

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

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

**TEMA:
ANÁLISIS Y MEDICIÓN EN SITIO DE PARÁMETROS DE COBERTURA
DE DOS OPERADORAS CELULARES PARA LAS RUTAS: COLLAS RUTA
VIVA Y VÍA PIFO AEROPUERTO**

**AUTOR:
ESTEBAN SEBASTIÁN FIGUEROA PÉREZ**

**TUTOR:
JOSÉ LUIS AGUAYO MORALES**

Quito, abril del 2016

Cesión de derechos de autor

Yo Esteban Sebastián Figueroa Pérez, con documento de identificación N° 1723557342, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: ANÁLISIS Y MEDICIÓN EN SITIO DE PARÁMETROS DE COBERTURA DE DOS OPERADORAS CELULARES PARA LAS RUTAS: COLLAS RUTA VIVA Y VÍA PIFO AEROPUERTO, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

(Firma) 

.....
Nombre: Esteban Sebastián Figueroa Pérez
Cédula: 1723557342
Fecha: abril 2016

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación ANÁLISIS Y MEDICIÓN EN SITIO DE PARÁMETROS DE COBERTURA DE DOS OPERADORAS CELULARES PARA LAS RUTAS: COLLAS RUTA VIVA Y VÍA PIFO AEROPUERTO realizado por ESTEBAN SEBASTIÁN FIGUEROA PÉREZ, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, abril 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Luis Aguayo Morales', is written over a circular stamp. The signature is fluid and cursive.

(Firma)
José Luis Aguayo Morales

Cédula de identidad: 1712157401

DEDICATORIA

A mi madre, mi padre, por ser los pilares fundamentales a lo largo de esta carrera, su incondicional apoyo en todo momento fue la fuerza que empujó mi espíritu para concluir esta etapa de mi vida. A mis hermanas por haber estado junto a mí en el diario vivir

AGRADECIMIENTO

Agradecido infinitamente a la Universidad Politécnica Salesiana y a mis profesores que han sabido ser la guía de este ciclo de mi vida, en virtud del desarrollo del presente trabajo, el título otorgado será devuelto con mucho trabajo a la sociedad anhelando ser un ente productivo para la misma.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
1.1. Método de obtención de información	3
1.2. Definiciones básicas de tecnologías celulares.....	6
1.2.1. Segunda generación	6
1.2.2. Tercera generación 3G.....	7
CAPÍTULO 2 MEDICIONES INICIALES Y ANÁLISIS DE COBERTURA DE LAS VÍAS PROPUESTAS.....	9
2.1. Mediciones 2G para Movistar	9
2.1.1. Ruta Collas	9
2.1.2. Vía Pifo – Aeropuerto	10
2.1.3. Ruta Viva.....	12
2.2. Mediciones 3G para Movistar	15
2.2.1. Ruta Collas	15
2.2.3 Vía Pifo – Aeropuerto	16
2.2.4. Ruta Viva.....	18
2.3. Mediciones 2G para Claro	20
2.3.1. Ruta Collas	20
2.3.2. Vía Pifo Aeropuerto	22
2.3.3. Ruta Viva.....	24
2.4. Mediciones 3G para Claro	25
2.4.1. Ruta Collas	26
2.4.2. Vía Pifo Aeropuerto	27
2.4.3. Ruta Viva.....	29
CAPÍTULO 3 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	31
3.1. Opciones de solución de cobertura celular	31
3.1.1 Instalación de nuevas Radio Bases	31

3.1.2 Instalación de un sistema de repetidores con antenas distribuidas	32
3.2. Equipos para la solución de cobertura	33
3.2.1. Solución DAS con equipos ION-M	33
3.2.2. Selección de elementos pasivos	35
3.3. Identificación de zonas críticas	36
3.3.1 Zonas críticas Movistar	37
3.3.2 Zonas críticas Claro.....	40
3.4. Resumen zonas críticas	43
CAPÍTULO 4 SIMULACIONES DE COBERTURA	44
4.1 Soluciones de cobertura para Movistar.....	44
4.1.1. Solución en la Ruta Collas.....	44
4.1.2. Solución en la vía Pifo Aeropuerto	46
4.1.3. Solución en la Ruta Viva.....	47
4.2 Soluciones de cobertura para Claro	49
4.2.1. Solución en la Ruta Collas.....	49
4.2.2. Solución en la vía Pifo Aeropuerto	50
4.2.3. Solución en la Ruta Viva	52
4.3 Revisión de resultados	53
4.3.1. Para Movistar	53
4.3.2. Para Claro	54
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS	58
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de configuración de script en teléfono	3
Figura 2. Área de trabajo del software NEMO ANALYZE	6
Figura 3. Resultados RxQual Movistar Ruta Collas S1	9
Figura 4. Resultados RxQual Movistar Ruta Collas S2.....	9
Figura 5. RxLevel Movistar Ruta Collas S1	10
Figura 6. RxLevel Movistar Ruta Collas S2	10
Figura 7. Llamadas Movistar Ruta Collas S1	10
Figura 8. Llamadas Movistar Ruta Collas S2	10
Figura 9. RxQual Movistar Pifo Aeropuerto S1.....	11
Figura 10. RxQual Movistar Pifo Aeropuerto S2.....	11
Figura 11. RxLevel Movistar Pifo Aeropuerto S1	12
Figura 12. RxLevel Movistar Pifo Aeropuerto S2	12
Figura 13. Llamadas Movistar Pifo Aeropuerto S1	12
Figura 14. Llamadas Movistar Pifo Aeropuerto S2.....	12
Figura 15. RxLevel Movistar Ruta Viva S1.....	13
Figura 16. RxLevel Movistar Ruta Viva S2.....	14
Figura 17. Llamadas Movistar Ruta Viva S1	14
Figura 18. Llamadas Movistar Ruta Viva S2	14
Figura 19. RxQual Movistar Ruta Viva S1	14
Figura 20. RxQual Movistar Ruta Viva S2.....	14
Figura 21. Ec/No Movistar Ruta Collas S1	15
Figura 22. Ec/No Movistar Ruta Collas S2.....	15
Figura 23. RSCP Movistar Ruta Collas S1	16
Figura 24. RSCP Movistar Ruta Collas S2	16
Figura 25. Llamadas Movistar Ruta Collas S1.....	16
Figura 26. Llamadas Movistar Ruta Collas S2.....	16

Figura 27. RSCP Movistar Pifo Aeropuerto S1	17
Figura 28. RSCP Movistar Pifo Aeropuerto S2	17
Figura 29. Resultados Ec/No Movistar Pifo Aeropuerto S1	17
Figura 30. Resultados Ec/No Movistar Pifo Aeropuerto S2	17
Figura 31. Llamadas Movistar Pifo Aeropuerto S1	18
Figura 32. Llamadas Movistar Pifo Aeropuerto S2.....	18
Figura 33. RSCP Movistar Ruta Viva S1	19
Figura 34. RSCP Movistar Ruta Viva S2	19
Figura 35. Resultados Ec/No Movistar Ruta Viva S1	19
Figura 36. Resultados Ec/No Movistar Ruta Viva S2	19
Figura 37. Llamadas Movistar Ruta Viva S1	20
Figura 38. Llamadas Movistar Ruta Viva S2.....	20
Figura 39. RxLevel Claro Ruta Collas S1.....	21
Figura 40. RxLevel Claro Ruta Collas S2.....	21
Figura 41. Resultados RxQual Claro Ruta Collas S1	21
Figura 42. Resultados RxQual Claro Ruta Collas S1	21
Figura 43. Llamadas Claro Ruta Collas S1	22
Figura 44. Llamadas Claro Ruta Collas S2	22
Figura 45. RxLevel Claro Pifo Aeropuerto S1	23
Figura 46. RxLevel Claro Pifo Aeropuerto S2.....	23
Figura 47. Resultados RxQual Claro Pifo Aeropuerto S1	23
Figura 48. Resultados RxQual Claro Pifo Aeropuerto S2	23
Figura 49. Llamadas Claro Pifo Aeropuerto S1	23
Figura 50. Llamadas Claro Pifo Aeropuerto S2.....	23
Figura 51. RxLevel Claro Ruta Viva S1	24
Figura 52. RxLevel Claro Ruta Viva S2	25
Figura 53. Resultados RxQual Claro Ruta Viva S1	25

Figura 54. Resultados RxQual Claro Ruta Viva S1	25
Figura 55. Llamadas Claro Ruta Viva S1	25
Figura 56. Llamadas Claro Ruta Viva S2	25
Figura 57. Resultados Ec/No Claro Ruta Collas S1	26
Figura 58. Resultados Ec/No Claro Ruta Collas S2	26
Figura 59. RSCP Claro Ruta Collas S1	27
Figura 60. RSCP Claro Ruta Collas S2	27
Figura 61. Llamadas Claro Ruta Collas S1	27
Figura 62. Llamadas Claro Ruta Collas S2	27
Figura 63. RSCP Claro Pifo Aeropuerto S1.....	28
Figura 64. RSCP Claro Pifo Aeropuerto S2.....	28
Figura 65. Resultados Ec/No Claro Pifo Aeropuerto S1	28
Figura 66. Resultados Ec/No Claro Pifo Aeropuerto S2	28
Figura 67. Llamadas Claro Pifo Aeropuerto S1	29
Figura 68. Llamadas Claro Pifo Aeropuerto S2	29
Figura 69. Resultados Ec/No Claro Ruta Viva S1.....	29
Figura 70. Resultados Ec/No Claro Ruta Viva S2.....	29
Figura 71. RSCP Claro Ruta Viva S1	30
Figura 72. RSCP Claro Ruta Viva S2	30
Figura 73. Llamadas Claro Ruta Viva S1	30
Figura 74. Llamadas Claro Ruta Viva S2	30
Figura 75. Ejemplo DAS In-Building.....	32
Figura 76. Esquemático general de una Unidad Maestra.....	33
Figura 77. Esquema general de operación de equipos ION-M	34
Figura 78. Ejemplo de instalación de RA	35
Figura 79. Simulación RBS Movistar 2G en la Ruta Collas	37
Figura 80. Simulación RBS Movistar 3G en la Ruta Collas	37

Figura 81. Simulación RBS Movistar 2G en Pifo Aeropuerto.....	38
Figura 82. Simulación RBS Movistar 3G en Pifo Aeropuerto.....	38
Figura 83. Simulación RBS Movistar 2G en la Ruta Viva	39
Figura 84. Simulación RBS Movistar 3G en la Ruta Viva	39
Figura 85. Simulación RBS Claro 2G en la Ruta Collas	40
Figura 86. Simulación RBS Claro 3G en la Ruta Collas	40
Figura 87. Simulación RBS Claro 2G en Pifo Aeropuerto	41
Figura 88. Simulación RBS Claro 3G en Pifo Aeropuerto	41
Figura 89. Simulación RBS Claro 2G en la Ruta Viva.....	42
Figura 90. Simulación RBS Claro 3G en la Ruta Viva.....	42
Figura 91. Simulación cobertura 2G para Movistar en la Ruta Collas	45
Figura 92. Simulación cobertura 3G para Movistar en la Ruta Collas	45
Figura 93. Simulación cobertura 2G para Movistar en Pifo Aeropuerto	47
Figura 94. Simulación cobertura 3G para Movistar en Pifo Aeropuerto	47
Figura 95. Simulación cobertura 2G para Movistar en la Ruta Viva	48
Figura 96. Simulación cobertura 2G para Claro en la Ruta Collas	50
Figura 97. Simulación cobertura 3G para Claro en la Ruta Collas	50
Figura 98. Simulación cobertura 3G para Claro en Pifo Aeropuerto	51
Figura 99. Simulación cobertura 2G para Claro en la Ruta Viva.....	53
Figura 100. Simulación cobertura 3G para Claro en la Ruta Viva.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de archivos logs	4
Tabla 2. Codificación para identificación de zonas críticas.....	5
Tabla 3. Coordenadas de ubicación para repetidores en la Ruta Collas	37
Tabla 4. Coordenadas de ubicación para repetidores Movistar en la Pifo-Aero	38
Tabla 5. Coordenadas de ubicación para repetidores Movistar en la Ruta Viva.....	39
Tabla 6. Coordenadas de ubicación para repetidores Claro en la Ruta Viva	40
Tabla 7. Coordenadas de ubicación para repetidores Claro en la vía Pifo-Aeropuerto	42
Tabla 8. Coordenadas de ubicación para repetidores Claro en la Ruta Viva	43
Tabla 9. Resumen de zonas críticas	43
Tabla 10. Configuración de antenas para Movistar en la Ruta Collas.....	45
Tabla 11. Configuración de antenas para Movistar en la Pifo Aeropuerto	46
Tabla 12. Configuración de antenas para Movistar en la Ruta Viva	48
Tabla 13. Configuración de antenas para Claro en la Ruta Collas	49
Tabla 14. Configuración de antenas para Claro en la Pifo Aeropuerto	51
Tabla 15. Configuración de antenas para Claro en la Ruta Viva	52

RESUMEN

La cobertura actual de la red de telefonía celular presenta zonas con problemas en las nuevas vías de acceso al aeropuerto de Quito, por lo que se determinaron las zonas críticas por mediciones con equipos de Drive-Test y con la información de las estaciones existentes de las operadoras. Luego se realizaron simulaciones correspondientes con la situación inicial, generadas por el software Atoll, identificando las zonas con problemas de cobertura, clasificándolas por operadora, tecnología y vía.

Entonces, se planteó una solución factible que optimice el equipo amplificador, según las señales y tecnologías utilizadas por las operadoras celulares. Se seleccionaron los equipos activos y pasivos para la solución junto con sus respectivas configuraciones de las antenas, y se planteó la ubicación de estos en las zonas críticas, a lo largo de las rutas bajo estudio.

Para comprobar la propuesta, se utilizó el mapa de calor que se obtendría con la solución de cobertura, sobre las simulaciones iniciales basadas en las mediciones reales, pero ahora considerando la nueva cobertura dada por la solución.

Finalmente las soluciones planteadas son adecuadas ya que los niveles de señal a lo largo de las vías muestran una mejora de aproximadamente 25dB.

ABSTRACT

Current coverage of cellular telephone network has problem areas in the new access roads to the airport in Quito, so critical areas were determined by measurements with Drive-Test equipment and information the existing stations operators. Then they simulations corresponding to the initial situation, generated by the software Atoll, identifying problem areas of coverage, and classified by operating, satellite technology and performed.

Then, a feasible solution that optimizes the amplifier equipment as signals or other technologies used by cellular operators was raised. Assets and liabilities equipment solution together with their respective antenna configurations were selected, and the location of these in critical areas was raised, along the routes under study.

To verify the proposal, the heat map that would result from the coating solution on initial simulations based on actual measurements, but now considering new coverage given by the solution is used.

Finally, the proposed solutions are suitable as signal levels along the way show an improvement of about 25dB.

INTRODUCCIÓN

Las nuevas vías de acceso al aeropuerto de Quito como la Ruta Collas, Ruta Viva y Vía Pifo-Aeropuerto, se las comenzó a construir aproximadamente a inicios del 2011 con el fin de conectar los puntos Norte, Sur y Valles de Quito con el nuevo aeropuerto ubicado en Tababela.

Debido a que estas vías fueron construidas a través de sitios inhabitados o de poca población, evidencian deficiencias en la cobertura de las operadoras celulares.

El tráfico de voz y datos que generan los usuarios de las vías de acceso al aeropuerto requieren necesariamente de buena cobertura y calidad de señal en esa zona.

La problemática que envuelve a las operadoras celulares al no brindar un buen servicio en una determinada zona, está directamente relacionada con las multas al incumplir la normativa legal vigente, además de la pérdida de clientes, por lo que es necesario un análisis de la situación de cobertura de las operadoras en las rutas importantes.

Las operadoras celulares que brindan servicio en el país, requieren mantener buenos niveles de cobertura y calidad en todo el territorio nacional, además de cumplir el marco legal vigente e incrementar el número de clientes. Actualmente, la Ruta Collas, la Ruta Viva y la Vía Pifo-Aeropuerto son las nuevas vías de acceso al Aeropuerto de Quito ubicado en Tababela, por lo que es necesario brindar cobertura y garantizar el servicio que prestan las operadoras a lo largo de las mencionadas vías.

Este proyecto partirá de las mediciones de nivel y calidad de señal de dos operadoras celulares que cuentan con tecnologías 2G y 3G y el análisis de los resultados obtenidos para determinar el mapa de cobertura existente en las vías y compararlo con lo indicado en la normativa vigente para calidad de servicio de las operadoras celulares.

Capítulo 1: Marco conceptual

En el primer capítulo del proyecto, se expone como se realizó cada una de las partes del mismo y se revisa de manera muy breve las definiciones básicas de los términos que se usarán en todo el proyecto para una mejor comprensión.

Capítulo 2: Mediciones iniciales y análisis de cobertura de las vías propuestas
En este capítulo se presentarán las figuras obtenidos del post-procesamiento de los archivos grabados durante las mediciones iniciales, y mediante estos se identificarán las zonas que requieren una solución de cobertura.

Capítulo 3: Identificación de zonas críticas y propuesta de solución
Basados en las figuras presentadas en el capítulo 2 y simulaciones realizadas de las estaciones base de cada operadora, se identifican las zonas críticas y se agrupan por tecnología en cada vía para proponer las posibles soluciones para cada ruta y operadora. Se hace una breve revisión de los equipos que van a ser utilizados en una virtual implementación.

Capítulo 4: Simulaciones de cobertura

En el capítulo final, se presentan las simulaciones de cobertura finales que se esperan al implementar las soluciones propuestas. Se incluyen las tablas de configuración de las antenas usadas para las simulaciones.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1. Método de obtención de información

Para la obtención de la información, se utilizaron dos teléfonos Samsung Galaxy S5 cargados con el software Nemo Handy – A, en cada uno de los recorridos cada teléfono estaba forzado a una tecnología (2G o 3G) y creada una rutina de llamadas de 30s con esperas entre llamadas de 3s, esta configuración se denomina script y se puede observar en la figura 1 El procedimiento se realizó idénticamente para ambas operadoras.



Para el análisis, se realizaron mediciones en ambos sentidos de las vías propuestas.

- Ruta Collas:
 - Sentido 1 (S1) Aeropuerto – Panamericana Norte.
 - Sentido 2 (S2) Panamericana Norte – Aeropuerto.
- Vía Pifo Aeropuerto:
 - Sentido 1 (S1) Pifo – Aeropuerto.
 - Sentido 2 (S2) Aeropuerto – Pifo.
- Ruta Viva:
 - Sentido 1 (S1) Interoceánica – Simón Bolívar.
 - Sentido 2 (S2) Simón Bolívar – Interoceánica.

Después de realizadas las mediciones se generaron los respectivos archivos logs que contienen la información que se analizará posteriormente. En la tabla 1 se observa la descripción de los archivos adquiridos:

Tabla 1. Resumen de archivos logs

Operadora Tecnología		Archivo	Sentido de ruta
CLARO	2G	COLLAS_2G_CLARO_15May13_115833.1.1.nmf	S1
		COLLAS_2GCLARO_15Apr25_164830.1.1.nmf	S2
		PIFOAERO_2GCLARO_15Apr25_160555.1.1.nmf	S1
		PIFOAERO_2GCLARO_15Apr25_170641.1.1.nmf	S2
		RUTAVIVA_2GCLARO_15Apr25_173110.1.1.nmf	S1
		RUTAVIVA_2GCLARO_15Apr25_175417.1.1.nmf	S2
	3G	COLLAS_3G_CLARO_15Apr25_163039.1.1.nmf	S1
		COLLAS_2G_CLARO_15May13_115833.1.1.nmf	S2
		PIFOAERO_3GCLARO_15Apr25_160551.1.1.nmf	S1
		PIFOAERO_3GCLARO_15Apr25_170643.1.1.nmf	S2
		RUTAVIVA_3GCLARO_15Apr25_173109.1.1.nmf	S1
		RUTAVIVA_3GCLARO_15Apr25_175421.1.1.nmf	S2
MOVISTAR	2G	COLLAS_2GMOVI_15May01_141557.1.1.nmf	S1
		COLLAS_2GMOVI_15May01_143124.1.1.nmf	S2
		PIFOAERO_2GMOVI15May01_135515.1.1.nmf	S1
		PIFOAERO_2GMOVI_15May01_144536.1.1.nmf	S2
		RUTAVIVA_2GMOVI_15May01_151004.1.1.nmf	S1
		RUTAVIVA_2GMOVI_15May01_153108.1.1.nmf	S2
	3G	COLLAS_3GMOVI_15May01_141556.1.1.nmf	S1
		COLLAS_3GMOVI_15May01_143123.1.1.nmf	S2
		PIFOAERO_3GMOVI15May01_135515.1.1.nmf	S1
		PIFOAERO_3GMOVI_15May01_144535.1.1.nmf	S2
		RUTAVIVA_3GMOVI_15May01_151007.1.1.nmf	S1
		RUTAVIVA_3GMOVI_15May01_153107.1.1.nmf	S2

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa.

Para la identificación de los puntos o zonas críticas se utilizó una codificación para un desarrollo más sencillo del análisis de cada uno de los parámetros y posterior planteamiento de una solución.

La codificación se realizó de la siguiente manera: operadora + vía + zona crítica # y las siglas se usaron de acuerdo a la tabla 2.

Tabla 2. Codificación para identificación de zonas críticas

Operadora / Sigla	Vía / Sigla	Zona crítica #
Movistar = M	Ruta Collas = C	1, 2, 3,...n.
Claro = C	Pifo Aeropuerto = P	1, 2, 3,...n.
	Ruta Viva = V	1, 2, 3,...n.

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa.

A continuación se muestran ejemplos para la identificación de zonas críticas:

- MC1 = Movistar Ruta Collas Zona Crítica 1.
- MP1 = Movistar Vía Pifo Aeropuerto Zona Crítica 1.
- MV3 = Movistar Ruta Viva Zona Crítica 3.
- CC1 = Claro Ruta Collas Zona Crítica 1.
- CVn = Claro Ruta Viva Zona Crítica n.

Existe la posibilidad de que los puntos se repitan tanto en el análisis de 2G como en el análisis de 3G, por esta razón no serán codificadas las zonas críticas de acuerdo a la tecnología ya que la solución también será enfocada a mejorar los niveles en ambas tecnologías simultáneamente.

Posterior a la adquisición de la información de los logs, es necesario utilizar un software para su post-procesamiento, como es NEMO ANALYZE ya que la empresa Digitec cuenta con la respectiva licencia para el uso del programa.

Esta herramienta nos permite realizar reportes personalizados de los diferentes logs que se tenga a disposición, gracias al uso de Smartphone, el geo-posicionamiento es muy sencillo por lo tanto se puede observar en un mapa el lugar exacto al momento que se adquirió información, en la figura 2 se tiene el escritorio del software NEMO ANALYZE.

