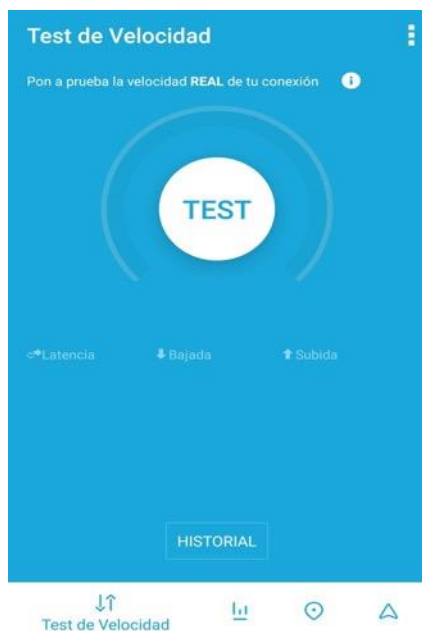


Figura 21. Aplicación de Android Open Signal. Fuente: Propia.



Figura 22. Aplicación de Android Open Signal. Fuente: Propia.

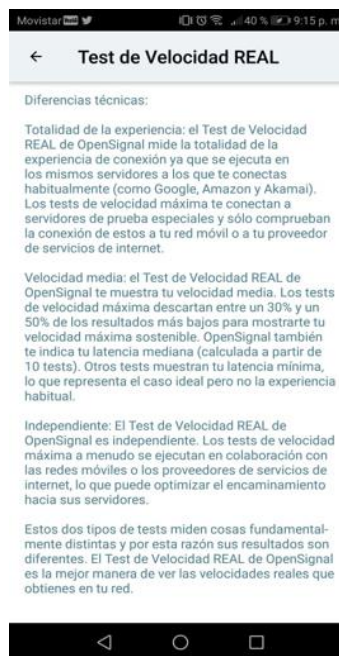


Figura 23. Aplicación de Android Open Signal. Fuente: Propia.

Para realizar la videollamada se utilizó la aplicación Skype, que permite grabar la videollamada para hacer análisis posterior de la calidad. Se aclara que, en este caso, solo se analiza la calidad percibida de forma cualitativa.

Se presenta a continuación las velocidades mínimas de carga y descarga requeridas en el uso de llamadas y videollamadas para la aplicación Skype.

Tipo de llamada	Velocidad de descarga /carga mínima	Velocidad de descarga /carga recomendada
Llamadas	30 kbps/30 kbps	100 kbps/100 kbps
Videollamadas / Pantalla compartida	128 kbps/128 kbps	300 kbps/300 kbps
Videollamadas (alta calidad)	400 kbps/400 kbps	500 kbps/500 kbps
Videollamadas (HD)	1,2 Mbps/1,2 Mbps	1,5 Mbps/1,5 Mbps
Videollamadas grupales (3 personas)	512 kbps/128 kbps	2 Mbps/512 kbps
Videollamadas grupales (5 personas)	2 Mbps/128 kbps	4 Mbps/512 kbps
Videollamadas grupales (más de 7 personas)	4 Mbps/128 kbps	8 Mbps/512 kbps

Figura 24. Velocidades mínimas de carga y descarga para la aplicación Skype.

Fuente [45]

3. Recorridos

Se definieron 3 recorridos entre 1 y 1.5 km disponibles en el área circundante a la clínica Marly, que fueron escogidos por la cercanía a la sede central de la Universidad. Estos 3 recorridos se realizarán por medio de un auto para facilitar la medición con varios celulares. Los recorridos serán de la siguiente manera:

Primera ruta: El segundo recorrido se realizará desde la calle 45 #16-30 hasta la calle 50 #9-67. Este recorrido será de 7 minutos con 1,5 km en carro, como se muestra en la figura 22.

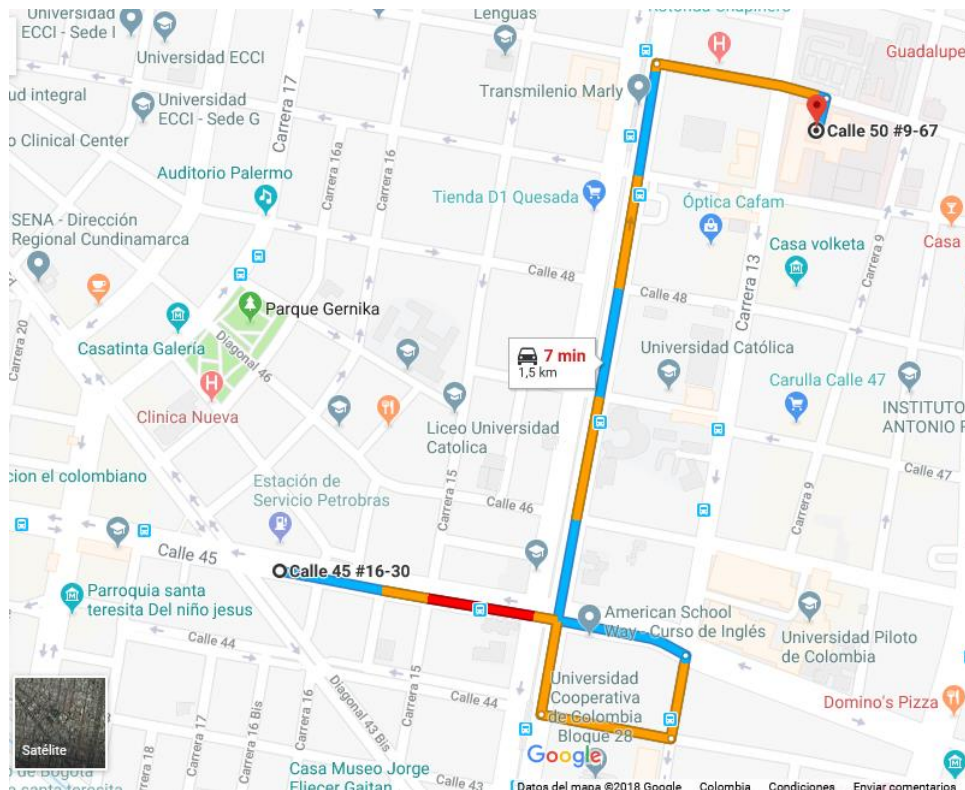


Figura 25. Primera ruta a medir. Fuente [40]

Segunda ruta: El primer recorrido se realizará desde la carrera 20 #52a-16 hasta la calle 50 #9-67. Este recorrido será de 9 minutos con 1,1km en carro, como se muestra en la figura 23.

