

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA COBERTURA DE LA RED 4G LTE DEL  
OPERADOR AMÉRICA MÓVIL, EN EL DISTRITO DE SAN  
ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, REGIÓN  
MOQUEGUA, AÑO 2022”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. JOSUÉ RAÚL MINAYA LOAYZA  
Bach. D´YALMA CARLOS PÉREZ JIMÉNEZ**

**TACNA – PERÚ  
2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA COBERTURA DE LA RED 4G LTE DEL  
OPERADOR AMÉRICA MÓVIL, EN EL DISTRITO DE SAN  
ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, REGIÓN  
MOQUEGUA, AÑO 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 9 de diciembre de 2022 estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mag. JOSE MARCIAL SUMARRIVA BUSTINZA**

**SECRETARIO : Mtro. MARKO JESUS POLO CAMACHO**

**VOCAL : Mtra. MARIA ELENA VILDOZO ZAMBRANO**

**ASESOR : Mag. ANIBAL JUAN ESPINOZA ARANCIAGA**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Josue Raúl Minaya Loayza, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 44943835 declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis de investigación titulada: ***Optimización de la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, en el Distrito de San Antonio, Provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, año 2022*** la misma que presento para optar el Título Profesional Ingeniero *Ingeniería Electrónica*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis/trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a La Universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis de investigación.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 27 de diciembre de 2022



Josué Raúl Minaya Loayza

DNI: 44943835

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, D'yalma Carlos Pérez Jiménez, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72655602 declaro bajo juramento que:

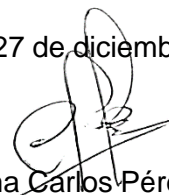
1. Soy autor de la tesis de investigación titulada: ***Optimización de la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, en el Distrito de San Antonio, Provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, año 2022*** la misma que presento para optar el Título Profesional Ingeniero *Ingeniería Electrónica*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis de investigación, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a La Universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o ~~lo~~ que encontrasen causa en el contenido de la tesis de investigación.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 27 de diciembre de 2022



D'yalma Carlos Pérez Jiménez

DNI: 72655602

## DEDICATORIA

A todos aquellos que me apoyaron y brindaron tanto su conocimiento como su tiempo, a mi esposa Katherine e hijo Francisco.

Bach. Josué Raúl Minaya Loayza

A todos aquellos que me apoyaron y brindaron tanto su conocimiento como su tiempo, a mi esposa Lucero y mi hija Ana Valeria.

Bach. D'yalma Carlos Pérez Jiménez

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por guiarme por un camino de felicidad, a mis padres que me apoyan en todo momento y son un ejemplo en mi vida y a todas aquellas personas que día a día me alientan a superarme como profesional y persona.

Bach. Josué Raúl Minaya Loayza

En primer lugar, a Dios por guiarme por un camino de felicidad, a mis padres que me apoyan en todo momento y son un ejemplo en mi vida y a todas aquellas personas que día a día me alientan a superarme como profesional y persona.

Bach. D'yalma Carlos Pérez Jiménez

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE TABLA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURA.....	x
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÒRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	5
2.1.1. A nivel internacional.....	5
2.1.2. A nivel nacional.....	5
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. El espectro electromagnético.....	9
2.2.2. Los sistemas móviles celulares.....	9
2.2.3. Cuarta Generación (4G).....	10
2.2.4. La tecnología LTE.....	10
2.2.5. Arquitectura LTE.....	11
2.2.6. EPC (Evolved Packet Core).....	11
2.2.7. E-UTRAN.....	11
2.2.8. Equipo de usuario.....	11
2.2.9. Propuesta de optimización.....	14
2.2.9. Configuración de la potencia de transmisión de la estación base.....	18

2.2.11. Calidad de Servicio (QoS).....	18
2.2.11.1. Factores que afectan la calidad de servicio.....	18
2.2.12. Drive Test.....	18
2.3. Definición de terminos.....	20
2.3.1. 3GPP (3rd Generation Partnership Project):.....	18
2.3.2. EnodeB (Evolved NodeB).....	18
2.3.3. EPC (Evolved Packet Core).....	18
2.3.4. EPS (Evolved Packet System).....	18
2.3.5. E-UTRAN.....	18
2.3.4. LTE (Long Term Evolution).....	18
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	21
3.1. Diseño de la investigación.....	18
3.1.1. Tipo de investigación.....	21
3.1.2. Nivel de la Investigación.....	21
3.2. Materiales y/o instrumentos para recolección de datos.....	21
3.2.1. Técnicas de recolección de los datos.....	23
3.2.1.1. Estudio de gabinete.....	21
3.2.1.2. Estudio de campo.....	21
3.2.1.3. Reportes.....	21
3.2.2. Instrumentos para la recolección de los datos.....	24
3.3. Población y/o muestra del estudio.....	21
3.3.1. Población de estudio.....	21
3.3.2. Muestra de estudio.....	21
3.4. Operacionalización de variable.....	22
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	22
3.5.1. Levantamiento de información de las estaciones en la zona de estudio.....	25
3.5.2. Acondicionamiento para la realización de mediciones con el Drive Test.....	32
3.5.3. Realización de mediciones y emisión de reportes con el Drive Test.....	36
CAÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
4.1. Reporte de mediciones de parámetros LTE en la zona de estudio.....	40
4.1.1. Muestras detectadas por el G-NetTrack Pro por estación base.....	40
4.1.2. Procesamiento de los reportes del Drive-Test.....	41
4.2. Resultados de los indicadores claves de desempeño (KPI).....	45
4.2.1. KPI-RSRP.....	45
4.2.2. KPI-RSRQ.....	50
4.2.3. KPI-SNIR.....	54



CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	59
5.1. Análisis de los resultados obtenidos de los KPI.....	59
5.1.1. Consideraciones preliminares.....	59
5.1.2. KPI-RSRP.....	59
5.1.3. KPI-RSRQ.....	60
5.1.4. KPI-SNIR.....	61
5.2. Propuesta de optimización con ATOLL.....	62
5.2.1. Fase 1: Optimización de los parámetros de la red móvil actual.....	63
5.2.2. Fase 2: Con la colocación de una nueva estación eNodoB.....	79
5.2.3. Evaluación y comparativa de la cobertura luego de la optimización.....	87
Conclusiones.....	88
Recomendaciones .....	89
Referencia Bibliográficas.....	90
Anexo.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de las bandas del espectro electromagnético.....	9
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	24
Tabla 3. Verificación de la ubicación de las estacione bases.....	33
Tabla 4. Información de las celdas a ingresar a la base de datos cellfile.....	33
Tabla 5. Muestras detectadas por el G-Nettrack Pro por cada estación base.....	41
Tabla 6. KPI-RSRP niveles de cobertura.....	45
Tabla 7. Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras.....	46
Tabla 8. Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras.....	47
Tabla 9. Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras.....	48
Tabla 10. Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras.....	49
Tabla 11 KPI-RSRQ niveles de cobertura.....	50
Tabla 12. Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras.....	50
Tabla 13. Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras.....	51
Tabla 14. Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras.....	52
Tabla 15. Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras.....	53
Tabla 16. KPI-SNIR niveles de cobertura.....	54
Tabla 17. Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras.....	54
Tabla 18. Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras.....	55
Tabla 19. Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras.....	56
Tabla 20. Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras.....	57
Tabla 21. Rangos aceptables de los indicadores claves de rendimiento (KPI).....	59

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Arquitectura de una red LTE.....	11
Figura 2. Arquitectura EPC.....	12
Figura 3. Comparación entre las redes de acceso E-UTRAN y UTRAN .....	13
Figura 4. Elementos de un equipo de usuario.....	14
Figura 5. Esquemas de inclinación de antena.....	16
Figura 6. Diagrama de radiación horizontal en una antena de panel.....	17
Figura 7. Delimitación de la zona de estudio.....	26
Figura 8. Ubicación física de la estación base Moquegua (AM 4503).....	26
Figura 9. Ubicación geográfica de la estación base Moquegua (AM4503).....	27
Figura 10. Ubicación física de la estación base San Antonio (AM 4611).....	28
Figura 11. Ubicación geográfica de la estación base Moquegua (AM 4503).....	28
Figura 12. Ubicación física de la estación base Viñedos (AM 4253).....	29
Figura 13. Ubicación geográfica de la estación base Viñedos (AM 4263).....	30
Figura 14. Ubicación física de la estación base Montalvo (AM 6269).....	30
Figura 15. Ubicación geográfica de la estación base Montalvo.....	31
Figura 16. Ubicación de las estaciones bases LTE en la zona de estudio.....	32
Figura 17. Delimitación del área de pruebas en la zona de estudio.....	32
Figura 18. Generación de la base de datos cellfile.xls.....	34
Figura 19. Carga de la base de datos cellfile.txt en el móvil.....	34
Figura 20. La distribución de las antenas en el eNodoB 01: MOQUEGUA.....	35
Figura 21. La distribución de las antenas en el eNodoB 02: SAN ANTONIO.....	35
Figura 22. La distribución de las antenas en el eNodoB 03: VIÑEDOS.....	36
Figura 23. La distribución de las antenas en el eNodoB 04: MONTALVO.....	36
Figura 24. Mapa de ubicación de las antenas usando GNETLOOK en el móvil.....	37
Figura 25. Inicio de la captura de datos de las mediciones.....	37
Figura 26. Captura y almacenamiento de datos de las mediciones.....	38
Figura 27. Fin del recorrido y finalización del almacenamiento de datos.....	38
Figura 28. Creación de carpeta de almacenamiento de datos de las mediciones.....	39
Figura 29. Base de datos de las muestras de las mediciones realizadas.....	40
Figura 30. Acceso LTE de muestras por estación.....	41
Figura 31. Gráfica con respecto a la calidad del servicio (RSRP).....	42
Figura 32. Gráfica con respecto a la calidad del servicio (RSRQ).....	42
Figura 33. Gráfica con respecto a la relación señal/ruido – SNR.....	43

Figura 34. Gráfica con respecto al indicador de calidad del canal (CQI).....	43
Figura 35. Gráfica del indicador de la señal recibida en LTE (LTERSSI).....	44
Figura 36. Cobertura de la red móvil 4G LTE .....	44
Figura 37. Gráfica con respecto a las celdas de las antenas (CELL).....	45
Figura 38. Gráfica de muestras RSRP nodo Moquegua.....	46
Figura 39. Gráfica de porcentajes de muestras RSRP nodo Moquegua.....	46
Figura 40. Gráfica de muestras RSRP nodo San Antonio.....	47
Figura 41. Gráfica de porcentaje de muestras RSRP nodo San Antonio.....	47
Figura 42. Gráfica de muestras RSRP nodo Viñedos.....	48
Figura 43. Gráfica de porcentaje de muestras RSRP nodo Viñedos.....	48
Figura 44. Gráfica de muestras RSRP nodo Montalvo.....	49
Figura 45. Gráfica de porcentajes de muestras RSRP nodo Montalvo.....	49
Figura 46. Gráfica de muestras RSRQ nodo Moquegua.....	50
Figura 47. Gráfica de porcentajes de muestras RSRQ nodo Moquegua.....	51
Figura 48. Gráfica de muestras RSRQ nodo San Antonio.....	51
Figura 49. Gráfica de porcentajes de muestras RSRQ nodo San Antonio.....	52
Figura 50. Gráfica de muestras RSRQ nodo Viñedos.....	52
Figura 51. Gráfica de porcentajes de muestras RSRQ nodo Viñedos.....	53
Figura 52. Gráfica de muestras RSRQ nodo Montalvo.....	53
Figura 53. Gráfica de porcentajes de muestras RSRQ nodo Montalvo.....	54
Figura 54. Gráfica de muestras SNIR nodo Moquegua.....	55
Figura 55. Gráfica de porcentajes de muestras SNIR nodo Moquegua.....	56
Figura 56. Gráfica de muestras SNIR nodo San Antonio.....	56
Figura 57. Gráfica de porcentajes de muestras SNIR nodo San Antonio.....	56
Figura 58. Gráfica de muestras SNIR nodo Viñedos.....	57
Figura 59. Gráfica de porcentajes de muestras SNIR nodo Viñedos.....	57
Figura 60. Gráfica de muestras SNIR nodo Montalvo.....	58
Figura 61. Gráfica de porcentajes de Muestras SNIR nodo Montalvo.....	58
Figura 62. Gráfica de comportamiento de las muestras RSRP por estación.....	59
Figura 63. Comportamiento de muestras RSRP en porcentaje por estación.....	60
Figura 64. Gráfica de comportamiento de las muestras RSRQ por estación.....	60
Figura 65. Comportamiento de muestras RSRQ en porcentaje por estación.....	61
Figura 66. Gráfica de comportamiento de las muestras SNIR por estación.....	61
Figura 67. Comportamiento de muestras SNIR en porcentaje por estación.....	62
Figura 68. Selección de la herramienta draw poligon .....	63
Figura 69. Área de cobertura demarcado por la herramienta draw poligon .....	63
Figura 70. Empleo de la herramienta traffic map.....	64

Figura 71. Tráfico que se desea generar en el área.....	64
Figura 72. Identificación del tipo zona.....	65
Figura 73. Determinación de la zona urbana.....	65
Figura 74. Cálculo de las matrices pathloss.....	66
Figura 75. Interferencia de matrices.....	67
Figura 76. Propiedad de interferencia de matriz entre estaciones base.....	67
Figura 77. Creación de una nueva predicción de antena.....	68
Figura 78. Tipos de predicción.....	68
Figura 79. Cobertura por nivel de la señal down link O.....	69
Figura 80. Predicciones de cobertura del nivel de señal DL.....	69
Figura 81. Histograma de la cobertura por el nivel de señal.....	70
Figura 82. Zona de overlapping.....	70
Figura 83. Porcentaje de la zona de overlapping.....	71
Figura 84. Predicción por cobertura de nivel de $C/(I+N)$ .....	72
Figura 85. Predicción de cobertura por el transmisor.....	72
Figura 86. Generación de una nueva simulación.....	73
Figura 87. Datos de coordenadas activas/inactivas de las celdas de servicios.....	73
Figura 88. Simulación de un acceso a internet .....	74
Figura 89. Generación de un nuevo mapa de predicciones automáticas.....	74
Figura 90. Configuración de los objetivos de desempeño RSRP y RSRQ.....	75
Figura 91. Reconfiguración de los parámetros de las antenas.....	75
Figura 92. Generación de una nueva predicción.....	76
Figura 93. Reconfiguración del azimut y tilt mecánico de cada estación.....	76
Figura 94. Análisis del status del objetivo LTE RSRP.....	77
Figura 95. Nivel de la señal en la zona de estudio.....	78
Figura 96. Cambios en los parámetros de las antenas de las estaciones.....	78
Figura 97. Cambios en los parámetros de cada antena de las estaciones.....	79
Figura 98. Ubicación de la nueva estación AM_0001.....	80
Figura 99. Activación de una ventana de predicción nueva.....	80
Figura 100. Cobertura por nivel de señal en el down link.....	81
Figura 101. Histograma de cobertura por nivel de señal.....	82
Figura 102. Zonas de solapamiento (overlapping) DL 0.....	83
Figura 103. Histograma de zonas de solapamiento (overlapping) DL 0.....	83
Figura 104. Zona de solapamiento (overlapping) down link 1.....	83
Figura 105. Histograma de zonas de solapamiento (overlapping) DL 0.....	84
Figura 106. Generación de una simulación con la nueva estación propuesta.....	84
Figura 107. Mensaje durante la optimización de la estación (site) propuesto.....	85

Figura 108. Reconfiguración del azimut y tilt mecánico de la estación propuesta.....	85
Figura 109. Análisis del objetivo LTE RSRP de la estación propuesta.....	86
Figura 110. Nivel de señal en la zona de estudio de la nueva estación propuesta.....	87
Figura 111. Cambios efectuados de la nueva estación propuesta.....	87
Figura 112. Análisis del objetivo LTE RSRP de la nueva estación propuesta y optimizada.....	88

## RESUMEN

En el Perú, el despliegue de la tecnología 4G-LTE facilitó el despliegue de la telefonía móvil tanto en las zonas urbanas y periféricas de las ciudades. Sin embargo, se puede observar que en varias ciudades la cobertura de la red móvil es muy deficiente y no logra cubrir los índices de desempeño correctos generando problemas e inconformidad al usuario. Este es el caso de la red móvil 4G LTE que opera en el distrito de San Antonio, provincia de Mariscal Nieto en la región Moquegua. El presente trabajo de tesis tuvo como objetivo principal optimizar la Red 4G- LTE de dicha zona. Para ello se utilizó el método DRIVE TEST para medir la cobertura, capacidad y calidad de la señal de la red 4G LTE. De las 14,300 mediciones de dicha señal que fueron obtenidas mediante la herramienta informática GNETTRACK, se obtuvo estadísticamente 1,033 mediciones como tamaño de la muestra muestras tomadas. Para evaluar la operatividad de la red móvil se tomaron en cuenta los indicadores claves de desempeño RSRP, RSRQ y SINR. La propuesta de optimización se efectuó utilizando el software ATOLL. Con la optimización propuesta se realizaron distintos cambios tales como movimiento de azimut (orientación horizontal) y movimiento de tilt (grado de inclinación) en las antenas; así mismo, se añadió una estación base logrando mejorar la cobertura de la red móvil.

**Palabras claves:** Predicciones redes de banda ancha; estación base celular; cobertura, servicios de voz y datos.

## ABSTRACT

In Perú, the deployment of 4G-LTE technology facilitated the deployment of mobile telephony in both urban and peripheral areas of cities. However, it can be seen that in several cities the coverage of the mobile network is very deficient and fails to cover the correct performance rates, generating problems and dissatisfaction to the user. This is the case of the 4G LTE mobile network that operates in the district of San Antonio, province of Mariscal Nieto in the Moquegua region. The main objective of this thesis work was to optimize the 4G-LTE Network in said area. For this, the DRIVE TEST method was used to measure the coverage, capacity and quality of the 4G LTE network signal. Of the 14,300 measurements of said signal that were obtained using the G-NETTRACK computer tool, 1,033 measurements were statistically obtained as the sample size of the samples taken. To evaluate the operability of the mobile network, the key performance indicators RSRP, RSRQ and SINR were taken into account. The optimization proposal was made using the ATOLL software. With the proposed optimization, different changes were made such as azimuth movement (horizontal orientation) and tilt movement (degree of inclination) in the antennas; Likewise, a base station was added, improving the coverage of the mobile network.

**Keywords:** Predictions broadband networks; cellular base station; coverage, voice and data services.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, más de la mitad de habitantes de nuestro país: 16,7 millones de peruanos, son usuarios de los servicios de comunicación móvil, que ofrecen los diferentes operadores de telecomunicaciones, lo que nos permite afirmar que estamos frente ante la prestación de servicios prioritarios.

Actualmente, las redes de comunicaciones móviles se han desplegado a lo largo de nuestro país, permitiendo el desarrollo de las zonas periféricas y rurales que requieren tener acceso al ámbito nacional e internacional, a través de redes de banda ancha que brinden los servicios de voz, datos y video.

La red 4G LTE emplea una tecnología de banda ancha que utiliza un método de conexión a internet, muy empleado en la actualidad para las poblaciones lejanas y de topología geográfica de difícil acceso, muy útil en las zonas periféricas y rurales de nuestro país.

Nuestro trabajo de tesis fue desarrollado siguiendo la estructura que a continuación se presenta:

El capítulo I denominado "Planteamiento del problema": analiza la problemática que tiene la red móvil 4G en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua.

El capítulo II denominado "Marco teórico": presenta los resúmenes que fueron tomados de otras investigaciones que tienen relevancia con nuestro trabajo, así como los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la tesis.

El capítulo III "Marco metodológico": contiene el tipo y diseño aplicado en nuestra investigación, presenta la operacionalización de la variable de estudio, así como las técnicas para recolección de datos y del procesamiento y análisis de datos.

El capítulo IV "Resultados": Presenta los datos obtenidos de las mediciones efectuadas de los indicadores claves de desempeño de la cobertura de la red móvil de la zona de estudio.

El capítulo V "Discusión de resultados": Presenta el análisis de los resultados obtenidos hace una propuesta de optimización de la red móvil ubicada en el distrito San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema.

Las redes móviles están evolucionando a favor de los usuarios, y en menos de 20 años hemos experimentado redes de banda ancha móviles como el 3G y el 4G, que han permitido mejorar el servicio de comunicaciones de sus usuarios a nivel de voz y data gracias a la añadidura de más kilobits de subida y bajada. (Arias, 2019)

Dichas experiencias traen consigo ahora inclusive la nueva generación de redes denominada 5G, que se plantea como el futuro de las comunicaciones móviles y fijas.

La introducción de esta nueva generación requiere que los gobiernos a nivel mundial levanten barreras de entrada a fin que se pueda ofertar dichos servicios a menores costos.

A pesar de estos cambios significativos en el panorama mundial, en el Perú aun la introducción de dicha tecnología se prevé a un mediano y largo plazo debido a que nuestro país no cuenta aún con la infraestructura de comunicaciones que garantice su introducción debida, e incluso, considerando que la cobertura 4G aún no está implantada en muchas zonas geográficas de nuestro territorio, los cuales cuentan tan solo con asignaciones 3G, y en casos menos alentadores, sin acceso a servicio móviles. Se estima incluso que se necesitarían 200,000 antenas a nivel nacional para dar cara a la tecnología 5G, contando en la actualidad con tan solo 20,630 estaciones bases (Guardia, 2019).

Se estima que en nuestro país más del 60% de conexiones móviles son 3G, y somos el penúltimo lugar de Latinoamérica en materia de acceso a internet, que reflejan deficiencias en cuanto a las comunicaciones y tráfico de datos, y más aun con tarifas que son poco atractivas que terminan siendo una limitante para gran parte de la población (Gestión, 2019).

Esta realidad se replica a nivel nacional, y la región Moquegua no es la excepción. Se puede citar de forma particular el caso del distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, donde los usuarios cuentan con cobertura 3G y 4G. Así mismo, problemas de telecomunicaciones que no permiten lograr los estándares de velocidad para la trasmisión de voz y datos demandados por los usuarios, afectando la posibilidad de lograr una comunicación de calidad.

Dado ello, por medio de la presente tesis se propone la optimización de los servicios de voz y data para el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, hecho que demanda la modificación de parámetros como el movimiento de estación o antena, configuración de potencia, configuración de canales e instalación de tarjetas, los cuales podrán permitir mejoras de la cobertura a nivel de potencia, calidad y recepción.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿La optimización de la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, mejorará los servicios de voz y datos en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, en el año 2022?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a. ¿En qué medida la realización de pruebas de campo radioeléctricas en la zona de estudio, permitirá identificar las zonas sin cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil?
- b. ¿En qué medida el cálculo de los parámetros de una red móvil utilizando el método Drive Test, permitirá el análisis de la cobertura de la red móvil en la zona de estudio?
- c. ¿En qué medida la propuesta de una alternativa de solución para la optimización de la red 4G LTE del operador América Móvil, permitirá la total cobertura de los servicios de voz y datos en la zona de estudio?

## **1.3. Justificación e importancia**

La investigación tiene su justificación debido a que:

En un plano teórico, el estudio permitirá contrastar las teorías relacionadas a la optimización de una red 4G LTE que permita mejorar la cobertura de los servicios de voz y data sobre una realidad problemática como lo es el caso del distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, en el año 2022.

En un plano metodológico, la investigación hace aplicación del método científico, lo cual, además de resolver el problema de investigación, establece una nueva metodología para la mejora de los servicios de voz y data, que puede ser puesta en

práctica para no solo mejorar el caso de estudio, sino también otras realidades análogas al presente.

En un plano práctico, la propuesta de optimización puede servir como un documento primario de referencia a ser utilizada por el operador de las redes 4G LTE en evaluación, que será utilizado a la mejora de la cobertura de los servicios de voz y datos que ofertan.

#### **1.4. Objetivos.**

##### **1.4.1. Objetivo general.**

Optimizar la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, para la mejora de los servicios de voz y datos en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, año 2022.

##### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- a. Identificar las zonas sin cobertura de la red de telefonía móvil del operador América Móvil en la zona de estudio, realizando pruebas de campo radioeléctricas.
- b. Calcular los parámetros de la red móvil 4G LTE utilizando el método de Drive Test, que permita analizar la cobertura de la red móvil en la zona de estudio.
- c. Proponer una alternativa de solución para la optimización de la red de telefonía móvil del operador América Móvil, que permita mejorar cobertura de los servicios de voz y datos en la zona de estudio.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

El desarrollo del trabajo de Investigación se basó en el conocimiento previo del uso de métodos para medir los indicadores claves de desempeño (KPI) que inciden en la cobertura. Así mismo, para la realización de las mediciones de los indicadores KPI, se recurrió a equipos para la medición de los parámetros de la red móvil, así como al acceso a la información técnica de las estaciones bases y del sistema de antenas de la red móvil de la zona de estudio.

El análisis de la cobertura de la red 4G LTE y la propuesta de optimización de su cobertura, fue producto de la experiencia profesional obtenida por estar laborando en un operador nacional de telecomunicaciones.

. Por otro lado, se tuvo acceso al repositorio de tesis nacional de Pre-Grado y Pos-Grado denominada Alicia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC).

#### 2.1.1 A nivel internacional

Delgado (2017), en su tesis titulada *“Diseño e implementación de una red de voz y datos para una PyME de transporte”*, de la Universidad Nacional Autónoma de México, manifestó que:

Para implementar un sistema de cableado estructurado, planteó 6 objetivos principales, que debía de cubrir a lo largo de este proyecto: 1. Efectuar un análisis de la infraestructura informática. 2. Encontrar los requerimientos para la implementación de una red de voz y datos. 3. Elaborar un proyecto donde se expresen los requerimientos de la red de telecomunicaciones de Cableado Estructurado a implementar. 4. Evaluar, comparar y seleccionar el proyecto y cotización que sea la más beneficiosa a la Empresa. 5. Supervisar la ejecución de la red de voz y datos. 6. Verificar la operatividad de la red y solicitar a la empresa encargada de la implementación la memoria técnica descriptiva de la red (p.90).