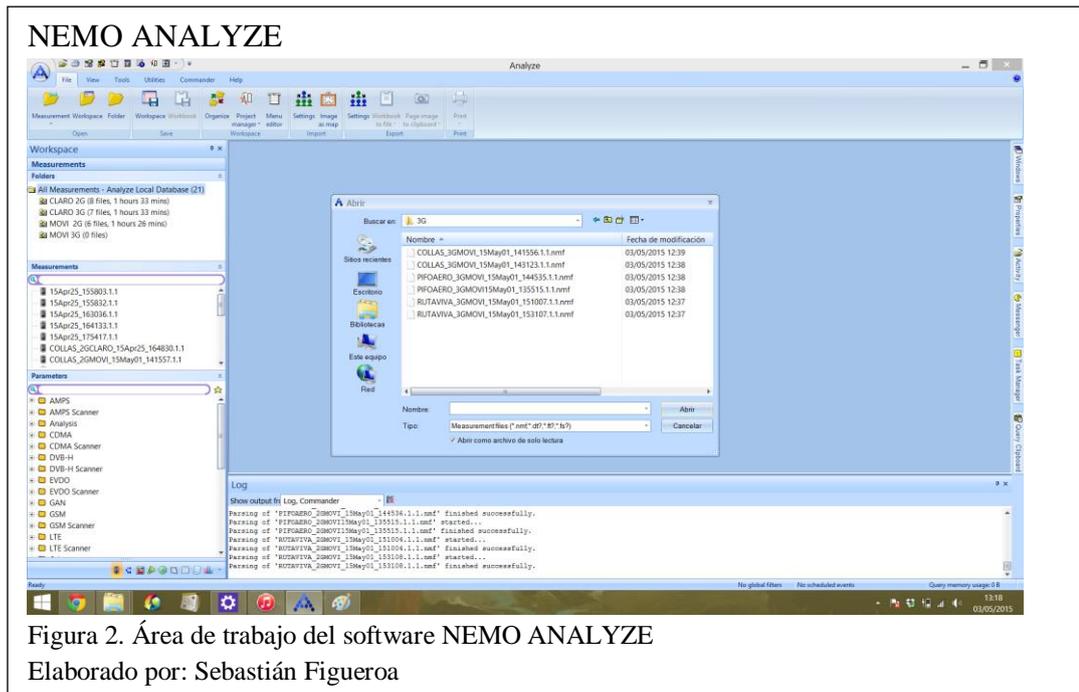


Figura 2. Área de trabajo del software NEMO ANALYZE
Elaborado por: Sebastián Figueroa

1.2. Definiciones básicas de tecnologías celulares.

1.2.1. Segunda generación

Según (Conde, 2015), en la segunda generación de telefonía celular todo el proceso es digital en comparación de la primera generación en donde toda la operación era analógica, en esta generación se presentaron cambios sobre todo en los teléfonos celulares construyendo terminales más pequeños y eficientes que se conectaban con gran rapidez a la red celular móvil, por supuesto en este período el móvil celular fue la pieza clave para el crecimiento de la popularidad de esta tecnología, siendo uno de los motivos la aparición de los teléfonos de tipo prepago, otra de las piezas clave que destacó y ayudó a la gran acogida de la segunda generación fue que por primera vez se disponía de un servicio de mensajería instantánea denominada SMS (*Short Message Service*).

(Conde, 2015), previa la aparición de la tercera generación, la telefonía celular incorporó mejoras tecnológicas a la existente segunda generación, sobre todo para la navegación de internet en la conmutación de paquetes, con esto nacen las denominadas 2.5G y 2.75G.

RxLevel Puede definirse como la fuerza de la señal recibida en el teléfono, el umbral indicador para la decodificación de información de la celda activa, así como para el paso entre celdas dependiendo la cobertura de estas.

Los valores recomendados por las entidades de control se definen según el sector a cubrir siendo estos referenciales para el análisis de este proyecto:

- Zona urbana RxLevel \geq -78 dBm.
- Zona rural RxLevel \geq -93 dBm.
- Zona carreteras RxLevel \geq -98 dBm.

RxQuality Es un valor entero que califica la calidad de voz entre 0 y 7, donde 0 es el valor ideal y 7 es el peor valor. Se miden estos valores únicamente durante llamadas en proceso.

BCCH Broadcast Control Channel, es transmitido por las estaciones base (BTS), el BCCH lleva los mensajes de información de la identidad, la configuración y características disponibles de la BTS, en estos mensajes también se proporciona una lista de los canales BCCH que tienen las estaciones vecinas con el fin de lograr el paso entre celdas o handovers.

1.2.2. Tercera generación 3G

Según (Conde, 2015), con la incorporación de transmisión de voz y datos sobre la red de telefonía móvil, la tercera generación permite al usuario realizar llamadas como en la anterior generación, la capacidad de transferencia de datos y la navegación en internet llegando a velocidades de 384 kbps en que llega a soportar videoconferencias, descargas de programas, uso de correos electrónicos, mensajería instantánea sobre aplicaciones que operan sobre internet, visualización de videos en línea, etc.

(Conde, 2015), la transmisión de datos se facilita desde el momento en que los teléfonos celulares de 3G tuvieron acceso a conexiones de Internet, asimismo, el desarrollo tecnológico alcanzado permite la compatibilidad mundial y la coexistencia con los servicios móviles con las redes de segunda generación, adicional a esto, 3G incrementó el grado de seguridad al autenticar la red a la que se está conectando.

RSCP Received Signal Code Power, indica la potencia de señal recibida en el móvil en un canal de comunicación particular, utilizada como el indicador de intensidad de señal mayoritariamente para sistemas UMTS o tecnologías celulares 3G (Sarmiento, 2007)

Los valores de referencia usados también por entidades de control se muestran a continuación (Sarmiento, 2007):

- Muy bueno $RSCP \geq -75$ dBm.
- Bueno -87 dBm $< RSCP \leq -75$ dBm.
- Malo -95 dBm $\leq RSCP \leq -87$ dBm.
- Muy malo $RSCP > -95$ dBm.

Ec/No Es un valor de referencia del nivel mínimo permitido, el cual es -15dB, un valor inferior a este generará la desconexión de la red 3G y el móvil buscará una red 2G disponible, de no encontrar una red 2G, se presentarán problemas en el servicio (Conde, 2015)

CPICH Common Pilot Channel, es el canal usado como broadcast transmitido por la estación base, Nodo B o sector, con una constante potencia normalmente nunca llegando a la máxima potencia de transmisión, este lleva toda la información del sector que se está transmitiendo (Conde, 2015).

Para la identificación del sector mediante el complejo proceso desarrollado en la tecnología UMTS o WCDMA, dentro del CPICH se genera el Primary Scrambling Code que se convierte en el equivalente al BCCH usado en GSM.

Para que el teléfono se mantenga conectado a una red 3G depende directamente de que los niveles de RSCP sean adecuados y sobretodo que el Ec/No sea estable, si el RSCP es bueno y el Ec/No es deficiente, el teléfono se desconectará de la red y buscará un servidor 2G al cual conectarse. Existe la posibilidad de que el teléfono vea niveles de RSCP bajos pero con Ec/No adecuado, entonces el teléfono se mantendrá de igual manera conectado a la red 3G. Para RSCP, el umbral mínimo establecido de CPICH es de aproximadamente -110 dBm (Conde, 2015).

CAPÍTULO 2

MEDICIONES INICIALES Y ANÁLISIS DE COBERTURA DE LAS VÍAS PROPUESTAS

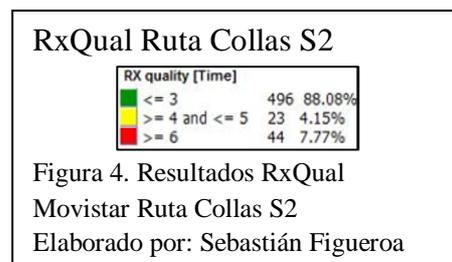
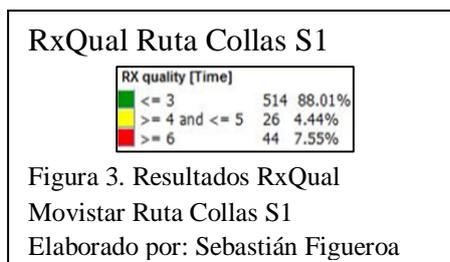
2.1. Mediciones 2G para Movistar

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en 2G para la operadora Movistar.

2.1.1. Ruta Collas

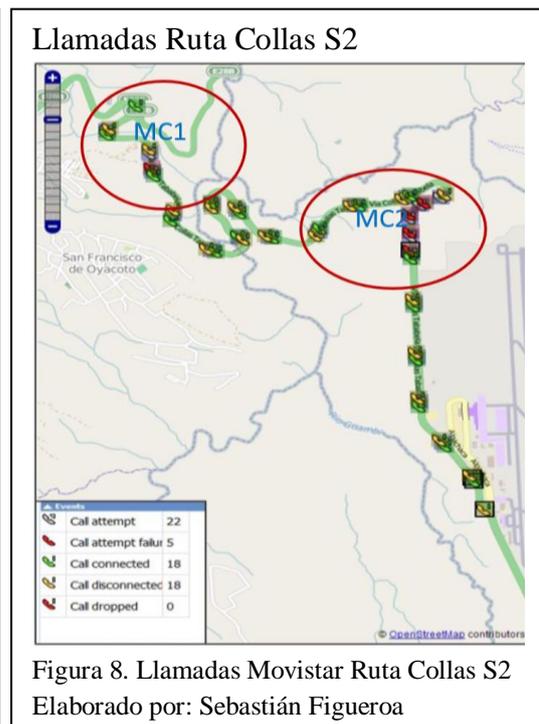
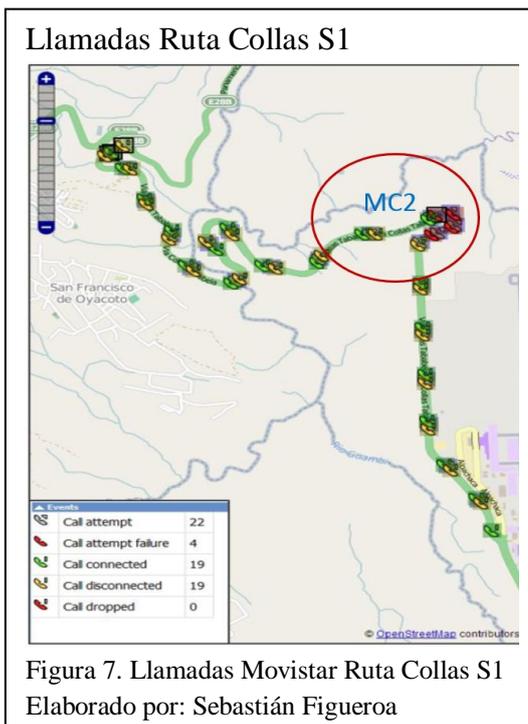
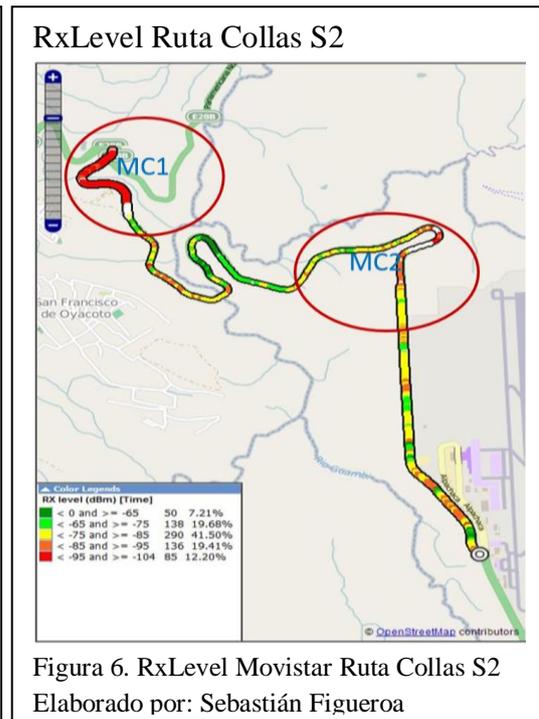
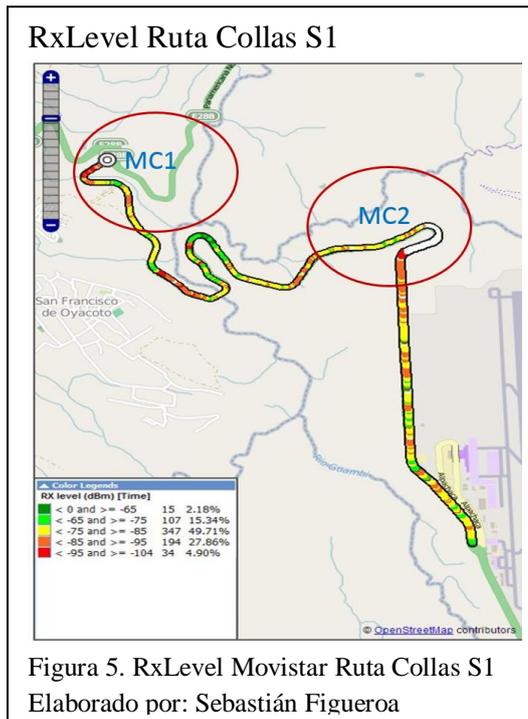
RxLevel En las figuras 5 y 6 se pueden observar los valores de potencia de recepción, las áreas encerradas muestran los valores deficientes, como se aprecia en la leyenda los valores que van desde -85dBm hasta -104 dBm requieren ser mejorados, adicionalmente, el color blanco que se ve dibujado en la vía, significa que el teléfono perdió conexión con las celdas debido a que el nivel de señal en las áreas indicadas es demasiado bajo, las zonas críticas son identificadas como MC1 y MC2.

RxQuality En las figuras 3 y 4 se observan los resultados de valores detectados de RxQuality, de acuerdo a lo revisado en la parte teórica, estos valores son medidos únicamente cuando se tiene establecida una llamada.



Llamadas Después de la revisión de los parámetros RxLevel y RxQuality, en la Ruta Collas, se verifica el comportamiento de la rutina de llamadas realizado durante el recorrido y como era de esperarse, la zona MC2 presenta problemas de acceso en las llamadas debido a la mala calidad de la señal en esa curva específicamente, se debe notar también que en la figura 7 se observa una zona MC1 con deficientes niveles de señal, y también se detecta en la figura 8 una llamada fallida en esa zona.

En la leyenda de las figuras se presenta el resumen de las llamadas realizadas a lo largo de la vía teniendo un número de llamadas fallidas similar en ambos sentidos.



2.1.2. Vía Pifo – Aeropuerto

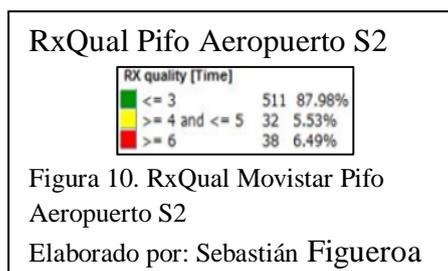
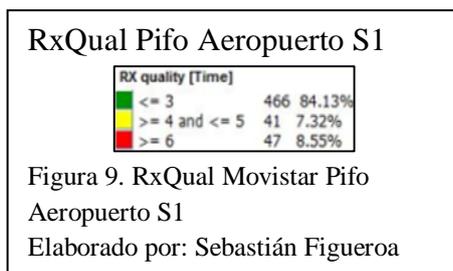
RxLevel En las figuras 11 y 12 se observan el RxLevel detectado en la vía en ambos sentidos, se puede apreciar en las leyendas que los valores desde 0dBm hasta -85dBm, en el sentido S1 suman un total de 54.78% del tiempo y en el sentido S2 un

total de 42.47% del tiempo, de esto se observa que más de la mitad del tiempo en la vía de casi 15Km, el RxLevel es inferior a -85dBm.

Debido a estos resultados se puede concluir que la vía requiere cobertura 2G en todo su recorrido desde el redondel de Pifo hasta el redondel del aeropuerto en Tababela.

En las figuras se observa también que en la zona MP2, el teléfono llega a desconectarse de la red, como se constató en el análisis de la vía anterior, este comportamiento deriva en fallas de acceso de llamadas.

Rx Quality El RxQual en la vía Pifo Aeropuerto para Movistar es bueno en general según se observa en las figuras 9 y 10, pero en la zona MP1 identificada en la figura. 11 se detecta una distancia muy larga sin mediciones y en la MP2, en especial, es una situación notablemente crítica ya que aproximadamente en 4.7 Km no se evidencian mediciones, esto debido a problemas en el establecimiento de llamadas como que se podrá verificar en las figuras 13 y 14 con el detalle del resumen de llamadas.



Llamadas Durante las pruebas de llamadas realizadas a lo largo de la vía se encuentra una zona totalmente crítica para el establecimiento de llamadas, la zona MP2 presenta fallas en las llamadas consecutivamente, esto la convierte en la zona más crítica revisada al momento.

En la zona MP1 también se detectan fallas en el establecimiento de llamadas, según el RxLevel detectado en la vía, los valores son totalmente deficientes y el problema en el establecimiento de llamadas era de esperarse.

Como se aprecia en las figuras 13 y 14 se tienen un total de 90 intentos de llamadas, con 55 intentos fallidos, es decir con un 61% de error en llamadas.

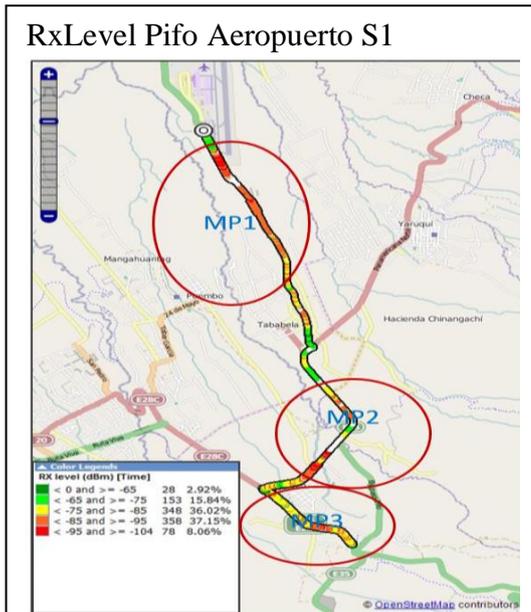


Figura 11. RxLevel Movistar Pifo Aeropuerto S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

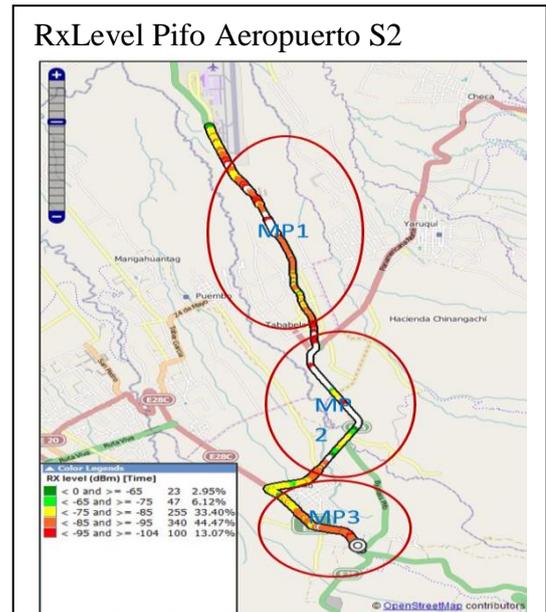


Figura 12. RxLevel Movistar Pifo Aeropuerto S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

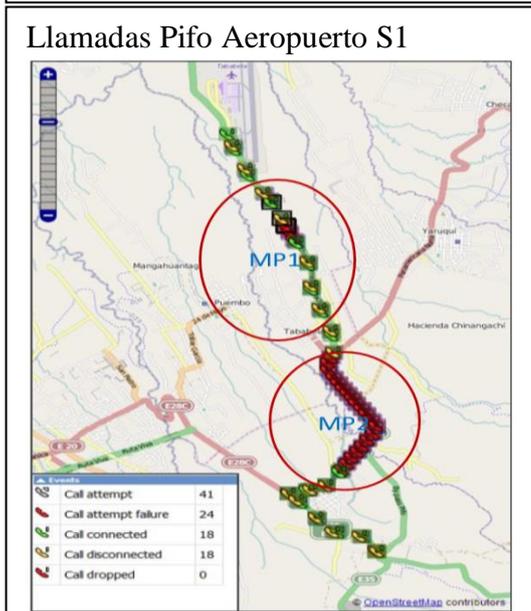


Figura 13. Llamadas Movistar Pifo Aeropuerto S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

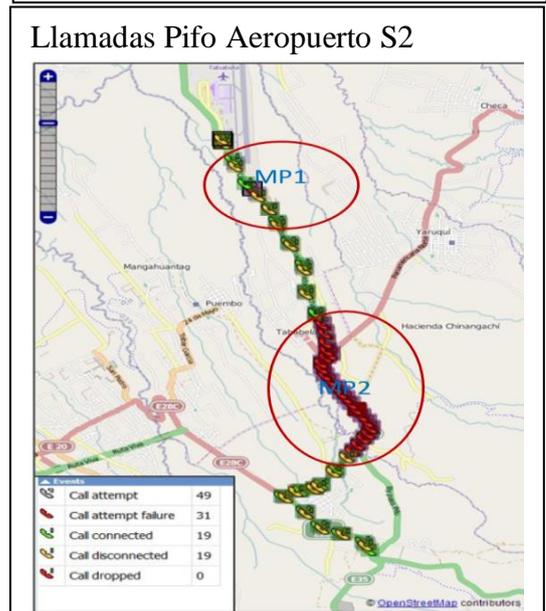


Figura 14. Llamadas Movistar Pifo Aeropuerto S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

2.1.3. Ruta Viva

RxLevel En la figura 15 se aprecia el Rxlevel en la Ruta Viva yendo hacia la Av. Simón Bolívar o sentido S1 de acuerdo a lo establecido en la tabla 1, para esta vía se observa que el 70% del tiempo, el teléfono recibe niveles comprendidos entre -85 dBm y -104 dBm a lo largo de la vía.

Se identifican las zonas críticas encontrando 4 zonas con niveles deficientes las cuales se repetirán en la figura 16.

Para la zona MV1 se observa incluso que el teléfono pierde su conexión y ya no se detectan niveles de señal, esto ocasiona caídas en las llamadas y fallas en el establecimiento de las mismas.

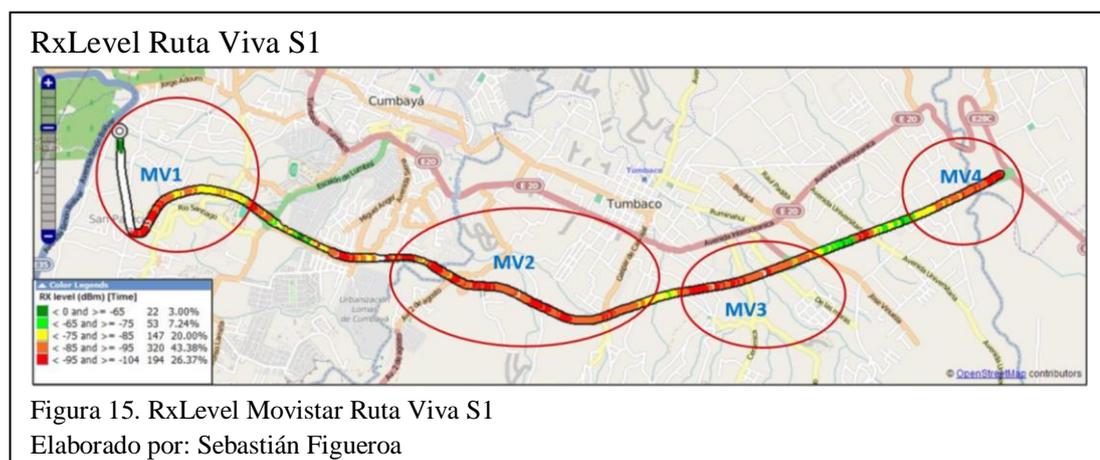
En la figura 16, los valores de RxLevel detectados en el sentido S2 (hacia la Av. Interoceánica), se identifican las mismas zonas críticas como en la figura 15.

Llamadas En el sentido S1 de la Ruta Viva se observa un total de 7 intentos de llamadas fallidos casi todos se generan en la zona MV1 y una de ellas se presenta en cerca de la zona MV2.

En función de esto y considerando las figuras 17 y 18, se determina que la zona MV1 y la zona MV2 son las más críticas, pero toda la Ruta Viva necesita mejorar sus parámetros en 2G ya que se detectan 7 fallas en llamadas en el sentido S1 y 6 llamadas fallidas en el sentido S2.