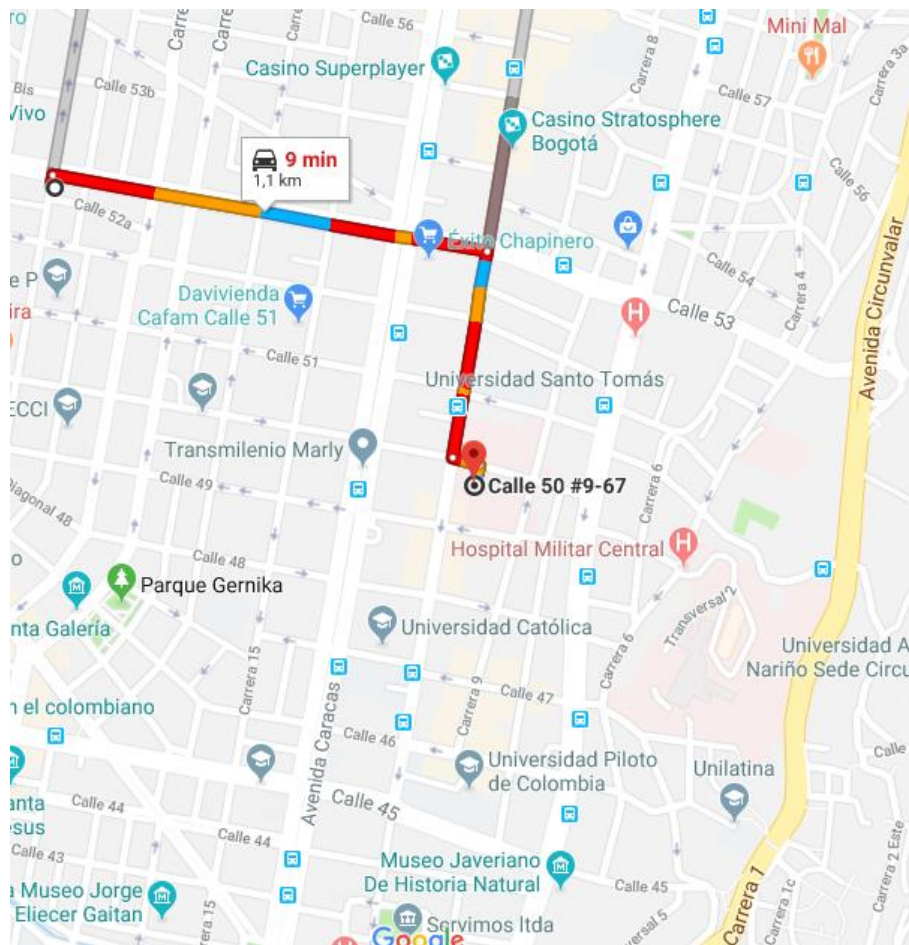


Figura 26. Segunda ruta a medir. Fuente [40]

Tercera ruta: El último recorrido se realizará desde la Calle 57 #7-3 hasta Calle 50# 9-67. Este recorrido será de 5 minutos con 1,0 km en carro. como se muestra en la figura 22.

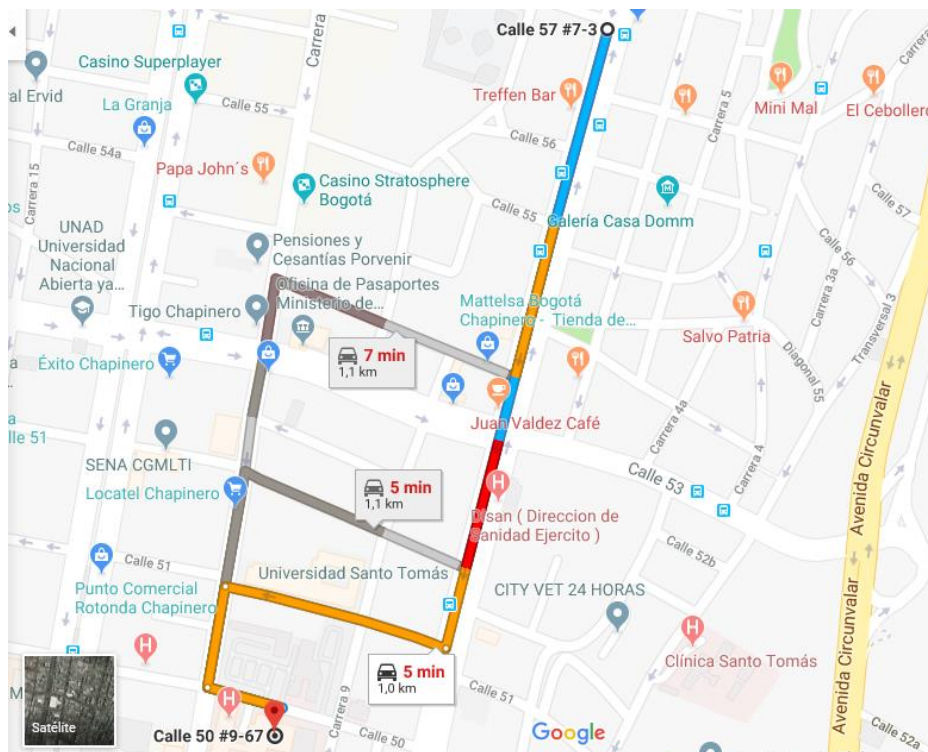


Figura 27. Tercera ruta a medir. Fuente [40]

Estas rutas fueron tomadas por la aplicación Google Maps definiendo distancias entre 1 a 1,5 km en auto, disponibles en el área circundante a la clínica Marly. Estas distancias fueron tomadas el día 20 de diciembre de 2018 a las 11:30 am. Para las tres rutas se necesitan un total de 21 minutos en carro, ya que la primera ruta se necesita 7 minutos, la segunda 9 minutos y la tercera 5 minutos.