Según Salgado (2014), en su tesis de título: "*Estudio de viabilidad para llevar internet 4G LTE a zonas rurales de Colombia caso de estudio: Municipio de Zipaquirá*", llegó a las siguientes conclusiones:

La viabilidad de 4G LTE en el municipio de Zipaquirá no tiene mayores problemas, debido a que su geografía que permite un buen acceso a las redes de servicio. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que debido a su geografía montañosa se necesita más repetidores, mayor cantidad de amplificadores y picos de celdas.

El tamaño de las celdas depende de diferentes factores como el tipo de antenas utilizado, el terreno: llanuras, montañas, valles; La ubicación de la instalación: área rural; urbana; y la densidad de población el alcance del teléfono móvil o del dispositivo móvil.

El tráfico puede variar debido al tamaño de población donde se vaya a hacer la implantación, debido a su cultura, a la zona geográfica y a sus costumbres.

Debido a las diferentes bandas que utilizan en 4G LTE puede variar las antenas usadas en este estudio y la cantidad de las mismas en los diferentes municipios (p.86).

Gómez (2013), en su trabajo de tesis "*Diseño de una red de cuarta generación LTE (Long Term Evolution) para obtener la actualización tecnológica de telefonía móvil e internet de la CNT E.P. provincia de Santa Elena, Ecuador*", arribó a las siguientes conclusiones:

Las características técnicas de la tecnología LTE ofrecen mejores servicios que sus antecesoras, dado que maneja la tecnología LTE maneja capacidad de transmisión de 100 Mbps de descarga y 40-60 Mbps de carga con un ancho de banda de 20 MHz para cada canal. Su arquitectura en línea, no jerarquizada, no requiere de equipamiento adicional para la comunicación entre estaciones bases (eNBs) o nodos, lo que genera que se formen arquitecturas semi-malladas, permitiendo el envío de información de control y de tráfico de usuarios a la estación o nodo de la red troncal más adecuado, siguiendo criterios de balanceo de carga (p.133).

Rodríguez y Arias (2013) en su artículo científico "*Simulación y Análisis de una Red LTE en Ambientes Urbanos de la ciudad de Managua*", llegaron a las siguientes conclusiones:

Usando MATLAB® en la realización de simulaciones, se verificó la capacidad de canal de LTE y comparando los resultados obtenidos de nuestra simulación con estudios publicados por otros investigadores con referencia a los parámetros de la tecnología LTE, se pudo afirmar que los resultados fueron próximos. Con el software ATOLL® evaluamos el desempeño de una red LTE (Release 8), bajo las condiciones encontradas en la ciudad de Managua en Nicaragua, donde existe una mayor cantidad de zonas urbanas que demandan tráfico de voz y de datos móviles. Con la creación de escenarios para los ambientes urbanos y suburbanos, obtuvimos el desempeño de la red LTE y lo comparamos con mediciones de campo (Drive Test) efectuadas por el operador de telecomunicaciones Yota en Nicaragua en la zona de estudio. Los resultados demuestran que la red LTE tiene un mejor rendimiento en velocidad de datos, que puede transmitirse en el DL, para Web Browsing (p.5).

### **2.1.2 A nivel nacional**

Barrantes y Sáenz (2019) desarrollaron la tesis "Identificación de factores que afectan la calidad de servicio de la red móvil LTE en la ciudad de Otuzco- 2018, mediante una medición Drive-Test", llegaron a las siguientes conclusiones:

Los valores obtenidos de los indicadores de drive test LTE para los nodos Ermita y Pinip, mostraron resultados deficientes en comparación con los estándares de calidad establecidos por 3GPP. El parámetro RSRP obtuvo un 55.1% de muestras aceptables, sin embargo, los demás indicadores se encontraban muy por debajo de los rangos de aceptabilidad, cuya referencia es de 95% de muestras aceptables. Esto permitió identificar dos factores asociados a la degradación de los indicadores claves de desempeño (KPI): 1) La ubicación inadecuada de la estación Ermita, que no permite una cobertura uniforme en su área de servicio y 2) El solapamiento de la señal de la estación Pinip, la cual produce interferencia y una degradación de los indicadores claves de desempeño de la estación Ermita, tales como RSRQ, SINR, y DL (p.70).

Chino (2018), desarrolló la investigación titulada “*Diseño de una red 4G LTE avanzado mejorando la densificación de red de acceso mediante despliegue heterogéneo de células para la ciudad de Juliaca*”, donde estableció las siguientes conclusiones:

Se determinó que los usuarios que consumen mayor ancho de banda en la red 4G LTE son del centro de atención y aislamiento temporal de pacientes COVID-19. Al comparar el tráfico, se llegó a la conclusión que los usuarios Downlink tienen un tráfico de datos de al menos 8 veces más que los usuarios Uplink. Del análisis de los indicadores clave de rendimiento de la estación base LIC3010, la optimización de la red fue satisfactoria, mejorando la congestión en la red del Centro de Atención y Aislamiento Temporal de Pacientes COVID-19 (p.83).

Puel (2017), desarrolló la tesis “*Diseño de una red 4G-LTE outdoor de la empresa América Móvil Perú SAC para la provincia de Sechura*”, donde indica que:

El diseño de una red basada en la tecnología 4G LTE para la ciudad de Sechura, Los criterios para la elección de esta tecnología fueron: 1) Ofrecer una tasa de transferencia de acuerdo a las necesidades de los usuarios, las mismas que actualmente no son cobertura das por las redes 2G y 3G. El despliegue de esta red no presentara dificultades geográficas para la instalación de los equipos puesto que las estaciones seleccionadas se encuentran en una zona rural. Lo cual aligera los trabajos del personal de operación y mantenimiento (p.94).

Chancasana (2015), en su trabajo de tesis: “*Diseño de una red 4G-LTE indoor para el Centro Comercial Real Plaza Santa Clara*”. Llegó a las siguientes conclusiones:

Si bien el uso de *software de simulación en el diseño de una red LTE indoor* no es 100% exacto, se acerca mucho a la realidad y sirve de referencia para garantizar un diseño correcto y con todas las condiciones para presentar una óptima red. Esto lo demuestran los niveles de cobertura y velocidad de acceso obtenidos en la realidad tomando como base el diseño en *software*. Cabe recordar que es en la etapa de optimización que se ajustan todos los errores, pero un buen diseño hace más fácil la optimización. Las simulaciones desarrolladas tanto en 4G, 3G y 2G permitieron observar una óptima cobertura de señal celular dentro del



centro comercial Real Plaza Santa Clara. Esto lo respaldan los niveles de KPI obtenidos luego de la instalación que están dentro del rango aceptable impuesto por las operadoras (p.83).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 El espectro electromagnético

Según Gómez (2013), “el espectro electromagnético se concibe como la dispersión de radiaciones diferenciadas entre sí por la frecuencia, desde las señales RF hasta los rayos Gamma” (p.9).

El espectro electromagnético se divide en bandas de frecuencias normalizadas según la Recomendación UIT-R V.431-8. La tabla 1 muestra la distribución de las bandas de frecuencias según la UIT.

**Tabla 1**

*Bandas de frecuencias del espectro electromagnético*

Numero de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
3	ULF	300-3000 Hz	Ondas hectakilométricas	B,hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas	B,Mam
5	LF	30-3000 Khz	Ondas kilométricas	B,Km
6	MF	300-3000 kHz	Ondas hectométricas	B,hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B,dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B,m
9	UHF	300-3000 kHz	Ondas decimétricas	B,dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centrimétricas	B,cm
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B,mm
12		300-3000 GHz	Ondas decimilimétricas	B,dmn
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas	B,cmm
14		30-300 THz	Ondas microétricas	B,µm
15		300-3000 THz	Ondas decimicrometricas	B,dµm

Nota, Tabla Disponible en: <https://cutt.ly/cNOxnuh>

### **2.2.2 Los sistemas móviles celulares**

Según Rodríguez (2012) “hoy en día la tecnología más utilizada es la telefonía móvil, incluso, por encima del Internet, telefonía fija y otras tecnologías; estimándose que alrededor del 87% de la población mundial es usuario de telefonía móvil” (p.5).

Además, Rodríguez (2012) manifiesta que:

El rápido avance tecnológico ha permitido crear dispositivos móviles cada vez más sofisticados y capaces de proporcionar una amplia gama de aplicaciones, con lo cual la aceptación y penetración de la telefonía móvil a nivel mundial es más que evidente, convirtiéndose el teléfono celular en un dispositivo indispensable en la vida cotidiana del mundo actual (p.5).

### **2.2.3 Cuarta generación (4G)**

Para Rodríguez (2012) “la evolución de los sistemas 3G a 4G está impulsada por la creación y el desarrollo de nuevos servicios para dispositivos móviles, y está habilitada por el *avance* de la tecnología disponible para sistemas móviles” (p.12).

Vélez (2018) define a la Cuarta Generación (4G) como “la tecnología que usa totalmente el protocolo IP, que han sido creadas con el objetivo de proveer tasas de transmisión hasta unos 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en una estación fija” (p.11). Además, emplea los parámetros de Calidad de Servicio (QoS) para darle prioridad al tráfico de datos, dependiendo del tipo de aplicación.

Florido y Navea (2012) indica con respecto al despliegue de las redes 4G que, “mediante la conmutación de paquetes, mantendrá el servicio de voz y a la vez ayudará a mejorar la funcionalidad de las videoconferencias, acceso a videos de alta calidad, juegos en tiempo real, televisión móvil, etc” (p. 8).

### **2.2.4 La tecnología LTE**

La tecnología LTE (Long Term Evolution) o evolución a largo plazo, es el estándar de comunicaciones móviles estandarizada por el 3GPP (3rd Generation Partnership Project) que detectaron una gran necesidad en asegurar la competitividad del sistema 3G para el futuro, y así poder complacer a los usuarios que demandaban más calidad y mayor rapidez de servicio

Para Florido y Navea (2012) la tecnología LTE se presenta como “la evolución de la tecnología celular UMTS creada en noviembre de 2004, conocida como E-UTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access) y E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network)” (p.8).

Vélez (2018) manifiesta lo siguiente de la tecnología LTE con respecto a sus características principales:

LTE es una tecnología de alta velocidad y baja latencia que comprende GSM, GPRS, EDGE, WCDMA ('Wideband Code Division Multiple Access') y HSPA.

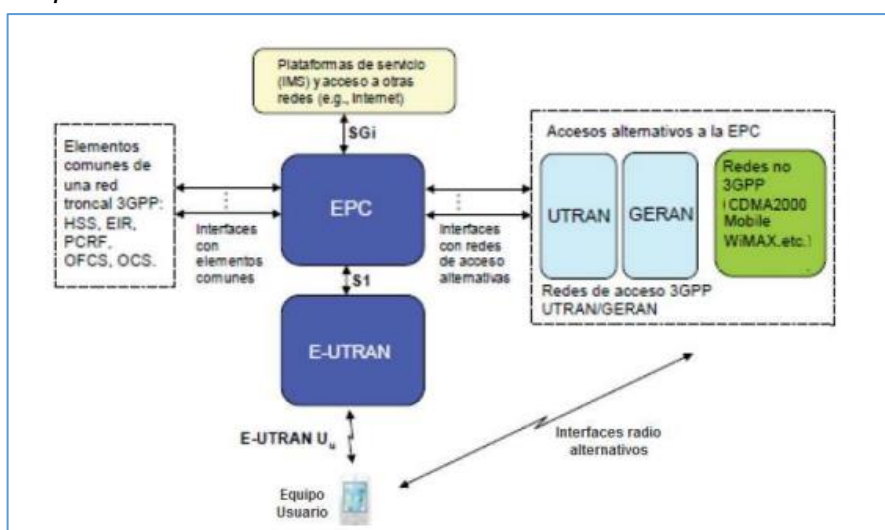
La red LTE presenta mejoras en la interfaz aire, en comparación con las redes 3G, utiliza OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) para el downlink, basado en esquemas de acceso múltiple y modulación, y utiliza SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) para el uplink (p.13).

### 2.2.5 Arquitectura LTE

Para Gómez (2013), “los componentes fundamentales del sistema LTE son, la nueva red de acceso E-UTRAN y el nuevo dominio de paquetes EPC de la red troncal, y la evolución del subsistema IMS concebido inicialmente en el contexto de los sistemas UMTS” (p.22). Estos componentes en su conjunto suministran los servicios de transferencia de paquetes IP entre las redes externas y los usuarios. En la figura 1 se muestra la Arquitectura de una red LTE.

**Figura 1**

*Arquitectura de una red LTE*



Nota. La imagen está disponible en: <https://cutt.ly/HN0suOx>

Florido y Navea (2012) describen las interfaces que existen en la arquitectura LTE. Manifiestan que “la interfaz entre E-UTRAN y EPC se llama S1; la interfaz de radio entre los equipos de usuario y E-UTRAN se denomina E-UTRAN U<sub>u</sub>; la interfaz SGi de la EPC es en donde se realiza la conexión a redes de paquetes IP externas” (p.10).

### 2.2.6 EPC (volved packet core)

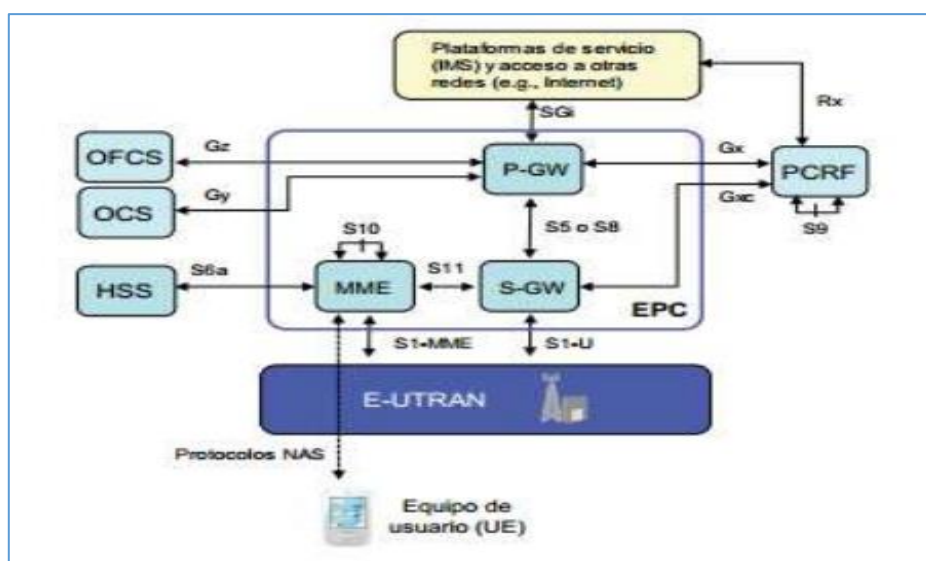
El diseño de la red troncal EPC ha sido concebido principalmente según Florido y Navea (2012) “para proporcionar un servicio de conectividad IP (evolución del servicio GPRS) mediante una arquitectura de red optimizada que permite explotar las nuevas capacidades que ofrece la red de acceso E-UTRAN” (p.11).

Según Vélez (2018), los elementos de red de la arquitectura EPC “son unidades funcionales, esto significa que son unidades lógicas que desempeñan funcionalidades muy bien delimitadas, debido a esta razón es muy común encontrar a todas las unidades funcionales dentro de un mismo equipo físico” (pp. 18-19).

En la figura 2 se observa una troncal EPC para proveer los servicios IP a través de una red de acceso E-UTRAN.

**Figura 2**

*Arquitectura EPC*



Nota. La imagen está disponible en: <https://cutt.ly/zN0QRzh>

### 2.2.7 E-UTRAN

La arquitectura de la red de acceso E-UTRAN está compuesta por una única entidad de red, denominada Evolved NodeB (eNB) que constituye su estación base, el cual integra toda la funcionalidad de la red de acceso.

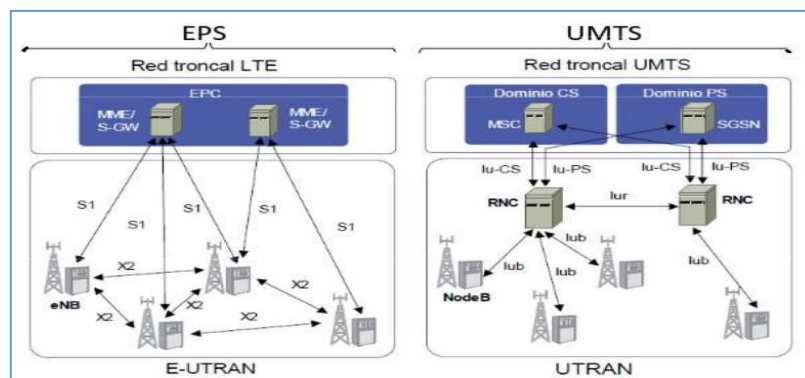
La red de acceso E-UTRAN es también denominada como “la interfaz aérea de LTE, que se encarga de interconectar los equipos de usuario con la red de acceso” (Florido y Navea, 2012).

Según Vélez (2018) el nodo Evolved NodeB (eNB) “actúa como una radio base que se ubica con las antenas de radio. Se encarga de crear un enlace entre el equipo de usuario con el EPC para transmitir los paquetes de datos IP y mensajes de señalización” (p.27).

La principal diferencia entre la red de acceso E-UTRAN y la red de acceso UTRAN es que esta última se basa en una arquitectura jerárquica, tal como muestra en la figura 3.

**Figura 3**

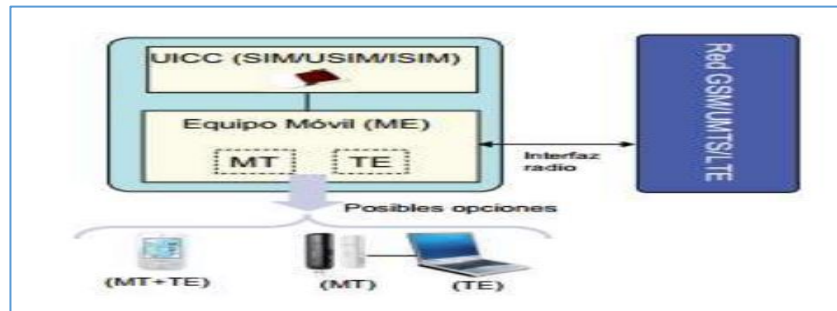
*Comparación entre las redes de acceso E-UTRAN y UTRAN*



Nota. La imagen está disponible en: <https://cutt.ly/ON0YPrX>

### 2.2.8 Equipo de usuario

Para Vélez (2018) los equipos de usuarios “son todos aquellos equipos que permiten al usuario conectarse con el sistema LTE, mediante el uso de la interfaz de radio. El equipo de usuario LTE posee una arquitectura que consta de dos elementos: el módulo de suscripción de usuario (SIM/USIM) y el equipo móvil (ME)” (p. 28). La figura 4 muestra los elementos de un equipo de usuario.

**Figura 4***Elementos de un equipo de usuario*

Nota. La imagen está disponible en: <https://cutt.ly/ON0YPrX>

### 2.2.9 Propuesta de optimización

Para Gunnarsson et al (2008), tradicionalmente, en los sistemas de segunda generación, los conceptos de cobertura y capacidad podían tratarse de manera relativamente independiente, ya que la planificación de frecuencias permitía que las celdas adyacentes tuvieran diferentes frecuencias asignadas para evitar la interferencia co-canal.

Sin embargo, según García-Lozano y Ruiz (2004), con la aparición de redes UMTS, los indicadores de cobertura, capacidad y calidad de servicio (Calidad de servicio, QoS) están estrechamente vinculados. UMTS utiliza la misma banda de frecuencia en todas las celdas, lo que significa que las celdas adyacentes interfieren entre sí. Para aliviar este problema, la tecnología WCDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha) incluía técnicas macro-celulares (transferencia suave), que aprovechan esa superposición entre las células. En LTE, como en UMTS, todas las celdas del sistema usan la misma banda de frecuencia. Sin embargo, en sus primeras versiones (Versión 8-10), no existe una funcionalidad que aproveche la diversidad macro-celular, por lo que no es deseable una superposición excesiva entre las células. Por lo tanto, debe garantizarse una cierta superposición entre las celdas adyacentes, lo que evita brechas de cobertura, sin crear problemas de interferencia (y, por lo tanto, con eficiencia y capacidad espectral). Este compromiso entre cobertura y capacidad al definir la superposición entre celdas debe permanecer bajo el control del operador.

De acuerdo a Saraydar y Yener (2001), los objetivos de CCO se pueden lograr modificando varios parámetros, entre los cuales se encuentran los parámetros de la antena, como el patrón de radiación de la antena, el ángulo azimutal o el ángulo de inclinación. El ajuste automático de estos dos últimos parámetros de antena requiere la

disponibilidad de antenas con control remoto (dirección de acimut remoto, RAS e inclinación eléctrica remota, RET, respectivamente). Otras formas alternativas incluyen el ajuste de otros parámetros de las estaciones base, por ejemplo, la potencia de transmisión de la estación base, la potencia de las señales de referencia en el enlace descendente o los parámetros del control de potencia en el enlace descendente.

Debido a su importancia en esta tesis, el proceso de movimiento de la estación o antena se detalla a continuación. (Hämäläinen, Sanneck, & Sartori, 2011).

Para Athley y Johansson (2010), el ajuste del ángulo de inclinación de las antenas de las estaciones base es una de las técnicas más utilizadas para mejorar el aislamiento entre células o ampliar su cobertura en las redes celulares. Un ajuste óptimo del ángulo de inclinación minimiza la interferencia entre las celdas vecinas (solapamiento), evita las conexiones con usuarios alejados de la celda (rebasamiento) y mejora la cobertura en el área a ser atendida por la estación base. Aun así, la selección del ángulo óptimo depende de múltiples factores, no siempre fáciles de analizar y medir, lo que en muchos casos evita que los operadores aprovechen al máximo esta técnica, lo que agrava esta dificultad al introducir nuevas ubicaciones, lo que nos obliga a reconfigurar la inclinación. ángulos periódicamente.

Según Wille, Toril, y Barco (2005), el ajuste correcto del ángulo de inclinación de las antenas de una celda y el de sus vecinos es importante para garantizar que el nivel de señal sea máximo dentro de su área de servicio y mínimo fuera de ellas. De esta manera, la relación señal-ruido e interferencia dentro del área de servicio es mayor, y con ello, la eficiencia espectral del sistema. Sin embargo, agachar la antena en exceso puede causar problemas de cobertura en los bordes de las celdas. Por lo tanto, es importante elegir correctamente el ángulo de inclinación, para evitar problemas de brechas de cobertura y reducir la interferencia entre las células (Niemelä, Isotalo, & Lempiäinen, 2005).

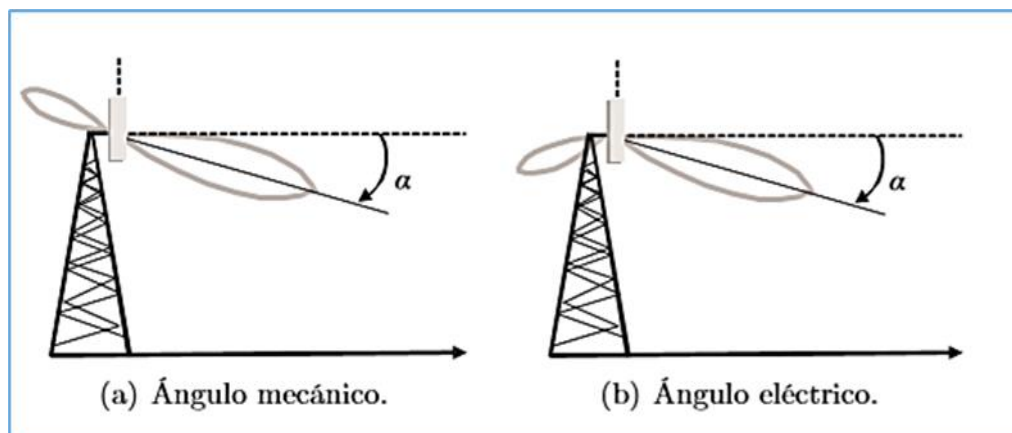
El ángulo de inclinación de una antena se define como el ángulo que forma el lóbulo de radiación principal de la antena con el horizonte. Este ángulo es a su vez la suma de dos ángulos de inclinación: el logrado por medios mecánicos y el logrado por medios eléctricos. Por lo tanto, el ajuste del ángulo de inclinación se puede realizar de forma mecánica y / o eléctrica. El primero requiere visitar el sitio de la antena y hacer los cambios físicamente, por lo que es parte del proceso de relanzamiento de la red.

De acuerdo a Wille, Toril, y Barco (2005), la inclinación de la antena se puede realizar eléctricamente ajustando la fase de los elementos radiantes de la antena, que se pueden controlar de forma remota mediante RET.

Por lo tanto, cambiar el ángulo de inclinación es tan simple como modificar cualquier otro parámetro de red lógica. Además, el ajuste eléctrico no cambia la forma del diagrama de antena en el plano horizontal. Ambas ventajas hacen que RET sea una de las técnicas más potentes en la optimización de redes móviles, que se utiliza en varios casos de uso de SON (por ejemplo, CCO, LB o COC) (Niemelä, Isotalo, & Lempiäinen, 2005).

**Figura 5**

*Esquemas de inclinación de antena*



Nota. Buenestado (2017). Disponible en: <https://cutt.ly/rSx1cTF>

La figura 5 (a) - (b), muestra un diagrama conceptual de ambos tipos de inclinación, mecánica y eléctrica, respectivamente, donde  $\alpha$  es el ángulo de inclinación de la antena.

Por su parte, las figura 6 (a) - (b) muestran con mayor detalle los patrones de radiación en el plano horizontal que generan diferentes ángulos de inclinación para una antena de panel de tres paneles, cuando el ajuste se realiza por medios mecánicos o eléctricos.