RxQuality En las figuras 19 y 20 se observan los resultados de esta medición y se asegura que no se muestran mediciones en el área donde las llamadas no se lograron completar, de todas maneras los valores detectados de RxQuality son bastante aceptables a lo largo de toda la vía.

Después del análisis de los valores de RxLevel y llamadas, la zona MV1 es la zona más crítica en la Ruta Viva, pero toda la vía requiere que se mejore el nivel de la señal, mejorando este parámetro, los inconvenientes que se detectan a lo largo de la ruta serán corregidos.



RxLevel Ruta Viva S2



Figura 16. RxLevel Movistar Ruta Viva S2

Elaborado por: Sebastián Figueroa

Llamadas Ruta Viva S1

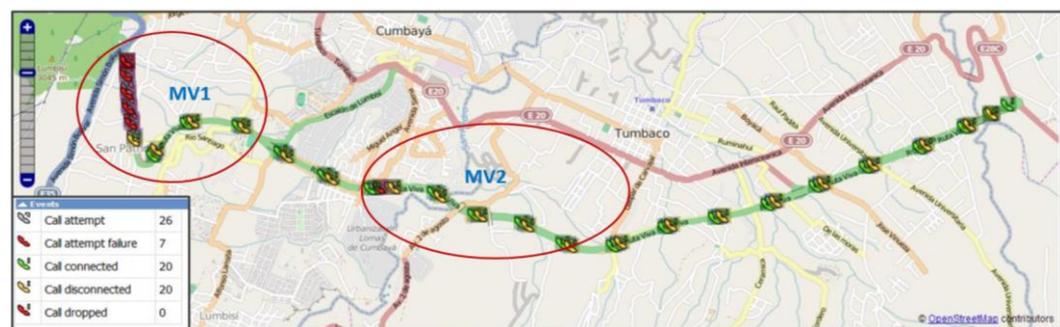


Figura 17. Llamadas Movistar Ruta Viva S1

Elaborado por: Sebastián Figueroa

Llamadas Ruta Viva S2

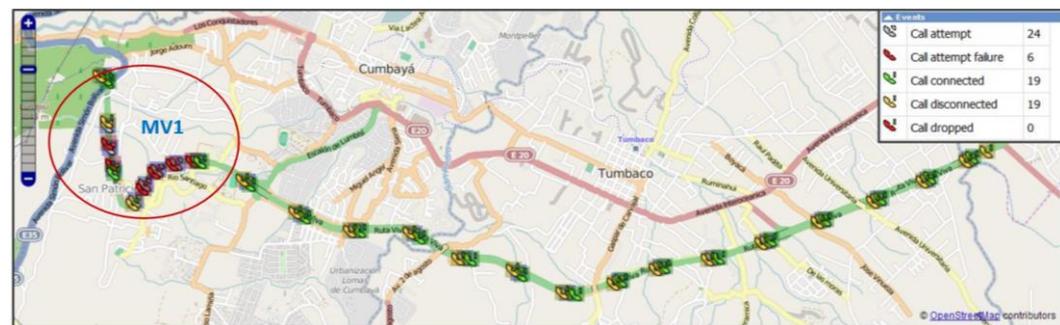


Figura 18. Llamadas Movistar Ruta Viva S2

Elaborado por: Sebastián Figueroa

RxQual Ruta Viva S1

RX quality [Time]	
≤ 3	545 87.65%
$\ge 4 \text{ and } \le 5$	36 5.87%
≥ 6	40 6.49%

Figura 19. RxQual Movistar Ruta Viva S1

Elaborado por: Sebastián Figueroa

RxQual Ruta Viva S2

RX quality [Time]	
≤ 3	478 83.15%
$\ge 4 \text{ and } \le 5$	35 6.14%
≥ 6	62 10.71%

Figura 20. RxQual Movistar Ruta Viva S2

Elaborado por: Sebastián Figueroa

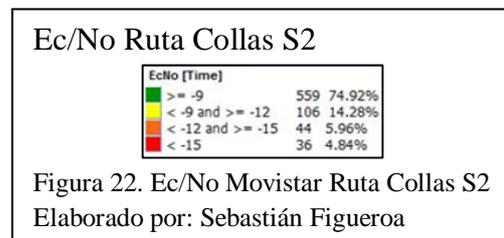
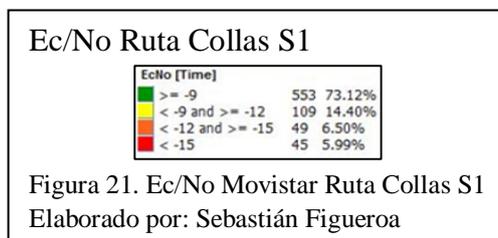
2.2. Mediciones 3G para Movistar

A continuación se empieza con el análisis de las mediciones realizadas en 3G para Movistar, se mantendrá con la misma nomenclatura para identificar las zonas críticas.

2.2.1. Ruta Collas

RSCP Como se revisó en la parte teórica, para que el teléfono se mantenga conectado en la tecnología de 3G depende de los valores de RSCP y de Ec/No y como se observa en las figuras 23 y 24, se alcanza un máximo de 57% del tiempo que el teléfono detecta valores de hasta -90dBm, sin embargo, el problema de cobertura en 3G depende directamente también del parámetro Ec/No.

Ec/No Para los valores de Ec/No en la Ruta Collas, se muestran los resultados en las figuras 21 y 22. Para que el teléfono se mantenga conectado a 3G, se requiere de un valor mínimo de -15dB, cuando el teléfono observa un valor inferior, suele buscar un servidor en 2G, al tener malos valores de Ec/No y bajos niveles de RSCP, es la razón para que se generen fallas en las llamadas como se observa en las figuras 25 y 26.



Llamadas En las figuras 25 y 26, se pueden apreciar que efectivamente en las zonas MC1 y MC2 hay problemas en el establecimiento de llamadas, también se puede apreciar que se presentaron 2 eventos de caídas de llamada (Dropped Call). Por tanto las zonas MC1 y MC2 en definitiva requieren de una solución de cobertura en ambas tecnologías (2G y 3G).

La solución que se va a proponer se enfocará en optimizar los recursos para lograr que con un mismo equipo se pueda amplificar ambas tecnologías, lo más importante es considerar que va a ser necesario mezclar dichas señales mediante arreglos de elementos pasivos como combinadores y/o splitters.

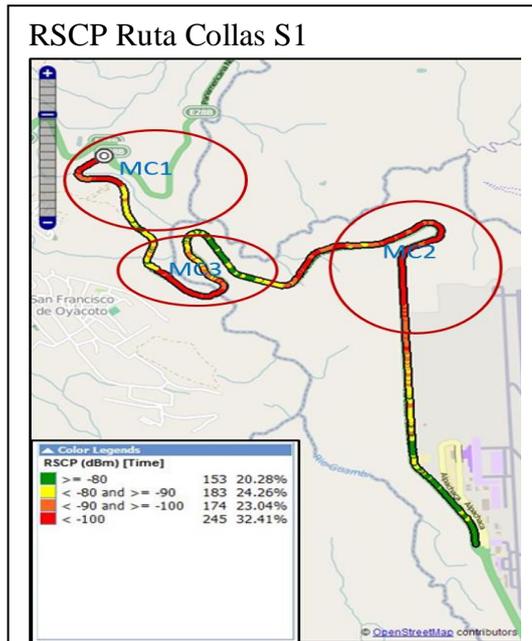


Figura 23. RSCP Movistar Ruta Collas S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

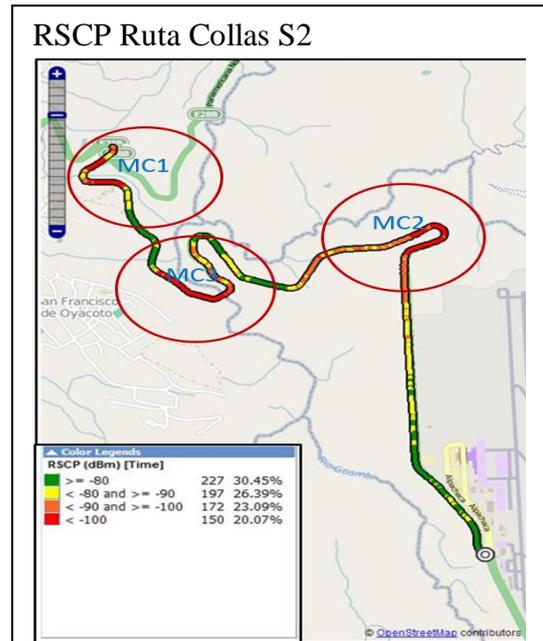


Figura 24. RSCP Movistar Ruta Collas S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

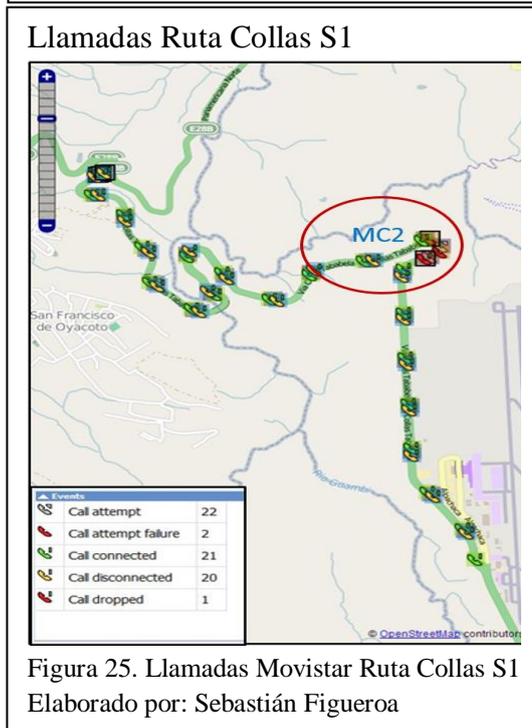


Figura 25. Llamadas Movistar Ruta Collas S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

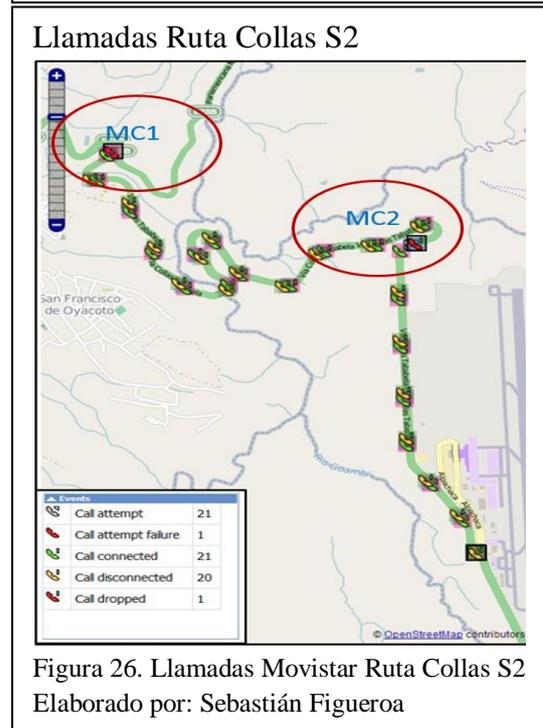


Figura 26. Llamadas Movistar Ruta Collas S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

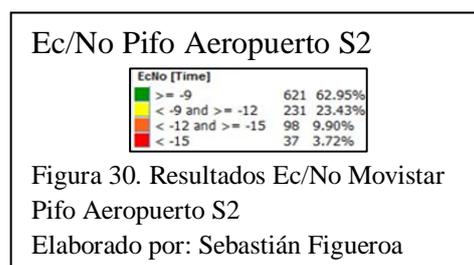
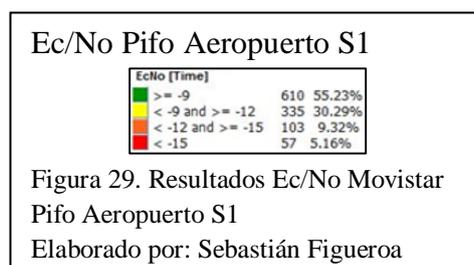
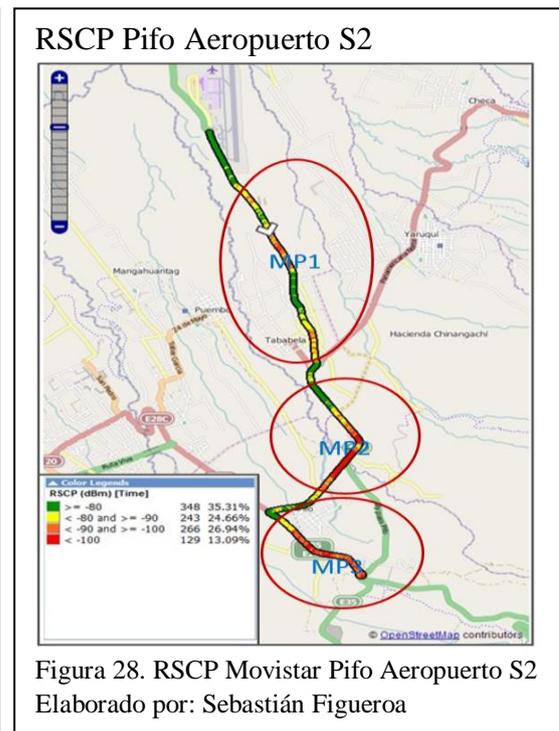
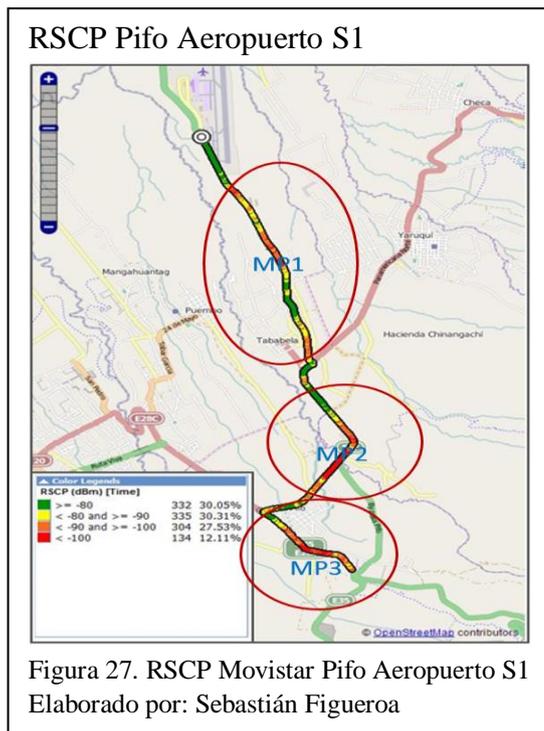
2.2.3 Vía Pifo – Aeropuerto

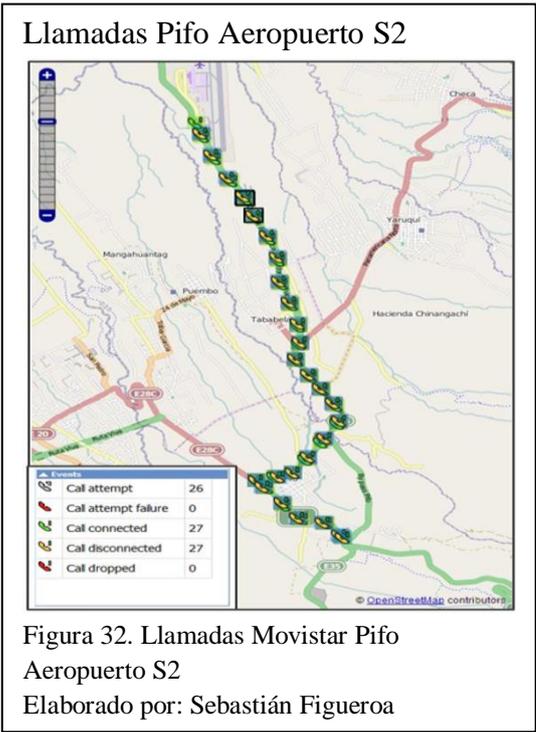
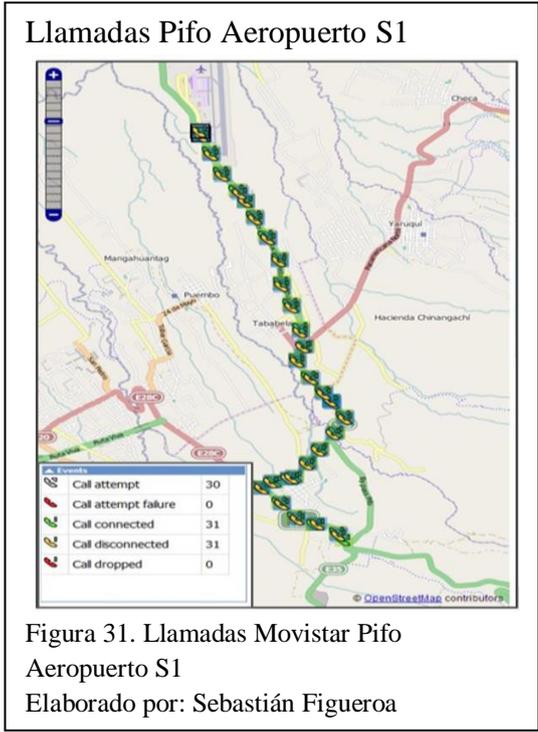
RSCP En la vía Pifo Aeropuerto se detectan valores de RSCP de hasta -90dBm en la vía por un máximo de 60% del tiempo, pero los valores entre -90dBm y -100dBm en la vía tienen aproximadamente un total de muestras en el tiempo de 26% lo que deja a los valores inferiores a -100dBm con un total de hasta 13%, lo mencionado se puede apreciar en las figuras 27 y 28.

Con los niveles de RSCP indicados, dependerá únicamente del Ec/No que detecte el teléfono para mantenerse enganchado a la red 3G y este parámetro será el indicador de los problemas que puedan presentarse en las llamadas.

Ec/No En las figuras 29 y 30 se observan los valores de Ec/No en la vía, en ellas se puede notar que los valores deficientes o los valores inferiores a -15dB se encuentran por hasta 5% del tiempo a lo largo de la vía, con estos resultados se determina que la cobertura en 3G es bastante buena, con esto es poco probable que existan inconvenientes en las llamadas como se comprueba en las figuras 31 y 32.

Llamadas A comparación de las pruebas de llamadas en 2G, la vía Pifo Aeropuerto en 3G se muestra bastante estable, en las leyendas de las figuras 31 y 32 se puede observar que no hay eventos en las llamadas a lo largo de la vía. La no existencia de eventos de llamadas fallidas o llamadas caídas se debe a que la relación entre valores de RSCP y Ec/No es buena.





2.2.4. Ruta Viva

RSCP Para la Ruta Viva se pueden apreciar los valores detectados de RSCP en las figuras 33 y 34, en ellas los porcentajes de tiempo que se ven valores inferiores a -100dBm llegan a un máximo de 6% en el sentido S1 y de 4% en el sentido S2, los valores entre -90dBm y -100dBm, en ambos sentidos se tiene un porcentaje de 23%, dejando a los valores buenos de hasta -90dBm con un total superior al 70% del tiempo en la vía. De acuerdo a la teoría, el teléfono se mantendrá enganchado a 3G según los valores de Ec/No detectados.

Ec/No En las figuras 35 y 36 se observa el comportamiento de los niveles detectados de Ec/No, como indican las figuras, los valores deficientes o valores inferiores a -15dB apenas llegan al 2%, es decir, el teléfono intentará conectarse a un servidor 2G solo en una mínima parte del tiempo.

Llamadas Los resultados de las pruebas de llamadas realizadas en la Ruta Viva con el teléfono forzado a 3G se observan en las figuras 37 y 38, como se menciona en el análisis del Ec/No en la Ruta Viva, era poco probable que se presenten inconvenientes en el establecimiento de llamadas y efectivamente en las leyendas se

aprecia que no se presentaron eventos ni de fallas de establecimiento de llamadas ni de llamadas caídas.

Por lo analizado anteriormente, no existen zonas críticas para 3G y no requieren alguna propuesta de solución de cobertura, las Radio Bases 3G cercanas a la vía están cubriendo satisfactoriamente y la calidad de señal reflejada en el Ec/No de igual manera es adecuada.

A pesar de lo mencionado, aún existen pequeños tramos con valores deficientes pero pueden ser mejorados ajustando parámetros físicos o lógicos en las RBS, estos pueden ser cambios en la configuración física de las antenas o variaciones en la potencia de los equipos.