4. PROCEDIMIENTO

Los recorridos se harán al menos 2 veces para capturar la siguiente información:

1. Medir parámetros cuantitativos con las aplicaciones Speedtest y Opensignal.
2. Hacer la llamada y una evaluación cualitativa.

Para la disponibilidad se calificará según el tiempo tomado para establecer la llamada, las posibles caídas y la calidad percibida.

5. Problemas que se pueden presentar para el experimento:

- Límite de presupuesto.
- Falla de los teléfonos móviles

6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados cualitativos y cuantitativos del primer recorrido mencionado anteriormente.

6.1. Resultados Cualitativos

PRIMER RECORRIDO

Operadores	Hora	Duración	Peso	Comentarios
Tigo y Claro	9:29 hasta 9:37 am	00:08:04	2,10 MB	- La videollamada se pudo observar que es de mala calidad. Las imágenes de la llamada se veían pixeladas.
Movistar y Avantel	10:20 hasta 10:45	00:11:17	86,3 MB	- En la videollamada como se puedo observar es de mala calidad la imagen que recibe y es de mejor calidad la imagen local. - También las imágenes de la llamada se ven pixeladas. - La imagen que recibe la llamada se observa más oscura y la otra imagen está más definida.
Avantel y Tigo	11:10 hasta 11:23 am	00:08:04	3,10 MB	- La videollamada como se pudo observar es de mala calidad y se bloqueó la imagen local. - También las dos imágenes de la llamada se veían pixeladas. - La imagen local se observaba más oscura.

Claro y Avantel	11:40 hasta 11:52 am	00:11:59	90,0 MB	- En la videollamada se pudo observar que es de mala calidad la imagen que recibe la llamada, y es de mejor calidad la imagen local. - Por otro lado, las imágenes de la llamada se observan pixeladas y oscuras.
-----------------	----------------------	----------	---------	--

Tabla 22. Resultados cualitativos del primer recorrido. Fuente: propia.

SEGUNDO RECORRIDO

Operadores	Hora	Duración	Peso	Comentarios
Tigo y Claro	9:30 am hasta 9:49 am	00:23:49	175 MB	- La videollamada es de mala calidad, ya que las imágenes de la llamada se observan pixeladas. - También la imagen que recibe la llamada se observó más oscura y la local definida.
Movistar y Avantel	6:49 am hasta 6:58 am	00:08:32	62,3 MB	- Se puede observar que la videollamada fue de mala calidad ya que se vio mediante el transcurso de la llamada retardo. - Por otro lado, las imágenes de la llamada se observan pixeladas. - También la imagen que recibe la llamada se observa más oscuras.
Avantel y Tigo	10:00 am hasta 10:20 am	00:15:24	118 MB	- En la videollamada se pudo observar que es de mala calidad la imagen que recibe la llamada y es de mejor calidad la imagen local. - Por otro lado, las imágenes de la llamada se observan pixeladas. También la imagen que

				recibe la llamada se observa más oscuras que la imagen de la local.
Claro y Avantel	7:05 am hasta 7:16 am	00:10:31	74,4 MB	- Se puede observar que la videollamada fue de mala calidad ya que se vio mediante el transcurso de la llamada retardo. - Por otro lado, las imágenes de la llamada se observan pixeladas. También la imagen que recibe la llamada se observa más oscura que la local.

Tabla 23. Resultados cualitativos del segundo recorrido. Fuente: propia.

TERCER RECORRIDO

Operadores	Hora	Duración	Peso	Descripción
Tigo y Claro	7:21 am hasta 7:28 am	00:06:35	47,2 MB	- En la videollamada se pudo observar que es de mala calidad la imagen que recibe la llamada, y es de mejor calidad la imagen local. - Por otro lado, las imágenes de la llamada se observan pixeladas. También la imagen que recibe la llamada se observa más oscuras que la local.
Movistar y Avantel	7:30 am hasta 7:40 am	00:06:40	8,7 MB	- En la videollamada se pudo observar que es de mala calidad la imagen que recibe la llamada, y es de mejor calidad la imagen local. - Por otro lado, las imágenes de la llamada se observan pixeladas. También la imagen que

				recibe la llamada se observa más oscuras que la local.
Claro y Avantel	7:48 am hasta 7:54 am	00:05:57	41,5 MB	En la videollamada se pudo observar que es de mala calidad la imagen que recibe como la imagen local ya que se pueden ver pixeladas. También las imágenes se observan muy oscuras y no se ven definidas.

Tabla 24. Resultados cualitativos del tercer recorrido. Fuente: propia.

A continuación, se presenta la definición nominal de los videos generados a partir de las videollamadas realizadas para cada recorrido se presento la misma resolución.

OPERADORES	RESOLUCIÓN
TIGO-CLARO	1920X1080
MOVISTAR-AVANTEL	1920X1080
AVANTEL-TIGO	1920X1080
CLARO-AVANTEL	1920X1080

Tabla 25. Definición de las imágenes del primer recorrido. Fuente: propia.

El tamaño y la resolución de los archivos grabados nos indica que la aplicación intenta generar archivos de video en alta definición. Sin embargo, la calidad percibida de la imagen según lo presentado en las tablas 22 a 24 indica que la comunicación de red no es consistente con dicha definición.

6.2. Resultado Cuantitativo

Los siguientes resultados se tomaron de las aplicaciones speedtest y Open signal y se obtuvo la latencia, Jitter, pérdidas, PING, subida y bajada de los datos utilizados de cada operador.

El objetivo de estas mediciones es la comparación con los requisitos identificados en la tabla 18 para servicios de videoconferencia.

Para obtener la latencia, subida y bajada de los datos utilizados se utilizó la aplicación Open signal para los cuatro operadores y para cada uno se sacó el promedio y el peor caso, como se muestra a continuación:

- **Primer recorrido**

	LATENCIA (ms)					SUBIDA (Mbps)					BAJADA (Mbps)				
OPERADOR	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso
Movistar	59	51	34	48,00	59	9,74	2,91	3,59	5,41	2,91	8,87	6,29	3,65	6,27	3,65
Tigo	38	38	57	44,33	57	18,7	18,7	8	15,13	8	21,9	21,9	9,1	17,63	9,1
Claro	48	48	56	50,67	56	0,207	0,299	0,812	0,44	812 kbps	5,75	8	6,4	6,716	5,75
Avantel	11	103	95	69,67	103	0,852	0,061	0,946	0,62	61,0 kbps	3,97	2,61	3,02	3,2	2,61

Tabla 26. Resultados cuantitativos del primer recorrido. Fuente: propia.