En la figura 6 (b), se puede ver que, al inclinarse hacia abajo (es decir, aumentar el ángulo de inclinación,  $\alpha$ ) eléctricamente, la antena, el lóbulo principal, el lóbulo



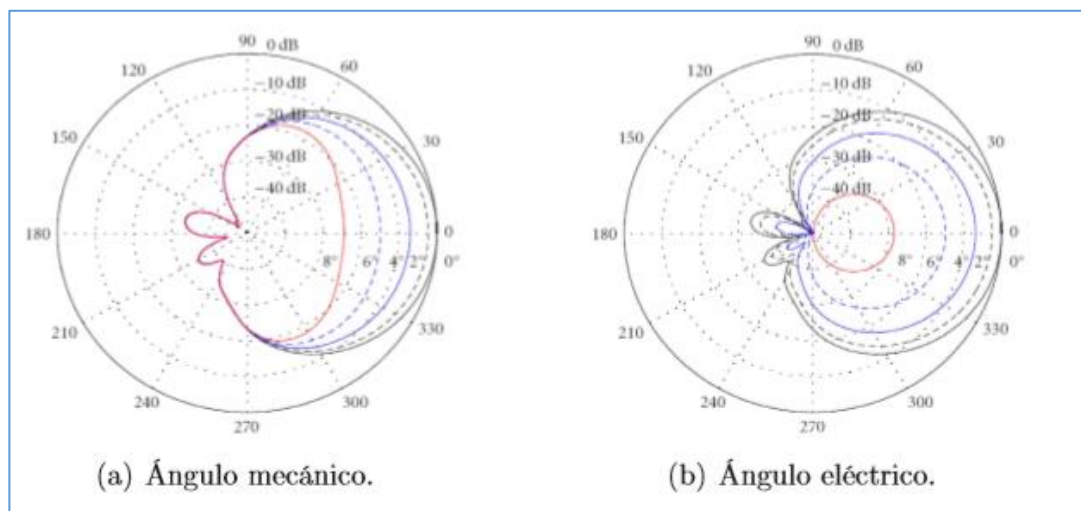
posterior y los lados reducen su ganancia de manera uniforme, manteniendo la forma del diagrama de radiación.

Como consecuencia, la energía radiada en el plano horizontal se reduce igualmente en todas las direcciones. Por el contrario, en la figura 6 (a), se puede ver que, al agacharse la antena por medios mecánicos, ya que la antena está físicamente inclinada por el lado del lóbulo principal, los lóbulos laterales no se doblan, por lo que la energía radiada se reduce especialmente en la dirección de máxima radiación del panel.

Por otro lado, la reducción de la interferencia entre las células no es tan significativa como con el ajuste del ángulo eléctrico (Yilmaz, Hämäläinen, & Hämäläinen, 2009).

**Figura 6**

*Diagrama de radiación horizontal en una antena de panel*



Nota. Buenestado (2017). Disponible en: <https://cutt.ly/rSx1cTF>

### 2.2.10 Configuración de la potencia de transmisión de la estación base

De acuerdo a Hämäläinen, Sanneck, y Sartori (2011), en la práctica, el ángulo de inclinación de las antenas no siempre se puede modificar para resolver el problema de CCO. La razón puede ser que: a) la antena tiene un patrón de radiación omnidireccional, y solo es posible un ajuste mecánico, b) la antena se comparte entre diferentes tecnologías de acceso por radio, que requieren diferentes ángulos de inclinación, o c) la antena no se puede controlar remotamente sin RET. Para estas situaciones, es necesario encontrar mecanismos alternativos a la modificación del ángulo de inclinación de la antena para resolver los problemas de CCO.

Una posible técnica alternativa es la optimización de la cobertura y la capacidad celular mediante la regulación de la potencia de transmisión de las estaciones base en el enlace descendente (DownLink, DL). Este ajuste se realiza para evitar una interferencia excesiva entre las células vecinas en redes densas (Hämäläinen, Sanneck, & Sartori, 2011).

La optimización de la potencia de transmisión DL implica ciertos desafíos, como cambios en el comportamiento a largo plazo del amplificador o cambios drásticos en la región de transferencia. Este proceso de optimización podría ser problemático para las transferencias, porque la potencia recibida no cambia solo en un área determinada de la celda, sino que modifica la potencia recibida en toda el área de servicio.

### **2.2.11 Calidad de servicio (QoS)**

Es el grado de satisfacción del usuario sobre el servicio que recibe. Cuando se especifica la calidad del servicio, debe considerarse el efecto combinado de las siguientes características de este: logística, facilidad de utilización, disponibilidad, confiabilidad, integridad y otros factores específicos de cada servicio.

#### **2.2.11.1 Factores que afectan la calidad de servicio**

Los factores que afectan la calidad de servicio de una red móvil 4G nos referimos a los elementos que al interactuar con las líneas de transmisión establecidas están se verán afectadas de manera negativa generando un déficit en el servicio. Existen diversos elementos que impactan drásticamente en el desempeño de estas mismas, entre las principales tenemos:

- **Áreas geográficas:** Esto incluye obstáculos entre el terminal y la antena, fijos (edificios, cerros) o móviles (autos).
- **El clima:** La lluvia es considerada uno de los elementos naturales que mayor interferencia puede ocasionar en una transmisión debido a su alta densidad generando la atenuación de la señal.
- **Saturación:** El número de usuarios dentro de una celda varía según la hora y el día. Las BTS tienen la capacidad de brindar servicio a una cantidad limitada de usuarios, es decir poseen un número limitado de canales de tráfico para el establecimiento de llamadas telefónicas, si estos se congestionan no se podrá realizar ningún tipo de llamadas. Este efecto se conoce como saturación

### 2.2.12 Drive test

El Drive Test “es una técnica o método que consiste en simular la operatividad de una red inalámbrica para evaluar la cobertura, capacidad y calidad del servicio móvil, mediante el uso de equipos de medición”. Esta técnica consiste en verificar indicadores de desempeño clave (KPI) de la red de telefonía móvil.

- a. **KPI (Key Performance Indicator):** Conocido como Indicador clave de desempeño son valores referenciales que se obtienen de los parámetros de una red móvil”.
- b. **RSRP:** Son las siglas de Reference Signal Received Power. RSRP, “es un indicador que mide la potencia de referencia de la señal recibida en el Down Link”.
- c. **RSRQ:** Son las siglas de Reference Signal Received Quality, RSRQ “es el indicador de calidad de señal recibida.
- d. **SINR:** Reference Signal-Signal to noise plus interference ratio. SINR “es un indicador que abarca la relación entre la potencia y la señal de referencia junto con la interferencia de las señales cercanas y el ruido”.
- e. **CQI:** Son las siglas de Channel Quality Indicator. CQI “es el indicador de desempeño que mide la calidad del canal.

## 2.3 Definición de términos

### 2.3.1 3GPP (3rd Generation Partnership Project):

Organización de desarrollo de estándares.

### 2.3.2 ENodeB (Evolved NodeB)

“Es el nodo que conforma el E-UTRAN, el cual actúa como una radio base que se ubica con las antenas de radio. Se encarga de crear un enlace entre el equipo de usuario con el EPC para transmitir los paquetes de datos IP y mensajes de señalización” (Vélez, 2018, p. 27).

### **2.3.3 EPC (Evolved Packet Core):**

“Es la red central del Sistema LTE. ofrece un servicio de conectividad IP soportado en la posibilidad de la utilización de sus servicios a través de otras redes de acceso” (Barrantes y Sáenz, 2019, p.18).

### **2.3.4 EPS (Evolved Packet System):**

“Es el sistema constituido por el equipo de usuario, de red de acceso E-UTRAN y el dominio de paquetes EPC (Evolved Packet Core) de la red troncal” (Vélez, 2018, p. 16).

### **2.3.5 E-UTRAN (Evolved Utran):**

“Es denominada como la interfaz de aire de LTE, se encarga de interconectar los equipos de usuario con la red. A su vez, está constituida por nodos eNB conectados mediante las interfases X2” (Florido y Navea, 2012, p. 14).

### **2.3.6 LTE (Long Term Evolution):**

“Es una tecnología de alta velocidad y baja latencia que comprende GSM, GPRS, EDGE, WCDMA (“Wideband Code Division Multiple Access”) y HSPA” (Vélez, 2018, p. 13).

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Diseño de la investigación**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada porque vamos a utilizar fundamentos y teorías ya establecidas y de enfoque cuantitativa vamos a reportar datos usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística.

#### **3.1.2 Nivel de la investigación**

El nivel de investigación propuesto en el presente proyecto es explicativo, porque intenta determinar las causas que impiden la total cobertura de la red móvil en la zona de estudio.

### **3.2 Materiales y instrumentos para recolección de datos**

#### **3.2.1 Técnicas de recolección de los datos.**

Se emplearon las siguientes técnicas para la recolección de datos en la presente tesis:

##### **3.2.1.1 Estudio de gabinete**

- Se elaboró un Plan de Trabajo para evaluar la cobertura de las estaciones bases del operador América Móvil, ubicado en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto de la Región Moquegua.
- Se analizó el tipo de plataforma tecnológica que utiliza el operador América Móvil para el servicio de voz.
- Con los resultados obtenidos de las mediciones radioeléctricas RSRP, RSRQ y SINR, se hizo una propuesta para optimizar la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, en la zona de estudio. La propuesta

consiste en utilizar dos métodos: 1) reorientar las antenas de las estaciones bases; 2) instalar una nueva estación base.

### **3.2.1.2 Estudio de campo**

- Se determinó la ubicación de las estaciones base de telefonía móvil del operador América Móvil en la zona de estudio mediante geoposicionamiento (GPS).
- Se Identificó la celda que cubre cada sector que se encuentra en la zona de estudio.
- Se realizaron las pruebas de campo, para medir los parámetros RSRP, RSRQ y SINR, de cada estación base en la zona de estudio y así determinar la operatividad de la red móvil en la zona de estudio.
- Luego, de los valores de los parámetros RSRP, RSRQ y SINR, obtenidos para cada Estación Base, se realizaron las pruebas de medición para optimizar la cobertura de cada celda, utilizando, así como la incidencia de la interferencia del canal móvil. Se utilizarán dos métodos: 1) reorientación de las antenas de las estaciones base de la red móvil existente; 2) medición de la cobertura al incorporar una 5 estación en la zona de estudio.

### **3.2.1.3 Reportes**

- Reportes obtenidos del software GNETTRACK para determinar la ubicación geográfica de las estaciones bases.
- Reportes obtenidos de la herramienta de Drive-Test, de los parámetros RSRP, RSRQ y SINR de cada estación base de la zona de estudio.
- Reporte de la herramienta Atoll, empleado para optimizar la cobertura de la red móvil en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua.

### **3.2.2 Instrumentos para la recolección de los datos**

Se utilizarán los siguientes equipos y dispositivos para las pruebas radioeléctricas comprendidas dentro del estudio de campo.

- Un equipo de posicionamiento satelital (GPS)

- Un dispositivo de telefonía móvil multibanda y un sim del operador América Móvil.
- Una laptop con software de simulación ATOLL y acceso a internet.
- El software de medición de potencia y cobertura de la señal G-NETTRACK y G-NETLOOK.

### 3.3 Población y muestra del estudio

#### 3.3.1 Población de estudio

La población está determinada por las 14,300 mediciones realizadas para obtener los valores de los parámetros de la red móvil LTE de la zona de estudio, utilizando el método de Drive Test, de acuerdo con los instrumentos empleados para la recolección de los datos, como el G-nettrack y el Atoll.

#### 3.3.2 Muestra de estudio

El tamaño de la muestra de estudio, se obtuvo utilizando el método estadístico.

Se utilizó la siguiente fórmula estadística para obtener el tamaño de la muestra de estudio.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)} \quad (1)$$

Donde.

N: tamaño de la población = 14,300

e: margen de error (porcentaje expresado con decimales) = 0.03

z: puntuación z para un nivel de confianza del 95%= 1.96

p: probabilidad de éxito o proporción esperada = 0,5

q ó (1-p): probabilidad de fracaso = 0.5

M: tamaño de la muestra

Se obtuvo el siguiente valor de la muestra:

$$M = 1013$$

Una vez determinado el valor de M, se seleccionó aleatoriamente la muestra de la población consistente en las mediciones de los parámetros de la red móvil en la zona de estudio. La muestra de 1013 mediciones, se encuentra en el Anexo 2.

### 3.4 Operacionalización de variables

En la Tabla 2 se muestra la operacionalización de variables de nuestro trabajo de investigación, la cual consideró una variable de estudio.

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

Variable de estudio	Dimensión	Instrumento	Indicadores	Unidades de medida
Optimización de la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua”.	Nivel de la señal recibida	Método de Drive Test utilizando G-nettrack.	- RSRP - RSRQ - SNIR	- dBm - dB - dB
	Parámetros de desempeño	Método de predicción utilizando Atoll.	- Nivel de señal - Cobertura de los sites	- dBm - km <sup>2</sup>

### 3.5 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos de la investigación, consistió en la secuencia de actividades planificadas mediante el cual los datos individuales se agrupan y estructuran con el propósito de responder al problema de Investigación, a los objetivos planteados.



En el presente trabajo de tesis, el nivel de investigación propuesto fue de tipo investigación documental-campo, porque se va a recolectar información directa de la zona de estudio (Estudio de Campo), para luego poder procesarlo y así generar los reportes que serán utilizados en el análisis de los factores que afectan la calidad de los servicios de voz y datos de la red móvil LTE estudiada.

Para el desarrollo de la presente tesis, se siguió la siguiente secuencia de actividades:

- Levantamiento de información respecto a las estaciones bases celular de la red móvil de América Móvil, que se encuentran en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua, utilizando las herramientas G-NETTRACK y G-NETLOOK.
- Acondicionamiento y realización de las pruebas de medición mediante un Drive-Test para la captura de toda la información disponible de la red móvil en horas pico y dentro del área de cobertura en la zona de estudio.
- Procesamiento de los reportes Drive-Test, seleccionando los eventos por celda, con información de los parámetros RSRP, RSRQ y SINR.
- Presentación de los resultados de las mediciones efectuadas mediante tablas de Excel.
- Análisis de las principales incidencias de fallas reportadas en el Drive-Test, en la cobertura de la red móvil LTE de la zona de estudio.
- Propuesta y evaluación de dos alternativas de optimización de la red móvil LTE en el distrito de San Antonio provincia Mariscal Nieto, región Moquegua utilizando la herramienta ATOLL.

### **3.5.1 Levantamiento de información de las estaciones bases en la zona de estudio**

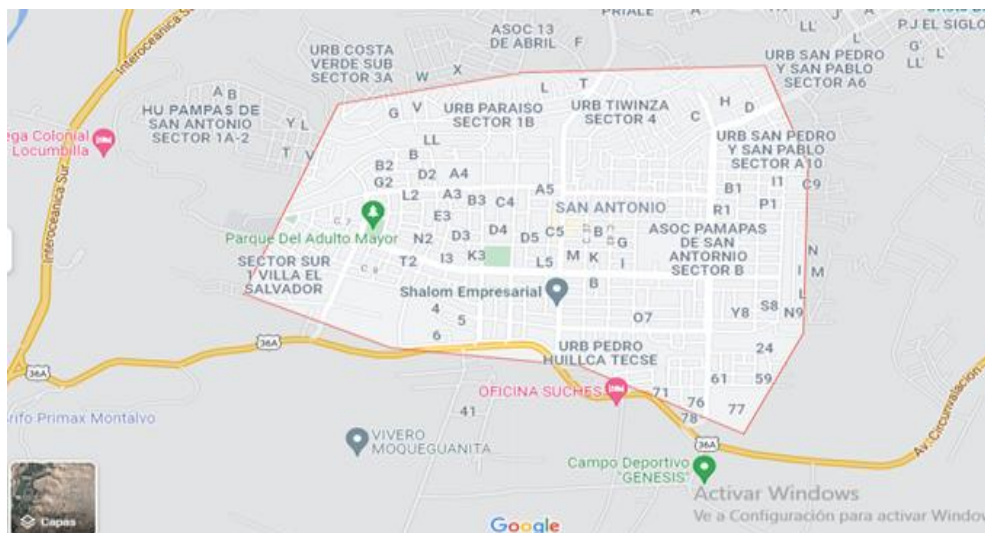
La recolección de los datos se realizó recorriendo gran parte de la zona de estudio. Se tomó en cuenta la ubicación exacta de las 04 estaciones base celulares (eNodoB) de la red móvil LTE del operador América Móvil en el distrito de San Antonio, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, utilizando la herramienta informática GIS Google Earth y un GPS.

Para la recolección de la información de las celdas, se generó una Base de Datos CELLFILE.xlsx en Excel en donde se colocaron las principales características de cada celda creada para desarrollar la presente tesis.

La zona de estudio se delimitó utilizando la herramienta G-NETTRACK, ve la figura 7.

### Figura 7

*Delimitación de la zona de estudio.*



Nota. Imagen adquirida utilizando la herramienta G-NETTRACK

#### 1. eNodoB 01: estación base Moquegua

La primera recolección de datos se inició en el eNodoB 1 Moquegua. Los datos de los parámetros para identificar la celda fueron:

Cell Name: AM 4503.

Node: 214503

Cell ID: 203

La ubicación física de la Estación Base Moquegua (AM 4503) se muestra en la figura 8.

**Figura 8**

*Ubicación física de la estación base moquegua (AM 4503)*



La ubicación geográfica de la Estación Base Moquegua, fue a través de sus coordenadas geográficas:

Longitud: 70°55'59.00" O

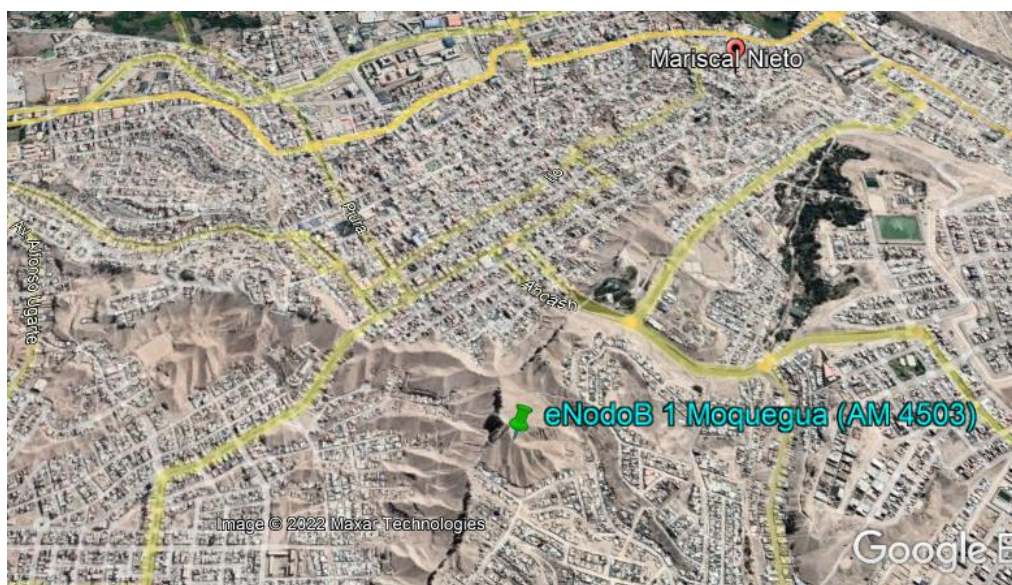
Latitud: 17°12'9.40" S

Altitud: 1541 m.s.n.m.

En la figura 9 se muestra la ubicación geográfica de la Estación Base Moquegua en la zona de estudio.

**Figura 9**

*Ubicación geográfica de la estación base moquegua (AM4503).*



Nota. Imagen adquirida del sistema GIS Google Earth

## 2. eNodoB 02: estación base celular San Antonio

La segunda recolección de datos se inició en el eNodoB 2 San Antonio. Los datos de los parámetros para identificar la celda fueron:

Cell name: AM 4611

Node: 214611

Cell ID: 91

La ubicación física de la estación base san Antonio (AM 4611) se muestra en la figura 10.

### Figura 10

*Ubicación física de la estación base San Antonio (AM 4611)*



La ubicación geográfica de la estación base San Antonio, fue a través de sus coordenadas geográficas:

Longitud: 70°56'48.20" O

Latitud: 17°12'27.70" S

Altitud: 1355 m.s.n.m.

En la figura 11 se muestra la ubicación geográfica de la estación base San Antonio en la zona de estudio.

**Figura 11**

*Ubicación geográfica de la estación base Moquegua (AM 4503).*



Nota. Imagen adquirida del sistema GIS Google Earth

### **3. eNodoB 003: estación base celular Viñedos**

La tercera recolección de datos se inició en el eNodoB 3. Los datos de los parámetros para identificar la celda fueron:

Cell name: AM 4253.

Node: 214253

Cell ID: 251

La ubicación física de la estación base Viñedos (AM 4253) se muestra en la figura 12.

**Figura 12**

*Ubicación física de la estación base Viñedos (AM 4253)*



La ubicación geográfica de la estación base Viñedos, fue a través de sus coordenadas geográficas:

Longitud: 70°57'8.40" O

Latitud: 17°12'22.70" S

Altitud: 1322 m.s.n.m.

En la figura 13 se muestra la ubicación geográfica de la estación base Viñedos en la zona de estudio.

### Figura 13

*Ubicación geográfica de la estación base Viñedos (AM 4263)*



Nota. Imagen adquirida del sistema GIS google earth

#### 4. eNodoB 4: estación base Montalvo

La cuarta recolección de datos se inició en el eNodoB 4. Los datos de los parámetros para identificar la celda fueron:

Cell name: AM 6269.

Node: 216269

Cell ID: 202

La ubicación física de la estación base Montalvo (AM 6269) se muestra en la figura 14.

**Figura 14**

*Ubicación física de la estación base Montalvo (AM 6269)*



La ubicación geográfica de la estación base Montalvo, fue a través de sus coordenadas geográficas:

Longitud: 70°57'29.30"O

Latitud: 17°12'8.90" S

Altitud: 1354 m.s.n.m

En la figura 15 se muestra la ubicación geográfica de la estación base Montalvo en la zona de estudio.

**Figura 15**

*Ubicación geográfica de la estación base Montalvo.*



Nota. Imagen adquirida del sistema GIS google earth

En la figura 16 se muestra la ubicación de las 4 estaciones bases en la zona de estudio.

### Figura 16

*Ubicación de las estaciones bases LTE en la zona de estudio.*



Nota. Imagen adquirida del sistema GIS google earth

### 3.5.2 Acondicionamiento para la realización de mediciones con el Drive Test

En esta etapa se comenzó la preparación para la realización de las pruebas de medición utilizando el drive test, para medir los parámetros de las 4 estaciones bases de la red móvil del operador América Móvil en la zona de estudio. Previamente se ubicaron las 4 estaciones bases LTE en la zona de estudio.

1. Se realizó la toma de datos para la delimitación del área donde se hicieron las pruebas de medición, se realizó un recorrido y se estableció un perímetro referencial dentro del distrito de San Antonio dentro de la zona de estudio con el G-NETTRACK, ver figura 17.



**Figura 17**

*Delimitación del área de pruebas en la zona de estudio*



Nota. Imagen generada por el G-NETTRACK

- Se realizó un mapeo visual para verificar la ubicación de las estaciones bases LTE y la orientación de sus antenas, que se encuentran en el área.

**Tabla 3**

*Verificación de la ubicación de las estacione bases*

Estación Base eNodeB	Cell Name	Ubicación
Moquegua	AM 4503	verificada
San Antonio	AM 4611	verificada
Viñedos	AM 4253	verificada
Montalvo	AM 6269	verificada

Nota. AM => American Móvil

- Se genera una base de datos en excel (.xls) a quien se le denominó **cellfile.xls**, donde se incluyeron los siguientes datos: nombre de celda, coordenadas, datos de identificación, parámetros físicos tales como altura de la torre, azimut y tilt, de las celdas que se encuentran en la zona de estudio.

**Tabla 4**  
*Información de las celdas a ingresar a la base de datos cellfile*

NOMBRE DE LA CELDA	COORDENADAS		DATOS DE IDENTIFICACIÓN				PARÁMETRO FÍSICO	
	CELLNAME	LAT	LONG	MCC	MNC	LAC	NODE	CELLID
AM4503-C2	-17,202611	-70,933231	716	10	58141	214503	203	250
AM4503-C3	-17,202611	-70,933231	716	10	58141	214503	233	250
AM4611-C1	-17,207714	-70,946786	716	10	58141	214611	91	50
AM4611-C2	-17,207714	-70,946786	716	10	58141	214611	92	180
AM4611-C3	-17,207714	-70,946786	716	10	58141	214611	93	270
AM4253-C1	-17,206332	-70,952336	716	10	58141	214253	251	70
AM4253-C2	-17,206332	-70,952336	716	10	58141	214253	252	170
AM4253-C3	-17,206332	-70,952336	716	10	58141	214253	253	245
AM6269-C1	-17,202492	-70,958128	716	10	58141	216269	201	50
AM6269-C2	-17,202492	-70,958128	716	10	58141	216269	202	160
AM6269-C3	-17,202492	-70,958128	716	10	58141	216269	203	240

Nota. Información suministrada por el operador América Móvil

**Figura 18:**  
*Generación de la base de datos cellfile.xls*

CELLNAME	LAT	LONG	MCC	MNC	LAC	NODE	CELLO	AZIMUTH	TECH	HEIGHT	TILT	HORIZBEAM	VERTBEAM	PSC	AFFCN	LAYER	INFO
AM4503-C2	-17.202611	-70.933231	716	10	58141	214503	203	250	45	40	3	120	6	35	2375	1	CELLNAME:AM4503-C2,AZIMUTH:340,HEIGHT:40,TILT:2
AM4503-C3	-17.202611	-70.933231	716	10	58141	214503	233	250	45	40	3	120	6	35	2375	1	CELLNAME:AM4503-C3,AZIMUTH:250,HEIGHT:40,TILT:2
AM4611-C1	-17.207714	-70.946786	716	10	58141	214611	91	50	45	35	2	120	6	10	2375	1	CELLNAME:AM4611-C1,AZIMUTH:50,HEIGHT:35,TILT:2
AM4611-C2	-17.207714	-70.946786	716	10	58141	214611	92	180	45	35	2	120	6	12	2375	1	CELLNAME:AM4611-C2,AZIMUTH:180,HEIGHT:35,TILT:2
AM4611-C3	-17.207714	-70.946786	716	10	58141	214611	93	270	45	35	2	120	6	11	2375	1	CELLNAME:AM4611-C3,AZIMUTH:270,HEIGHT:35,TILT:2
AM4253-C1	-17.206332	-70.952336	716	10	58141	214253	251	70	45	30	3	120	6	45	9435	1	CELLNAME:AM4253-C1,AZIMUTH:180,HEIGHT:30,TILT:2
AM4253-C2	-17.206332	-70.952336	716	10	58141	214253	252	170	45	30	3	120	6	47	9435	1	CELLNAME:AM4253-C2,AZIMUTH:170,HEIGHT:30,TILT:2
AM4253-C3	-17.206332	-70.952336	716	10	58141	214253	253	245	45	30	3	120	6	46	9435	1	CELLNAME:AM4253-C3,AZIMUTH:245,HEIGHT:30,TILT:2
AM6269-C1	-17.202492	-70.958128	716	10	58141	216269	201	50	45	30	2	120	6	144	2825	1	CELLNAME:AM6269-C1,AZIMUTH:50,HEIGHT:30,TILT:2
AM6269-C2	-17.202492	-70.958128	716	10	58141	216269	202	160	45	30	2	120	6	146	2825	1	CELLNAME:AM6269-C2,AZIMUTH:160,HEIGHT:30,TILT:2
AM6269-C3	-17.202492	-70.958128	716	10	58141	216269	203	240	45	30	2	120	6	145	2825	1	CELLNAME:AM6269-C3,AZIMUTH:240,HEIGHT:30,TILT:2

- Se cargó en el equipo móvil utilizando la aplicación GNETTRACK PRO, la información de la base de datos cellfile en formato de texto **cellfile.txt**.