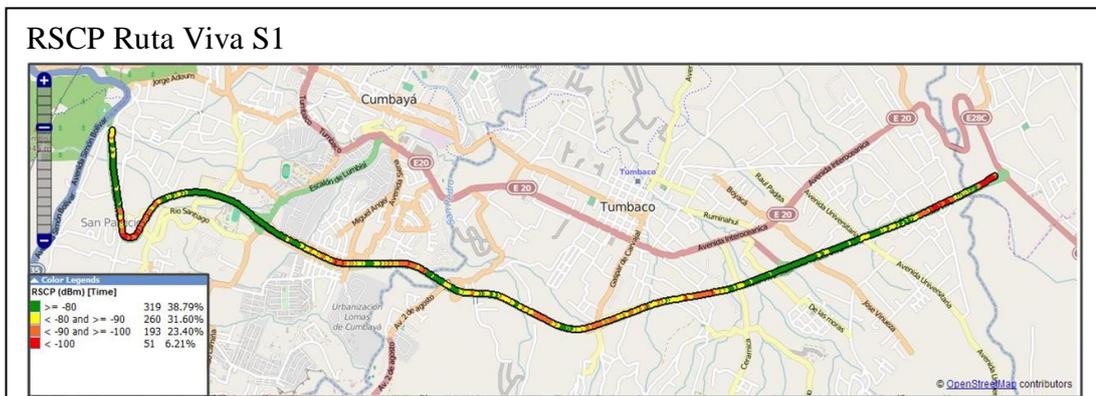


Figura 33. RSCP Movistar Ruta Viva S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

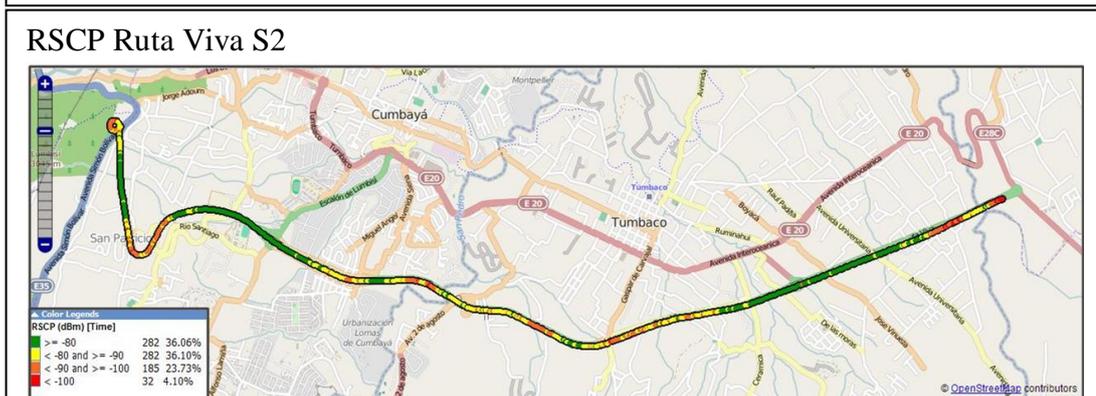


Figura 34. RSCP Movistar Ruta Viva S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

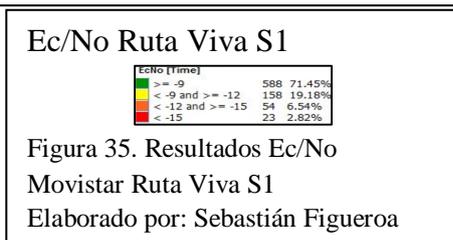


Figura 35. Resultados Ec/No Movistar Ruta Viva S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

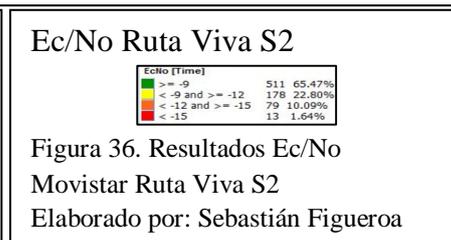


Figura 36. Resultados Ec/No Movistar Ruta Viva S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

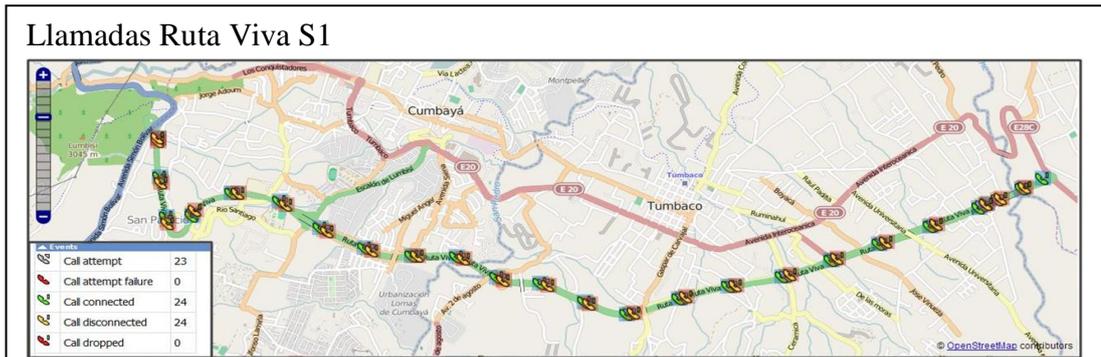


Figura 37. Llamadas Movistar Ruta Viva S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

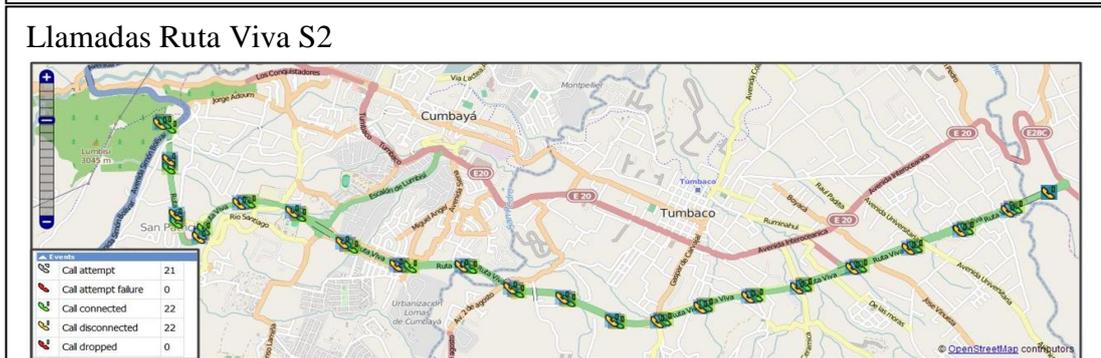


Figura 38. Llamadas Movistar Ruta Viva S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

2.3. Mediciones 2G para Claro

Para la operadora Claro se realizaron mediciones con la misma metodología realizada para Movistar y el análisis se lo realizó de manera similar, identificando las zonas críticas para buscar una posible solución.

2.3.1. Ruta Collas

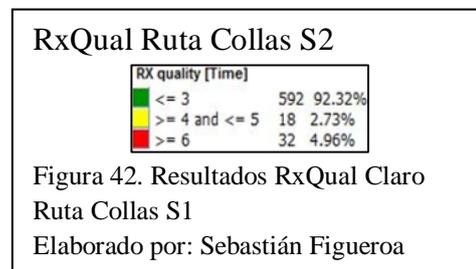
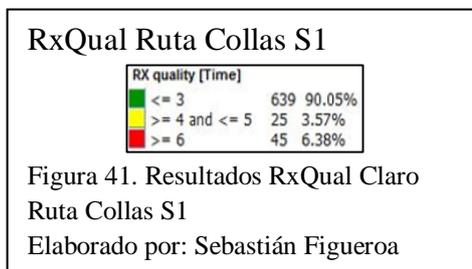
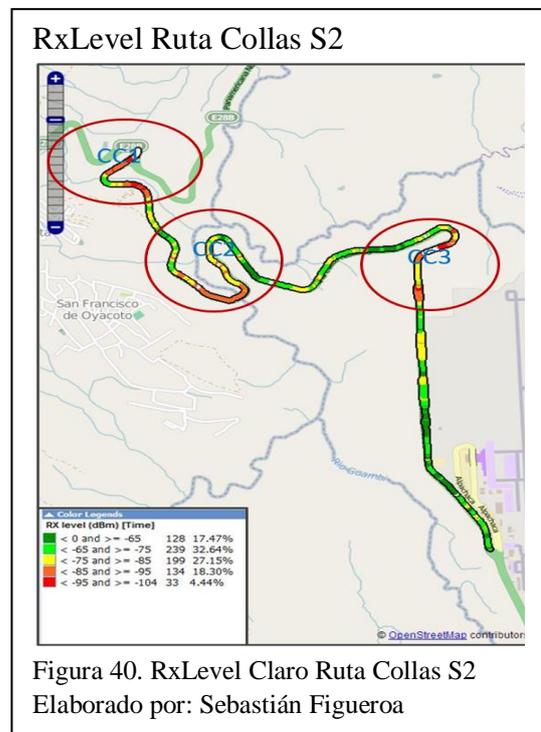
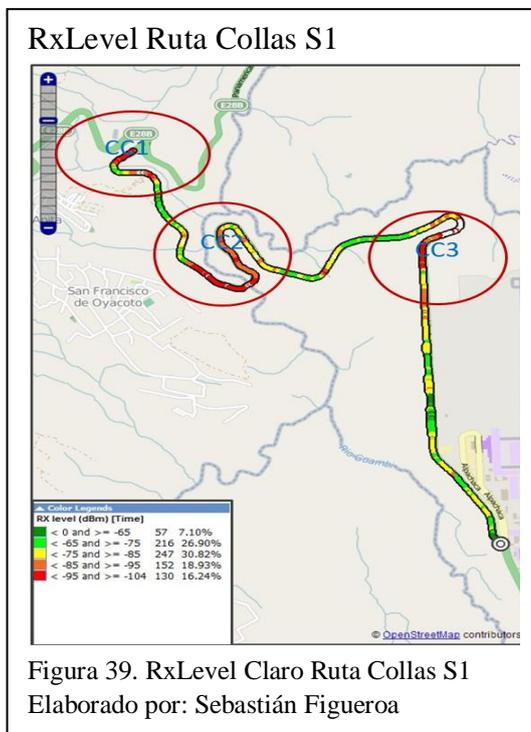
RxLevel Los niveles de potencia recibidos en el teléfono forzado a 2G, se observan en las figuras 39 y 40, en ellas se aprecia que las zonas críticas son comunes con Movistar, se identifican las zonas CC1, CC2 y CC3, en estas zonas se encuentran acumuladas el mayor número de muestras con valores entre -85dBm y -104dBm e incluso inferiores sumando un total de casi 35% del tiempo.

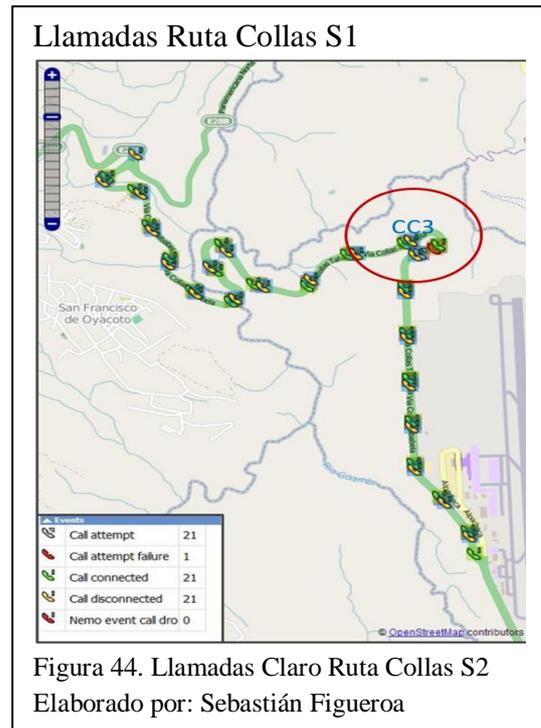
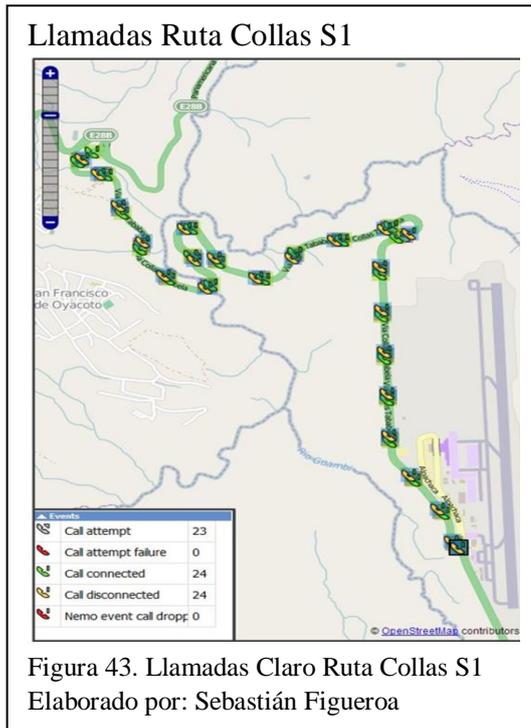
RxQuality en las figuras 41 y 42 se observan los resultados de este parámetro detectados en los trayectos, donde 0 es el mejor y 7 el peor. Los resultados son bastante aceptables ya que en ambos sentidos se mantienen con valores menores e

iguales a tres la mayor parte del tiempo, exactamente más del 90% del tiempo se observan estos niveles.

Llamadas Los resultados de la rutina de llamadas realizadas en la vía, se pueden encontrar en las figuras 43 y 44, en ellas se tiene un único evento de intento de llamada fallido registrado en la zona CC3.

En comparación con los resultados de Movistar, en el mismo escenario se encontraron 4 y 5 intentos de llamadas fallidos, casi todos en la zona equivalente a la zona CC3, por lo tanto se puede deducir que el servicio en GSM que presta Claro en la Ruta Collas es mejor que el prestado por Movistar.





2.3.2. Vía Pifo Aeropuerto

RxLevel Los resultados de las mediciones realizadas en la vía Pifo Aeropuerto se encuentran en las figuras 45 y 46, en estas se aprecia que los valores comprendidos entre 0dbm y -85dBm en el sentido S1 suman 85.87% del tiempo y en el sentido S2 suman 83.5% del tiempo, los valores regulares o los comprendidos entre -85dBm y -95dBm llegan a un máximo de 15% del tiempo y los valores malos o superiores a -95dBm apenas superan el 1%.

Las mediciones de RxLevel en la zona indican que la vía está cubierta satisfactoriamente, después de analizar los resultados de los otros parámetros de cobertura se podrá determinar si es necesaria una solución en la vía.

RxQuality En las figuras 47 y 48 se observan los resultados de calidad de la señal en GSM, se observa en el resumen que hay un poco más de 2.5% del tiempo con valores de 6.

Llamadas En las pruebas de llamadas no se detectan eventos en ninguno de los sentidos, ya que en el análisis realizado, no se encontraron mayores inconvenientes según se aprecia en las figuras 49 y 50. Con estos resultados, se puede concluir que la vía Pifo Aeropuerto no necesita de alguna solución 2G para Claro.

RxLevel Pifo Aeropuerto S1

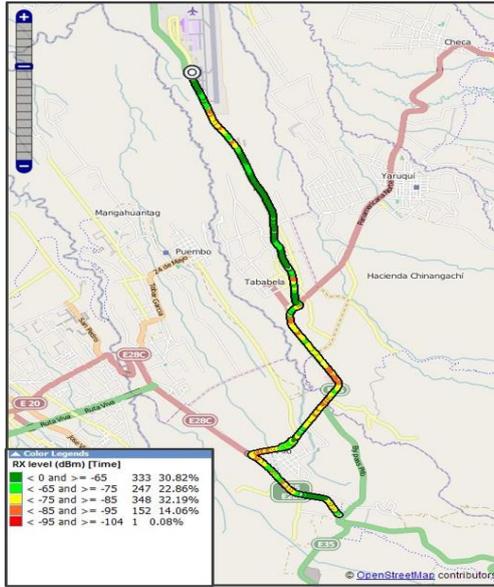


Figura 45. RxLevel Claro Pifo Aeropuerto S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

RxLevel Pifo Aeropuerto S2

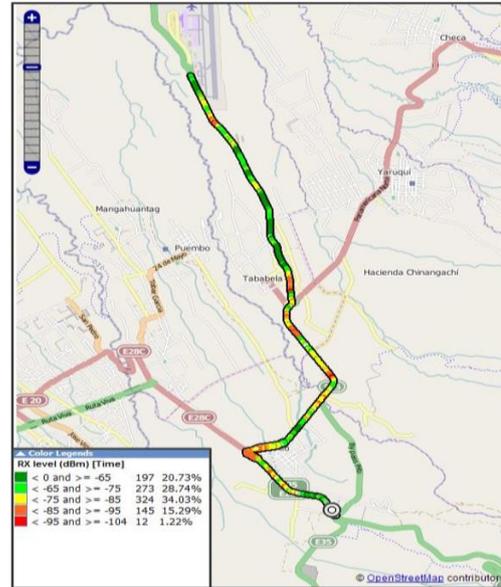


Figura 46. RxLevel Claro Pifo Aeropuerto S2

RxQual Pifo Aeropuerto S1

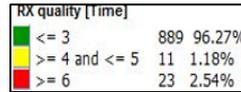


Figura 47. Resultados RxQual Claro Pifo Aeropuerto S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

RxQual Pifo Aeropuerto S2

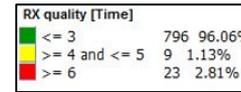


Figura 48. Resultados RxQual Claro Pifo Aeropuerto S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

Llamadas Pifo Aeropuerto S1

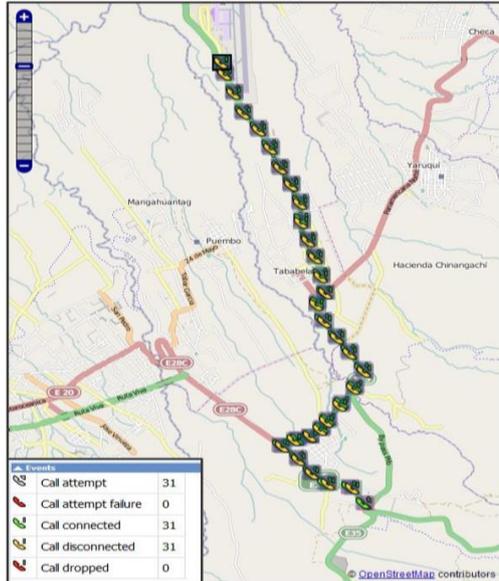


Figura 49. Llamadas Claro Pifo Aeropuerto S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

Llamadas Pifo Aeropuerto S2

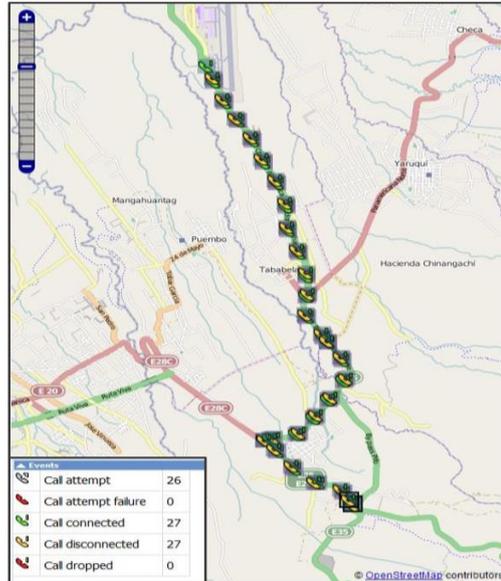


Figura 50. Llamadas Claro Pifo Aeropuerto S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

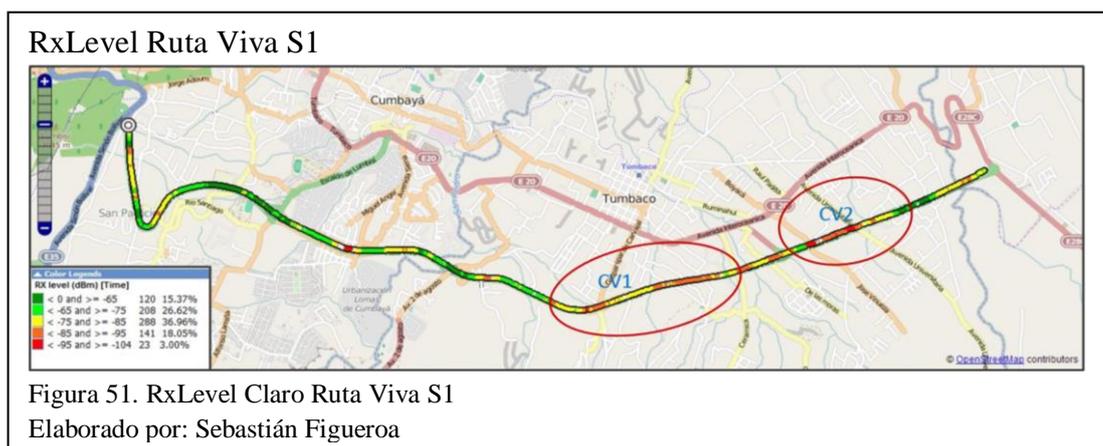
2.3.3. Ruta Viva

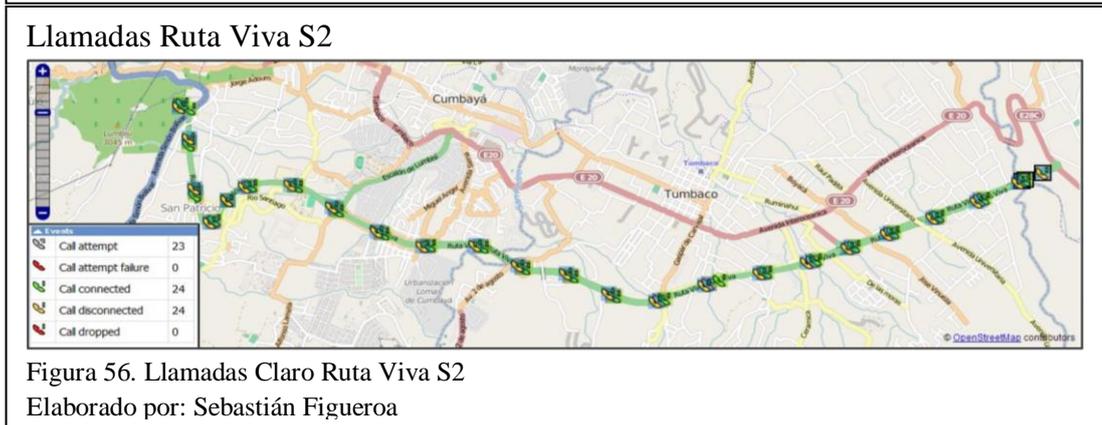
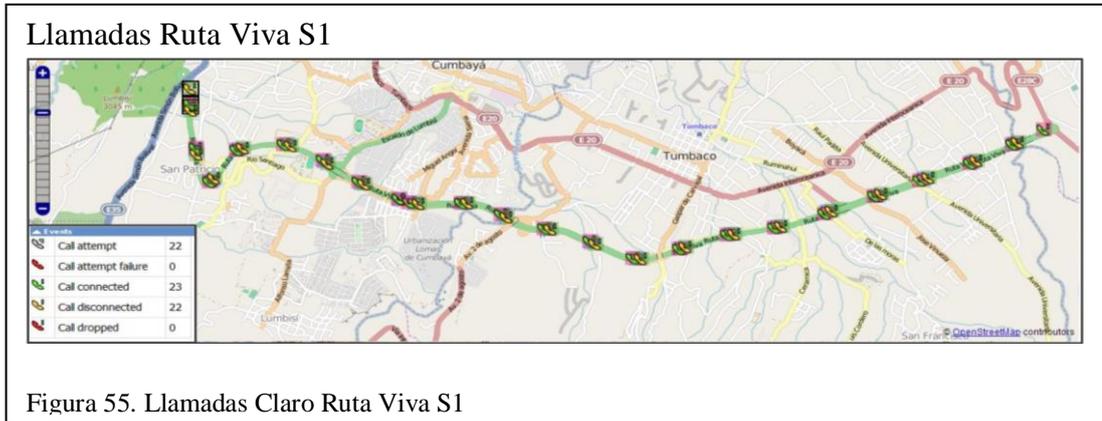
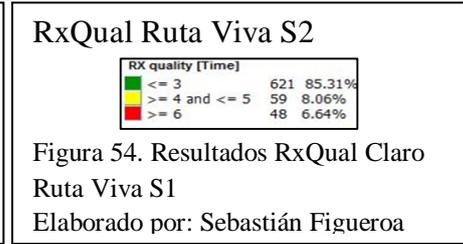
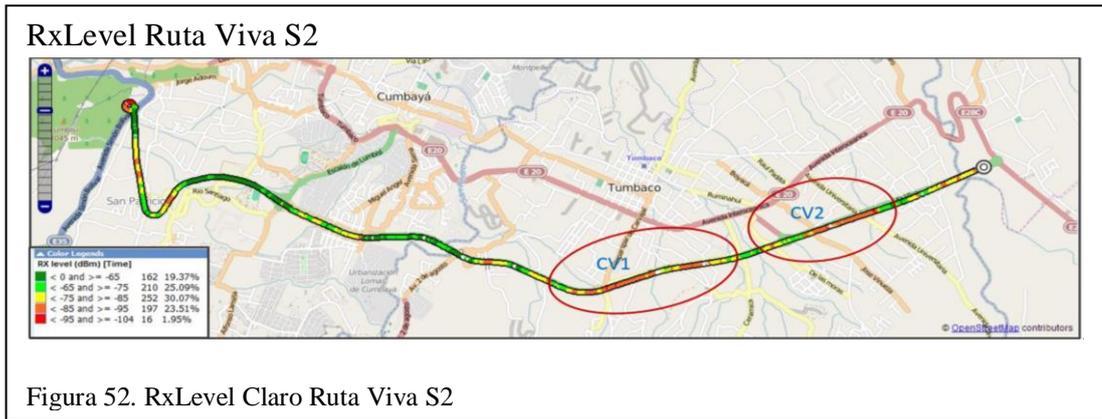
RxLevel En la Ruta Viva se detectaron dos zonas que presentan niveles degradados, CV1 y CV2, en las figuras 51 y 52 se puede encontrar los resultados de las mediciones, los valores que llegan hasta -85dBm suman un total de 78,95% y 74,53% del tiempo, por otro lado, en las zonas críticas identificadas como CV1 y CV2, se encuentran acumulados los valores regulares comprendidos entre -85dBm y -95dBm con un 18% y 23%, los valores considerados malos o inferiores a -95dBm cuentan con un 3% y 1.95% del tiempo respectivamente en cada uno de los sentidos.