En los resultados del primer recorrido se tomaron tres medidas de latencia. Para este parámetro, el peor caso es el número mayor de latencia entre las tres mediciones de cada operador. Se puede observar que el operador Avantel registró mayor latencia (103 ms) en comparación con los otros operadores y menor latencia el operador Claro (56 ms). Considerando que los requisitos identificados en la tabla 18 para latencia en videoconferencia son de 250 ms, se observa que en estas mediciones se cumple el requisito.

Por otro lado, para los parámetros de velocidad de subida y bajada el peor caso es la menor. En este caso la velocidad de subida menor se detectó en el operador Tigo (61 kbps) y la mayor en el operador Avantel (812 kbps). También se puede observar que la velocidad de bajada menor se detectó en el operador Avantel (9.1 Mbps) y la velocidad mayor con el operador Tigo (2.61 Mbps). Según la tabla 18 para ancho de banda en videoconferencia son de 512 kbps, se aclara que este valor debe ser simétrico (igual de subida que de bajada). Frente a esto, se observa que los valores de bajada son suficientes pero los de subida pueden ser menores, como en el caso de Tigo.

- **Segundo recorrido**

	LATENCIA (ms)					SUBIDA (Mbps)					BAJADA (Mbps)				
OPERADOR	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso
Movistar	102	52	71	75,00	102	1,78	9,64	244	85,14	1.78	5,93	21,03	6,52	12,16	5.93
Tigo	62	41	56	53,00	62	3,4	24,7	16	14,70	3.4	8,4	13,3	18,5	13,4	8.4
Claro	35	46	54	45,00	54	15,25	21,43	11,75	16,14	11.75	11,04	16,27	30,56	19,29	11.04
Avantel	107	92	92	97,00	107	7,8	13,6	5,1	8,83	5.1	10	8,3	7,1	8,466	7.1

Tabla 27. Resultados cuantitativos del segundo recorrido. Fuente: propia.

En el segundo recorrido se puede observar que el operador Avantel registró mayor latencia en comparación con los otros operadores y menor latencia el operador Claro.

En este caso la velocidad de subida menor se detectó en el operador Movistar y la mayor velocidad se detectó en el operador Claro. También se puede observar que la velocidad de bajada menor se detectó en los operadores Movistar. La velocidad mayor se detectó con el operador Claro.

- **Tercer recorrido**

	LATENCIA (ms)					SUBIDA (Mbps)					BAJADA (Mbps)				
OPERADOR	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso
Movistar	40	33	56	43,00	56	0	33	1,04	11,35	0	2,01	2,8	1,17	1,06	2,8
Tigo	48	57	54	53,00	57	27,4	21,7	12,2	20,43	12.2	28,7	18,3	5,1	17,366	5.1
Claro	38	52	40	43,33	52	18,24	56	21,63	31,96	18.24	8,35	31,89	1	13,41	1
Avantel	50	54	68	57,33	68	80	10	5	40,00	5	0	1,7	2,4	0,85	0

Tabla 28. Resultados cuantitativos del Tercer recorrido. Fuente: propia.

En el tercer recorrido se puede observar que el operador Movistar registró mayor latencia en comparación con los otros operadores y menor latencia el operador Claro. En este caso la velocidad de subida menor se detectó en el operador Movistar y Avantel, la mayor en el operador Claro.

También se puede observar que la velocidad de bajada menor se detectó en los operadores Avantel, Movistar y Claro. La velocidad mayor se detectó con el operador Tigo.

Para obtener el Jitter, pérdidas de paquetes, PING, subida y bajada de los datos utilizados se utilizó la aplicación Speedtest para los cuatro operadores y para cada uno se sacó el promedio y el peor caso, como se muestra a continuación:

- **Primer recorrido**

	JITTER (ms)					PÉRDIDAS (ms)				
OPERADOR	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso
Movistar	41	89	23	51	89	0	0	0	0	0
Tigo	12	88	9,4	36,46	88	0	0	0	0	0
Claro	22	140	8	68,66	140	0	0	0	0	0
Avantel	28	43	370	147	370	0	0	0	0	0

Tabla 29. Resultados cuantitativos del primer recorrido. Fuente: propia.

Como se observa en el primer recorrido el jitter muestra variaciones bajas y altas, en este caso el operador que se detectó el jitter más alto es Avantel (370 ms) y el menor el operador Tigo (88 ms). Considerando que los retardos de red pueden ser de hasta 250 ms según la tabla 18, se observa que el jitter en el peor caso es mucho mayor y por tanto generaría problemas en la prestación del servicio.

- **Segundo recorrido**

	JITTER (ms)					PÉRDIDAS (ms)				
OPERADOR	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso
Movistar	9	9	76	31,333	76	0	0	0	0	0
Tigo	11	3,3	12	8,766	12	0	0	0	0	0
Claro	11	32	13	18,66	32	0	0	0	0	0
Avantel	27	89	45	53,667	89	0	0	0	0	0

Tabla 30. Resultados cuantitativos del segundo recorrido. Fuente: propia.

Para el segundo recorrido se observa que el jitter alto es del operador Avantel (89 ms) y la medida menor se detectó en el operador Tigo (12 ms). También se observa que en ningún operador no encuentra pérdidas de paquetes. Considero que los retardos de red pueden ser de hasta 250 ms según la tabla 18, se observa que el jitter en el peor caso es menor y en este caso no generaría ningún problema en la prestación del servicio.

- **Tercer recorrido**

	JITTER (ms)					PÉRDIDAS (ms)				
OPERADOR	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Peor caso
Movistar	21	19	33	24,333	33	0	0	0	0	0
Tigo	9,2	7,6	11	9,266	11	0	0	0	0	0
Claro	11	8	13	10,66	13	0	0	0	0	0
Avantel	13	29	38	21	38	0	0	0	0	0

Tabla 31. Resultados cuantitativos del tercer recorrido. Fuente: propia.