**Figura 19**

*Carga de la base de datos cellfile.txt en el móvil*

CELLNAME	LAT	LONG	MCC	MNC	LAC	NODE	CELLID	AZIMUTH	TECH	HEIGHT	TILT	HORIZBEAM	VERTBEAM	PSC	ARFCN	LAYER	INFO
AM4503-C2	-17.202611	-70.933231	716	10	58141	214503	203	250	4G	40	3	120	6	35	2975	1	"CELLNAME:AM4503-C2;AZIMUTH:340;HEIGHT:40;TILT:2"
AM4503-C3	-17.202611	-70.933231	716	10	58141	214503	233	250	4G	40	3	120	6	35	2975	1	"CELLNAME:AM4503-C3;AZIMUTH:250;HEIGHT:40;TILT:2"
AM4611-C1	-17.207714	-70.946786	716	10	58141	214611	91	50	4G	35	2	120	6	10	2975	1	"CELLNAME:AM4611-C1;AZIMUTH:50;HEIGHT:35;TILT:2"
AM4611-C2	-17.207714	-70.946786	716	10	58141	214611	92	180	4G	35	2	120	6	12	2975	1	"CELLNAME:AM4611-C2;AZIMUTH:180;HEIGHT:35;TILT:2"
AM4611-C3	-17.207714	-70.946786	716	10	58141	214611	93	270	4G	35	2	120	6	11	2975	1	"CELLNAME:AM4611-C3;AZIMUTH:270;HEIGHT:35;TILT:2"
AM4253-C1	-17.206332	-70.952336	716	10	58141	214253	251	70	4G	30	3	120	6	45	9435	1	"CELLNAME:AM4253-C1;AZIMUTH:70;HEIGHT:30;TILT:2"
AM4253-C2	-17.206332	-70.952336	716	10	58141	214253	252	170	4G	30	3	120	6	47	9435	1	"CELLNAME:AM4253-C2;AZIMUTH:170;HEIGHT:30;TILT:2"
AM4253-C3	-17.206332	-70.952336	716	10	58141	214253	253	245	4G	30	3	120	6	46	9435	1	"CELLNAME:AM4253-C3;AZIMUTH:245;HEIGHT:30;TILT:2"
AM6269-C1	-17.202492	-70.958128	716	10	58141	216269	201	50	4G	30	2	120	6	144	2825	1	"CELLNAME:AM6269-C1;AZIMUTH:50;HEIGHT:30;TILT:2"
AM6269-C2	-17.202492	-70.958128	716	10	58141	216269	202	160	4G	30	2	120	6	146	2825	1	"CELLNAME:AM6269-C2;AZIMUTH:160;HEIGHT:30;TILT:2"
AM6269-C3	-17.202492	-70.958128	716	10	58141	216269	203	240	4G	30	2	120	6	145	2825	1	"CELLNAME:AM6269-C3;AZIMUTH:240;HEIGHT:30;TILT:2"

2. Se insertaron los datos de cada antena de las 04 estaciones bases que se encuentran en la zona de estudio, utilizando la herramienta de google earth.

**Figura 20**

*La distribución de las antenas en el enodoB 01: MOQUEGUA*

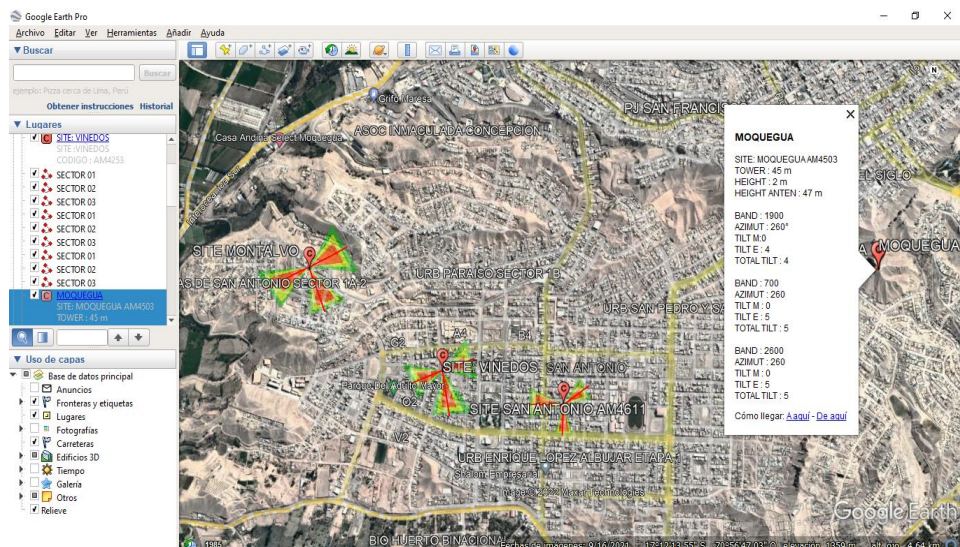


Figura 21

Distribución de las antenas en cada enodoB

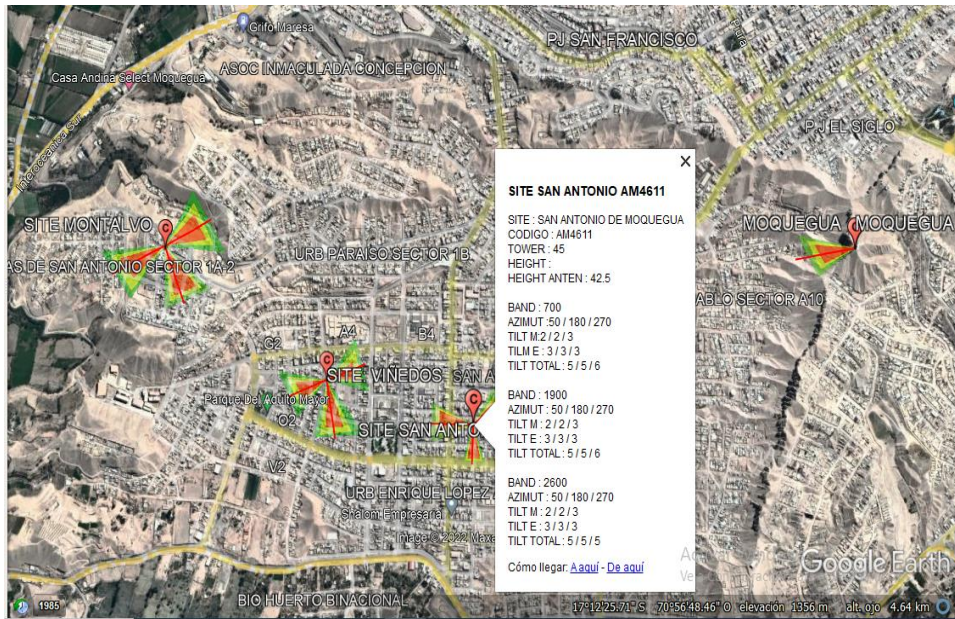


Figura 22

La distribución de las antenas en el enodoB 03: VIÑEDOS

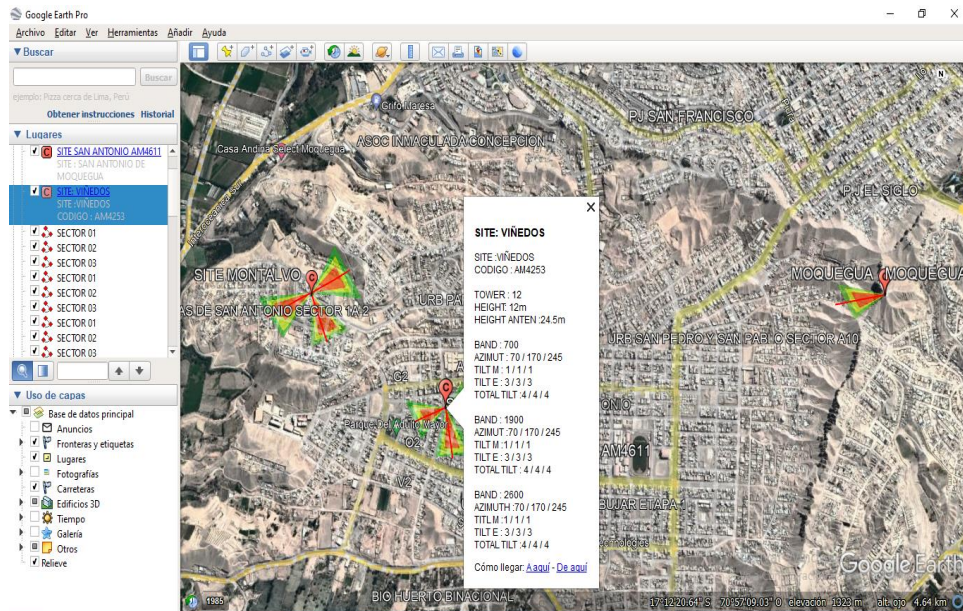
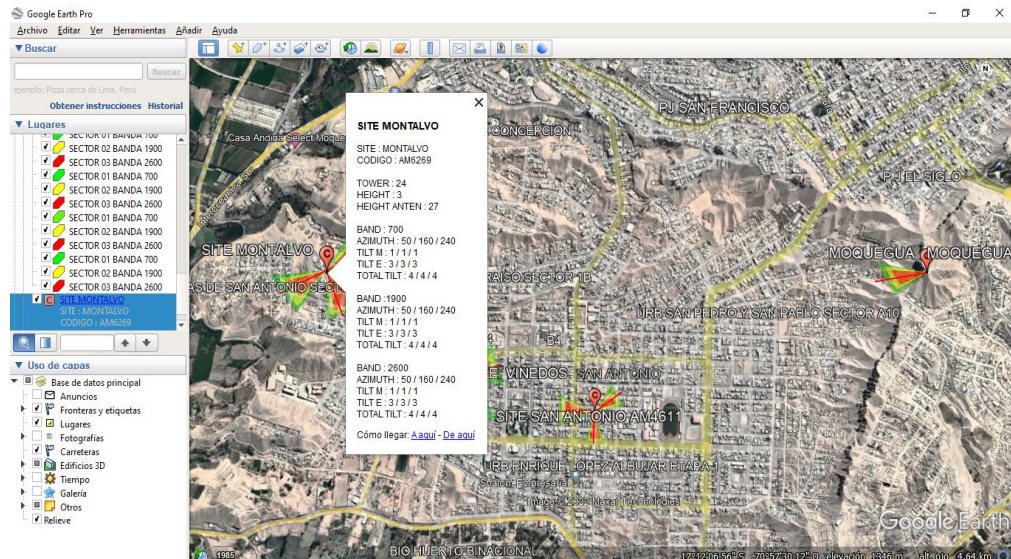


Figura 23

*La distribución de las antenas en el enodoB 4: MONTALVO*



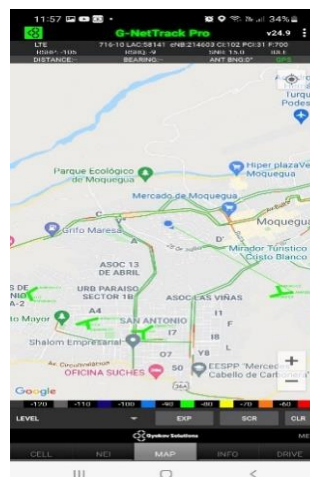
### 3.5.3 Realización de mediciones y emisión de reportes con el drive test

Una vez que se verificó que la información de la base de datos cell file estuviese cargado en dispositivo móvil, se empleó el aplicativo GNETLOOK para la captura de datos de los parámetros medidos dentro de la zona de estudio y la generación de los reportes de los parámetros de la red LTE en la zona de estudio.

1. Se generaron las imágenes, donde se visualiza la información cargada de la base de datos cellfile con el aplicativo GNETLOOK. La figura 24 muestra el mapa de ubicación de las antenas de las estaciones bases.

Figura 24

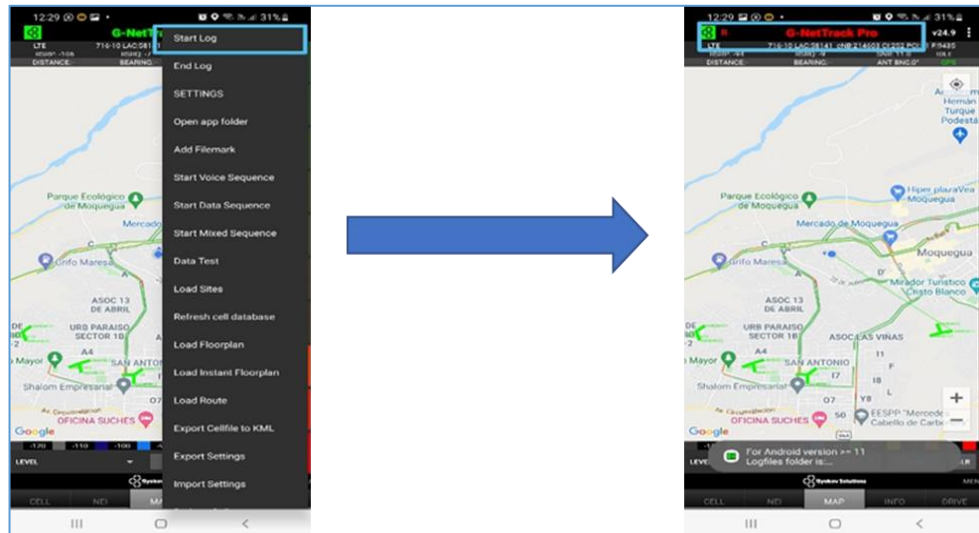
*Mapa de ubicación de las antenas utilizando GNETLOOK en el móvil*



- Se procedió a activar el modo **Start Log** en el aplicativo y se observó el color del encabezado cambia a rojo con un “R” de recordar (grabar). Previamente, se creó la carpeta “Pongo El Hombro” para almacenar la información obtenida de las pruebas de medición de los parámetros de la red móvil LTE.

**Figura 25**

*Inicio de la captura de datos de las mediciones*



- Se procedió al desplazamiento por la zona delimitada, para así lograr la captura y almacenamiento de los datos.

**Figura 26**

*Captura y almacenamiento de datos de las mediciones*

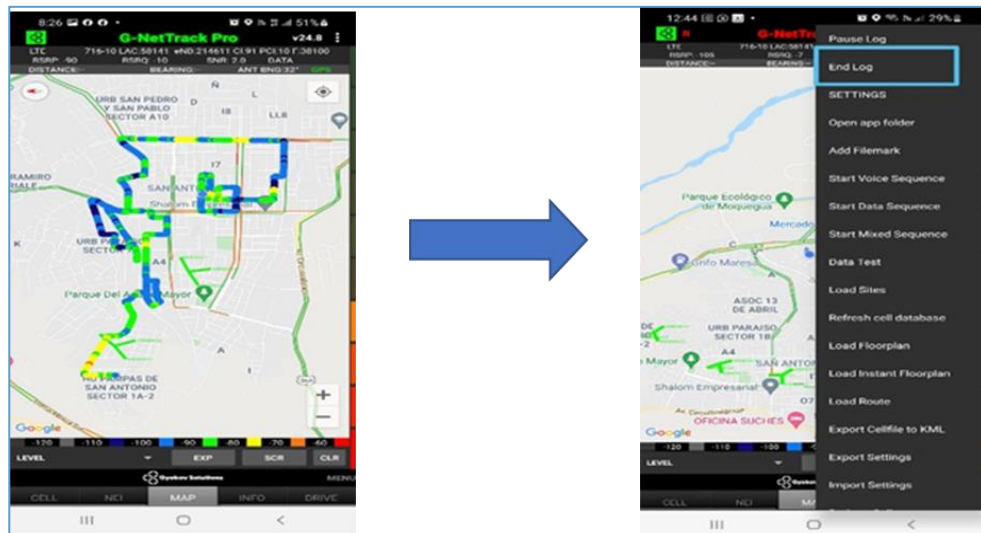


Nota. a) Inicio del recorrido dentro de la zona de estudio para la captura de datos de medición; b) Almacenamiento de datos durante el recorrido.

- Culminado el recorrido, se detiene la captura y el almacenamiento de datos con el aplicativo G-NETTRACK empleando **End Log**.

**Figura 27**

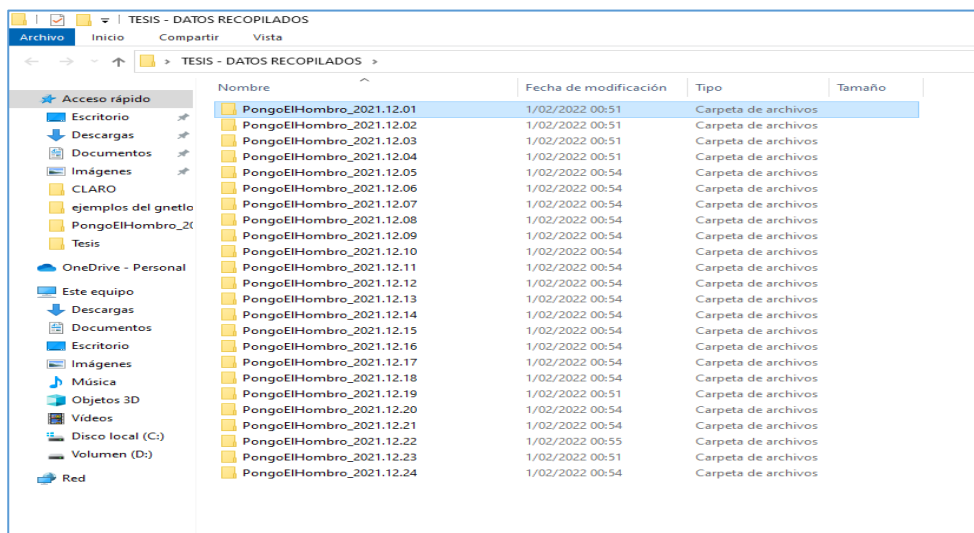
*Fin del recorrido y finalización del almacenamiento de datos*



- Los datos obtenidos que se encuentran almacenados en el dispositivo móvil, fueron transferidos al ordenador, creándose la carpeta “Pongo El Hombro” para ser almacenados y posteriormente analizados. Ver figura 28.

**Figura 28**

*Creación de carpeta de almacenamiento de datos de las mediciones*



Nota. Se creó la carpeta “Pongo El Hombro” en un ordenador.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Reporte de mediciones de parámetros LTE en la zona de estudio

#### 4.1.1 Muestras detectadas por el G-NetTrack Pro por estación base

Los datos de los valores obtenidos en cada medición, fueron procesados y se creó un base de datos de las 14,300 mediciones obtenidas.

Se seleccionaron aleatoriamente 1013 mediciones para el tamaño de la muestra de estudio, utilizando el análisis estadístico, se determinó en el ítem 3.2.1 que el tamaño de la muestra de estudio fue de 1013 mediciones, valores que se encuentran en el Anexo 2. La figura 29 muestra parte de la muestra de estudio obtenido aleatoriamente.

**Figura 29**

*Base de datos de las muestras obtenidos de las mediciones realizadas*

	Longitud	Latitud	Nodo	Cell ID	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)	ARFCN
3	-70.957695	-17.207542	214253	253	-87	-9	6	9435
4	-70.95759	-17.207543	214253	253	-89	-11	11	9435
5	-70.957526	-17.207449	214253	253	-89	-11	8	9435
6	-70.957471	-17.207361	214253	253	-91	-13	8	9435
7	-70.95741	-17.20726	214253	253	-91	-13	8	9435
8	-70.957352	-17.207176	214253	253	-91	-15	7	9435
9	-70.957282	-17.207084	214253	253	-89	-11	10	9435
10	-70.957213	-17.207001	214253	253	-87	-15	10	9435
11	-70.95716	-17.206891	214253	253	-85	-12	6	9435
12	-70.957117	-17.206776	214253	253	-85	-12	6	9435
13	-70.957083	-17.206669	214253	253	-81	-8	12	9435
14	-70.957052	-17.206572	214253	253	-73	-11	15	9435
15	-70.956919	-17.206577	214253	253	-75	-11	6	9435
16	-70.956819	-17.206605	214253	253	-71	-11	6	9435
17	-70.95639	-17.206678	214253	253	-65	-8	6	9435
18	-70.956279	-17.206689	214253	253	-65	-8	6	9435
19	-70.95617	-17.206701	214253	253	-75	-11	12	9435
20	-70.956053	-17.206722	214253	253	-75	-9	12	9435
21	-70.955937	-17.206749	214253	253	-75	-7	9	9435

Nota. Muestras obtenidas aleatoriamente 1013.

De las 1013 muestras elegidas aleatoriamente, en la tabla 5 se presenta las muestras detectadas por el G-NetTrack Pro por estación base.



**Tabla 5**

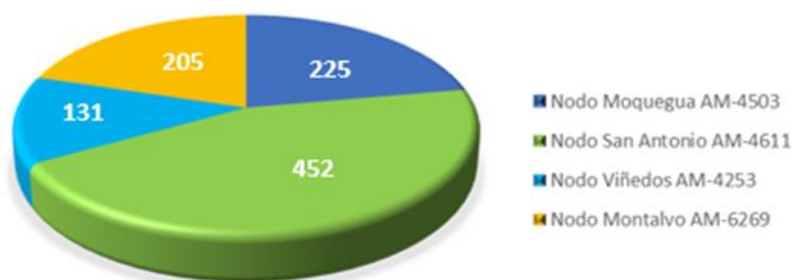
*Muestras detectadas por el G-Nettrack Pro por cada estación base*

ESTACIÓN BASE	SITE NAME	CELL NAME	NÚMERO DE MUESTRAS	ACCESO (%)
eNodoB 1	Moquegua	AM-4513	225	22
eNodoB 2	San Antonio	AM-4611	452	45
eNodoB 3	Viñedos	AM-4253	131	13
eNodoB 4	Montalvo	AM-6269	205	20
	<b>TOTAL:</b>		<b>1013</b>	<b>100%</b>

En la tabla 5 se aprecia el número de muestras detectadas para cada una de las 04 estaciones bases del distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto de la región Moquegua, que forman partes de la zona de estudio, así como del acceso LTE de las muestras en porcentaje (%).

**Figura 30**

*Acceso LTE de muestras por estación*



#### 4.1.2 Procesamiento de los reportes del drive test

En el procesamiento de los reportes del drive-test para las mediciones de los parámetros RSRP, RSRQ y SINR de la red móvil 4G LTE, se generaron una serie de gráficas. Las figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37 muestran las gráficas de dichos parámetros.