Las zonas críticas a pesar de contener niveles ligeramente degradados, no presentan cortes de servicio, o el teléfono nunca pierde conexión a la red GSM.

RxQuality Como se muestra en las figuras 53 y 54, en general, la calidad no presenta mayor inconveniente teniendo un 89.86% y un 85.31% de tiempo con valores buenos, los valores regulares se detectan durante 5,12% y 8,06% del tiempo que dura la medición.

Llamadas Al igual que en la vía Pifo Aeropuerto, no se encuentran eventos de intentos de llamadas fallidos, ni de llamadas caídas, en las figuras 55 y 56 se aprecian los resultados.





2.4. Mediciones 3G para Claro

Al igual que el análisis realizado a la operadora Movistar, para Claro se realizaron mediciones en ambas tecnologías por lo tanto a continuación se analizan los resultados obtenidos de las mediciones 3G, de igual manera se mantendrá la misma nomenclatura para identificación de zonas críticas.

2.4.1. Ruta Collas

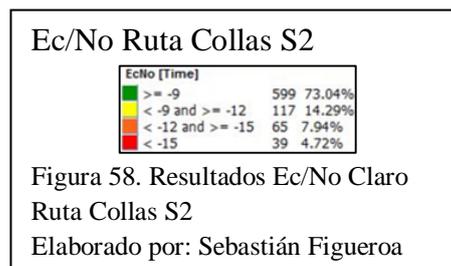
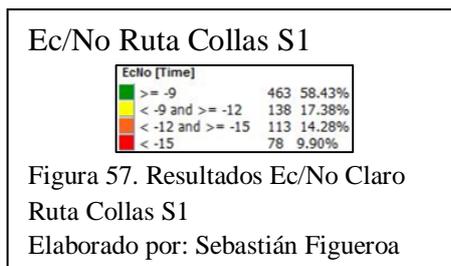
Se realizan las correspondientes mediciones con los teléfonos bloqueados a la tecnología 3G que brinda Claro, la Ruta Collas por ser una vía nueva, presenta condiciones de cobertura similares para las dos operadoras y las mediciones muestran a las zonas críticas en los mismos lugares que se encontraron con Movistar.

La Ruta Collas atraviesa una superficie compuesta por diversas fallas orográficas lo que la convierte en una vía complicada para la propagación de las varias señales en la banda de 850MHz y 1900MHz donde brindan servicio las operadoras ya que a mayor frecuencia se tiene menor propagación.

RSCP Las zonas críticas de cobertura se observan en las figuras 59 y 60, las curvas de las zonas CC1, CC2 y CC3 son las zonas identificadas con problemas de cobertura, en estas zonas se concentra la mayor cantidad de muestras con valores de RSCP inferiores a -90dBm incluso inferiores a -100dBm. Estos valores se considerados como malos para la cobertura en 3G.

Ec/No Los resultados de las mediciones de la calidad de señal en la Ruta Collas se aprecia en las figuras 57 y 58, según las mediciones se observa que entre el 75% y 87% del tiempo se detectan niveles muy buenos y buenos comprendidos desde 0dB hasta los 12dB, lo que indica que las zonas identificadas en las figuras 57 y 58 requieren una mejora.

Llamadas En el sentido S1 en la Ruta Collas se encuentra que efectivamente se presentan eventos en las llamadas, uno en la zona CC2 de intento fallido de llamada y uno de llamada caída en la zona CC3, lo que evidencia que en las zonas mencionadas se necesita algún tipo de solución de cobertura, y estos resultados de llamadas se pueden ver en las figuras 61 y 62.



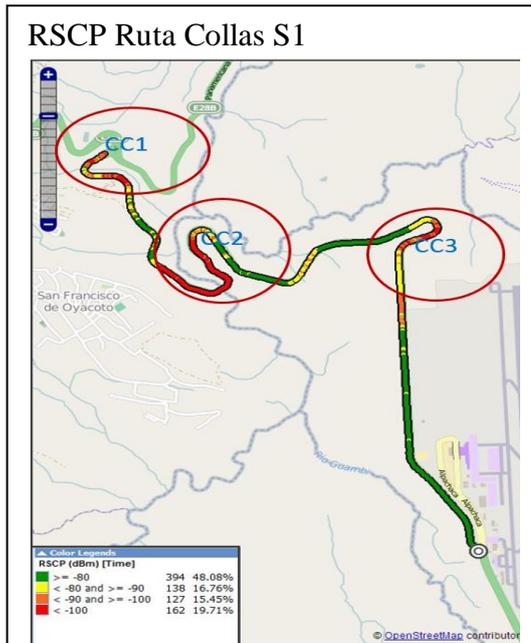


Figura 59. RSCP Claro Ruta Collas S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

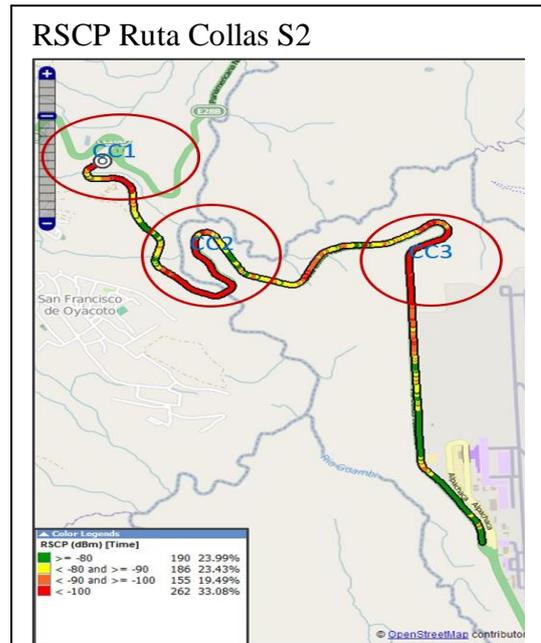


Figura 60. RSCP Claro Ruta Collas S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

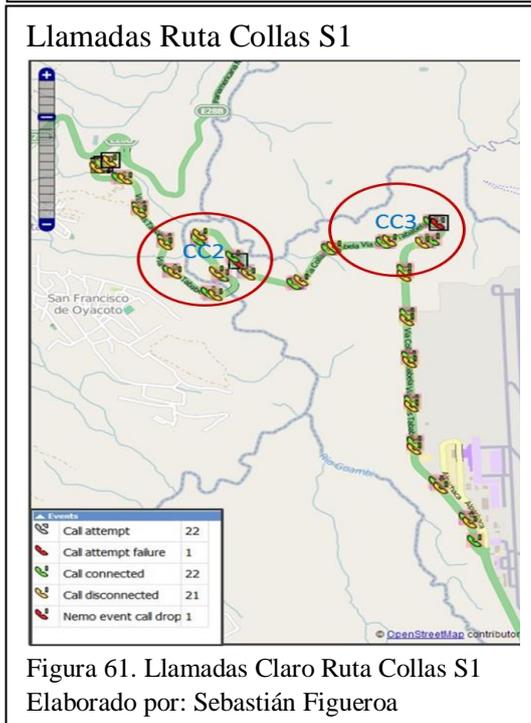


Figura 61. Llamadas Claro Ruta Collas S1
Elaborado por: Sebastián Figueroa

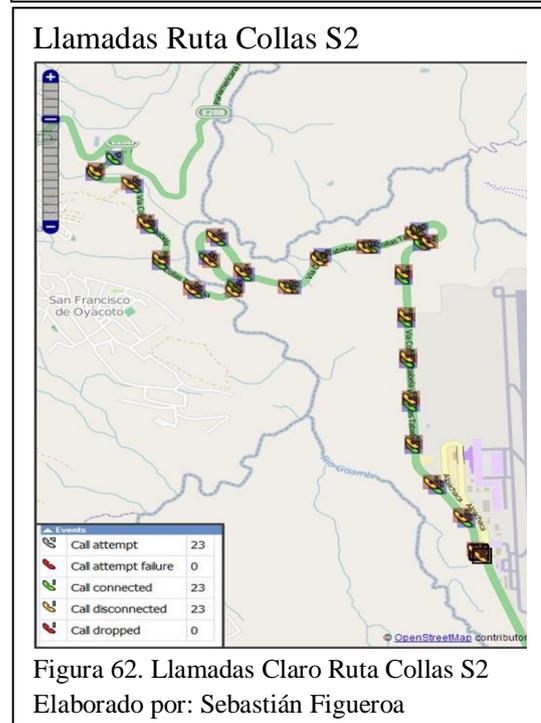


Figura 62. Llamadas Claro Ruta Collas S2
Elaborado por: Sebastián Figueroa

2.4.2. Vía Pifo Aeropuerto

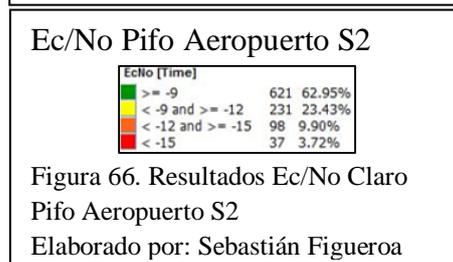
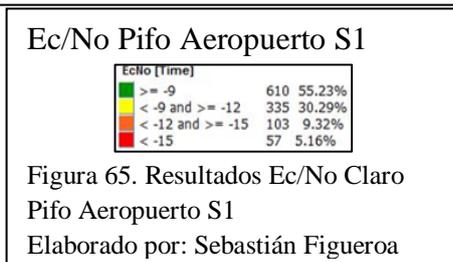
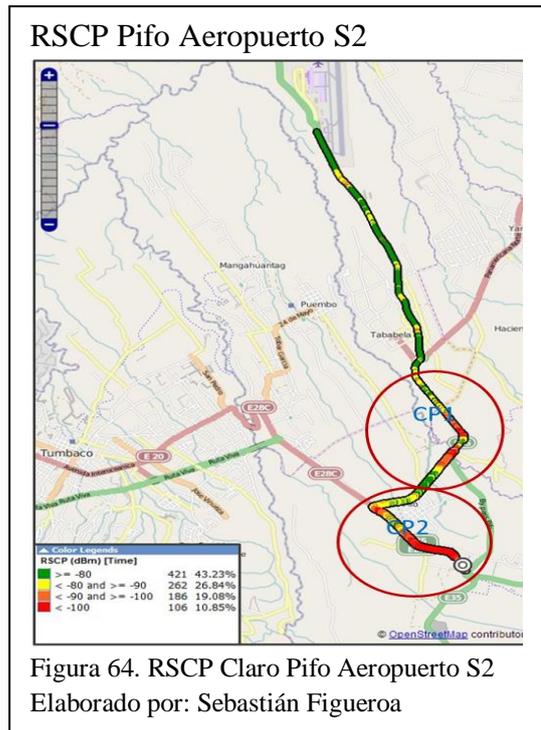
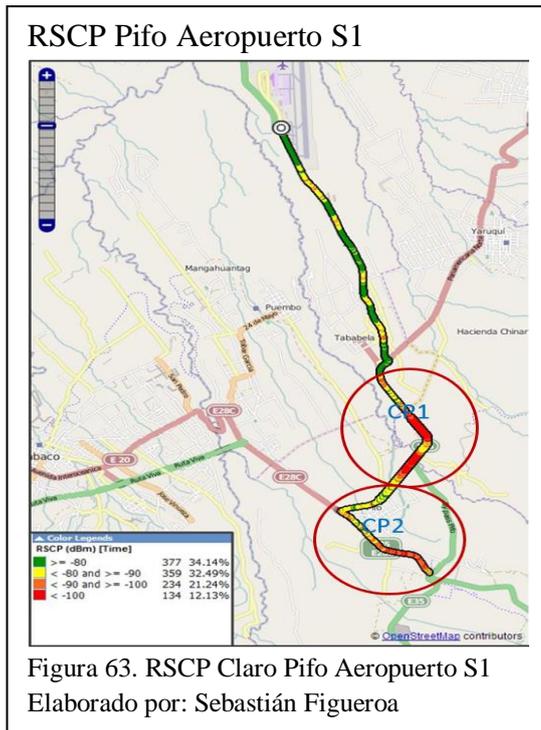
RSCP Para la vía Pifo Aeropuerto, se han encontrado las zonas CP1 y CP2 que se consideran zonas críticas y se las puede observar en las figuras 63 y 64, en estas se acumulan la mayor cantidad de valores inferiores a -90 dBm incluso valores inferiores a -100 dBm. Se identifican únicamente en estas dos zonas valores

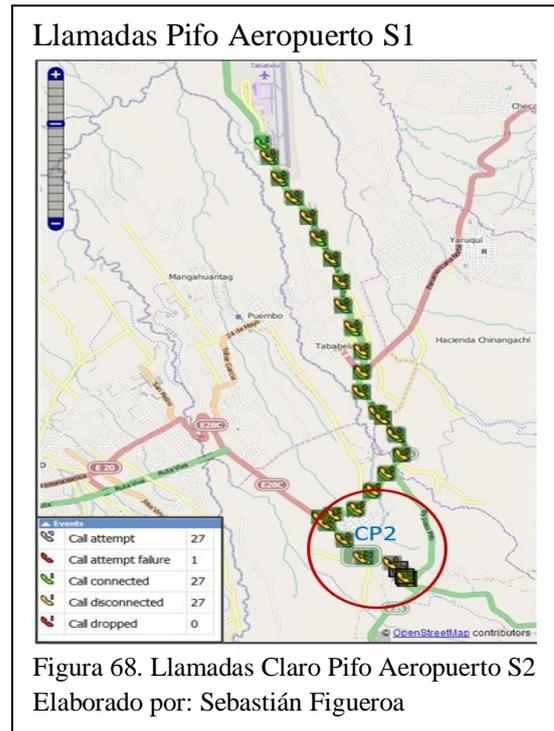
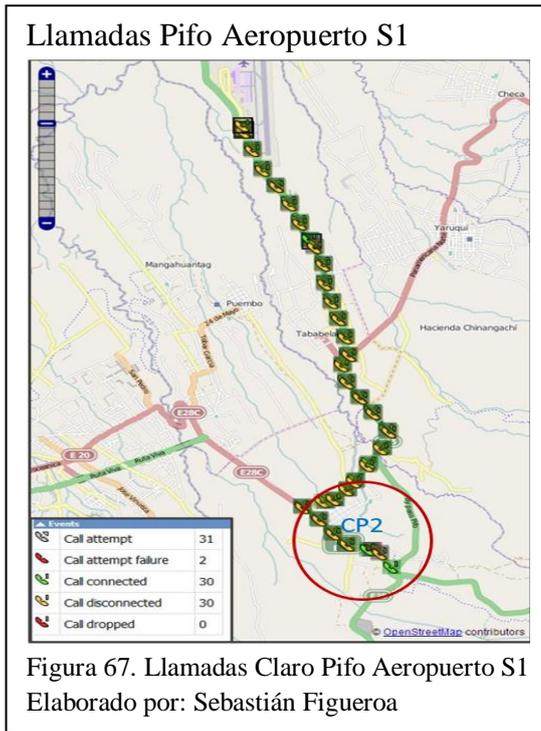
degradados respecto al resto de la vía donde se presentan valores muy buenos, los que se identifican con los colores verde y amarillo.

Ec/No En las figuras 65 y 66 se observan los resultados de las mediciones de Ec/No, a pesar de que en general la calidad de la señal es muy buena, se puede asegurar que los porcentajes de mediciones con valores malos se deben localizar en las zonas críticas identificadas en las figuras 63 y 64.

Llamadas Como se menciona en el análisis de cobertura y calidad de la señal, las zonas CP1 y CP2 son las zonas identificadas como críticas en esta vía, por lo tanto se encuentran eventos de intentos de llamadas fallidas en la zona CP2 en ambos sentidos. En las figuras 67 y 68 se observa lo mencionado.

Después del análisis de resultados, se determina que la vía requiere una solución de cobertura en las zonas críticas CP1 y CP2, a pesar de que en 2G la vía se presentaba estable, se revisará una solución de cobertura para estos huecos que existen en 3G.

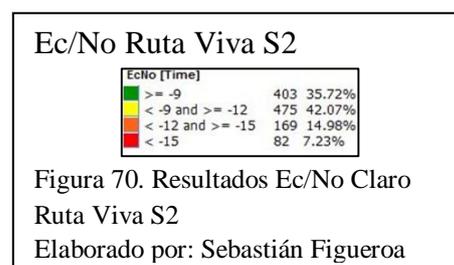
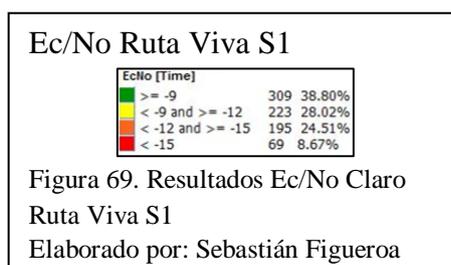




2.4.3. Ruta Viva

RSCP y Ec/No En las figuras 71 y 72 se pueden observar los resultados de las mediciones de RSCP en la Ruta Viva los cuales son bastante buenos en comparación a las otras vías analizadas ya que casi el 82% y 87% del tiempo se obtienen muestras de hasta -90dBm y apenas el 2,96% del tiempo se detectan niveles deficientes en un sentido y el 1,13% en el otro sentido. Para la calidad de la señal, en las figuras 69 y 70 se observa que hay porcentajes de tiempo, un poco elevados, con niveles malos, en general la calidad en 3G es aceptable, sin embargo se buscará una solución para mejorar las zonas previamente identificadas.

Llamadas En la Ruta Viva no se detectan eventos en las pruebas realizadas para llamadas como se puede apreciar en las figuras 73 y 74. Claramente se observa que hay cero eventos de intentos de llamada fallidos y cero eventos de llamadas caídas.



RSCP Ruta Viva S1

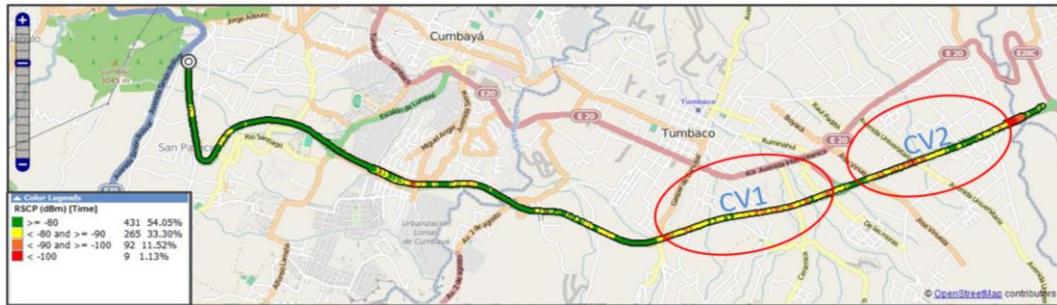


Figura 71. RSCP Claro Ruta Viva S1

Elaborado por: Sebastián Figueroa

RSCP Ruta Viva S2

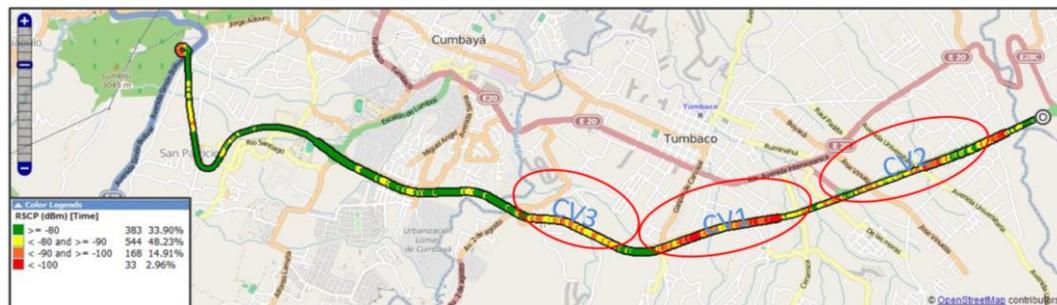


Figura 72. RSCP Claro Ruta Viva S2

Elaborado por: Sebastián Figueroa

Llamadas Ruta Viva S1

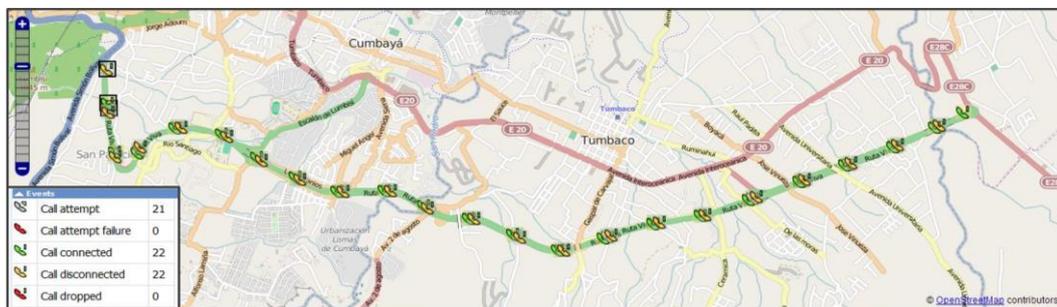


Figura 73. Llamadas Claro Ruta Viva S1

Elaborado por: Sebastián Figueroa

Llamadas Ruta Viva S2

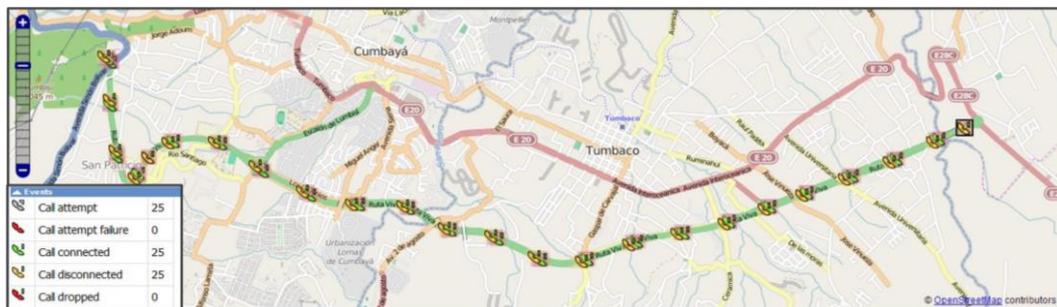


Figura 74. Llamadas Claro Ruta Viva S2

Elaborado por: Sebastián Figueroa

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CRÍTICAS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En el capítulo anterior mediante la recolección de datos y el análisis realizado en cada vía a cada tecnología y operadora se encuentra que en la mayor parte de las vías se requieren soluciones de cobertura, por lo que tanto en este capítulo se propondrá una solución viable para que las operadoras puedan implementarlas y de esta manera conseguir que la cobertura en 2G como en 3G sean satisfactorias mejorando la experiencia del usuario.

3.1. Opciones de solución de cobertura celular

Para lograr cubrir áreas determinadas existen básicamente dos maneras usadas por las operadoras:

- Instalación de Radio Bases (RBS).
- Instalación de un sistema de repetidores con antenas distribuidas.

3.1.1 Instalación de nuevas Radio Bases

El despliegue de RBS, es la forma más importante de crecimiento de una red celular ya que de esta manera se incrementa la capacidad de cobertura de las operadoras, también, el despliegue de nuevas RBS implica que la operadora crece en capacidad para ofrecer servicio a un mayor número de usuarios.