Para el Tercer recorrido se observa que el jitter alto es del operador Movistar (24,33 ms) y la medida menor del jitter se detectó en los operadores Tigo (9,26 ms) y Claro (10 ms). También se observa que en ningún operador no encuentra pérdidas de paquetes. Considero que los retardos de red pueden ser de hasta 250 ms según la tabla 18, se observa que el jitter en el peor caso es menor y en este caso no generaría ningún problema en la prestación del servicio.

6 Comparación de los requerimientos con las mediciones

A continuación, se presenta los datos cualitativos que se obtuvieron de cada videollamada para cada operador, con el fin de comparar el peso y duración de cada uno para obtener la videollamada de mejor calidad.

- Primer recorrido

Operadores	Duración	Peso	Resultados
Tigo-Claro	08:04	2,10 MB	0,26 MB
Movistar-Avantel	11:17	86,3 MB	7,72 MB
Avantel-Tigo	08:04	3,10 MB	0,38 MB
Claro-Avantel	11:59	90,0 MB	7,5 MB

Tabla 32. Comparación del peso y duración del primer recorrido. Fuente: propia.

- Segundo recorrido

Operadores	Duración	Peso	Resultados
Tigo-Claro	23:49	175 MB	7,44 MB
Movistar-Avantel	8:32	62,3 MB	7,48 MB
Avantel-Tigo	15:24	118 MB	7,74 MB
Claro-Avantel	10:31	74,4 MB	7,21 MB

Tabla 33. Comparación del peso y duración del segundo recorrido. Fuente: propia.

- Tercer recorrido

Operadores	Duración	Peso	Resultados
Tigo-Claro	6:35	47,2 MB	7,43 MB
Movistar-Avantel	6:40	8,7 MB	1, 35 MB
Claro-Avantel	5:57	41,5 MB	7,45 MB

Tabla 34. Comparación del peso y duración del tercer recorrido. Fuente: propia.

Para esta comparación se realizó la división del peso y duración de la videollamada para obtener el tamaño mayor y menor entre los operadores. Se obtuvo que la videollamada de tamaño mayor fue de Avantel y Tigo con 7,74 MB y la videollamada de menor tamaño fue Tigo y Claro de 0,26 MB. Se puede concluir que los operadores Tigo y Avantel obtuvieron la mejor calificación entre los otros operadores, esto quiere decir que obtuvieron mejor calidad en la videollamada.

Por otro lado, se compararon los datos cuantitativos donde se obtuvo que el operador Avantel registró mayor latencia (Como se observó en el primer recorrido 103 ms, el segundo 107 ms y el tercer recorrido 54 ms) en los tres recorridos realizados y menor latencia se obtuvo del operador Claro (Como se observó en el primer recorrido 56 ms, el segundo 54 ms y el tercer recorrido 52 ms). El operador Avantel también obtuvo mayor jitter (Como se observó en el primer recorrido 370 ms, el segundo recorrido 89 ms y el tercer recorrido 38 ms) y el menor el operador Tigo (Como se observó en el primer recorrido 88 ms, el segundo recorrido 12 ms y el tercer recorrido 11 ms). Estos datos se obtuvieron de las tablas de los datos cualitativos en la parte donde se encuentra el peor caso.

Se realizó la comparación de subida y bajada de datos de la aplicación Speedtest. Para los datos de subida menor fue para el operador Movistar (Como se observó en el primer recorrido 2,8 ms, el segundo 1,7 ms y el tercer recorrido 0 ms) y el mayor fue para el operador Claro (Como se observó en el primer recorrido 812 ms, el segundo 11,75 ms y el tercer recorrido 18,24 ms). Para los datos de bajada menor se obtuvo del operador Avantel (Como se observó en el primer recorrido 2,6 ms, el segundo 7,1 ms y el tercer recorrido 0

ms) y para los datos de bajada mayor fue del operador Tigo (Como se observó en el primer recorrido 2,6 ms, el segundo 7,1 ms y el tercer recorrido 0 ms.)

En general, a partir de las observaciones podemos concluir que las mediciones con las herramientas escogidas permitirían la prestación de servicios de telemedicina, considerando los requerimientos de latencia y ancho de banda, *en la mayoría de los casos*. Sin embargo, se encontraron 2 situaciones (peor caso de ancho de banda de subida en el primer recorrido y falla en el sistema en el tercer recorrido) en las que no se cumplieron con los requisitos.

De otro lado, sobre el jitter se identificó una situación similar. La mayoría de los casos presentan mediciones que indican que se puede prestar el servicio, sin embargo, la situación del primer recorrido (370 ms de jitter para Avantel en peor caso), indica que hubo momentos en los que la red no cumplió con los requisitos.

Por otro lado, se realizó una comparación sobre la disponibilidad de los cuales se definieron algunos criterios de evaluación. Los siguientes criterios se escogieron de la siguiente manera:

- Alta disponibilidad: 95%
- Media disponibilidad: 80%
- Baja disponibilidad: 60%

De los operadores frente las mediciones cualitativas en las videollamadas, donde se concluye que el operador Claro presentó la mejor disponibilidad en el proceso de las mediciones cualitativas ya que no presento ningun problema de corte y en las videollamadas y estuvo estable en todo momento. Esto se puede ver también en las mediciones cuantitativas que presenta menor latencia, al presentar menor latencia obtuvo mejor disponibilidad, frente a los demás operadores. A partir de los casos medidos y el porcentaje de disponibilidad definido, se obtiene que presentó una disponibilidad alta. Esto se calculó a partir de: Buenas mediciones (9) / Total de mediciones (3 recorridos x 3 mediciones = 9) => 100%

Se observó que el operador Avantel tuvo menor disponibilidad en las videollamadas ya que en ocasiones presentaba corte en las videollamadas. Esto se puede ver en que el operador presentó mayor latencia y jitter en las mediciones cuantitativas frente a los demás operadores. A partir de los casos medidos y el porcentaje de disponibilidad definido, se obtiene que presentó una disponibilidad media. Esto se calculó a partir de: Buenas mediciones (7) / Total de mediciones (3 recorridos x 3 mediciones = 9) => 77%

Las videollamadas con los operadores Tigo y Movistar en ocasiones presentaban corte y en otras ocasiones fueron estables. A partir de los casos medidos y el porcentaje de disponibilidad definido, se obtiene que presentó una disponibilidad baja. Esto se calculó a partir de: Buenas mediciones (5) / Total de mediciones (3 recorridos x 3 mediciones = 9) => 55%

Con la tabla 18 se realizó una comparación entre los resultados encontrados en los operadores y los requerimientos de red de los servicios de Telemedicina. De esto se concluye que se encontraron problemas en los requerimientos de calidad ya que no se logró alta disponibilidad ya que en las videollamadas realizadas se presentaron cortes y no fueron estables. Se puede decir que los operadores no sirven para trabajar los servicios de Telemedicina ya que presentan estos problemas.