Figura 31

Grafica con respecto a la calidad del servicio (RSRP)

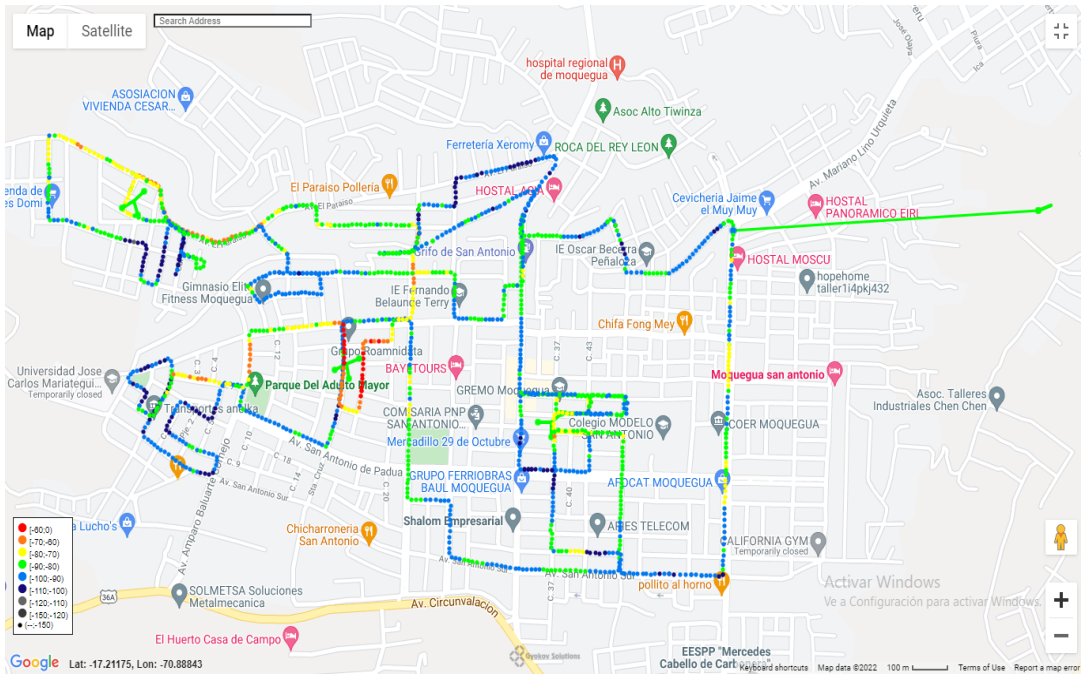


Figura 32

Grafica con respecto a la calidad del servicio (RSRQ)

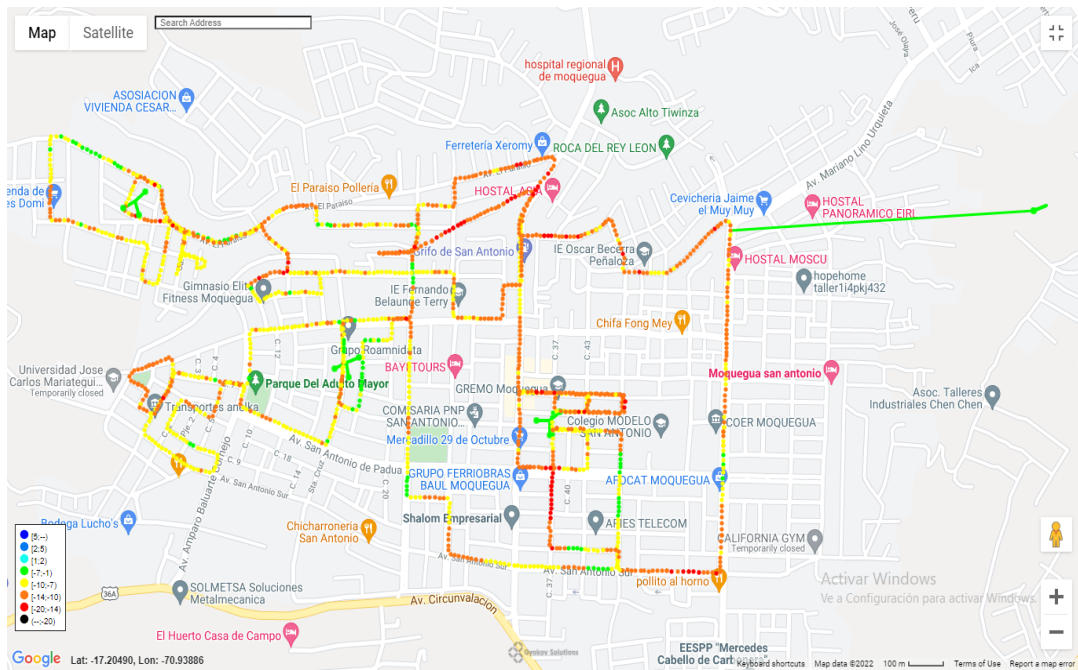


Figura 33

Gráfica con respecto a la relación señal/ruido - SNR

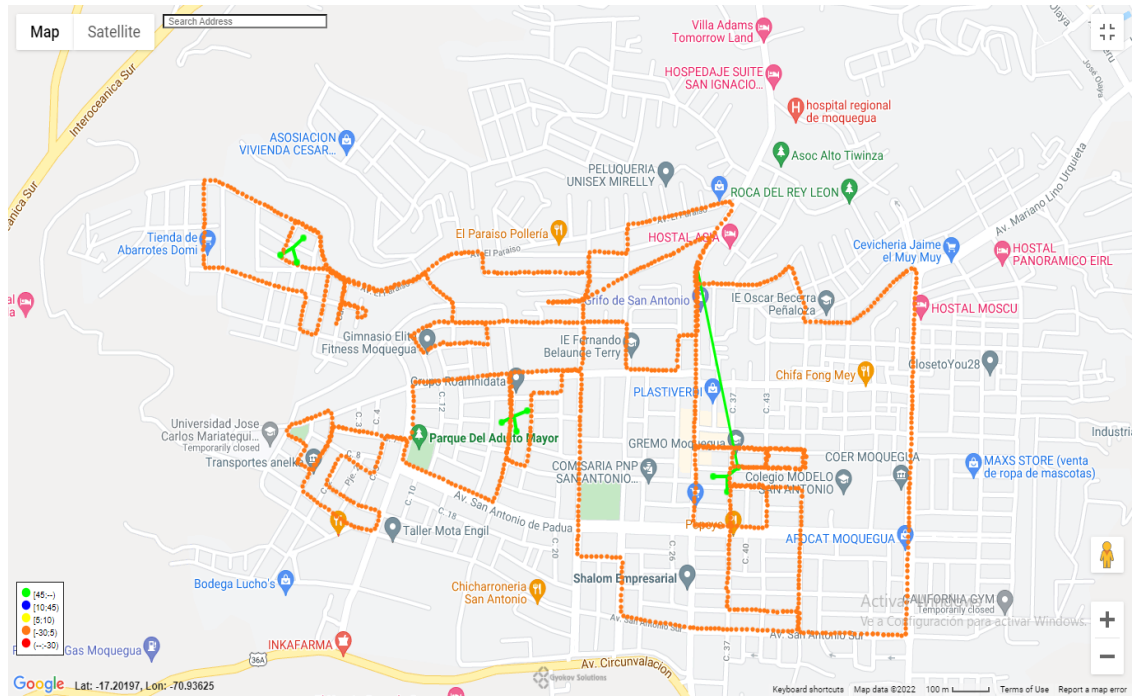


Figura 34

Gráfica con respecto al indicador de calidad del canal (CQI)

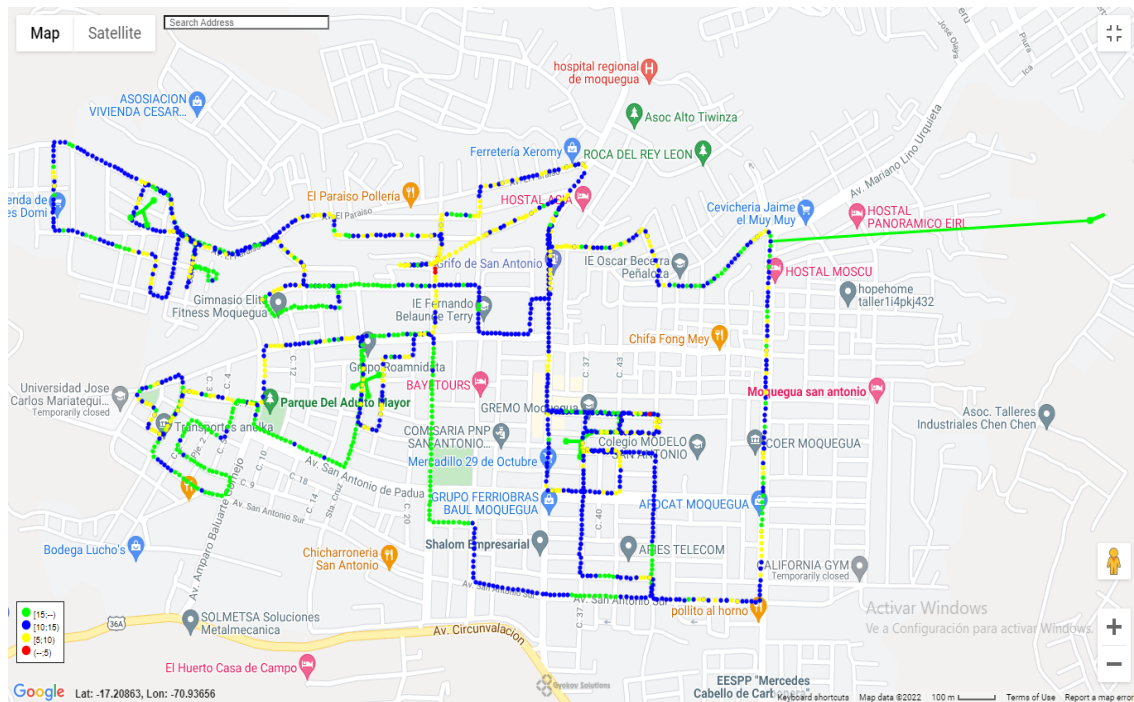


Figura 35

Gráfica del indicador de la señal recibida en LTE (LTERSSI)

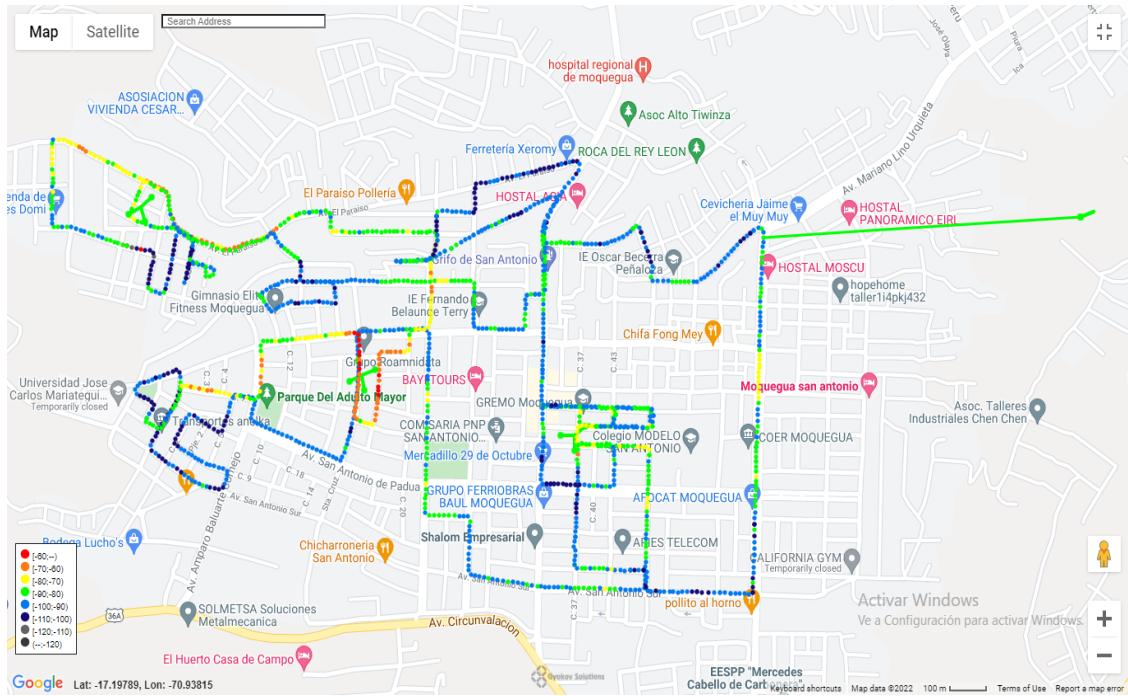


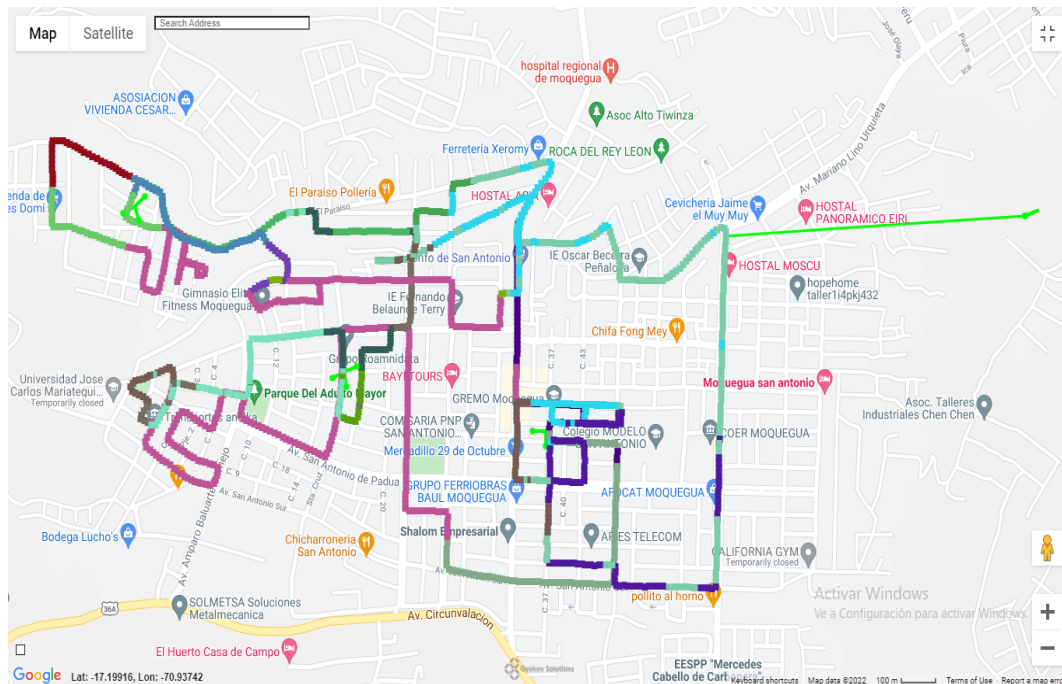
Figura 36

Cobertura de la red móvil 4G LTE



**Figura 37**

Gráfica con respecto a las celdas de las antenas (CELL)



#### 4.2. Resultados de los indicadores claves de desempeño (KPI)

A continuación, se presentó los resultados obtenidos de las mediciones obtenidas en la zona de estudio para los 3 indicadores claves de desempeño (KPI) para la red móvil 4G LTE.

##### 4.2.1. KPI-RSRP

La tabla 6 muestra la relación entre el rango de la potencia de la señal, la calificación del nivel de la señal, con el color que se obtiene en cada medición del indicador clave de desempeño RSRP, para cada una de las 4 estaciones que operan en la zona de estudio.

**Tabla 6**

Niveles de Potencia RSRP

Rango (dBm)	Color del nivel	Nivel del parámetro
[-75, -50>		Muy bueno
[-80, -75>		Bueno
[-90, -80>		Óptimo
[-100, -90>		Regular
[-110, -100>		Bajo

## 1. eNodoB 1: estación base Moquegua

Para el nodo san antonio con la recopilación de datos obtenidas por el driving test, se obtuvo las muestras que se observa en las figuras 40, 41.

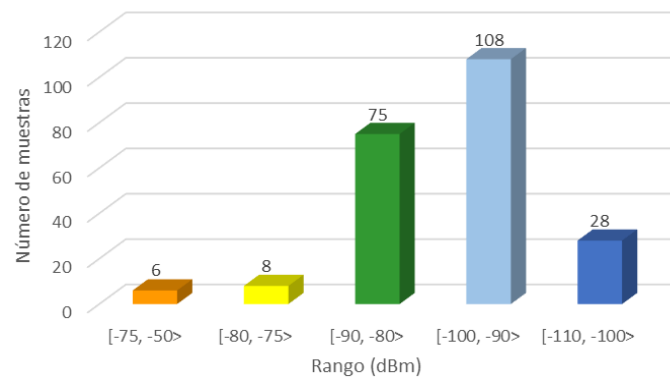
**Tabla 7**

Rango del parámetro RSRP de la estación Moquegua

Nivel del parámetro	Rango (dBm)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[-75, -50>	6	2.7
Bueno	[-80, -75>	8	3.6
Óptimo	[-90, -80>	75	33.3
Regular	[-100, -90>	108	48.0
Bajo	[-110, -100>	28	12.4
	TOTAL:	225	100.00

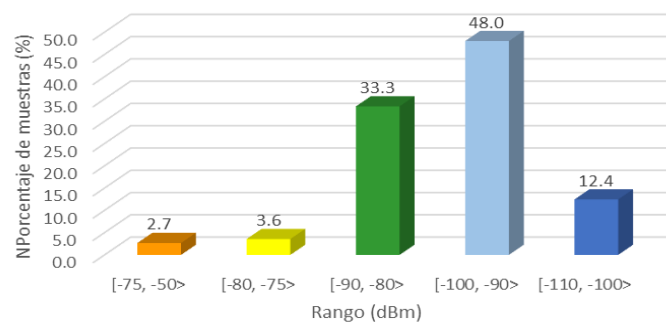
**Figura 38**

*Grafica de muestras RSRP nodo Moquegua*



**Figura 39**

*Grafica de porcentajes de muestras RSRP nodo Moquegua*



## 2. eNodeB 2: estación base san antonio

Para el nodo san antonio con la recopilación de datos obtenidas por el driving test, se obtuvo las muestras que se observa en las figuras 40, 41.

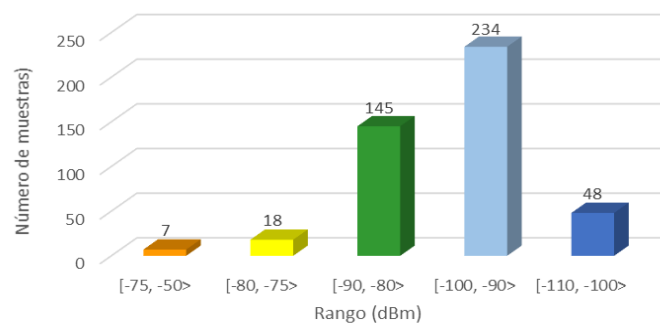
**Tabla 8**

*Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dBm)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[-75, -50>	7	1.55
Bueno	[-80, -75>	18	3.98
Óptimo	[-90, -80>	145	32.08
Regular	[-100, -90>	234	51.77
Bajo	[-110, -100>	48	10.62
	TOTAL:	452	100.00

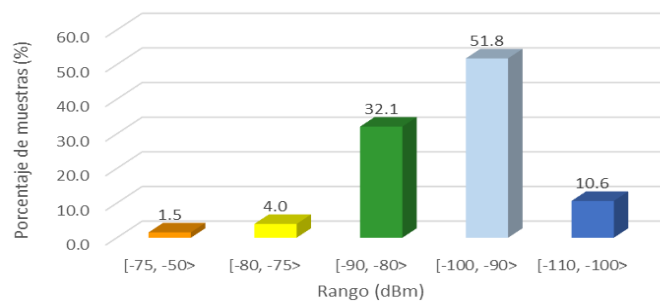
**Figura 40**

*Grafica de muestras RSRP nodo san antonio*



**Figura 41**

*Grafica de porcentaje de muestras RSRP nodo San Antonio*



### 3. eNodeB 3: estación base Viñedos

Para el nodo san antonio con la recopilación de datos obtenidas por el driving test, se obtuvo las muestras que se observa en las figuras 42, 43.

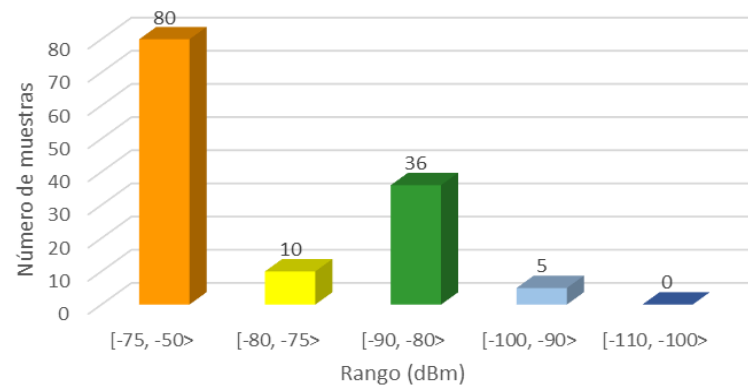
**Tabla 9**

*Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dBm)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[-75, -50>	80	61.1
Bueno	[-80, -75>	10	7.6
Óptimo	[-90, -80>	36	27.5
Regular	[-100, -90>	5	3.8
Bajo	[-110, -100>	0	0.0
TOTAL:		131	100.00

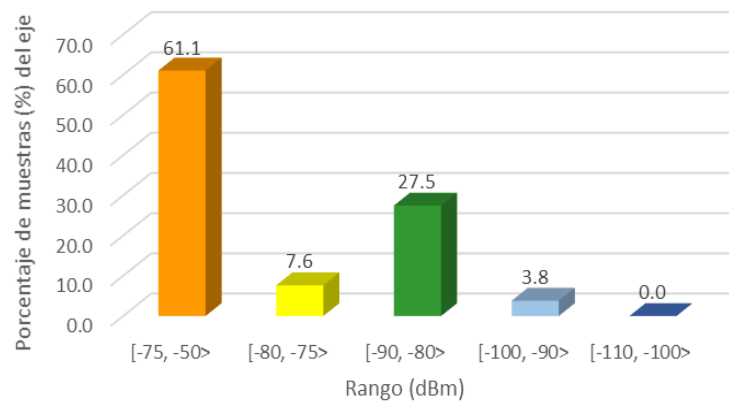
**Figura 42**

*Grafica de muestras RSRP nodo Viñedos*



**Figura 43**

*Grafica de porcentaje de muestras RSRP nodo Viñedos*





#### 4. eNodeB 4: estación base Montalvo

Para el nodo san antonio con la recopilación de datos obtenidas por el driving test, se obtuvo las muestras que se observa en las figuras 44, 45.

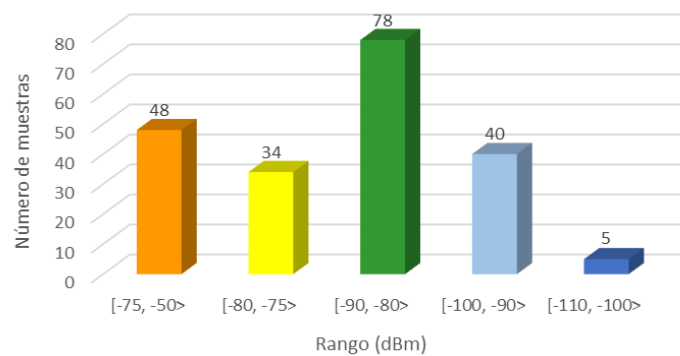
**Tabla 10**

Rango de parámetros RSRP con respecto a las muestras

Nivel del parámetro	Rango (dBm)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[-75, -50>	48	23.41
Bueno	[-80, -75>	34	16.59
Óptimo	[-90, -80>	78	38.05
Regular	[-100, -90>	40	19.51
Bajo	[-110, -100>	5	2.44
<b>TOTAL:</b>		<b>205</b>	<b>100.00</b>

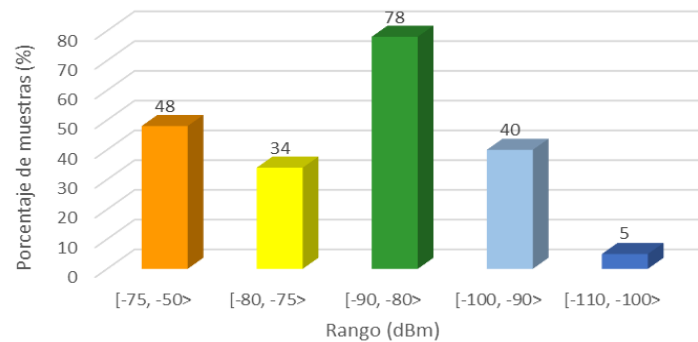
**Figura 44**

*Grafica de muestras RSRP nodo Montalvo*



**Figura 45**

*Grafica de porcentajes de muestras RSRP nodo Montalvo*

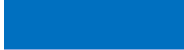

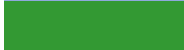



#### 4.2.2. KPI-RSRQ

La tabla 11 muestra la calidad de la señal recibida RSRQ, relacionando los niveles de calidad de la señal recibida, con el color que se obtiene en cada medición del indicador clave de desempeño RSRP, para cada una de las 4 estaciones.

**Tabla 11**

*Niveles de la calidad de la señal recibida RSRQ*

Rango (dB)	Color del nivel	Nivel del parámetro
[-7, -1>		Bueno
[-10, -7>		Regular
[-13, -10>		Bajo
[-19, -13>		Muy bajo

#### 1. eNodoB 1: estación base Moquegua

Con las muestras recopiladas podremos observar los diferentes rangos y porcentajes de calidad de señal recibida RSRQ para el nodo moquegua como observa en la figura 46, 47.

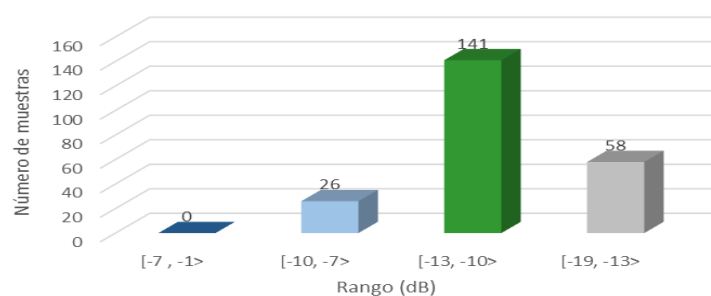
**Tabla 12**

*Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
Bueno	[-7, -1>	0	0.00
Regular	[-10, -7>	26	11.56
Bajo	[-13, -10>	141	62.67
Muy bajo	[-19, -13>	58	25.78
<b>TOTAL:</b>		<b>225</b>	<b>100.00</b>

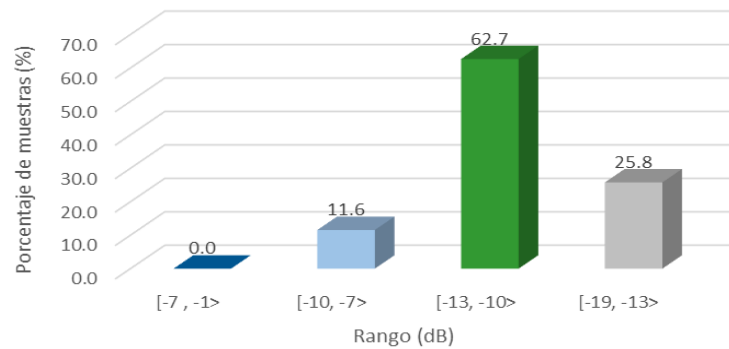
**Figura 46**

*Grafica de muestras RSRQ nodo Moquegua*



**Figura 47**

*Grafica de porcentajes de muestras RSRQ nodo Moquegua*



## 2. eNodoB 2: estación base san antonio

Con las muestras recopiladas podremos observar los diferentes rangos y porcentajes de calidad de señal recibida RSRQ para el nodo moquegua como observa en la figura 48, 49.