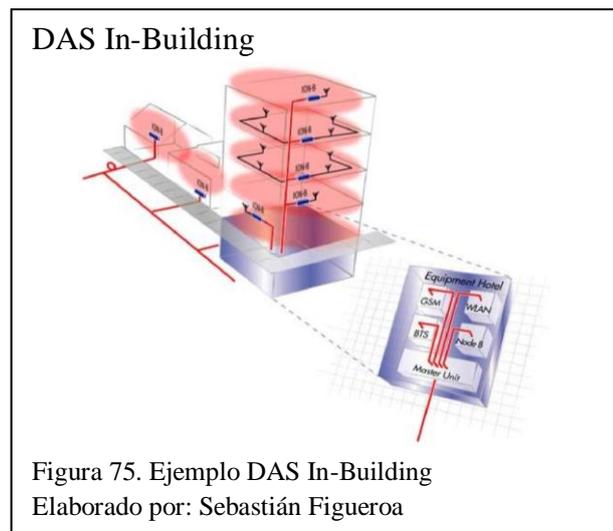
Las actuales normativas municipales restringen y controlan exhaustivamente la instalación de nuevas torres de comunicaciones de las operadoras celulares para evitar el deterioro del ornato de la ciudad y cuidar las normativas ambientales descritas en la Ordenanza Municipal N° 0227 (Concejo Metropolitano de Quito , 2007) y en la exigencia de regulación publicado en los medios (EL TELÉGRAFO, 2012) por lo que el despliegue de una nueva RBS implica una excesiva cantidad de trámites.

Por otra parte el costo de una RBS es bastante elevado, considerando que para usar el espacio físico, un terreno, requiere la compra o arrendamiento de dicho espacio, además se deben sumar los costos por obras civiles (adecuaciones, bases de concreto, la torre, etc.).

3.1.2 Instalación de un sistema de repetidores con antenas distribuidas

Los sistemas de antenas distribuidas o DAS, son usados comúnmente por las operadoras para cubrir áreas puntuales, bien pueden ser clientes VIP, edificios, en general lugares denominados In-Building o indoor, (COMMSCOPE, 2013).

El primer tipo de DAS se puede apreciar en la Figura 75 que muestra un sencillo ejemplo del DAS In-Building.



El segundo tipo de DAS se enfoca en cubrir exteriores o sitios outdoor como las carreteras que son el objeto de estudio del presente proyecto técnico.

De acuerdo a lo expuesto en el punto 3.1.1., la instalación de nuevas Radio Bases representa un costo excesivo además de todo el trámite burocrático de permisos, por esta razón se escoge las DAS Outdoor para ofrecer las soluciones de cobertura en las vías de estudio.

En comparación con el despliegue de nuevas RBS, las DAS Outdoor ofrecen las siguientes ventajas:

- No es necesario el alquiler de terrenos, los equipos pueden instalarse en postes a lo largo de la carretera, los postes bien podrían ser compartidos con otras entidades dueñas de postes o a su vez también instalar un nuevo poste que sea propiedad de la operadora.
- El tamaño del equipo, antenas y el sistema en general es adecuado para evitar cualquier restricción municipal en cuanto al deterioro del ornato de la ciudad.

- El costo depende de la cantidad de equipos que se van a instalar en la carretera, y del tipo de antena seleccionada.
- Con una DAS, se puede controlar la propagación de la radio frecuencia que es inyectada en los equipos, se la puede calibrar para que la cobertura sea exclusiva en la carretera o de requerirse, aumentar la potencia y cubrir sectores específicos.

3.2. Equipos para la solución de cobertura

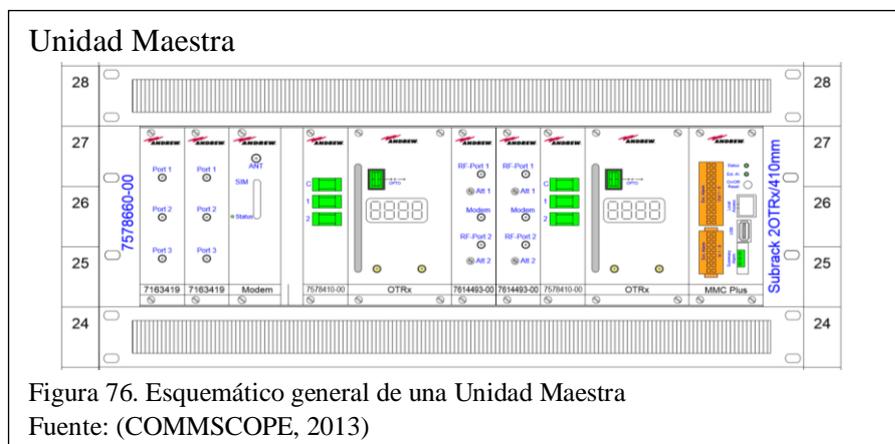
Se han seleccionado los equipos que ofrece la marca Commscope, específicamente los equipos ION-M, usados para soluciones en carreteras y soluciones In-Building.

3.2.1. Solución DAS con equipos ION-M

La marca Commscope ofrece en su portafolio los equipos ION-M compuestos por sus dos principales elementos:

- La unidad Maestra (UM).
- Los repetidores activos (RA).

La Unidad Maestra (UM) Es el equipo mediante el cual se controlan los repetidores activos conectados mediante fibra óptica, la UM se instala en una RBS existente, dependiendo de la cantidad de repetidores activos a los que se vaya a controlar, normalmente esta se instala en nuevo Rack (COMMSCOPE, 2013). En la figura 76 se observa un ejemplo esquemático de una UM instalada.



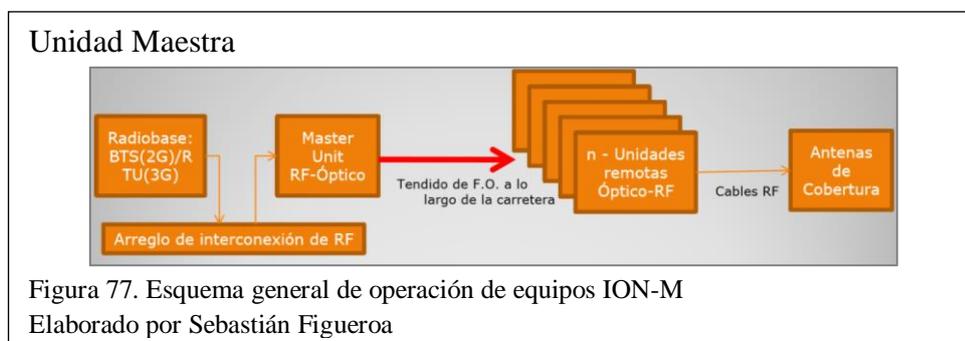
A la UM se le inyecta la señal de Radio Frecuencia en su puerto de entrada, la cual tiene dos posibilidades de alimentación de RF, una es la creación e instalación de un

nuevo sector 2G y/o 3G, o también se puede compartir sectores existentes mediante un arreglo de pasivos interconectados, a través de este arreglo es posible inyectar por un mismo puerto ambas señales (2G y 3G).

La UM tiene dos elementos que son los más importantes, (COMMSCOPE, 2013):

- Unidad controladora es literalmente una computadora sobre la que corre WIN2000, en esta se realiza todo tipo de configuración, ajuste de ganancias, se puede visualizar en tiempo real los valores de potencias en los repetidores, atenuación de fibra óptica, alarmas activas, etc., todo mediante una interfaz web.
- OTRx Este elemento se encarga de tomar la señal RF y convertirla en señal óptica, este elemento envía la potencia óptica hacia los repetidores que realizan el mismo proceso pero en sentido inverso. Mediante el OTRx se adquieren los valores de atenuación de fibra óptica que existe hacia cada repetidor activo.

En la figura 77 se observa el esquema general de operación de la solución DAS con equipos ION-M, (COMMSCOPE, 2013)



Los siguientes conceptos son de (COMMSCOPE, 2013).

Repetidores Activos (RA) se encargan de recibir la señal óptica enviada desde la UM y reconvertirla en señal RF para amplificarla. En la figura 78 se aprecia la instalación en poste de estos equipos con sus respectivas antenas.

El modelo de RA seleccionado es el ION-M85P, este modelo de repetidor opera únicamente en la banda de 850MHz, tiene una potencia máxima de 20W o 43dB. Dependiendo de la necesidad de la operadora o de los permisos otorgados, el equipo se instala con una caja adicional con un sistema de respaldo de energía.

Repetidor Activo



Figura 78. Ejemplo de instalación de RA
Elaborado por Sebastián Figueroa

3.2.2. Selección de elementos pasivos

Para completar el sistema de los repetidores activos se requieren los elementos pasivos como antenas, cables RF y splitters.

Antenas dada la necesidad de cubrir únicamente las vías de estudio, se ha seleccionado una antena tipo Yagi modelo DB499-C de Commscope, la antena tiene una ganancia de 12 dBi, su frecuencia de operación está entre 824MHz – 896MHz, con 60° de apertura en polarización horizontal y 30° de apertura en polarización vertical. (COMMSCOPE, Product Specification - DB499C, 2014)

Para este tipo de diseños normalmente se utilizan dos antenas orientadas a cada lado de la vía instaladas espalda con espalda.

Splitter Para conectar dos antenas a un repetidor activo, se necesita un splitter de dos vías. Se seleccionó el splitter de la marca Commscope modelo VD-S2-CPUSE-H-N, (COMMSCOPE, Product Specifications VD-S2-CPUSE-H-N , 2010).

Cables y conectores para la interconexión de los elementos se requieren cables RF, el seleccionado es el cable SFX-500 de Commscope con sus respectivos conectores, por cada repetidor activo se requiere de 3m de cable y 6 conectores, o a su vez 3 jumpers de fábrica. (COMMSCOPE, Product Specifications SFX-500, 2012)

3.3. Identificación de zonas críticas

En el capítulo 2 se detectaron todas las zonas críticas de acuerdo a las mediciones realizadas, por propósitos académicos, se ha logrado conseguir las bases de datos de las RBS activas de cada operadora para ese momento. Las mediciones fueron realizadas entre los meses de abril y mayo del 2015, y las bases de datos obtenidas estaban actualizadas al mes de junio de 2015.

Las bases de datos contienen información de las estaciones como altura de la torre de comunicaciones, altura a la que se encuentra la antena, tilt aplicados a las antenas y azimut de la antena. Otros parámetros importantes como: tipo de antena o potencia de transmisión no se hallaron en los datos obtenidos, esta información las operadoras las manejan en otra base de datos que no fue posible conseguir.

La información obtenida es suficiente para generar una simulación de cobertura de las actuales RBS, para la cual se asume un tipo de antena y la potencia de transmisión de los equipos que generalmente tienen valores similares que es aproximadamente de 38 a 40 dBm.

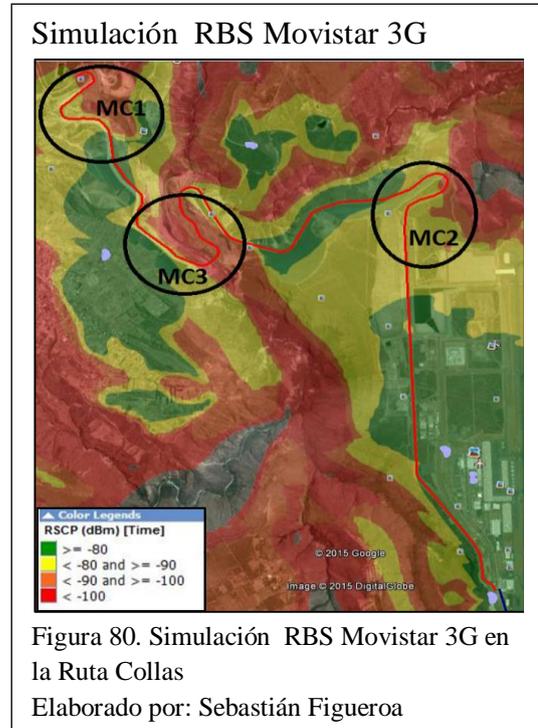
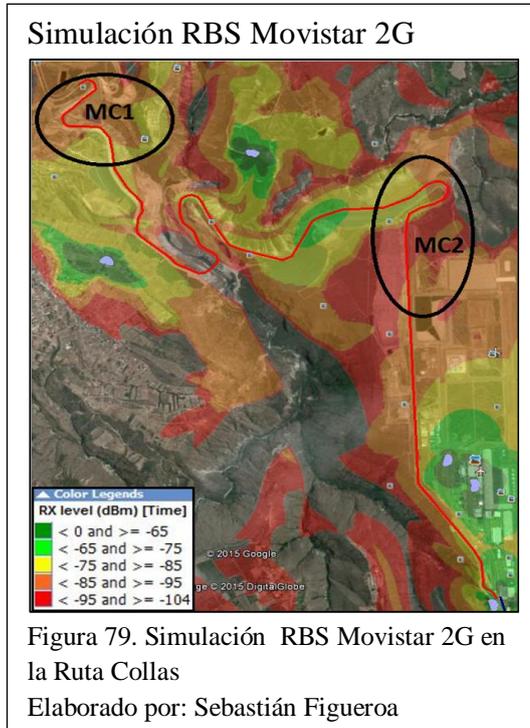
A continuación se muestran las simulaciones de las RBS operativas que se encuentran alrededor de las vías de estudio. Las simulaciones únicamente muestran un mapa de calor de cobertura, no muestra un indicador de calidad de señal ya que estos indicadores se obtienen de acuerdo a la situación RF de cada sector y por obvias razones esta condición varía de sitio en sitio. Las simulaciones fueron realizadas en el simulador portable ATOLL 3.1, con licencia trial y exportadas a archivos de Google Earth para lograr una visualización más real.

Debido a las fechas de los recorridos realizados y fechas de obtención de las bases de datos, se presentan ligeras diferencias entre los resultados, que se dan básicamente por las configuraciones de las estaciones, sea la potencia o tipos de antenas, incluso puede darse el caso que en el transcurso de los meses de mayo y junio se hayan desplegado nuevas estaciones que no estaban al momento de realizar las mediciones.

Por motivos de confidencialidad, no se mostrarán las ubicaciones exactas de las estaciones ni los nombres de las mismas, únicamente se mostrará el mapa de calor obtenido de la simulación.

3.3.1 Zonas críticas Movistar

Ruta Collas En las figuras 79 y 80 se pueden observar los mapas de calor obtenidos de la simulación de la Ruta Collas para 2G y 3G respectivamente, en estas se encuentran resaltadas las zonas críticas encontradas en el capítulo 2.



En la Ruta Collas se tienen las zonas críticas MC1 y MC2 en 2G, en 3G se le suma la zona MC3, por lo tanto para poder ofrecer una solución viable basada en un sistema DAS, se definen los siguientes puntos para la ubicación de los repetidores. En la tabla 3 se muestra la propuesta con los nombres de los repetidores y sus coordenadas de ubicación usadas para la simulación.

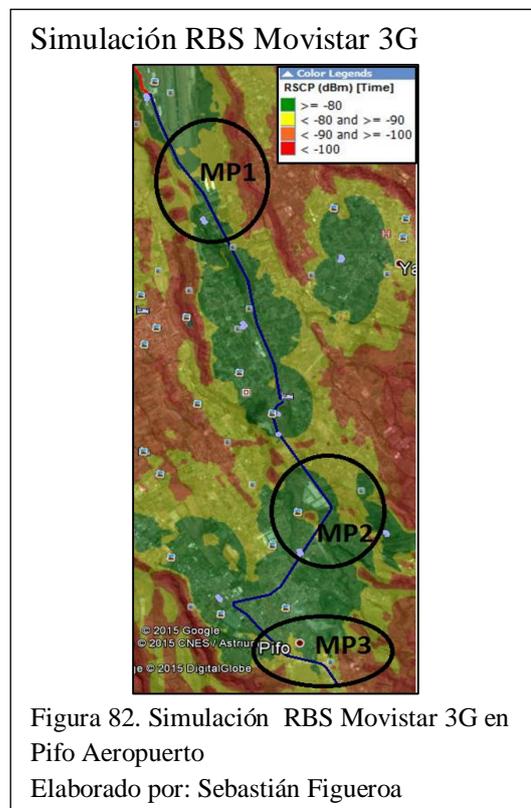
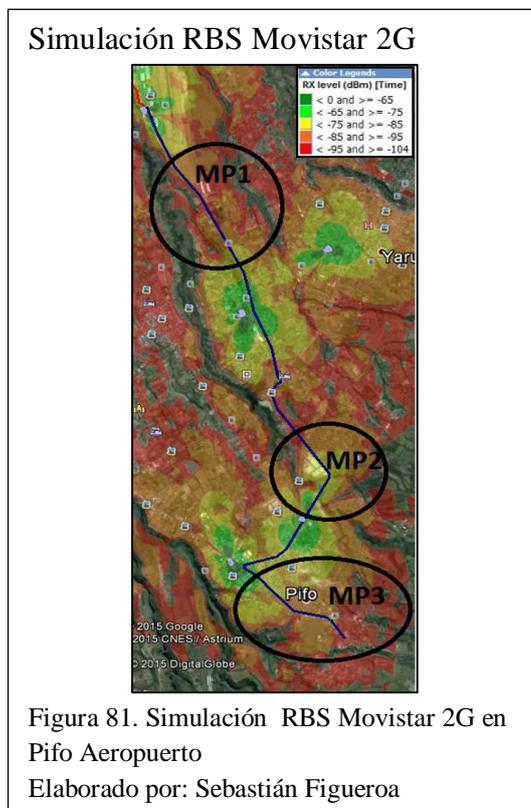
Tabla 3.

Coordenadas de ubicación para repetidores en la Ruta Collas

Repetidor	Longitud	Latitud
MC_R1	-78,395223	-0,091957
MC_R2	-78,391383	-0,092836
MC_R3	-78,387839	-0,103257
MC_R4	-78,384753	-0,101537
MC_R5	-78,373608	-0,101004
MC_R6	-78,363462	-0,097347
MC_R7	-78,365875	-0,100553

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa.

Vía Pifo Aeropuerto En las figuras 81 y 82 se observan las simulaciones de las RBS existentes de igual manera se resaltan las zonas críticas del capítulo 2.



En comparación con las mediciones mostradas en las figuras 12 y 28, en las figuras 81 y 82 se observan marcadas diferencias especialmente en 3G donde la simulación muestra que todas las áreas están cubiertas, sin embargo, se definirá la solución para la vía y se incluirá la tecnología 3G. En la tabla 4 se observa la propuesta de ubicación de los repetidores.

Tabla 4.

Coordenadas de ubicación para repetidores Movistar en la Pifo-Aero

Repetidor	Longitud	Latitud
MP_R1	-78,357053	-0,140156
MP_R2	-78,348654	-0,156806
MP_R3	-78,343139	-0,175171
MP_R4	-78,338699	-0,190605
MP_R5	-78,335218	-0,202047
MP_R6	-78,335689	-0,216239
MP_R7	-78,341798	-0,223883
MP_R8	-78,343391	-0,229454
MP_R9	-78,333354	-0,235751

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa.

Ruta Viva a continuación se muestran las simulaciones de las RBS existentes cercanas a la Ruta Viva en las figuras 83 y 84 se resaltan las zonas críticas para proponer las ubicaciones de los repetidores para mejoramiento de cobertura.

Simulación RBS Movistar 2G



Figura 83. Simulación RBS Movistar 2G en la Ruta Viva

Elaborado por: Sebastián Figueroa

Simulación RBS Movistar 3G



Figura 84. Simulación RBS Movistar 3G en la Ruta Viva

Elaborado por: Sebastián Figueroa

De acuerdo a lo determinado en el capítulo 2, no se encontraron mayores inconvenientes en 3G en cambio para 2G existen 4 zonas identificadas con problemas, las zonas MV1, MV2, MV3 y MV4, tanto en las mediciones como en la simulación se observan claramente los problemas. Por lo tanto, se presenta en la tabla 5 las ubicaciones propuestas para los repetidores.

Tabla 5.

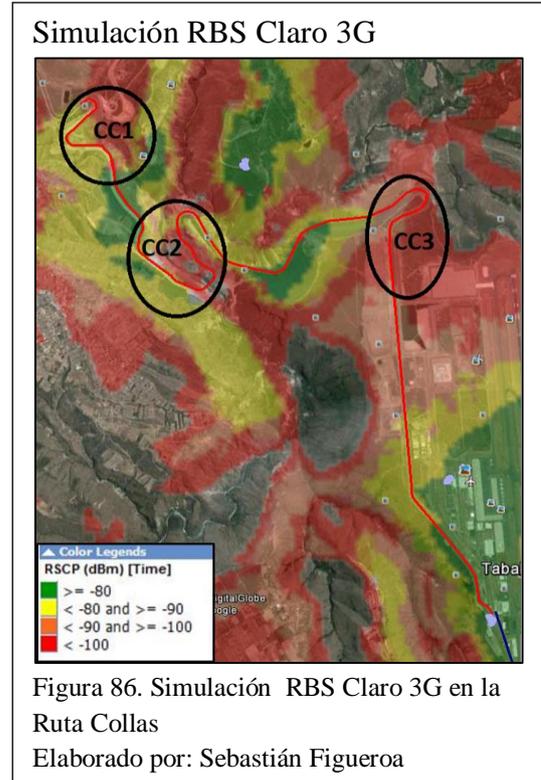
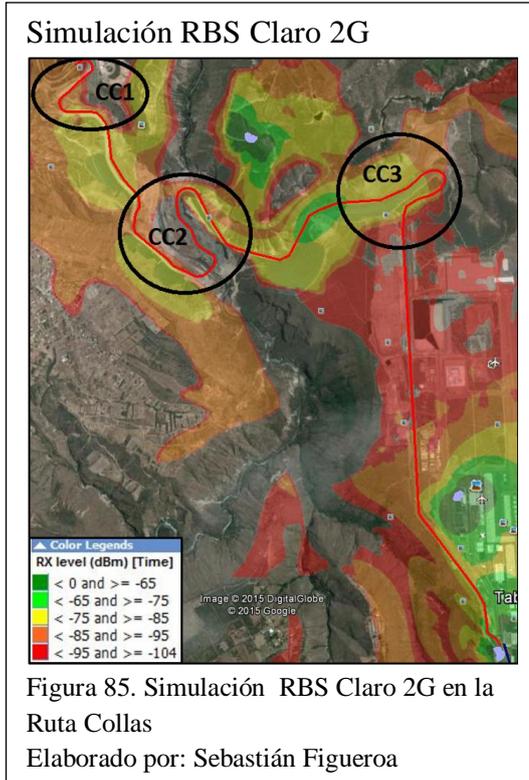
Coordenadas de ubicación para repetidores Movistar en la Ruta Viva

Repetidor	Longitud	Latitud
MV_R1	-78,458331	-0,202457
MV_R2	-78,458072	-0,208975
MV_R3	-78,456133	-0,215885
MV_R4	-78,448038	-0,211355
MV_R5	-78,438429	-0,216823
MV_R6	-78,426523	-0,218561
MV_R7	-78,416413	-0,22216
MV_R8	-78,406006	-0,224138
MP_R9	-78,396488	-0,221497
MV_R10	-78,383563	-0,217254
MV_R11	-78,370903	-0,212034

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

3.3.2 Zonas críticas Claro

Ruta Collas En las figuras 85 y 86 se observan las simulaciones 2G y 3G respectivamente con las zonas críticas resaltadas, es claro que las diferencias son mínimas entre las mediciones y las simulaciones.



Dado que las zonas críticas son las mismas (CC1, CC2 y CC3), se determina que es necesaria una solución para ambas tecnologías por lo tanto se propone en la tabla 6 las ubicaciones de la solución para 2G y 3G. Se usarán 5 repetidores para dar cobertura a Claro y se destaca que en comparación con las otras vías, en la Ruta Collas se presentan mayores inconvenientes.