7 CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de esta tesis era determinar la viabilidad de la prestación de servicios de Telemedicina en video en tiempo real en ambientes móviles para algunos recorridos en la ciudad de Bogotá.

Para determinar esta viabilidad se realizó un análisis de la situación actual de la infraestructura móvil en Colombia, donde se pudo observar la cantidad de operadores que existen en el país, su respectiva clasificación, los servicios, su tecnología, cantidad de usuarios, mapas de cobertura para cada operador. Por otro lado, se observó la infraestructura de las tecnologías 3G y 4G donde se presentó su arquitectura, sus estándares y velocidades de subida y bajada.

Del estudio de la infraestructura podemos concluir que cada vez hay aumento en el número de usuarios y de operadores nuevos en el mercado. Con esto se pudo comprobar que el operador Claro presenta una buena posición de dominancia en el mercado en tanto a los servicios, tecnología, cobertura y usuarios en el país.

Por otra parte, el operador Avantel tiene mayor capacidad en las redes 4G y el operador Claro tiene mayor rapidez en las velocidades de descarga en redes 3G.

También se realizó el análisis del marco regulatorio donde se presenta las leyes y decretos que definen la Telemedicina ya que es de gran importancia conocer las bases de la Telemedicina y de la manera de cómo se está manejando en el país. Dicho análisis permitió identificar qué servicios se pueden prestar en ambulancias (Atención en unidad móvil terrestre) para así clasificarla como Prestador remitir – con TeleUCI dentro de las modalidades de Telemedicina.

Otro aspecto importante fueron los requerimientos de red de los servicios de Telemedicina ya que esto requerimientos permitieron conocer los procesos entre el prestador remitir con Teleconsulta, prestador remitir con Tele-UCI y los centros de referencia. El fin de este

análisis fue seleccionar los requerimientos relevantes y no relevantes para el estudio realizado. De esto se concluye que los requerimientos relevantes para el estudio fueron los elementos tecnológicos que se usan para brindar servicios de Telemedicina, los requerimientos mínimos de espacio físico, requerimientos de red, gestión de la información que manejan tanto los prestadores como los centros de referencia y se logró identificar las relaciones entre prestadores. Así mismo parte de los requerimientos se analizó los servicios que brinda la Telemedicina en Colombia, con el fin de comprobar que requerimientos debe presentar los servicios de Telemedicina conocer en qué centros médicos prestan servicios de Telemedicina en Colombia.

Se concluye que para brindar servicios de Telemedicina en video en tiempo real es importante contar con una disponibilidad cercana al 100%, para cumplir con los requerimientos planteados en el marco normativo.

Esta disponibilidad es importante para no presentar pérdidas ni cortes en la transmisión de la información en tiempo real. Se pudo observar en las mediciones cualitativas que se tomaron en esta investigación ya que no se logró esta disponibilidad con los operadores móviles, en consecuencia, se presentaron pérdidas y cortes en las videollamadas realizadas. De esta forma, el principal obstáculo para prestar servicios de telemedicina por redes móviles se presenta en la disponibilidad de la red.

De igual forma, se identifica que se requiere una latencia menor a 150ms y ancho de banda simétrico de 512 kbps. Puesto que varias de las mediciones fueron peores que esto, se concluye que las redes móviles no ofrecen estabilidad en dichos parámetros, por lo que tampoco permiten la prestación del servicio.

Por otro lado, es importante la calidad de la imagen ya que en los resultados de las videollamadas realizadas se observó de mala calidad ya que las imágenes se presentaron pixeladas y oscuras. También se obtuvo que la resolución de la imagen fue de alta calidad, esto quiere decir que no se obtuvo la calidad esperada de los archivos ya que para los servicios de médicos se necesitan de excelente calidad.

Frente a los valores de latencia y jitter, se concluye que para la transmisión de datos es importante no contar con valores elevados ya que se puede presentar problemas de

congestión, lentitud y caídas. En los resultados de las mediciones realizadas se observó en la calidad de la imagen problemas de congestión, lentitud y caída de las llamadas por lo que se obtuvo valores latencia y jitter elevados.

Por lo anterior, se concluye que la telemedicina en ambulancias no puede realizarse utilizando los servicios de redes móviles que se ofrecen comercialmente. Se requeriría que realizar algún tipo de acuerdo de nivel de servicio con los operadores móviles de forma que se aseguren los parametros requeridos.

7.1 REFERENCIAS

[1] MinTic, «Participación de abonados a nivel Nacional,» Bogotá, 2017-4T. Tomado de: <http://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-47274.html>

[2] Página Web de Claro- Cobertura y servicios. Tomado de: <https://www.claro.com.co/personas/soporte/mapas-de-cobertura/>

[3] Página Web de Movistar- Cobertura y servicios. Tomado de: http://atencionalcliente.movistar.co/Cobertura_Movistar/#Fijo

[4] Página Web de TIGO- Cobertura y servicios. Tomado de: <https://www.tigo.com.co/regimen-de-proteccion-al-usuario/mapa-cobertura>

[5] Página Web de ETB- Infografía historia de ETB. Tomado de: <https://etb.com/corporativo/Sobre-ETB#historia>.

[6] Página Web de Avantel - Cobertura. Tomado de: <https://www.avantel.co/cobertura-calidad>

[7] Página Web de Movistar - Cobertura y Calidad. Tomado de: <http://www.movistar.co/web/portal-col/atencion-cliente/cobertura-tecnologia>

[8] Comisión de regulación de Comunicaciones. Revisión marco regulatorio para la Operación Móvil virtual y otras operaciones mayoristas. Tomado de: https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Documentos_CRC_2015/Actividades_regulatorias/OMV_Mayoristas/Doc_Amarillo_OMV.pdf. 2015.