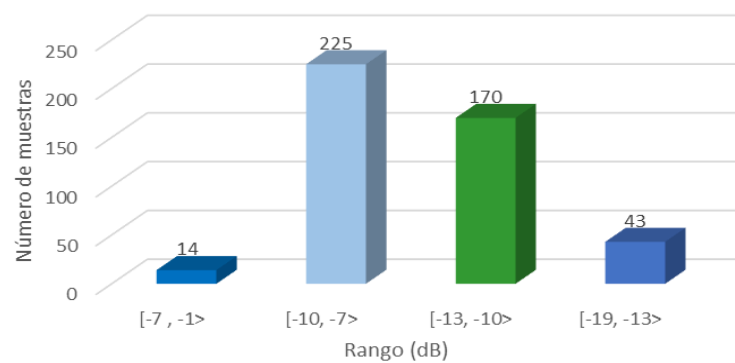
**Tabla 13**

*Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
Bueno	[-7, -1>	14	3.10
Regular	[-10, -7>	225	49.78
Bajo	[-13, -10>	170	37.61
Muy bajo	[-19, -13>	43	9.51
<b>TOTAL:</b>		<b>452</b>	<b>100.00</b>

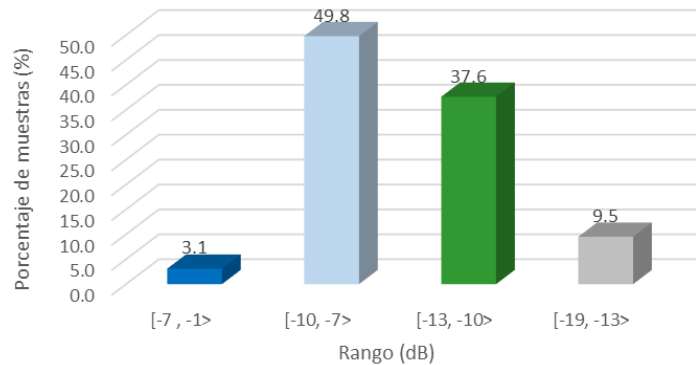
**Figura 48**

*Grafica de muestras RSRQ nodo San Antonio*



**Figura 49**

*Grafica de porcentajes de muestras RSRQ nodo San Antonio*



### 3. eNodoB 3: estación base viñedos

Con las muestras recopiladas podremos observar los diferentes rangos y porcentajes de calidad de señal recibida RSRQ para el nodo moquegua como observa en la figura 50, 51.

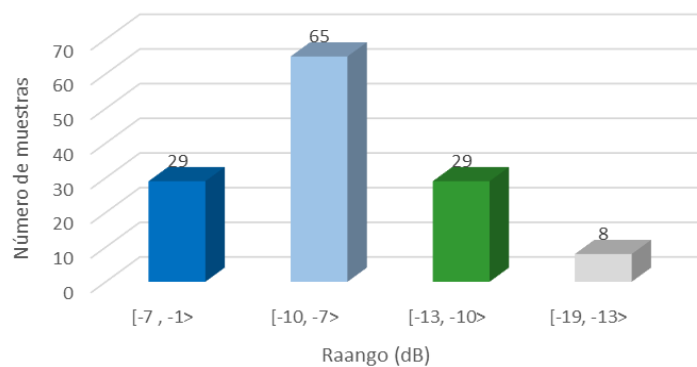
**Tabla 14**

*Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
<b>Bueno</b>	[-7, -1>	29	22.1
<b>Regular</b>	[-10, -7>	65	49.6
<b>Bajo</b>	[-13, -10>	29	22.1
<b>Muy bajo</b>	[-19, -13>	8	6.1
<b>TOTAL:</b>		<b>131</b>	<b>100.00</b>

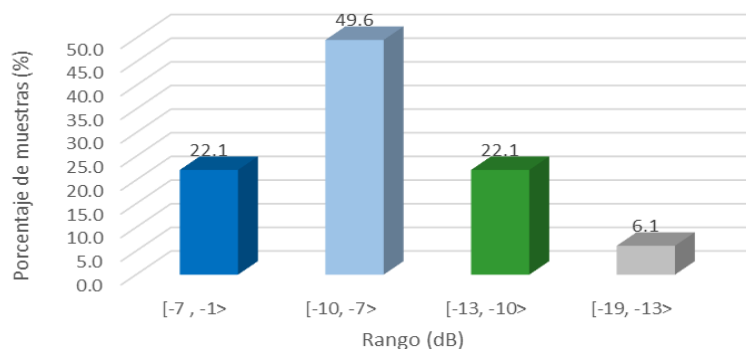
**Figura 50**

*Grafica de muestras RSRQ nodo Viñedos*



**Figura 51**

*Grafica de porcentajes de muestras RSRQ nodo Viñedos*



#### 4. eNodoB 4: estación base Montalvo

Con las muestras recopiladas podremos observar los diferentes rangos y porcentajes de calidad de señal recibida RSRQ para el nodo moquegua como observa en la figura 52, 53.

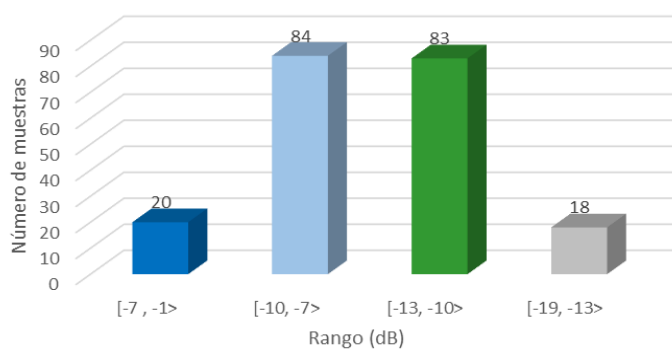
**Tabla 15**

*Rango de parámetros RSRQ con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
Bueno	[-7, -1>	20	9.76
Regular	[-10, -7>	84	40.98
Bajo	[-13, -10>	83	40.49
Muy bajo	[-19, -13>	18	8.78
<b>TOTAL:</b>		<b>205</b>	<b>100.00</b>

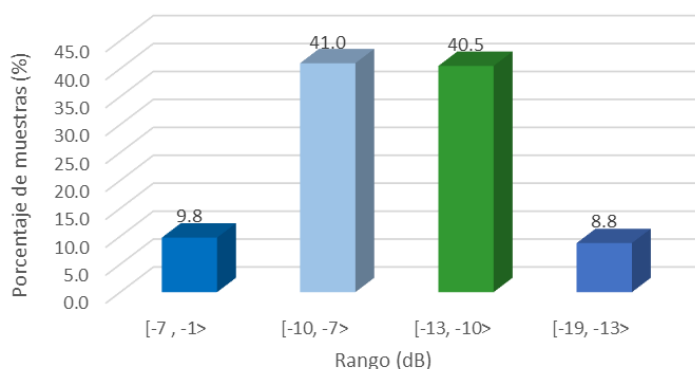
**Figura 52**

*Grafica de muestras RSRQ nodo Montalvo*



**Figura 53**

*Grafica de porcentajes de muestras RSRQ nodo Montalvo*



#### 4.2.3. KPI-SNIR

La tabla 16 muestra la relación de la señal recibida con la señal de referencia ante la presencia de interferencia, relacionando los niveles de calidad del indicador SINR, para cada una de las 4 estaciones.

**Tabla 16**

*KPI-SNIR niveles de cobertura*

Rango (dB)	Color del nivel	Nivel del parámetro
[14, 18>	Orange	Muy bueno
[10, 14>	Yellow	Bueno
[7, 10>	Green	Óptimo
[4, 7>	Blue	Regular

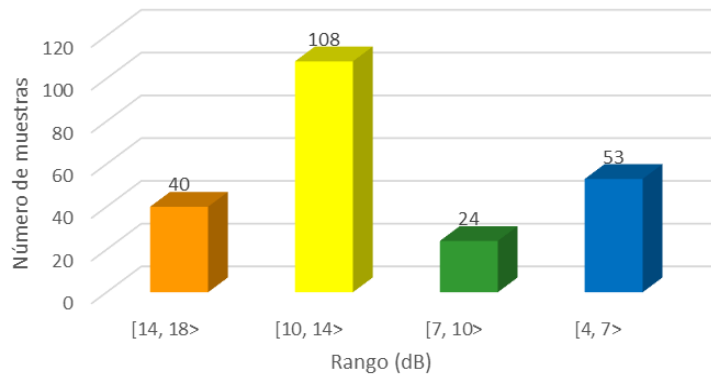
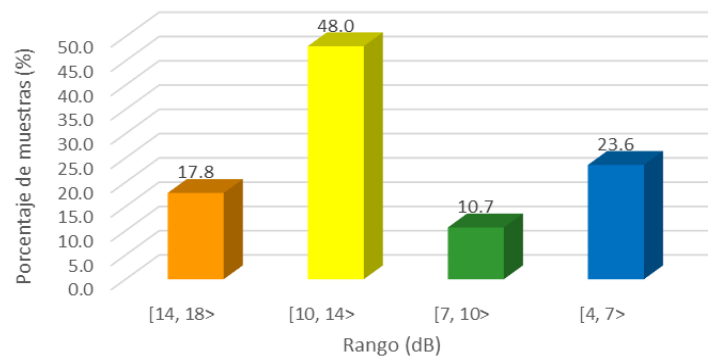
#### 1. eNodoB 1: estación base moquegua

En la Figuras 54, 55 se observa como las muestras obtenidas de acuerdo a sus valores encajan en los rangos establecidos.

**Tabla 17**

*Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras*

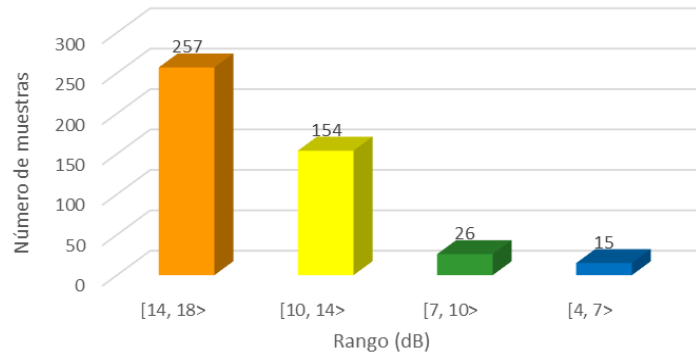
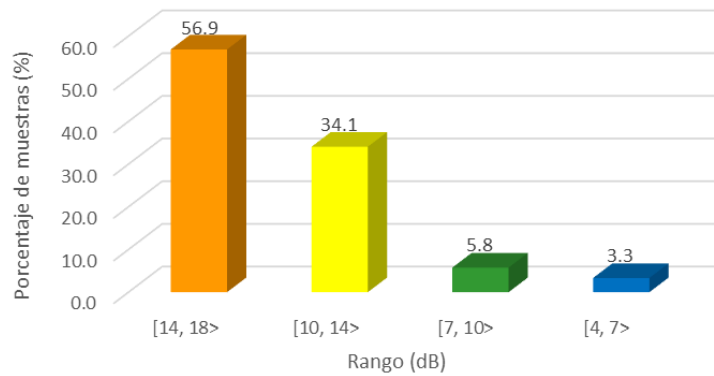
Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[14, 18>	40	17.8
Bueno	[10, 14>	108	48.0
Óptimo	[7, 10>	24	10.7
Regular	[4, 7>	53	23.6
	TOTAL:	225	100.0

**Figura 54***Grafica de muestras SNIR nodo Moquegua***Figura 55***Grafica de porcentajes de muestras SNIR nodo Moquegua***2. eNodoB 2: estación base San Antonio**

En la Figuras 56, 57 se observa como las muestras obtenidas de acuerdo a sus valores encajan en los rangos establecidos.

**Tabla 18***Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
<b>Muy bueno</b>	[14, 18>	257	56.9
<b>Bueno</b>	[10, 14>	154	34.1
<b>Óptimo</b>	[7, 10>	26	5.8
<b>Regular</b>	[4, 7>	15	3.3
	TOTAL:	452	100.0

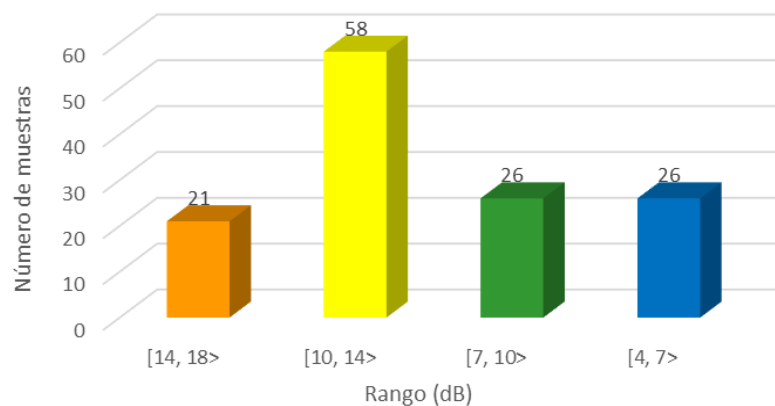
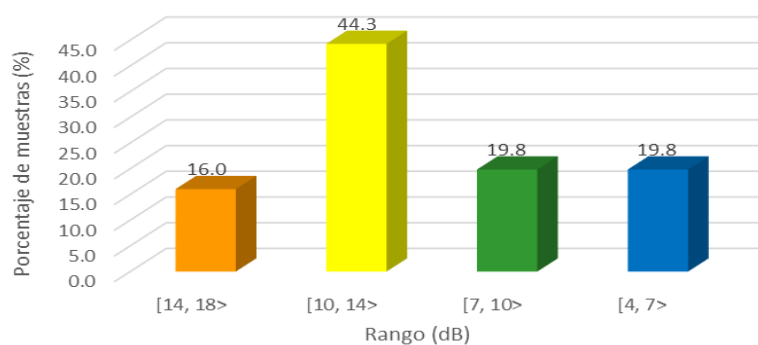
**Figura 56***Grafica de muestras SNIR nodo San Antonio***Figura 57***Grafica de porcentajes de muestras SNIR nodo San Antonio***3. eNodoB 3: estación base Viñedos**

En la Figuras 58, 59 se observa como las muestras obtenidas de acuerdo a sus valores encajan en los rangos establecidos.

**Tabla 19***Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[14, 18>	21	16.0
Bueno	[10, 14>	58	44.3
Óptimo	[7, 10>	26	19.8
Regular	[4, 7>	26	19.8
TOTAL:		131	100.0

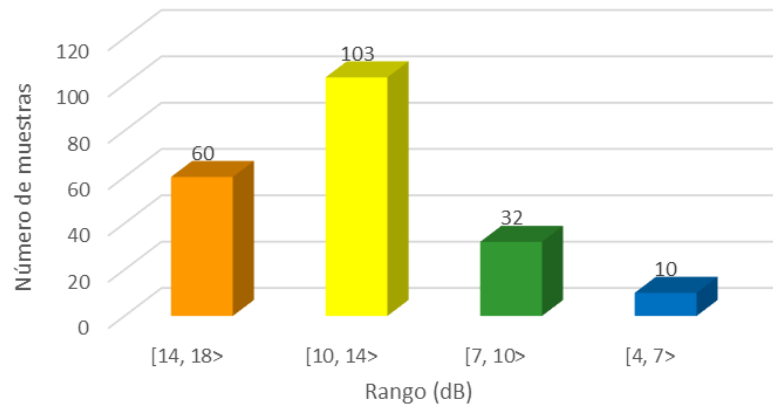
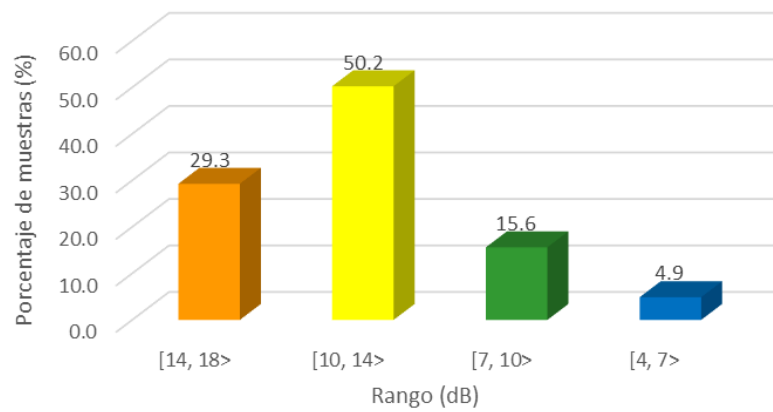


**Figura 58***Grafica de muestras SNIR nodo Viñedos***Figura 59***Grafica de porcentajes de muestras SNIR nodo Viñedos***4. eNodoB 4: estación base Montalvo**

En la Figuras 60, 61 se observa como las muestras obtenidas de acuerdo a sus valores encajan en los rangos establecidos.

**Tabla 20***Rango de parámetros SNIR con respecto a las muestras*

Nivel del parámetro	Rango (dB)	N° muestras	Porcentaje (%)
Muy bueno	[14, 18>	60	29.3
Bueno	[10, 14>	103	50.2
Óptimo	[7, 10>	32	15.6
Regular	[4, 7>	10	4.9
TOTAL:		205	100.0

**Figura 60***Grafica de muestras SNIR nodo Montalvo***Figura 61***Grafica de porcentajes de muestras SNIR nodo Montalvo*

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis de los resultados obtenidos de los KPI

#### 4.1.1. Consideraciones preliminares

Para el análisis del comportamiento de cada uno de los indicadores claves de rendimiento (KPI), se empleó la tabla elaborada por Chancasana (2015), que contiene los rangos aceptables por parte del operador para los factores de campo LTE. La tabla 21 muestra esos valores: Tabla 21 rangos aceptables de los indicadores claves de rendimiento.

**Tabla 21**

*Rangos Aceptables de los indicadores claves de rendimiento (KPI)*

KPI	Rango Aceptable	% Muestras
RSRP	$\geq -90\text{dBm}$	95%
RSRQ	$\geq -10\text{dB}$	95%
SINR	$\geq 10\text{dB}$	95%
Tasa de Datos DL	$\geq 5000\text{ kbps}$	95%

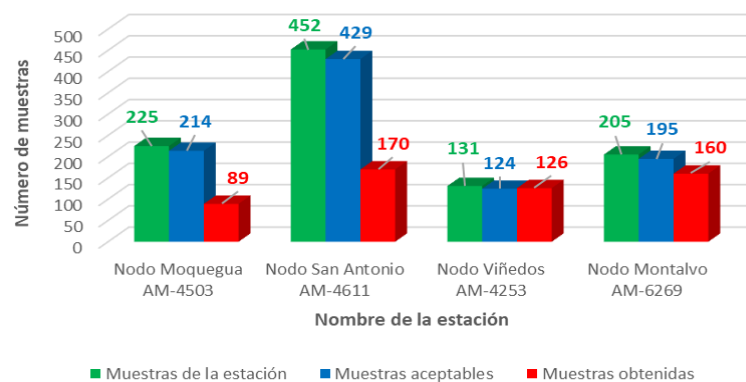
Nota. Chancasana (2015) Tesis PUCP-Diseño de una red 4G-LTE

#### 5.1.2 KPI-RSRP

La figura 62 muestra el comportamiento de las muestras del indicador  $\text{RSRP} \geq -90\text{ dBm}$  para el 95%.

**Figura 62**

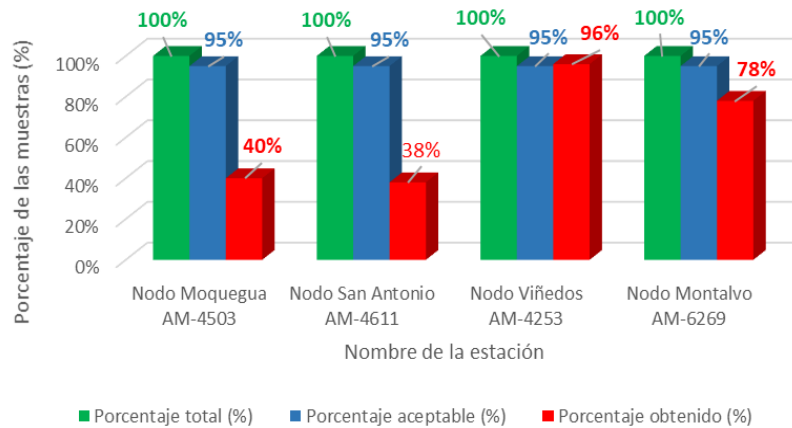
*Gráfica del comportamiento de las muestras RSRP por estación base*



La figura 63 muestra el comportamiento del indicador RSRP en porcentaje para cada estación base.

**Figura 63**

*Grafica de comportamiento de las muestras RSRP en % por estación base*

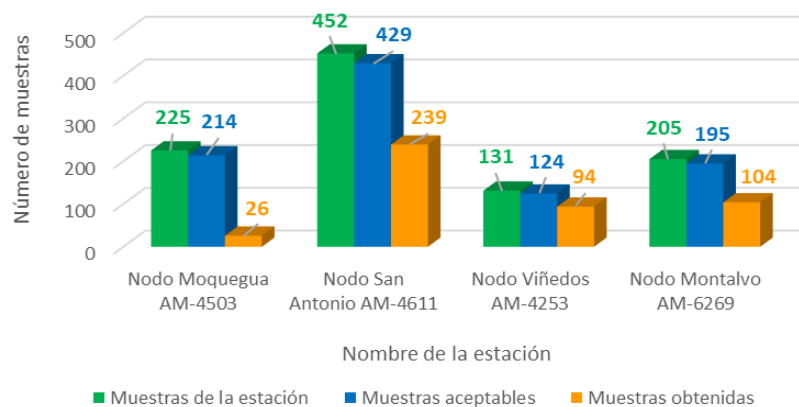


### 5.1.3 KPI-RSRQ

La figura 64 muestra el comportamiento de las muestras del indicador RSRQ >= -10 dB para el 95%.

**Figura 64**

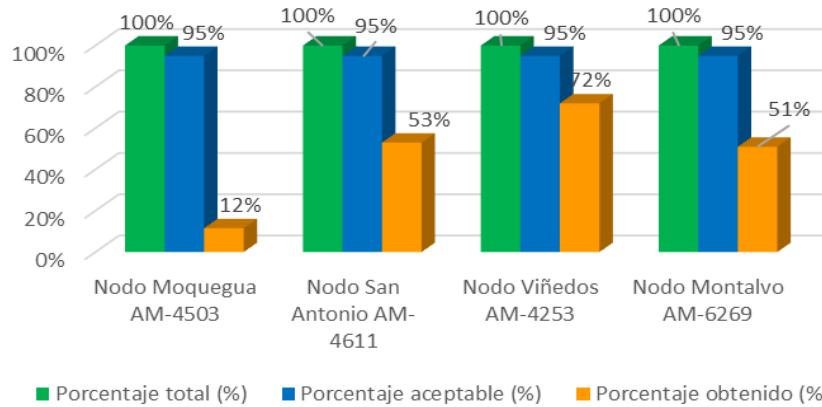
*Grafica del comportamiento de las muestras RSRQ por estación base*



La figura 65 muestra el comportamiento del indicador RSRQ en porcentaje de cada estación base.

**Figura 65**

*Grafica del comportamiento de las muestras RSRQ en % por estación base*

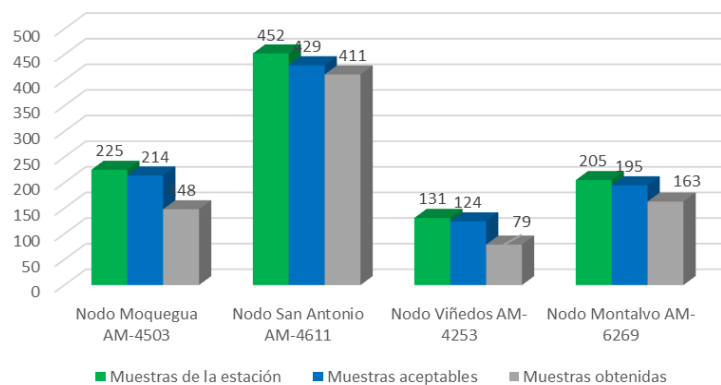


**5.1.4 KPI-SNIR**

La figura 66 muestra el comportamiento de las muestras del indicador SINR >= 10 dB para el 95%.

**Figura 66**

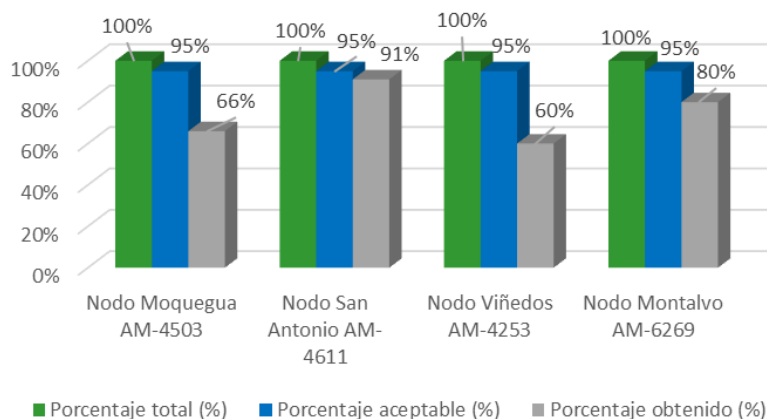
*Grafica de comportamiento de las muestras SNIR por estación base*



La figura 67 muestra el comportamiento del indicador SINR en porcentaje de cada estación base.

**Figura 67**

*Grafica de comportamiento de las muestras SINR en % por estación base*



## 5.2. Propuesta de optimización con ATOLL

Luego de evaluar los indicadores de desempeño KPI en la red móvil 4G en la zona de estudio, se pudo observar que la operatividad de la red se ve afectada por la proximidad e interacción que existe entre las 4 estaciones eNodoB en la zona de estudio, razón por la cual se propuso la optimización de los parámetros de la red móvil en dos fases:

- Fase 1: Optimización de los parámetros de la red móvil con las 4 estaciones enodoB
- Fase 2: Optimización de los parámetros de la red móvil incorporando una 5 estación en la zona de estudio.

Se utilizó el software atoll, para la planificación, diseño y optimización de la red RF.