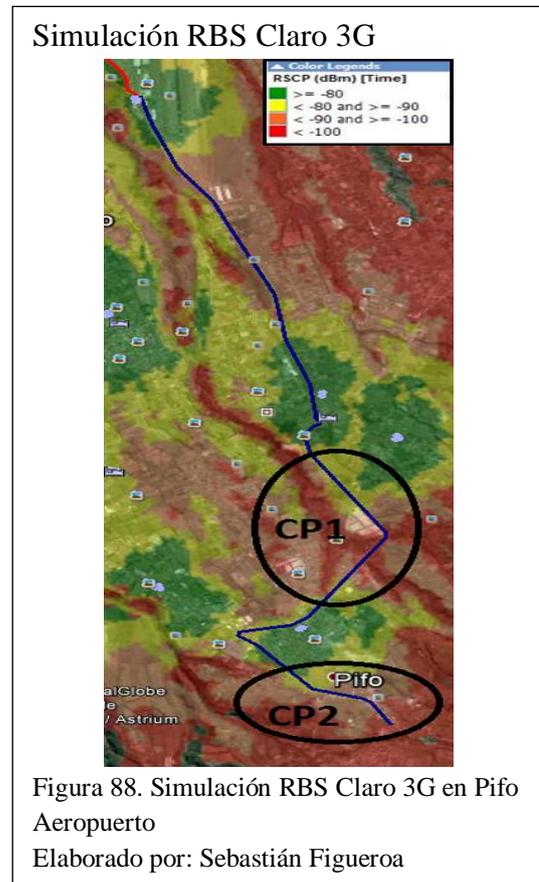
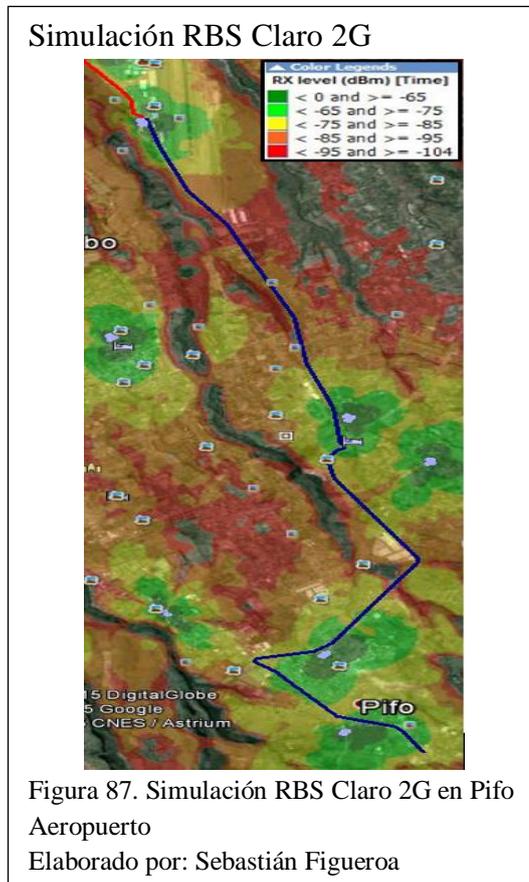
Tabla 6.

Coordenadas de ubicación para repetidores Claro en la Ruta Viva

Repetidor	Longitud	Latitud
CC_R1	-78,393829	-0,090199
CC_R2	-78,39208	-0,092439
CC_R3	-78,385481	-0,105266
CC_R4	-78,384055	-0,102108
CC_R5	-78,365238	-0,100133

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

Ruta Collas Continuando con la identificación de las zonas críticas, en las figuras 87 y 88 se muestran los mapas de calor obtenidos de las simulaciones realizadas según la información obtenida de las estaciones activas de Claro.



Se identifica una diferencia con las mediciones realizadas, pues en la parte de ingreso al aeropuerto, las mediciones muestran valores muy buenos en 2G y 3G mientras que en la simulación esa parte se ve totalmente deficiente, la diferencia se explica por la posible presencia de alguna solución funcionando en esa parte de la vía, por lo tanto la solución para la vía Pifo Aeropuerto únicamente contemplará la tecnología 3G como se identificó en el capítulo 2. En la tabla 7 se encuentra la propuesta de ubicaciones de repetidores.

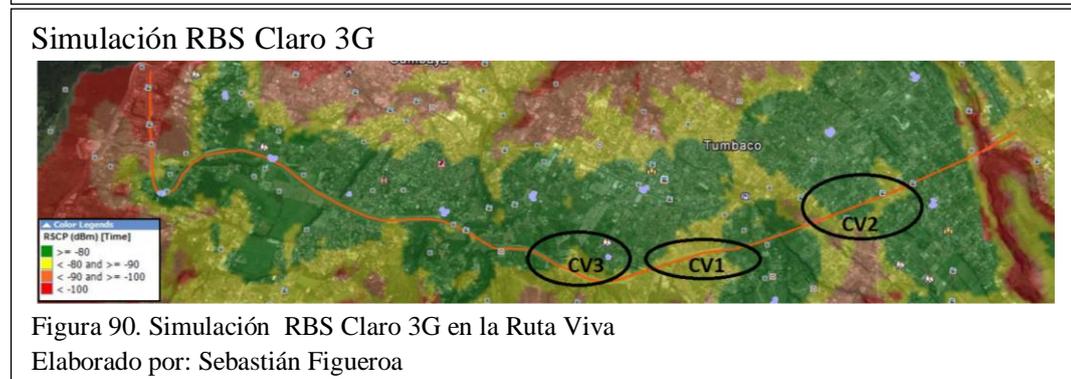
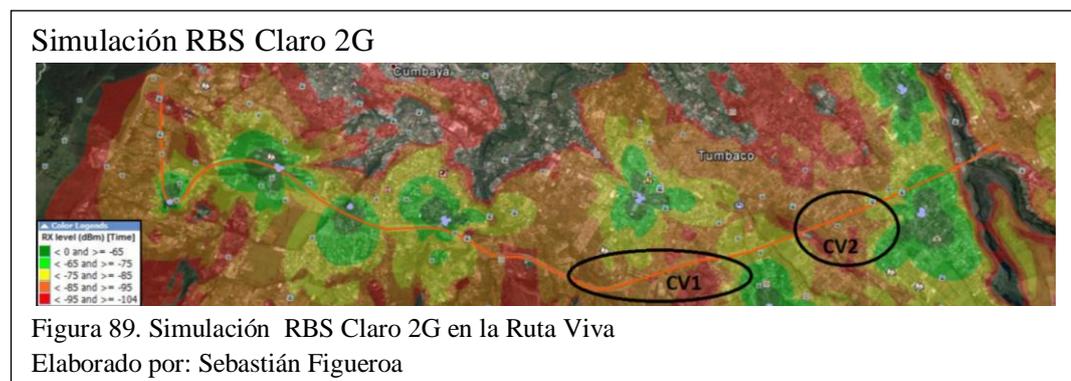
Tabla 7.

Coordenadas de ubicación para repetidores Claro en la vía Pifo-Aeropuerto

Repetidor	Longitud	Latitud
CP_R1	-78,333893	-0,2355
CP_R2	-78,342255	-0,230568
CP_R3	-78,347348	-0,225067
CP_R4	-78,335612	-0,215945
CP_R5	-78,33442	-0,203466

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

Ruta Viva Para la Ruta Viva, se genera la simulación de las RBS existentes. Se puede observar en las figuras 89 y 90, las zonas críticas claramente identificadas.



La simulación de la figura 90 en 3G muestra diferencias, que pueden ser por diferencias en la potencia real configurada en las estaciones o por cualquiera de los motivos mencionados al inicio del capítulo.

Con esto se determinan las tres zonas críticas (CV1, CV2 y CV3) que necesitan una solución de cobertura, por lo tanto en la tabla 8 se pueden encontrar las ubicaciones propuestas para ofrecer una solución en la Ruta Viva, esta contemplará ambas tecnologías 2G y 3G por coincidencia de zonas críticas detectadas.

Tabla 8.

Coordenadas de ubicación para repetidores Claro en la Ruta Viva

Repetidor	Longitud	Latitud
CV_R1	-78,414869	-0,223218
CV_R2	-78,406006	-0,224138
CV_R3	-78,393469	-0,220876
CV_R4	-78,383563	-0,217254
CV_R5	-78,370903	-0,212034

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

3.4. Resumen zonas críticas

Con la discriminación de las zonas críticas realizado en el punto 3.3, analizando ambas tecnologías en cada vía ya se tiene determinada la cantidad de repetidores que necesita en total para cumplir con los niveles de potencia de señal celular recomendados y mejorar el servicio que ofertan.

En la tabla 9 se muestra el resumen de las zonas críticas por vía/tecnología/operadora y con la cantidad de repetidores propuestos.

Tabla 9.

Resumen de zonas críticas

Operadora	Vía	Tecnología requerida	Zona Crítica	Repetidores
Movistar	Ruta Collas	2G/3G	MC1, MC2, MC3	7
	Pifo Aeropuerto	2G/3G	MP1, MP2, MP3	9
	Ruta Viva	2G	MV1, MV2, MV3, MV4	11
Claro	Ruta Collas	2G/3G	CC1, CC2, CC3	5
	Pifo Aeropuerto	3G	CP1, CP2	5
	Ruta Viva	2G/3G	CV1, CV2, CV3	5

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

CAPÍTULO 4

SIMULACIONES DE COBERTURA

De acuerdo a lo analizado en los capítulos 2 y 3 del presente proyecto, fueron determinadas las zonas críticas, la cantidad de repetidores necesarios para cubrir cada una de las carreteras y la tecnología que requiere ser mejorada.

Como se revisó también en la sección de los equipos, se han seleccionado los equipos ION-M de Commscope que permiten amplificar varias tecnologías simultáneamente mediante un arreglo de elementos pasivos RF como splitters y/o acopladores híbridos para conectar a la Unidad Maestra, por lo tanto la configuración de las antenas en los repetidores activos será única por tratarse de un mismo hardware para ambas tecnologías.

4.1 Soluciones de cobertura para Movistar

Para las soluciones se presentaran las configuraciones de las antenas y los resultados de las simulaciones utilizando la configuración de la solución propuesta.

4.1.1. Solución en la Ruta Collas

Considerando los resultados obtenidos en el análisis, se realizan las simulaciones de cobertura para la Ruta Collas, en la figura 91 se aprecia la simulación para 2G y en la figura 92 se puede observar la simulación correspondiente a 3G. En ellas se aprecia que las zonas identificadas ahora como críticas se encuentran cubiertas con los repetidores activos que se necesitan instalar a lo largo de la carretera.

Los repetidores activos MC_R1 y MC_R2 cumplen con su objetivo para cubrir la zona crítica MC1 viéndose niveles muy buenos de hasta -75 dBm en 2G y de hasta -90 dBm para 3G, en la zona MC2 los repetidores MC_R5, MC_R6 y MC_R7 aseguran la continuidad de cobertura en la vía y finalmente en la zona MC3 los repetidores MC_R3 y MC_R4 ofrecen la cobertura requerida.

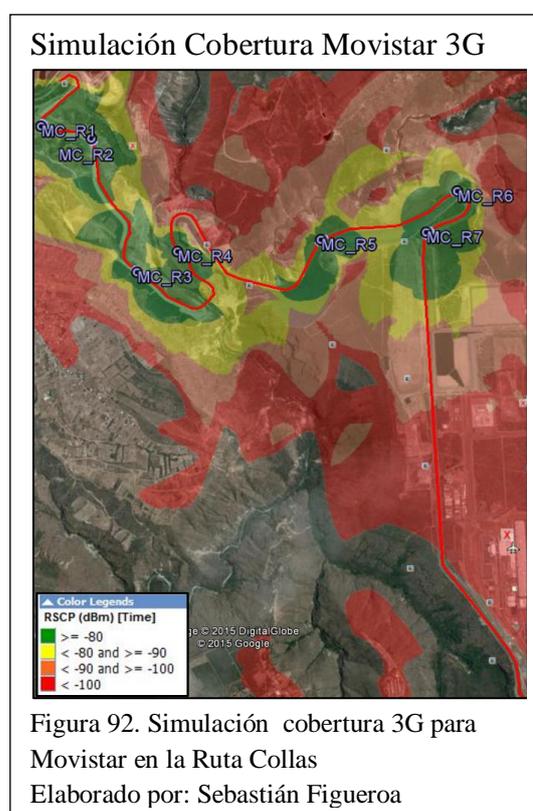
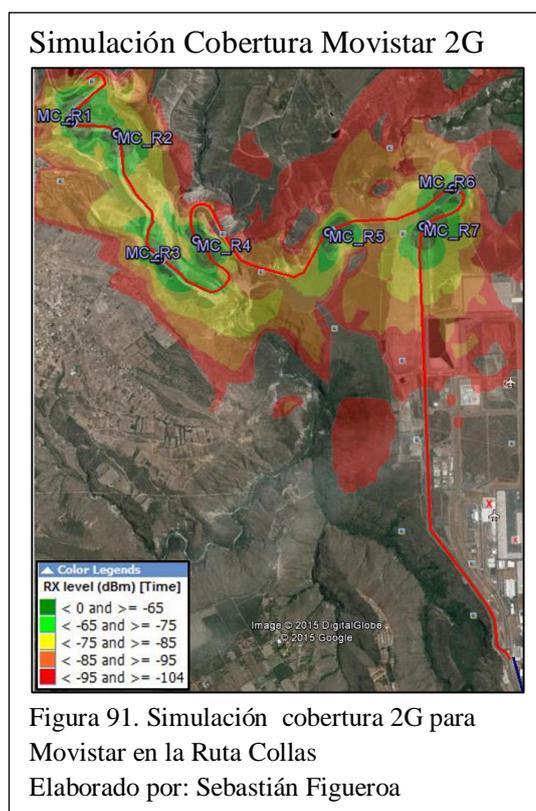
Todos los repetidores activos poseen dos antenas tipo yagi revisadas en la sección 3.2.2 las cuales tienen una configuración física, que se detalla en la tabla 10, la información es la básica para la instalación de todo tipo de antena, siendo, altura de

la antena, ángulo de apuntamiento o azimut y el tilt o ángulo de inclinación de la antena (Pedrini, 2011).

Tabla 10. Configuración de antenas para Movistar en la Ruta Collas

Repetidor	Antena	Altura (m)	Azimut (°)	Tilt Mecánico (°)
MC_R1	MC_R1_1	10	20	-2
	MC_R1_2	6	120	-3
MC_R2	MC_R2_1	10	290	-1
	MC_R2_2	6	160	-3
MC_R3	MC_R3_1	8	315	0
	MC_R3_2	6	130	-2
MC_R4	MC_R4_1	8	350	0
	MC_R4_2	10	140	0
MC_R5	MC_R5_1	6	210	-3
	MC_R5_2	10	70	0
MC_R6	MC_R6_1	6	240	-4
	MC_R6_2	10	150	-1
MC_R7	MC_R7_1	6	65	-6
	MC_R7_2	6	185	-4

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa



4.1.2. Solución en la vía Pifo Aeropuerto

Para la operadora Movistar, se ha realizado la simulación de cobertura en la vía usando un total de 9 repetidores que se deben instalar a lo largo de la carretera, cada uno con dos antenas tipo yagi que amplificarán la señal celular en 2G y en 3G.

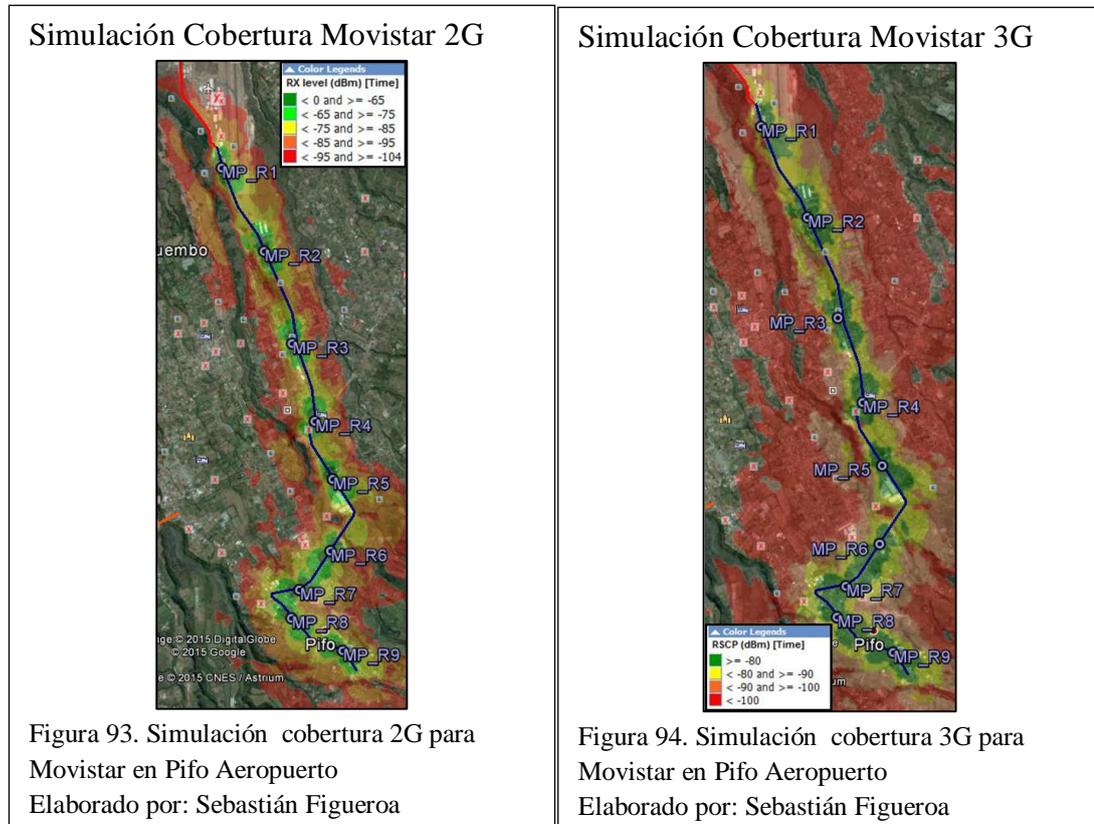
En la figura 93 se observa la simulación 2G para la vía en ella se comprueba que los niveles de señal mantendrán niveles de hasta -85 dBm a lo largo de toda la vía garantizando la continuidad de la cobertura y se podrá garantizar que la calidad de la señal durante las llamadas será adecuada, en especial para la zona MP2 donde durante las mediciones se encontraron muchas fallas de llamadas en 2G. Para 3G la simulación se la puede encontrar en la figura 94 de igual manera la cobertura se garantiza con niveles de hasta -90 dBm entre cada repetidor activo, que mejorará la experiencia de conectividad del usuario.

Tabla 11. Configuración de antenas para Movistar en la Pifo Aeropuerto

Repetidor	Antena	Altura (m)	Azimut (°)	Tilt Mecánico (°)
MP_R1	MP_R1_1	7	340	0
	MP_R1_2	11	158	2
MP_R2	MP_R2_1	11	330	1
	MP_R2_2	10	155	-1
MP_R3	MP_R3_1	8	350	-1
	MP_R3_2	8	160	-1
MP_R4	MP_R4_1	9	350	-1
	MP_R4_2	9	205	-1
MP_R5	MP_R5_1	7	328	0
	MP_R5_2	11	147	1
MP_R6	MP_R6_1	9	33	-1
	MP_R6_2	11	215	0
MP_R7	MP_R7_1	9	48	-1
	MP_R7_2	10	260	-1
MP_R8	MP_R8_1	9	316	-1
	MP_R8_2	9	140	-1
MP_R9	MP_R9_1	9	285	0
	MP_R9_2	10	145	0

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

En la tabla 11 consta la configuración propuesta para la instalación de las antenas en la solución de cobertura.



4.1.3. Solución en la Ruta Viva

En la ruta se determinó que únicamente se requiere una solución para la tecnología 2G, por lo tanto en la figura 95 se puede encontrar la simulación de los repetidores en las ubicaciones ya indicadas en el capítulo 3. Como se aprecia, está asegurada la continuidad en la cobertura 2G en la vía y como niveles mínimos se tendría -85 dBm. Para la zona crítica MV1 se verá la mejora en el servicio de llamadas que se presentaba al momento de las mediciones ya que se tendrá un servidor definido y el teléfono no perderá servicio, por supuesto, se supone que los teléfonos que se enganchan son únicamente 2G ya que en la Ruta Viva para 3G no se vio la necesidad de mejorar su cobertura. De realizarse una implementación, incluso la población cercana se vería beneficiada ya que la cobertura de los repetidores se extiende ligeramente hacia las zonas pobladas que están a lo largo de la vía viéndose mejorados los servicios de voz y datos para los usuarios que tienen contratados planes de este tipo. La tabla 12 muestra la configuración de las antenas de los

repetidores, cada repetidor tiene dos antenas y las alturas están consideradas para que su instalación pueda efectuarse en postes de mínimo 12m, el tilt aplicado a cada antena fue considerado observando el comportamiento de la propagación en la vía en la simulación.

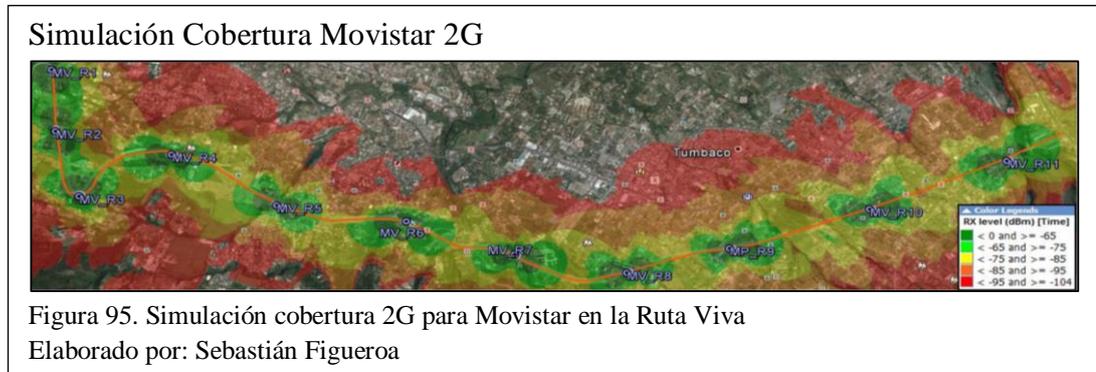


Tabla 12. Configuración de antenas para Movistar en la Ruta Viva

Repetidor	Antena	Altura (m)	Azimut (°)	Tilt Mecánico (°)
MV_R1	MV_R1_1	8	175	-3
	MV_R1_2	10	280	-1
MV_R2	MV_R2_1	6	173	-2
	MV_R2_2	8	355	1
MV_R3	MV_R3_1	5	38	-2
	MV_R3_2	6	330	-1
MV_R4	MV_R4_1	6	110	-2
	MV_R4_2	7	265	-1
MV_R5	MV_R5_1	5	110	-1
	MV_R5_2	6	300	-1
MV_R6	MV_R6_1	8	120	-2
	MV_R6_2	9	273	-1
MV_R7	MV_R7_1	9	115	0
	MV_R7_2	5	275	-2
MV_R8	MV_R8_1	6	70	-2
	MV_R8_2	9	265	-1
MP_R9	MP_R9_1	9	75	0
	MP_R9_2	5	255	-1
MV_R10	MV_R10_1	10	70	0
	MV_R10_2	11	250	0
MV_R11	MV_R11_1	11	60	1
	MV_R11_2	11	250	0

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

4.2 Soluciones de cobertura para Claro

Al igual que en la sección anterior, se presentan las propuestas de solución en cada vía ahora para la operadora Claro.