[9] Página Web de Móvil Éxito - Cobertura y Calidad. Tomado de: <http://www.mobilexito.com/index.php/informacion-importante/mapas-de-cobertura>

[10] Página Web de Virgin mobile - Cobertura y Calidad. Tomado de: <https://www.virginmobile.co/web/virgin/sac/servicios/cobertura>

[11] Documento de consulta pública. Proceso de selección objetiva para asignación de espectro radioeléctrico en bandas 700 MHz (Dividendo Digital), 900 MHz, 1.900 MHz y 2.500 MHz para servicios móviles terrestres. Tomado de: https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-9301_recurso_1.pdf

[12] Estadísticas de telefonía móvil en Colombia. Tomado de <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/colombia/>. 2016.

[13] Campos Hugo, Arquitectura 3G y 4G, 2018.

[14] Temas tecnológicos de interés. ¿Qué elementos componen una red móvil?. Tomado de: <https://www.temastecnologicos.com/redes-moviles/elementos/>

[15] Ley 1419, POR LA CUAL SE ESTABLECEN LOS LINEAMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE LA TELESALUD EN COLOMBIA (Congreso de Colombia 13 de diciembre 2010). Tomado de: <https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/Leyes/L1419010.pdf>

[16] Resolución número 2003 de 2014, Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de rehabilitación de servicios de salud. (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL 28 de Mayo 2014) Tomado de: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%202003%20de%202014.pdf

[17] Resolución 5521 de 2013, Por la cual se define, aclara y actualiza integralmente el Plan Obligatorio de Salud (POS). (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 27 de Diciembre 2013) Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-5521-de-2013.pdf>

[18] Ley 1122 de 2007, Por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones. (CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 9 de Enero 2007) Tomado de:

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/ley-1122-de-2007.pdf>

[19] Resolución número 1441 de 2013, Por la cual se definen los procedimientos y condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar los servicios y se dictan otras disposiciones. (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 6 de Mayo 2013) Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1441-de-2013.pdf>

[20] Organismo Andino de Salud, Convenio Hipólito Unanue. Aplicaciones de Telecomunicaciones en Salud en la Subregión Andina. Tomado de: <http://git.unicauca.edu.co/ehas/docs/Salvador2005/LibroORAS/Telemedicina-Aplicaciones%20de%20telecomunicaciones%20en%20salud%20en%20la%20subregion%20andina.pdf>

[21] Resolución 1448 de 2006, Por la cual se definen las Condiciones de habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina. (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 8 de mayo 2006). Tomado de: <https://www.fucsalud.edu.co/sites/default/files/2017-01/Res1448.pdf>

[22] Decreto 2309 de 2002, Por el cual se define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud. (Álvaro Uribe Vélez, ministro de salud Juan Luis Londoño, 15 de octubre 2002). Tomado de: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6829>

[23] Acuerdo 029 de 2011, Por el cual se sustituye el Acuerdo 028 de 2011 que define, aclara y actualiza integralmente el Plan Obligatorio de Salud. (COMISIÓN DE REGULACIÓN EN SALUD, 28 de diciembre de 2011). Tomado de: <http://www.comfachoco.com.co/documentos/Acuerdo%20029%20de%202011.pdf>

[24] Resolución 2182 de 2004, Por la cual se definen las Condiciones de Habilitación para las instituciones que prestan servicios de salud bajo la modalidad de Telemedicina.

(MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, 9 Julio de 2004) Tomado de:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd38/Colombia/R2182-04.pdf>

[25] Documento Conpes, Lineamientos de política para la continuidad de los programas de acceso y servicios universal a las tecnologías de la información y las comunicaciones. (MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN , MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE CULTURA, 28 de Junio de 2010) Tomado de: https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/articles-9029_documento.pdf

[26] Ley estatutaria 1266 de 2008, Por la cual se dictan las disposiciones generales del hábeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la financiera, crediticia, comercial, de servicios y la proveniente de terceros países y se dictan otras disposiciones. (CONGRESO DE LA REPÚBLICA, 31 de diciembre de 2008). Tomado de:
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1266_2008.html

[27] Ley 1341 de 2009, “Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la información y las comunicaciones - TIC-, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones”. (CONGRESO DE COLOMBIA, 30 de Julio de 2009). Tomado de:
https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3707_documento.pdf

[28] F. Castro. Promoción de la competencia en la telefonía móvil de Colombia. 2012. Tomado de:
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/177/Promocion%20de%20la%20competencia%20en%20la%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil%20de%20Colombia%20-%20Subasta%204G_def.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[29] Monsalve Rubio, Manuel. La Telemedicina una solución disponible para enfrentar la baja oferta de especialistas en Colombia. Congreso nacional de salud. Tomado de:
http://www.consultorsalud.com/sites/consultorsalud/files/telemedicina_dr_manuel_monsalve_x_congreso_nacional_de_salud.pdf. 2015.

[30] L. Patricia, H. Andres. Caracterización registro especial de prestadores de Servicios de Salud (REPS)-IPS. Ministerio de salud y Protección Social (REPS). Tomado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PES/caracterizacion-registro-especial-prestadores-reps.pdf>

[31] Página Web de Telemedicina Roosevelt - Nuestros servicios. Tomado de: <https://www.telemedicina.com.co/portal/nuestro-portafolio-de-servicios/>

[32] Página Web de FCV - Servicios. Tomado de: <http://www.fcv.org/site/telemedicina/servicios/tele-consulta>

[33] Página Web de ASMET SALUD - Telemedicina, tecnología al servicio de la Salud. Tomado de: <https://www.asmetosalud.org.co/news/show/title/telemedicina-tecnolog-a-al-servicio-de-la-salud>

[34] STS Telemedicina - Servicios. Tomado de: <http://ststelemedicina.com/Servicios/servicios.html>

[35] Página Web de Consultorsalud - Servicios. Tomado de: <http://www.consultorsalud.com/telemedicina>

[36] Página Web de CareCloud - Servicios. Tomado de: <https://carecloud.com.co/soluciones-telemedicina/>

[37] L. Camilo, C. Edith, P. Edward, Evaluación del rendimiento de redes ópticas para aplicaciones de telemedicina en ambientes simulados. Revista tecnura. Vol. 17, Núm. 36. Facultad Tecnológica Universidad Distrital de Caldas. 2013.