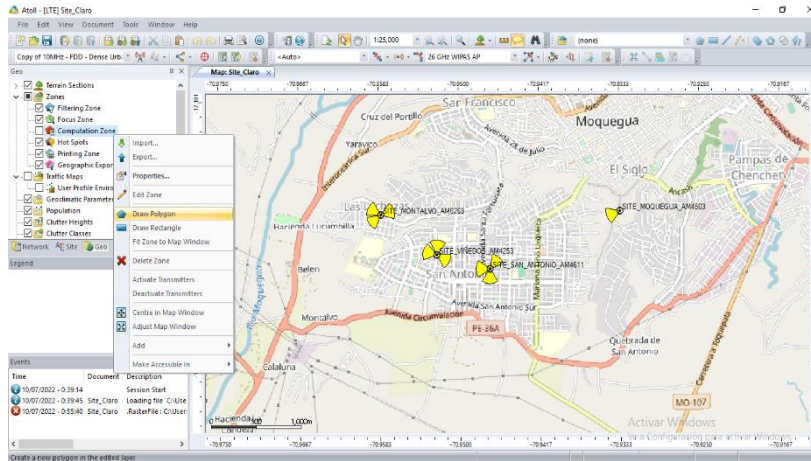
### 5.2.1. Fase 1: Optimización de los parámetros de la red móvil actual

En la Fase 1, el proceso de optimización de los parámetros de la red, siguió el siguiente procedimiento:

1. La delimitación del área de trabajo utilizando la herramienta draw poligon, considerando el estado actual cobertura en el distrito de San Antonio. La figura 68 muestra la herramienta draw poligon que fue seleccionado.

**Figura 68**

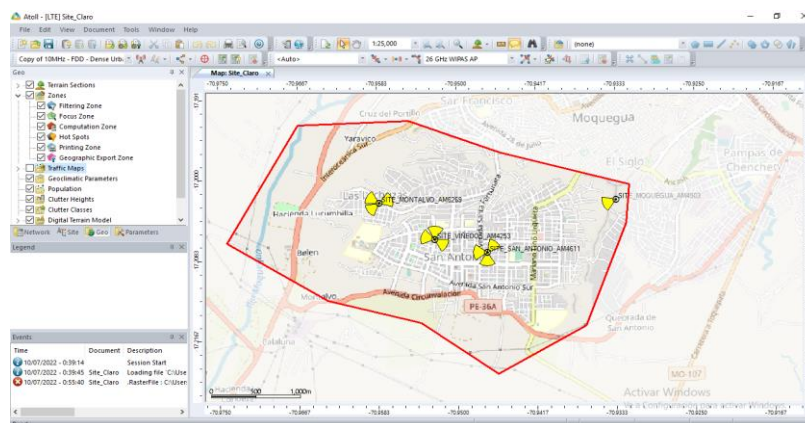
*Selección de la herramienta draw poligon*



En la figura 69 se puede apreciar que la línea roja del polígono establecido, comprende las cuatro estación de la zona de estudio.

**Figura 69**

*Área de cobertura demarcado por la herramienta draw poligon*

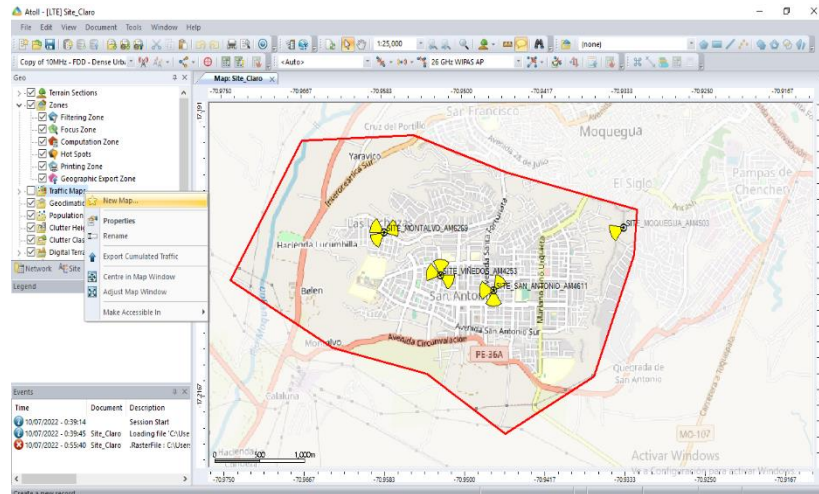


2. Se empleó de la herramienta traffic map, para la definición del tráfico del área de trabajo. Con la opción traffic map del software attol, se delimitó la zona de tráfico (área donde se concentra la mayor cantidad de población)

urbana). Ello nos permitió tener una mejor dimensión visual del área que se trabajó para su optimización, ver la figura 70.

**Figura 70**

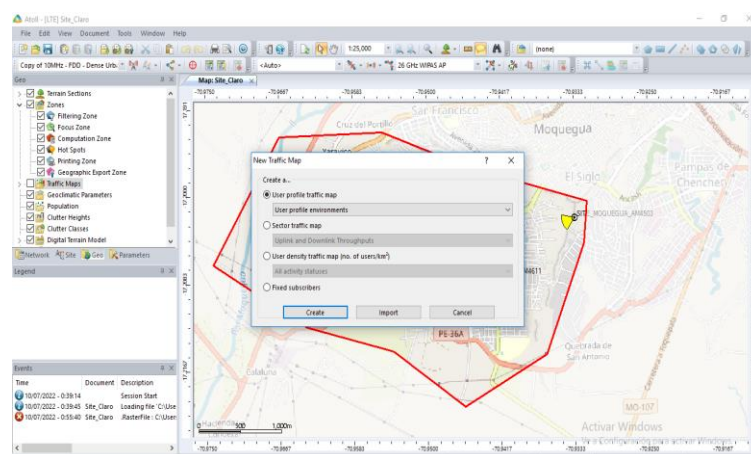
*Empleo de la herramienta traffic map.*



Se creó un nuevo mapa, para definir el tráfico que se desea generar, tal como se muestra en la figura 71.

**Figura 71**

*Tráfico que se desea generar en el área.*

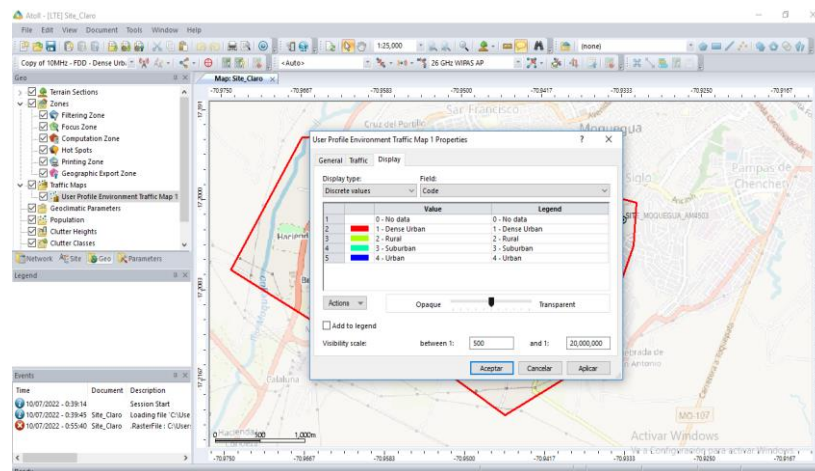




3. Se identificó el tipo de zona, considerando las 4 opciones que se tiene: Urbano denso, rural, suburbano y urbano, tal como se muestra en la figura 72.

**Figura 72**

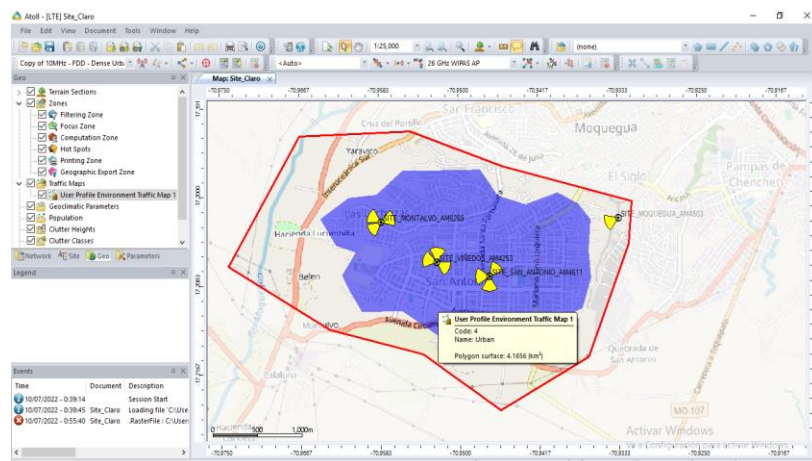
*Identificación del tipo zona*



4. Se seleccionó la zona urbana, tal como muestra la figura 73. Después de usar la herramienta traffic maps observamos que el área seleccionada se tornó de un color azul el cual nos ayudó a diferenciar la zona de trabajo. Se pudo observar que la superficie del polígono trazado tiene un área de 4.1656 km<sup>2</sup>.

**Figura 73**

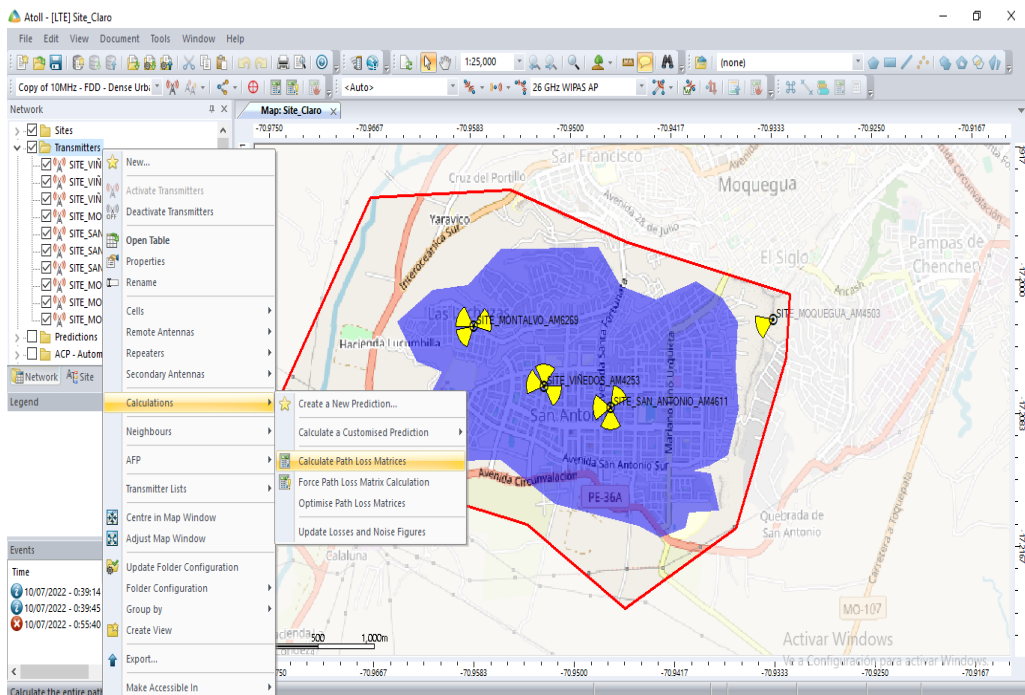
*Determinación de la zona urbana*



5. Cálculo de las matrices pathloss (pérdidas por trayecto). Con la herramienta “Calculate Pathloss Matrices” se utilizó para la predicción de la intensidad de la señal recibida en un entorno donde no hay obstáculos entre el transmisor y el receptor, tal como se observa en la figura 74.

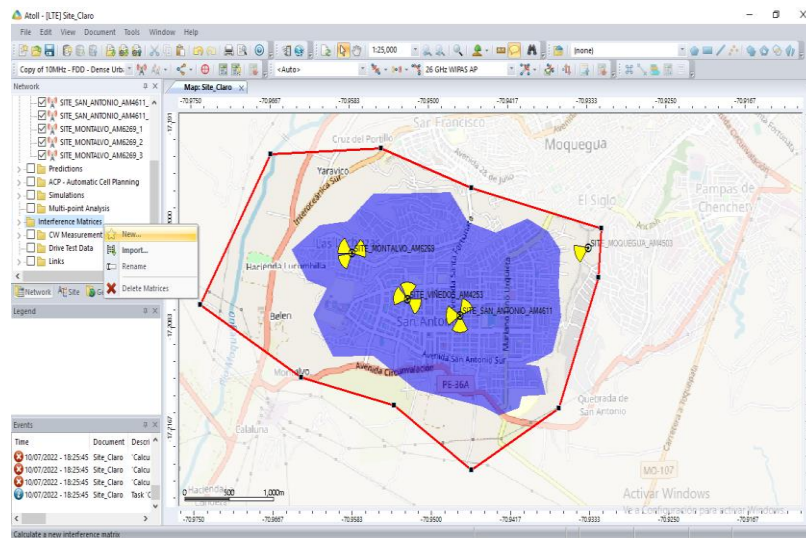
**Figura 74**

*Cálculo de las matrices pathloss*



6. Creación de la interferencia de matrices (aparecen puntos de interferencia matriz), ver figura 75. Uno de los principales problemas que se presentó al momento de iniciar la optimización, fue reconocer los diferentes factores que determinan las posibles interferencias entre los mismos sectores de cada estación (site) y así, poder determinar que sectores tienen un comportamiento de interferencia. Para ello usamos la herramienta de “Interference Matrices” la cual nos ayudó a determinar el porcentaje de superposición que existe entre cada sector de cada estación base.

**Figura 75**  
*Interferencia de matrices*



7. Revisión de las propiedades de la matriz interferencia (probabilidad de interferencia co-canal interferencia de una estación con las demás). Una vez utilizada la herramienta “Interference Matrices” nos mostró la interferencia que se tiene en cada sector “Interfered Cell “con referencia a sus sectores vecinos “Interfering cell”, tal como se observa en la figura 76.

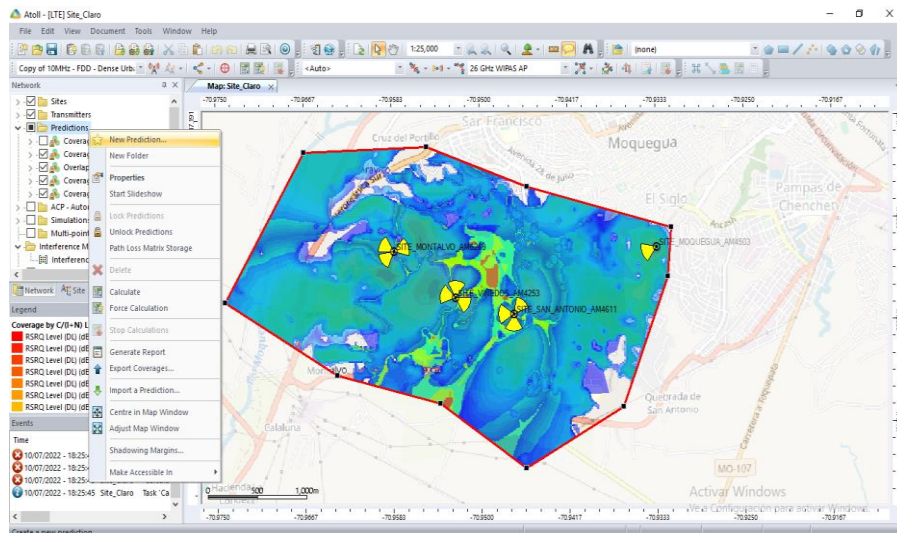
**Figura 76**  
*La propiedad de interferencia de matriz entre estaciones base*

Interfered Cell	Interfering Cell	Co-channel Interference Probability (%)	Adjacent Channel Interference Probability (%)
SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	13.35	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	5.51	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	4.48	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_1(0)	4	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_2(0)	7.52	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_3(0)	14.54	0
	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	27.32	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	0.91	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	21.17	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	6.48	0
SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	20.94	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_1(0)	4.28	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_2(0)	0.16	0.02
	SITE_VINEDOS_AM4253_3(0)	6.53	0.02
	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	27.17	0.02
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	1.91	0.02
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	0.27	0.02
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	7.85	0.02
	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	1.14	0.02
	SITE_MONTALVO_AM6269_3(0)	9.73	0
SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	SITE_VINEDOS_AM4253_3(0)	6.17	0.01
	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	0.55	0.01
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	0.04	0.01
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	5.18	0.01
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	0.43	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_3(0)	16.73	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	0.03	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_1(0)	0.03	0
	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	3.96	0.01
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	5.52	0
SITE_MONTALVO_AM6269_3(0)	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	21.77	0.01
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	63.75	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	2.75	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_1(0)	2.61	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_2(0)	0.15	0
	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	0.94	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	22.54	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	2.99	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	16.12	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_3(0)	1	0
SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	SITE_VINEDOS_AM4253_1(0)	0.85	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_2(0)	0.11	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	16.8	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	13.52	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	2.84	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	9.11	0.01
	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	0.49	0.01
	SITE_MONTALVO_AM6269_3(0)	1.19	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_2(0)	2.58	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_3(0)	0.24	0
SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	59.05	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	8.76	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_3(0)	1.77	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	12.84	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	5.48	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_2(0)	0.51	0
	SITE_VINEDOS_AM4253_3(0)	0.86	0
	SITE_MOQUEGUA_AM4503_1(0)	53.95	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_1(0)	5.41	0
	SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	13.35	0
SITE_SAN_ANTONIO_AM4611_2(0)	SITE_MONTALVO_AM6269_1(0)	5.51	0
	SITE_MONTALVO_AM6269_2(0)	4.48	0

8. Creando predicciones de las antenas: La figura 77 muestra la creación de una nueva predicción de antenas. Para determinar el estado en el cual se encuentra la zona a optimizar, se utilizó la herramienta “Predictions” la cual nos permitió visualizar el estado de cobertura actual del área donde se realizó el trabajo.

**Figura 77**

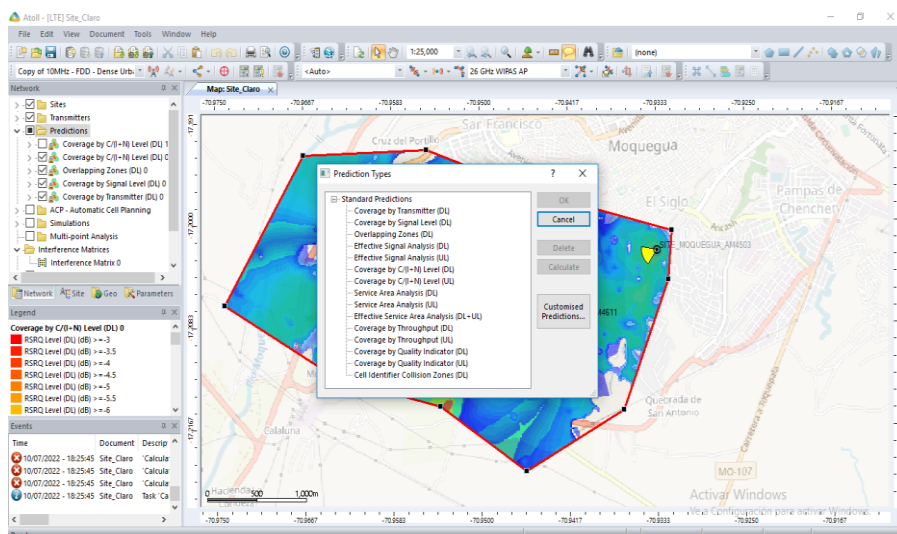
*Creación de una nueva predicción de antena*



La figura 78 muestra el cuadro de opciones de tipos de predicciones a seleccionar.

**Figura 78**

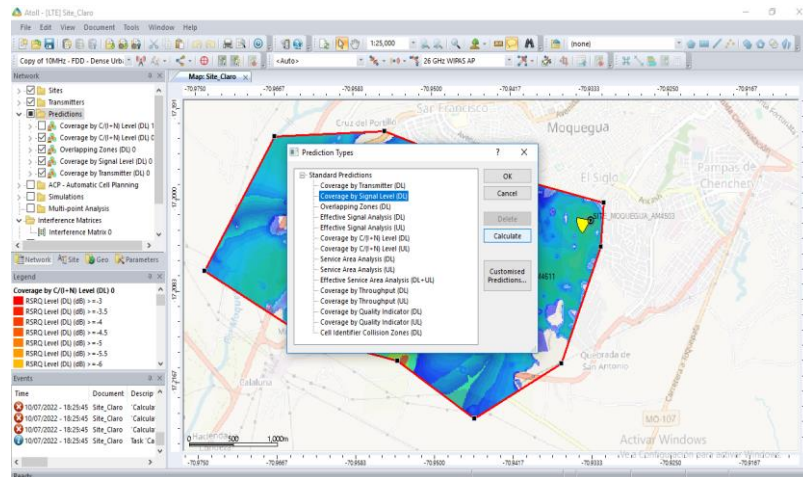
*Tipos de predicción*



9. Cobertura por el nivel de señal. Con la herramienta “Predictions” se utilizó la opción “Coverage By Signal Level” la cual nos permitió comprobar la potencia de la señal que se tiene en cada sector hacia la zona de trabajo, ver figura 79.

**Figura 79**

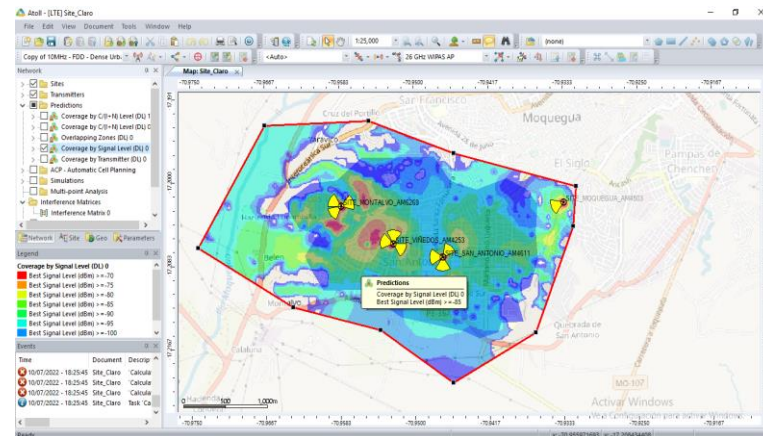
*Cobertura por nivel de la señal down link O*



En la figura 80 se pudo observar que el mejor nivel de la señal recibida fue  $\geq -85$  dBm.

**Figura 80**

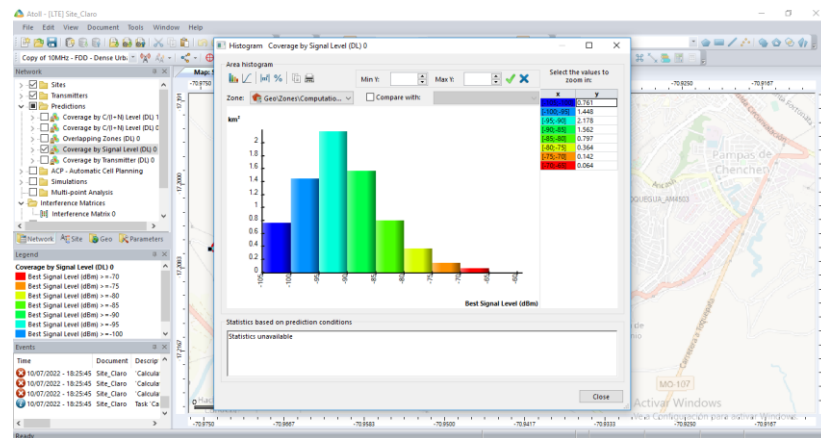
*Predicciones de cobertura del nivel de señal DL.*



En la figura 81 se observa el histograma que considera el mejor nivel de la señal por área de cobertura. Para los niveles de señal comprendida entre -85 y -90 dBm se produjo la mayor cobertura de 2.178 km<sup>2</sup>.

Figura 81

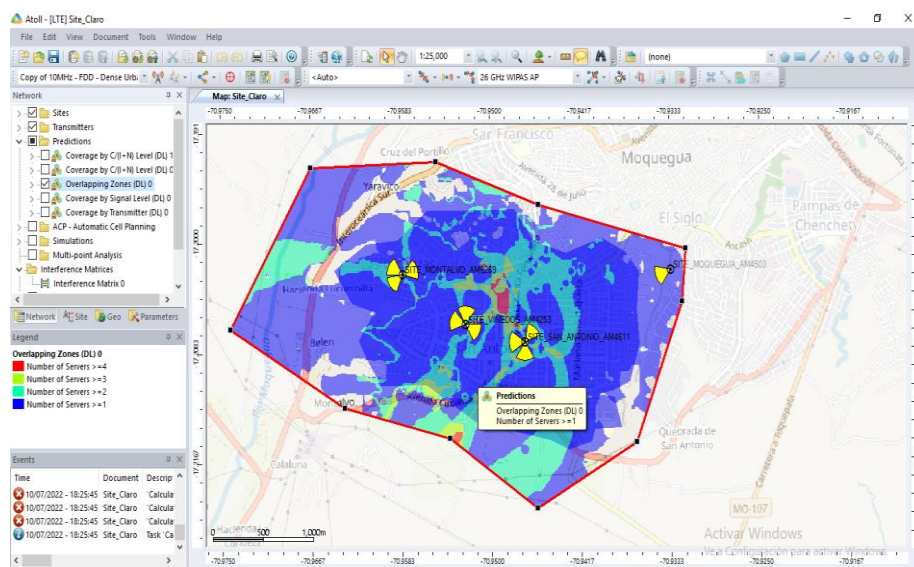
*Histograma de la cobertura por el nivel de señal*



10. Se selecciona la predicción “Overlapping” (solapamiento) en el down link. La herramienta “Predicción” nos permitió visualizar la interferencia entre las celdas vecinas. En la figura 82. se aprecia la zona de solapamiento de color azul cuenta con la presencia de uno o más estaciones (sites); la zona de solapamiento de color celeste cuenta con la presencia de dos o más estaciones; la zona de solapamiento de color verde cuenta con la presencia de tres o más estaciones; y la zona de solapamiento más crítica de color rojo cuenta con la presencia de cuatro o más estaciones.