4.2.1. Solución en la Ruta Collas

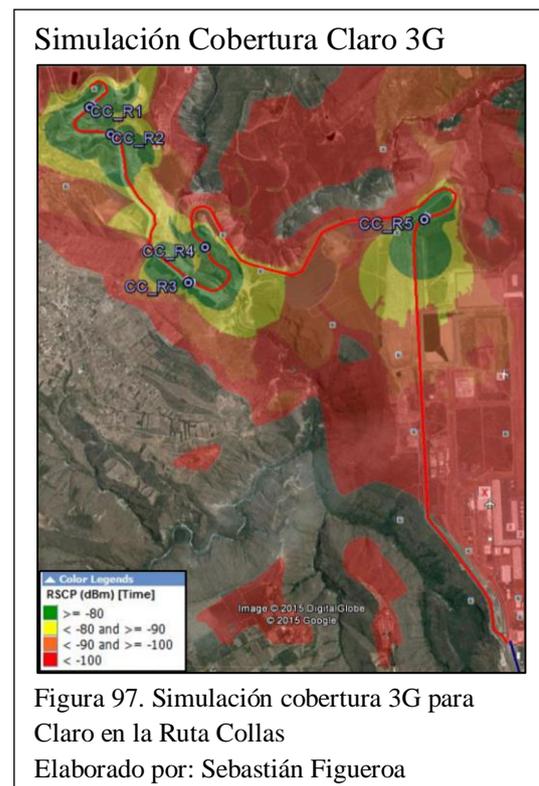
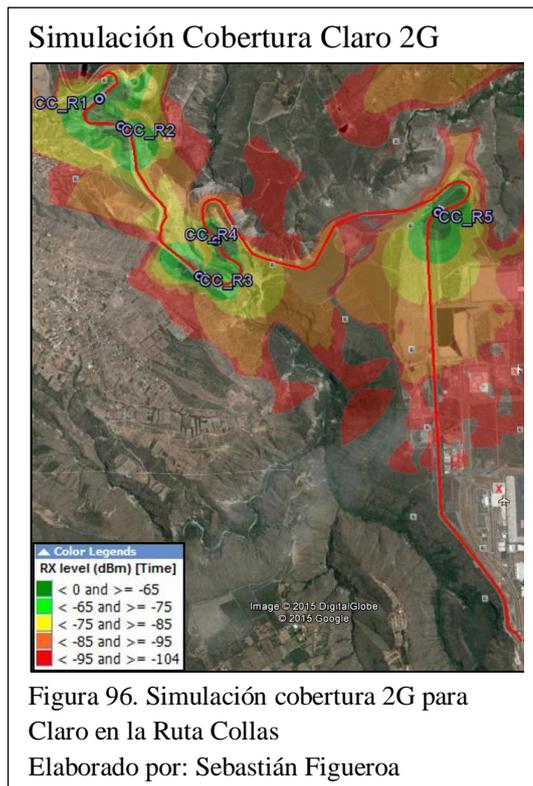
En este estudio, se ha mostrado que la Ruta Collas es la vía con mayor número de inconvenientes en el servicio de ambas operadoras, por tal motivo la implementación de la solución mejorará el servicio.

A pesar de los inconvenientes detectados en la Ruta Collas, la operadora Claro presenta un mejor servicio y por tal motivo fueron necesarios solo 5 repetidores en comparación de los 7 que se necesitarán para Movistar, se debe considerar que un mismo repetidor activo amplificará 2G y 3G, para cada operadora. En las figuras 96 y 97, 2G y 3G respectivamente, se pueden observar que las zonas críticas puntualmente fueron cubiertas de la siguiente manera: en la zona CC1 los repetidores CC_R1 y CC_R2 cubren con niveles excelentes, los repetidores CC_R3 y CC_R4 cubren la zona CC2 con muy buen nivel y la zona CC3 con el repetidor CC_R5 se consigue niveles adecuados incluso en la curva cerrada de la vía. La tabla 13 muestra la configuración para la instalación de las antenas de cada repetidor, con dos antenas en cada repetidor.

Tabla 13. Configuración de antenas para Claro en la Ruta Collas

Repetidor	Antena	Altura (m)	Azimut (°)	Tilt Mecánico (°)
CC_R1	CC_R1_1	8	220	-2
	CC_R1_2	9	40	-1
CC_R2	CC_R2_1	8	150	-1
	CC_R2_2	9	270	-1
CC_R3	CC_R3_1	8	90	0
	CC_R3_2	8	310	-1
CC_R4	CC_R4_1	9	340	-1
	CC_R4_2	9	140	0
CC_R5	CC_R5_1	10	190	-1
	CC_R5_2	11	30	-1

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa



4.2.2. Solución en la vía Pifo Aeropuerto

En la vía Pifo Aeropuerto, se determinó que únicamente es necesario solucionar la cobertura en 3G, por lo tanto en la tabla 14 se puede encontrar la configuración de las antenas para brindar cobertura, las ubicaciones de los repetidores activos se mantienen de acuerdo a lo propuesto en el capítulo 3 y se propone la instalación de dos antenas apuntadas en direcciones opuestas, de ida a Pifo y de ida al aeropuerto.

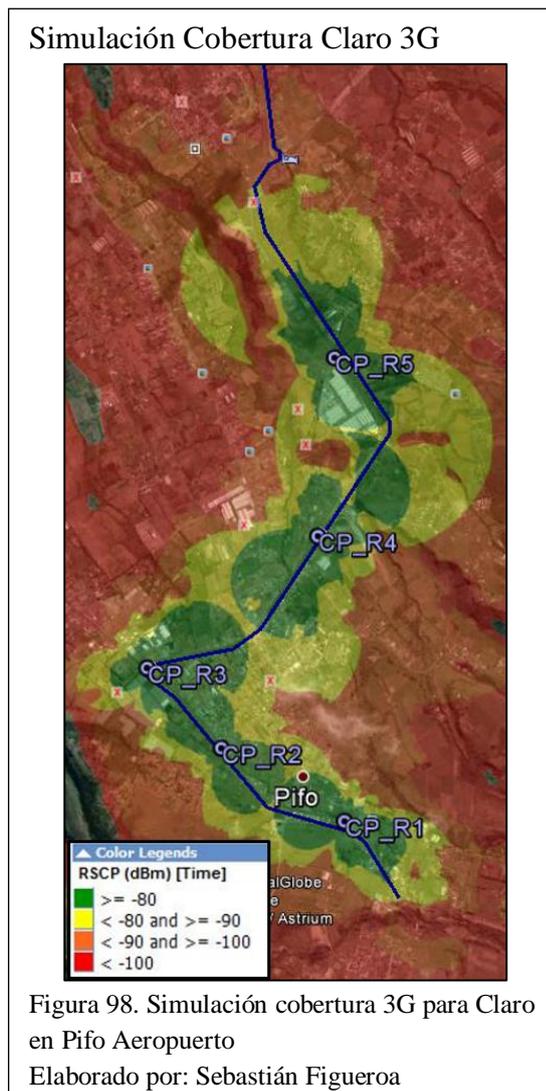
La figura 98 muestra la simulación de cobertura de acuerdo a la configuración propuesta, en ella se puede apreciar claramente que se mantendrá continuidad con niveles de al menos -90 dBm. Según se determinó en las mediciones, las zonas críticas CP1 y CP2 serán cubiertas por 5 repetidores y así se conseguirán los niveles adecuados para 3G. En 2G claramente se observó que la cobertura era adecuada por lo que si la operadora decide implementar la solución propuesta, únicamente necesitará alimentar al sistema con un sector 3G.

Para la zona crítica CP2 donde se detectaron problemas en las llamadas en 3G se consideran los repetidores CP_R1, CP_R2 y CPR_R3 para lograr que la calidad del servicio sea el indicado para evitar molestias para los usuarios.

Tabla 14. Configuración de antenas para Claro en la Pifo Aeropuerto

Repetidor	Antena	Altura (m)	Azimut (°)	Tilt Mecánico (°)
CP_R1	CP_R1_1	10	285	-1
CP_R1	CP_R1_2	8	140	-1
CP_R2	CP_R2_1	8	320	-1
CP_R2	CP_R2_2	9	140	-1
CP_R3	CP_R3_1	10	75	0
CP_R3	CP_R3_2	6	135	-2
CP_R4	CP_R4_1	12	35	2
CP_R4	CP_R4_2	11	215	0
CP_R5	CP_R5_1	11	330	0
CP_R5	CP_R5_2	11	150	1

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa



4.2.3. Solución en la Ruta Viva

Finalmente en la Ruta viva fueron identificadas tres zonas críticas CV1, CV2 y CV3, las tres cercanas a la Av. Interoceánica, por lo tanto para lograr cobertura se necesitaron cinco repetidores, donde cada repetidor posee dos antenas para cubrir ambos lados de la carretera donde se instale el repetidor por lo tanto en la tabla 15 se puede encontrar la configuración de las antenas. El diseño realizado trata de usar la menor cantidad de repetidores pero garantizando la continuidad de los niveles de señal adecuados, para las antenas CV_R5_1 y CV_R5_2 se han configurado tilts mecánicos con valores positivos, esta configuración implica que la antena apunte ligeramente hacia arriba y no al suelo o en línea recta, con la finalidad de controlar la propagación.

En la figura 99 se observa el resultado de la simulación en 2G y está claro que la solución proporcionará continuidad del servicio manteniendo niveles de hasta -85 dBm. El resto de la vía presentaba niveles adecuados por lo que no fue necesario agregar repetidores para 2G.

La figura 100 presenta la simulación en 3G y de igual manera los niveles se verán mejorados notablemente, pintados en amarillo, y se espera tener niveles de hasta -90 dBm lo que asegura buena cobertura en la vía.

Tabla 15. Configuración de antenas para Claro en la Ruta Viva

Repetidor	Antena	Altura (m)	Azimut (°)	Tilt Mecánico (°)
CV_R1	CV_R1_1	10	110	0
	CV_R1_2	10	290	0
CV_R2	CV_R2_1	10	70	0
	CV_R2_2	10	260	0
CV_R3	CV_R3_1	10	70	0
	CV_R3_2	10	255	0
CV_R4	CV_R4_1	11	65	0
	CV_R4_2	11	250	0
CV_R5	CV_R5_1	11	60	1
	CV_R5_2	11	245	2

Nota: Elaborado por Sebastián Figueroa

Simulación Cobertura Claro 2G



Figura 99. Simulación cobertura 2G para Claro en la Ruta Viva
Elaborado por: Sebastián Figueroa

Simulación Cobertura Claro 3G



Figura 100. Simulación cobertura 3G para Claro en la Ruta Viva
Elaborado por: Sebastián Figueroa

4.3 Revisión de resultados

En la presente sección se revisarán los cambios en los niveles de señal analizando los niveles iniciales obtenidos durante las mediciones y los posibles niveles que se pueden tener en caso de darse una implementación de las soluciones planteadas, utilizando los resultados obtenidos en las simulaciones.

4.3.1. Para Movistar

Ruta Collas

Para la tecnología 2G la mejora se verá en las zonas críticas especialmente donde se observaron niveles inferiores a -85 dBm, a lo largo de la vía se detectaron niveles superiores a -85dBm únicamente un 67% del tiempo. Con la solución se puede llegar a tener cubiertas las zonas críticas de manera satisfactoria llegando a tener niveles incluso superiores a -65dBm dando una mejora de al menos 20dB.

En 3G se tenía niveles adecuados de hasta -90dBm únicamente el 45% del tiempo con la solución se aspira tener cubierta la vía en un 100% con niveles mínimos de -90dBm, prácticamente sería poco más del doble de muestras con niveles buenos, lo que se reflejaría en la calidad del servicio para los usuarios que usan la vía a diario.

Vía Pifo Aeropuerto

Durante las mediciones en 2G se detectaron niveles adecuados únicamente el 55% del tiempo a lo largo de la vía. La propuesta de solución asegura que el 99% del tiempo en la vía se tendrán niveles mínimos de -85dBm, siendo las zonas críticas las más beneficiadas ya que se detectaron niveles inferiores a -100dBm.

Al igual que en la tecnología 2G, en la vía Pifo Aeropuerto con la solución para 3G se espera tener niveles mínimos de -90dBm el 99% del tiempo, esto debido a las fallas geográficas características de la zona, además considerando que se tenían niveles adecuados únicamente el 60% del tiempo.

Ruta Viva

Para el caso de esta vía se observó una marcada diferencia entre los niveles detectados en 2G y los detectados en 3G, los niveles en 2G son completamente deficientes, mientras que los niveles en 3G son bastante buenos, por tal motivo la solución se orienta únicamente a cubrir en 2G, durante las mediciones se encontraron niveles superiores a -85dBm solamente el 30% del tiempo, con la solución de acuerdo a la simulación se podrán tener niveles superiores a -85dBm el 100% del tiempo a lo largo de la vía.

En 3G se tienen niveles adecuados el 70% del tiempo por lo cual no se identificaron zonas críticas en esta tecnología además que los resultados de las pruebas de llamadas fueron satisfactorios en su totalidad.

4.3.2. Para Claro

Ruta Collas

Esta vía se convirtió en la vía con mayores problemas para ambas operadoras y en ambas tecnologías, durante las mediciones se encontraron en 2G niveles adecuados únicamente el 63% del tiempo y en 3G el 64% del tiempo, con la solución se espera

lograr que las zonas críticas se vean mejoradas aproximadamente 20dB en cuanto a los niveles de señal, logrando así que el 99% de la vía este cubierta y sin inconvenientes.

Vía Pifo Aeropuerto

Para el caso de 2G, en la vía se detectaron niveles adecuados el 85% del tiempo por lo cual no se identificaron mayores zonas críticas y los resultados de llamadas fueron satisfactorios.

En 3G se tenía niveles adecuados solamente el 66% del tiempo, razón por la cual se identifican las zonas críticas en donde se concentrará la solución de cobertura para pasar a tener niveles mínimos de -90dBm en los peores casos y en las zonas que geográficamente se dificultan por las subidas y bajadas existentes. El resultado final arroja que se pueden tener valores de mínimo -80dBm en el 90% de la vía, garantizando la continuidad del servicio en la vía.

Ruta Viva

En 2G se encontraron niveles adecuados el 79% del tiempo a pesar de ser un promedio bastante alto, se encontraron zonas puntuales donde se degradaba la señal con niveles incluso inferiores a -100dBm. Para 3G el caso es el mismo, se tiene un 87% del tiempo con niveles adecuados. Las zonas de degradación de la señal coinciden en ambas tecnologías, por lo que la solución se concentrará en las zonas críticas que se encuentran cerca a la Av. Interoceánica, con la solución se espera tener el 99% de la vía cubierta con niveles mínimos de -90 dBm en 3G y de -85dBm en 2G.

CONCLUSIONES

- Con equipos de Drive-Test se midieron los parámetros de cobertura de las dos operadoras celulares que cuentan con infraestructura propia de tecnologías 2G y 3G en las Rutas: Collas, Ruta Viva y vía Pifo Aeropuerto, obteniendo el status inicial de cobertura.
- Se encontraron una gran cantidad de zonas con problemas en 2G y/o 3G tras el análisis de los parámetros de cobertura mediante el post-procesamiento de la información recolectada, en un software dedicado, determinando las zonas críticas que poseen problemas de cobertura por no cumplir los niveles mínimos recomendados según la normativa revisada en el marco conceptual.
- Se buscó una solución factible para cada una de las falencias de cobertura encontradas en las vías de estudio ofreciendo niveles de señal dentro de los mínimos de -85dBm en 2G y de -90dBm en 3G, siendo esto verificado mediante simulaciones realizadas independientemente para cada tecnología y en comparación con las mediciones realizadas, inicialmente se tenían niveles inferiores a -100dBm siendo esto una notable mejora en los niveles de señal.
- Con la implementación de las soluciones propuestas, se garantiza que en las vías de estudio se tenga servicio de las operadoras con niveles de señal que aseguran la calidad para la experiencia del usuario eliminando los bloqueos y cortes de llamadas encontrados en las mediciones iniciales, ya que en los resultados de las simulaciones se puede apreciar un incremento de al menos 25 dB en los casos más críticos.

RECOMENDACIONES

- En caso de que las operadoras decidan implementar una de las soluciones planteadas, se recomienda que se instalen las antenas de acuerdo a las tablas propuestas, y a partir de ellas realizar los ajustes necesarios.
- Se recomienda usar el tipo de antenas propuestas ¿?? ya que son antenas adecuadas para este tipo de soluciones y además son relativamente imperceptibles visualmente, de esta manera se mantendría el ornato de la ciudad y se evitaría sanciones por parte de las entidades municipales.
- Una de las ventajas de los equipos seleccionados es que soportan múltiples operadoras, por lo tanto existe la posibilidad de compartir la infraestructura de equipos con el fin de minimizar la cantidad de repetidores en las vías.

REFERENCIAS

- ANITE. (2013). Release Note for NEMO Analyze 6.40.
- COMMSCOPE. (2008). ION-M 85P/19P - Product Specification. *ION-M 85P/19P*.
- COMMSCOPE. (2010). Product Specifications VD-S2-CPUSE-H-N .
- COMMSCOPE. (2012). Product Specifications ION-M Master Unit.
- COMMSCOPE. (2012). Product Specifications SFX-500.
- COMMSCOPE. (2013). Portafolio 2013.
- COMMSCOPE. (2014). Product Specification - DB499C. *DB499C*.
- Concejo Metropolitano de Quito . (11 de Septiembre de 2007). Ordenanza Metropolitana N° 0227. *Ordenanza Metropolitana N° 0227*. Quito, Pihincha, Ecuador.
- Conde, R. (2015). *Redes de telefonía celular*. Obtenido de http://celulares.about.com/od/Preguntas_frecuentes/a/Que-Significan-1g-2g-3g-Y-4g.htm
- EL TELÉGRAFO. (10 de Marzo de 2012). Estaciones base de celulares, con nueva regulación. *La ordenanza 042 dispone que las empresas de telefonía celular deberán regularse y obtener la Licencia Única Metropolitana*.
- ITU. (2001). UIT-R M.1457-1.
- Pedrini, L. (13 de Octubre de 2011). *¿Qué es Tilt Eléctrico y Mecánico de la Antena (y cómo lo usa)?* Obtenido de telecomHall: <http://www.telecomhall.com/es/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la-antena-y-como-lo-usa.aspx>
- Sarmiento, I. R. (2007). Calidad de las Operadoras Celulares en Cuenca. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.

Conde, R. (2015). *Redes de telefonía celular*. Obtenido de http://celulares.about.com/od/Preguntas_frecuentes/a/Que-Significan-1g-2g-3g-Y-4g.htm

EL TELÉGRAFO. (10 de Marzo de 2012). Estaciones base de celulares, con nueva regulación. *La ordenanza 042 dispone que las empresas de telefonía celular deberán regularse y obtener la Licencia Única Metropolitana.*

ITU. (2001). UIT-R M.1457-1.

Pedrini, L. (13 de Octubre de 2011). *¿Qué es Tilt Eléctrico y Mecánico de la Antena (y cómo lo usa)?* Obtenido de telecomHall: <http://www.telecomhall.com/es/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la-antena-y-como-lo-usa.aspx>

Sarmiento, I. R. (2007). *Calidad de las Operadoras Celulares en Cuenca*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.

ANEXOS

Anexo 1 Estadísticas de mediciones para Movistar

Fuente: Sebastián Figueroa datos obtenidos por Drive test

		COLLAS_2GMOVI_15May01_141557.1	COLLAS_2GMOVI_15May01_143124.1
Aggregates	Average	-82.407	-81.646
	Maximum	-52	-56
	Minimum	-111	-111
	Std. deviation	7.98	10.498
	Variance	63.673	110.199
	Threshold < -70	93.227	85.181
	Time (ms)	700205	706402.001

		PIFOAERO_2GMOVI15May01_135515.1	PIFOAERO_2GMOVI_15May01_144536.1
Aggregates	Average	-83.793	-86.816
	Maximum	-48	-51
	Minimum	-111	-111
	Std. deviation	9.219	9.192
	Variance	84.988	84.492
	Threshold < -70	91.151	94.347
	Time (ms)	973513	783319

		UTAVIVA_2GMOVI_15May01_151004.1	UTAVIVA_2GMOVI_15May01_153108.1
Aggregates	Average	-89.256	-88.443
	Maximum	-53	-52
	Minimum	-111	-111
	Std. deviation	9.854	9.496
	Variance	97.101	90.172
	Threshold < -70	94.403	96.497
	Time (ms)	761362	706326

		COLLAS_3GMOVI_15May01_141556.1	COLLAS_3GMOVI_15May01_143123.1
Aggregates	Average	-92.692	-88.128
	Maximum	-52.8	-49.6
	Minimum	-130.5	-126.3
	Std. deviation	14.387	13.401
	Variance	206.984	179.585
	Threshold < -78	83.781	74.649
	Time (ms)	755893	745836

		PIFOAERO_3GMOVI15May01_135515.1.1	PIFOAERO_3GMOVI_15May01_144535.1.1
Aggregates	Average	-86.01	-85.55
	Maximum	-43.5	-43.4
	Minimum	-126.2	-124.3
	Std. deviation	13.112	13.494
	Variance	171.926	182.098
	Threshold < -78	73.675	69.642
	Time (ms)	1105436	986119

		UTAVIVA_3GMOVI_15May01_151007.1	UTAVIVA_3GMOVI_15May01_153107.1
Aggregates	Average	-82.541	-82.343
	Maximum	-44.5	-46.4
	Minimum	-110.6	-109.7
	Std. deviation	12.124	11.822
	Variance	146.998	139.763
	Threshold < -78	67.64	68.553
	Time (ms)	822591	781107

Anexo 2 Estadísticas de mediciones para Claro

Fuente: Sebastián Figueroa datos obtenidos por Drive test

		COLLAS_2GCLARO_15Apr25_164830.1.1	COLLAS_2G_CLARO_15May13_115833.1.1
Aggregates	Average	-81.88	-76.926
	Maximum	-48	-48
	Minimum	-108	-111
	Std. deviation	12.081	12.44
	Variance	145.94	154.746
	Threshold < -70	82.298	67.585
	Time (ms)	818129	750009.001

		PIFOAERO_2GCLARO_15Apr25_160555.1.1	PIFOAERO_2GCLARO_15Apr25_170641.1.1
Aggregates	Average	-72.528	-74.732
	Maximum	-48	-48
	Minimum	-97	-101
	Std. deviation	11.736	10.571
	Variance	137.725	111.736
	Threshold < -70	58.751	67.36
	Time (ms)	1080259	951157

		RUTAVIVA_2GCLARO_15Apr25_173110.1.1	RUTAVIVA_2GCLARO_15Apr25_175417.1.1
Aggregates	Average	-76.806	-76.4
	Maximum	-48	-48
	Minimum	-104	-103
	Std. deviation	10.849	11.369
	Variance	117.71	129.253
	Threshold < -70	71.163	71.234
	Time (ms)	779488	838641

		COLLAS_3GCLARO_15Apr25_164833.1.1	COLLAS_3G_CLARO_15Apr25_163039.1.1
Aggregates	Average	-83.711	-91.599
	Maximum	-49.7	-53.1
	Minimum	-122.5	-125.2
	Std. deviation	15.097	14.955
	Variance	227.911	223.665
	Threshold < -78	55.996	80.983
	Time (ms)	820519.001	792915

		PIFOAERO_3GCLARO_15Apr25_160551.1.1	PIFOAERO_3GCLARO_15Apr25_170643.1.1
Aggregates	Average	-85.28	-82.968
	Maximum	-51.9	-49.9
	Minimum	-128.9	-126.3
	Std. deviation	13.386	14.27
	Variance	179.198	203.635
	Threshold < -78	69.744	62.45
	Time (ms)	1103791	974588.001

		RUTAVIVA_3GCLARO_15Apr25_173109.1.1	RUTAVIVA_3GCLARO_15Apr25_175421.1.1
Aggregates	Average	-77.244	-80.876
	Maximum	-39.9	-49.3
	Minimum	-112.7	-113.8
	Std. deviation	11.733	10.076
	Variance	137.658	101.529
	Threshold < -78	52.03	70.935
	Time (ms)	796985	1128734