[38] E. David, Requisitos en la infraestructura de red para servicios de comunicación entre paciente y centro sanitario. Universidad politécnica de Madrid. 2013.

[39] V. Laura, Propuesta para montaje de laboratorio de Telesalud y Telemedicina. [Monografía]. Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2018.

[40] Google Maps. Tomado de <https://www.google.com/maps/>

[41] J. Benavides, F. Castro, L. Tamayo. Promoción de la competencia en la telefonía móvil de Colombia. 2012.

[42] J. Restrepo Piedrahita. Análisis y estudio técnico de la transferencia de tecnología para la prestación de servicios de telefonía y banda ancha móvil en Colombia a través de operadores móviles virtuales soportados por tecnología LTE. [Tesis]. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia. 2011.

[43] J. Valenzuela, J. Camacho, A. Arguello, J. Cendales, R. Fajardo. Percepciones de los trabajadores del sector salud frente a Internet y las tecnologías móviles en Colombia. Universidad del Rosario. Tomado de:
<https://www.scielo.org/article/rpsp/2009.v25n4/367-374/es/>

[44] Comisión de Regulación de Comunicaciones. Revisión de los mercados de servicios móviles. 2017. Tomado de:
https://www.crc.com.gov.co/recursos_user/2016/Actividades_regulatorias/merc_moviles/resol/170223_Documento_respuestas_Res_5108.pdf

[45] Página web de soporte Skype. Tomado de:
<https://support.skype.com/es/faq/FA1417/que-cantidad-de-ancho-de-banda-necesita-skype>

ANEXOS

PRIMER RECORRIDO

- Movistar y avantel



Figura 28. Llamada: Movistar y Avante del primer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 29. Llamada: Movistar y Avantel del primer recorrido. Fuente: Propia.

- Avantel y Tigo



Figura 30. Llamada: Avantel y Tigo del primer recorrido. Fuente: Propia.

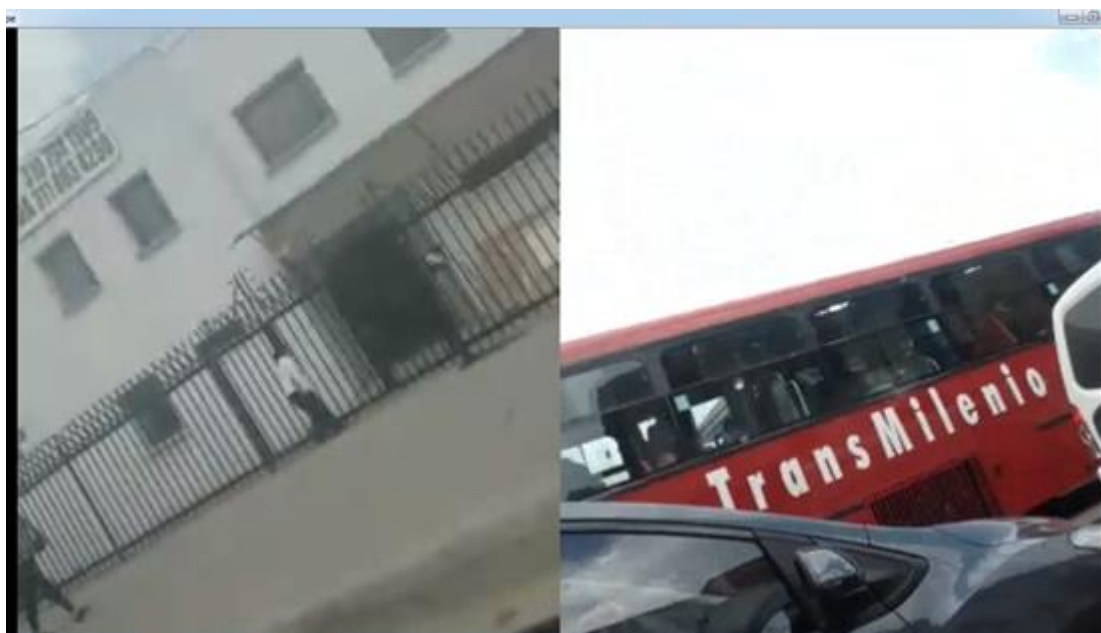


Figura 31. Llamada: Avantel y Tigo del primer recorrido. Fuente: Propia.

- CLARO Y AVANTEL



Figura 32. Llamada: Claro y Avantel del primer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 33. llamada: Claro y Avantel del primer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 34. Llamada: Claro y Avantel del primer recorrido. Fuente: Propia.

SEGUNDO RECORRIDO

- Tigo y Claro



Figura 35. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 36. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 37. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 38. Llamada: Tigo y Claro del segundo recorrido. Fuente: Propia.

- Avantel y Tigo



Figura 39. Llamada: Avantel y Tigo del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 40. Llamada: Avantel y Tigo del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 41. Llamada: Avantel y Tigo del segundo recorrido. Fuente: Propia.

- Movistar y Avantel



Figura 42. Llamada: Movistar y Avantel del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 43. Llamada: Movistar y Avantel del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 44. Llamada: Movistar y Avantel del segundo recorrido. Fuente: Propia.

- CLARO Y AVANTEL



Figura 45. Llamada: Claro y Avantel del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 46. Llamada: Claro y Avantel del segundo recorrido. Fuente: Propia.



Figura 47. Llamada: Claro y Avantel del segundo recorrido. Fuente: Propia.

TERCER RECORRIDO

- TIGO Y CLARO



Figura 48. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 49. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 50. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 51. Llamada: Tigo y Claro del tercer recorrido. Fuente: Propia.

- Movistar Y AVANTEL



Figura 52. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 53. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 54. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 55. Llamada: Movistar y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.

- CLARO Y AVANTEL



Figura 56. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 57. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 58. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.



Figura 59. Llamada: Claro y Avantel del tercer recorrido. Fuente: Propia.