Figura 82

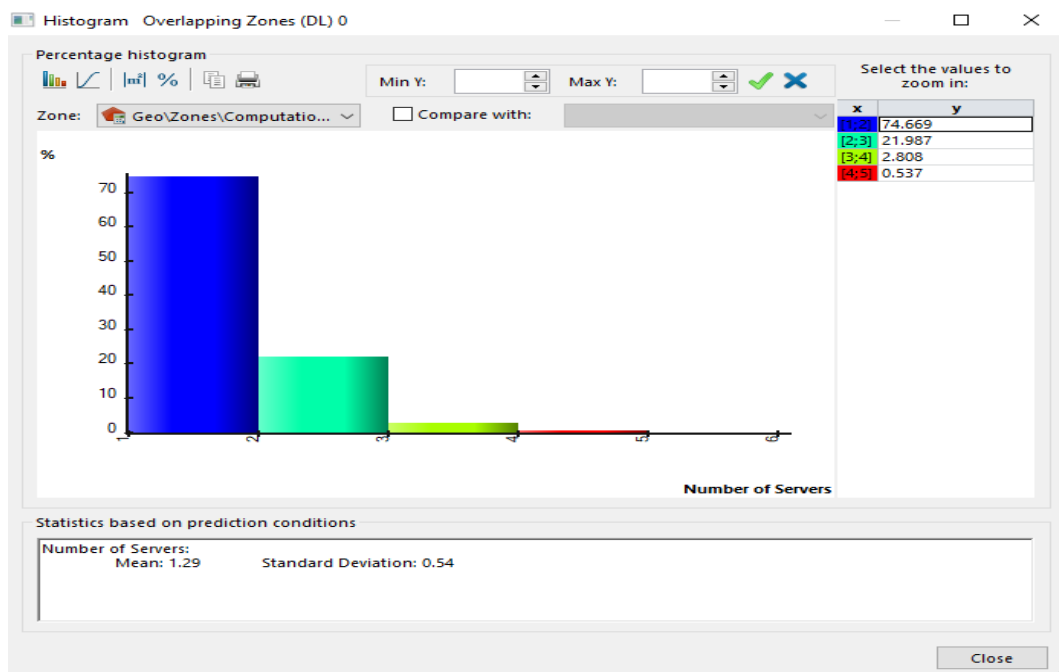
*Zona de overlapping*



La figura 83, muestran el histograma de los porcentajes de la zona de overlapping en función de la cantidad de celdas (sites) que se interfieren entre si, permitiendo calcular las zonas donde existe cobertura de dos o más transmisores. Se observó que la zona azul es la que más predominó en la zona de estudio con un 74.669% de zona de solapamiento de uno o más celdas (sites).

**Figura 83**

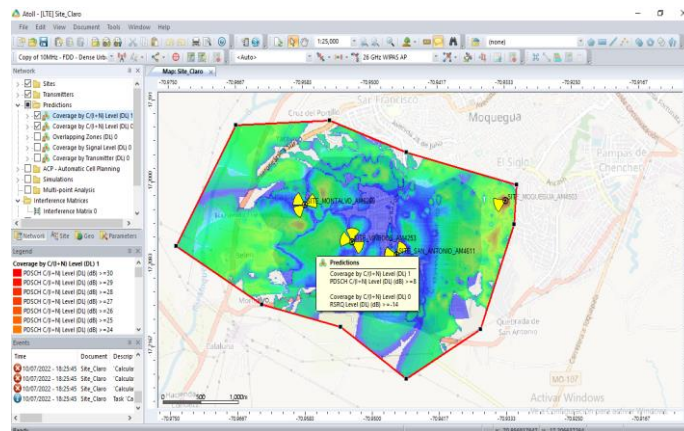
*Porcentaje de la zona de overlapping*



11. Se selecciona predicción por cobertura de nivel de  $C/(I+N)$  en el down link. Nos permitió determinar el nivel de potencia señal ruido que hay en el área de trabajo. La figura 84 muestra que el valor del indicador clave de desempeño RSRQ es mayor o igual a -14 dB, para un POSCH mayor o igual a 8 dB.

**Figura 84**

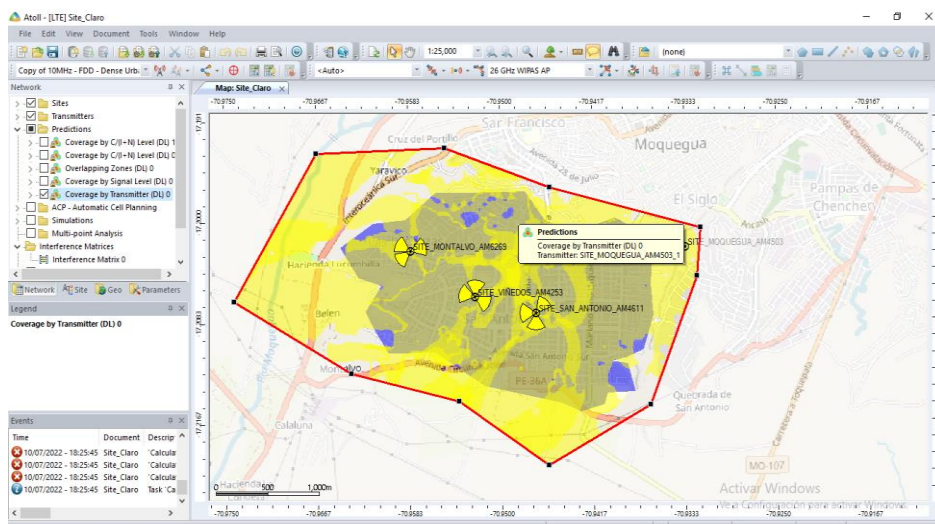
*Predicción por cobertura de nivel de C/(I+N)*



12. Se selecciona predicción de cobertura por el transmisor. Esta opción determinó el área irradiada por cada celda. La figura muestra la zona amarilla como la zona de cobertura, tal como se observa en la figura 85.

**Figura 85**

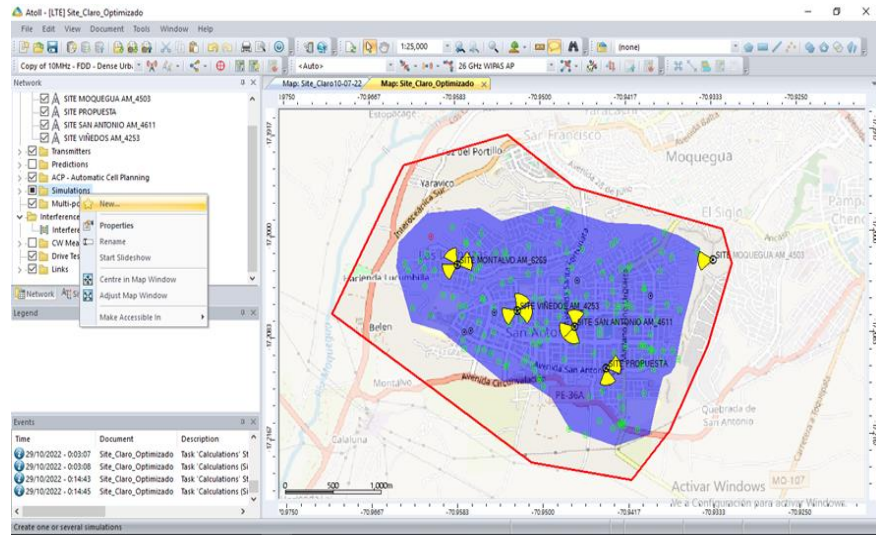
*Predicción de cobertura por el transmisor*



13. Se genera una nueva simulación de cómo se encontraba la señal al momento de la optimización, tal como se muestra en la figura 86.



**Figura 86**  
*Generación de una nueva simulación*



14. El cuadro muestra los datos de las coordenadas activas e inactivas de las celdas de servicios, según ruta seguida por el g-netLock, tal como se observa en la figura 87.

**Figura 87**  
*Datos de las coordenadas activas e inactivas de las celdas de servicios*

Simulation 0 Properties \*\*\*READ ONLY\*\*\*

Statistics Sites Cells Mobiles Initial Conditions

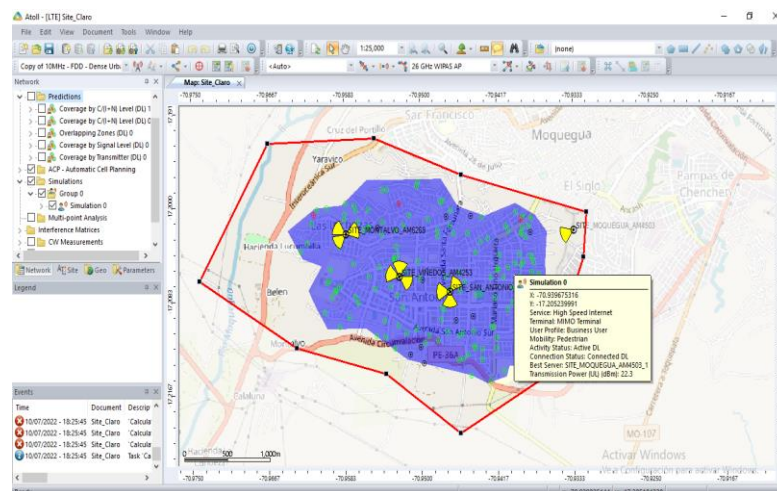
Total: 158

Mobile Id	X	Y	Height (m)	Service	Terminal	Mobility	Activity Status	Indoor	Best Server	Serving cell
1	-70.94241613	-17.21156496	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
2	-70.94454541	-17.21519483	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL-UL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
3	-70.94533522	-17.21369593	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
4	-70.93949163	-17.21377085	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
5	-70.94487346	-17.21330333	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
6	-70.95005559	-17.21262077	1.5	VoIP	Mobile Terminal	Pedestrian	Inactive	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
7	-70.94331738	-17.21283047	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
8	-70.94170876	-17.21272853	1.5	VoIP	Mobile Terminal	Pedestrian	Active DL-UL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
9	-70.94419842	-17.21257802	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
10	-70.94807499	-17.21200749	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
11	-70.94171851	-17.21160107	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
12	-70.94912361	-17.21159980	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
13	-70.94578686	-17.21165014	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
14	-70.93961088	-17.21166454	1.5	VoIP	Mobile Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
15	-70.94323257	-17.21091653	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
16	-70.95884412	-17.21071944	1.5	Video Conferencing	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_VINE	SITE_VINEDOS Macro Layer
17	-70.94206477	-17.21080966	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
18	-70.93295056	-17.21022468	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
19	-70.94615808	-17.21029129	1.5	VoIP	Mobile Terminal	Pedestrian	Inactive	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
20	-70.95778270	-17.20990758	1.5	VoIP	Mobile Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
21	-70.94430254	-17.20994781	1.5	Video Conferencing	MIMO Terminal	Pedestrian	Inactive	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
22	-70.96046635	-17.20943876	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MONTALV Macro Layer
23	-70.94752972	-17.20931129	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
24	-70.95198300	-17.20906037	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
25	-70.94764993	-17.20912039	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active DL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MONTALV Macro Layer
26	-70.93997476	-17.20871560	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
27	-70.94659594	-17.20816128	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_SAN	SITE_SAN_ANT Macro Layer
28	-70.94191607	-17.20827225	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MOQUEGUA Macro Layer
29	-70.95256409	-17.20799765	1.5	Mobile Internet Access	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MONTALV Macro Layer
30	-70.95924426	-17.2076527	1.5	High Speed Internet	MIMO Terminal	Pedestrian	Active UL	<input type="checkbox"/>	SITE_MO	SITE_MONTALV Macro Layer

15. Se desarrolla una simulación de un tipo de servicio en este caso el de acceso a internet. En la figura 88 se muestra que los puntos rojos representan que no tiene servicio en la zona y que un punto verde representa la presencia del servicio de internet. Se tomó para la simulación un punto verde que indica la presencia del servicio.

**Figura 88**

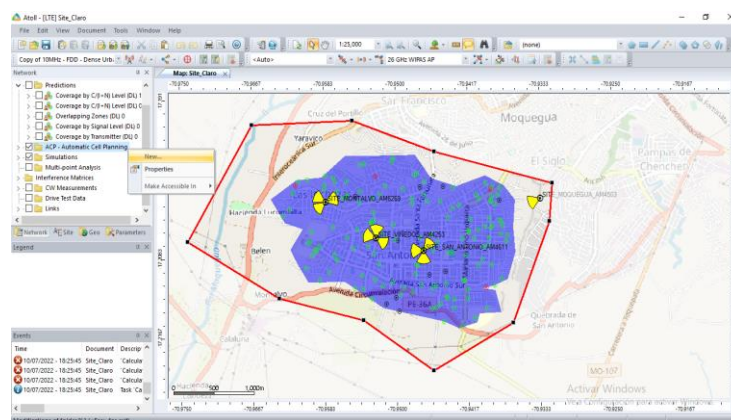
*Simulación de un acceso a internet*



16. Se utilizó la herramienta automatic cell planning (ACP) para la generación de un nuevo mapa de predicciones automáticas. La figura 89 muestra la nueva ventana tal como se encontraba la señal en el momento de la optimización.

**Figura 89**

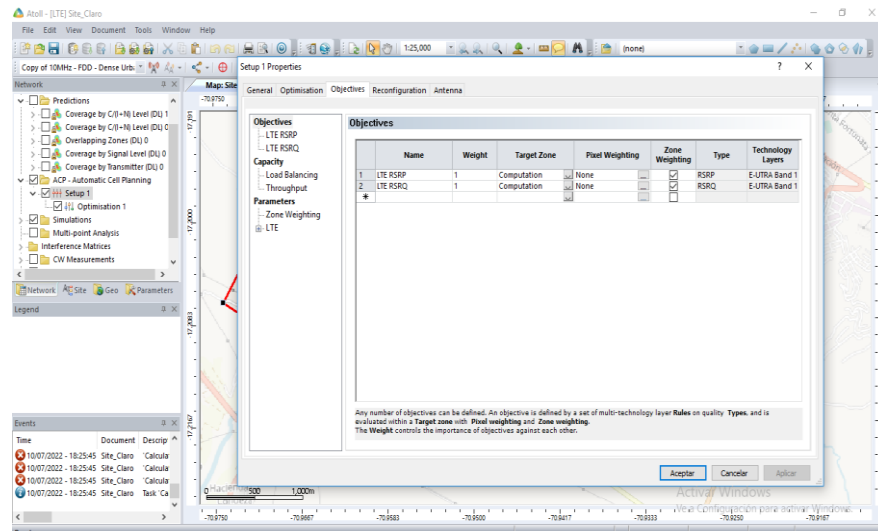
*Generación de un nuevo mapa de predicciones automáticas*



17. Se configura los objetivos de desempeño RSRP y RSRQ, tal como se observa en la figura 90.

**Figura 90**

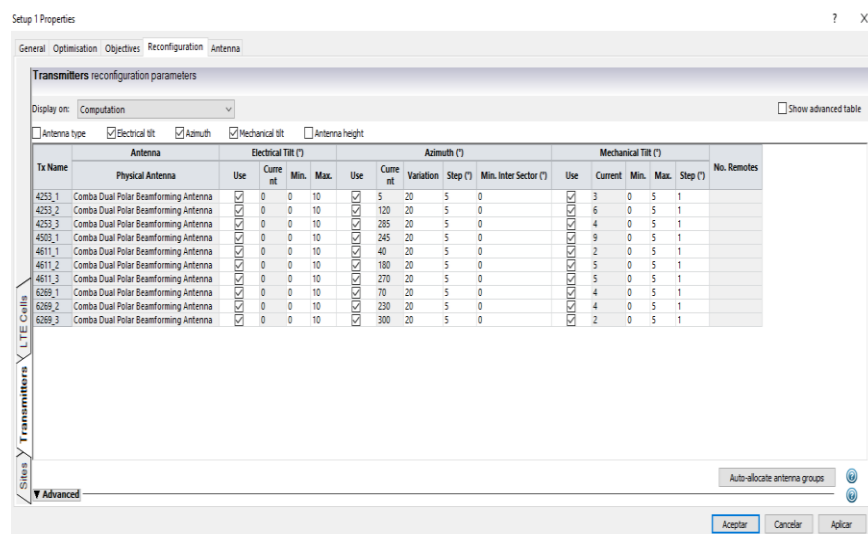
*Configuración de los objetivos de desempeño RSRP y RSRQ*



18. Se reconfiguran los parámetros de las antenas: tilt eléctrico, tilt mecánico y el azimuth, tal como se muestra en la figura 91.

**Figura 91**

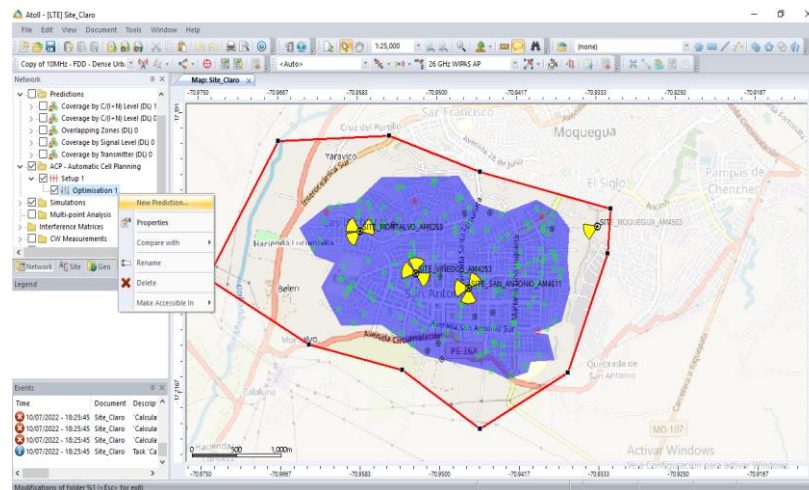
*Reconfiguración de los parámetros de las antenas*



19. Se realiza la generación de una nueva predicción. Una vez configurados los objetivos RSRP y RSRQ, así como los parámetros de las antenas, comenzamos el proceso de optimización generando una nueva predicción, tal como lo observamos en la figura 92.

**Figura 92**

*Generación de una nueva predicción*



20. Se produce una variación del azimut y tilt mecánico de las antenas de cada estación eNodoB. En la figura 93 se observa la reconfiguración del azimut y tilt mecánico (resaltado de color verde), producto de la nueva predicción.

**Figura 93**

*Reconfiguración del azimut y tilt mecánico de cada estación*

Optimisation 1 Properties ? X

General Statistics Sectors Graph Quality Change Details Commit

Cell/Tx Name	Ant.	Azi.	MTilt	Antenna Pattern		Azimuth (°)		Mechanical Tilt (°)		LTE RSRP (%)		LTE RSRQ (%)	
				Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
4253_1(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.5	25	25	3	0	89.74	92.31	0.00	0.00
4253_2(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.320	105	105	6	0	88.89	71.43	0.00	0.00
4253_3(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.285	265	265	4	3	72.96	74.22	0.00	0.00
4503_1(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.245	255	255	9	9	23.04	29.23	0.00	0.00
4611_1(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.40	20	20	2	5	61.97	89.01	0.00	0.00
4611_2(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.180	175	175	5	5	32.48	39.61	0.00	0.00
4611_3(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.270	250	250	5	5	43.52	42.01	0.00	0.00
6269_1(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.70	70	70	4	1	42.59	36.59	0.00	0.00
6269_2(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.230	250	250	4	5	37.74	54.95	0.00	0.00
6269_3(0)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	65deg 17dBi OTilt 2.65deg	17dBi OTilt 2.300	305	305	2	5	11.84	54.76	0.00	0.00

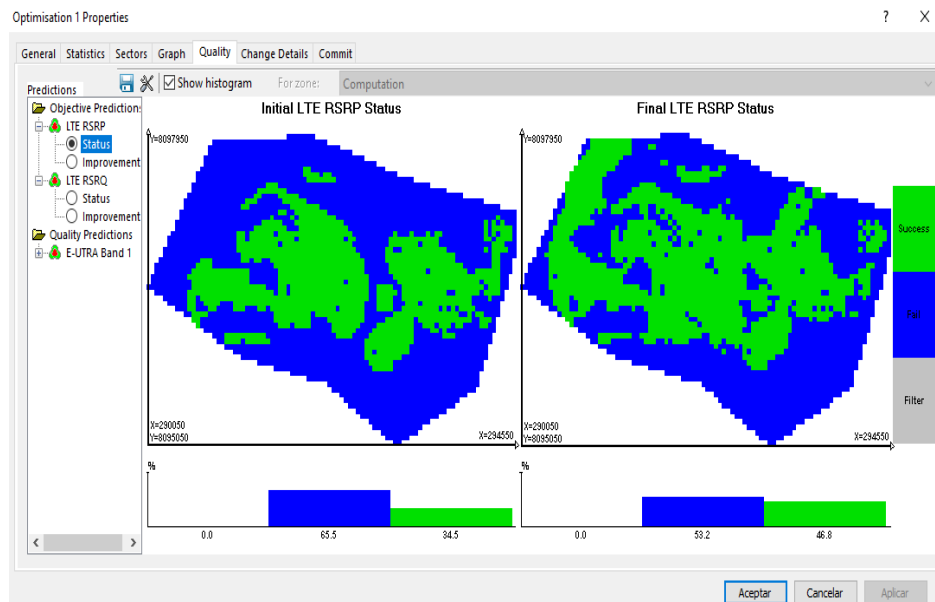
Legend: Reconfiguration TX added TX removed

Aceptar Cancelar Aplicar

21. Análisis de la predicción del status del objetivo LTE RSRP. Dentro de las propiedades de calidad del Atoll, se evalúa la cobertura de la red móvil antes y después de realizado la nueva predicción automática. El color azul indica área sin cobertura y el color verde indica área con cobertura. Antes de la reconfiguración de los parámetros de la antena y del objetivo de predicción RSRP, el área sin cobertura era de 65.5% y del área con cobertura era 34.5%, con la nueva predicción automática el área sin cobertura se redujo a 53.2% y del área con cobertura se incrementó a 46.8%, produciéndose una mejora en la cobertura de la red móvil LTE en la zona de estudio, tal como se muestra en la figura 94.

**Figura 94**

*Análisis del status del objetivo LTE RSRP*

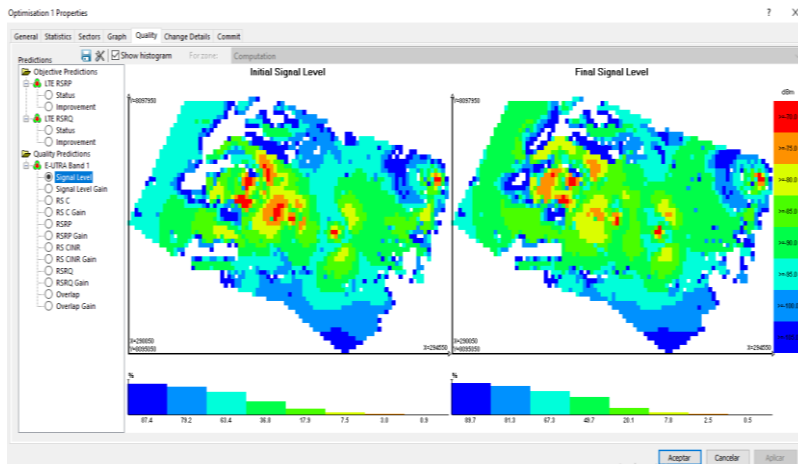


22. Análisis de la predicción de calidad del nivel de la señal. De acuerdo al cuadro de niveles de potencia: los colores azul y azulino, indican un nivel de potencia bajo de -105 dBm y -100 dBm respectivamente, niveles que se dan en las zonas agrestes con poca o ninguna población en la zona de estudio, el color celeste representa a un nivel de potencia regular de -95 dBm; los colores verde y verde claro representan los niveles óptimo y bueno de -90 dBm y -85 dBm respectivamente. Antes de la nueva predicción, los valores iniciales mostraban que para un nivel de -95 dBm el porcentaje de cobertura era del 63.4%, para un nivel de -90 dBm era 36.8% y para un nivel de -85 dBm era de 17.9%. En la nueva predicción, se observó que la

cobertura para un nivel de -95 dBm se incrementa a 67.3%, la cobertura para un nivel de -90 dBm se incrementa a 49.7% y la cobertura para un nivel de -85 dBm se incrementa a 20.1%, tal como se puede apreciar en la figura 95.

**Figura 95**

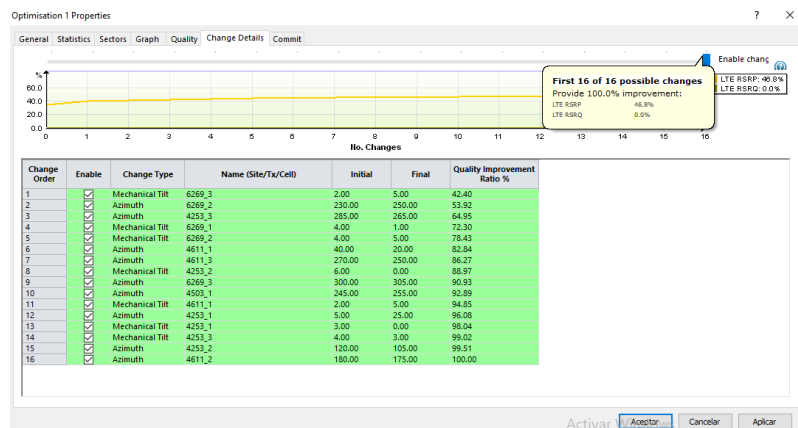
*Nivel de la señal en la zona de estudio*



23. Cambios efectuados en la configuración de los parámetros de las antenas de las estaciones. Se produjeron un total de 16 cambios en los parámetros de las 10 antenas que se encuentran ubicadas en las 4 estaciones de la zona de estudio. La figura 96 muestra el detalle de los cambios efectuados.

**Figura 96**

*Cambios efectuados en los parámetros de las antenas de las estaciones*



La figura 97 muestra los cambios efectuado en los parámetros (color verde) de las 10 antenas que pertenecen a las 4 estaciones que se encuentran en la zona de estudio.

**Figura 97**

*Cambios efectuados en los parámetros de cada antena de las estaciones*

Optimization 1 Properties ? X

General Statistics Sectors Graph Quality Change Details Commit

Sectors Results

Cell/Tx Name	Max Power (dBm)			Antenna Pattern			Azimuth (°)			Mechanical Tilt (°)			Antenna Height (m)			Repeater Amplifier Gain (dB)			Sector Selection			
	Use	Initial	Final	Use	Initial	Final	Use	Initial	Final	Use	Initial	Final	Use	Initial	Final	Use	Initial	Final	Initial	Final		
4253_3(0)	<input type="checkbox"/>	30.00	30.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	5	25	<input checked="" type="checkbox"/>	3	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4253_2(0)	<input type="checkbox"/>	25.00	25.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	130	105	<input checked="" type="checkbox"/>	6	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4253_3(0)	<input type="checkbox"/>	40.00	40.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	385	265	<input checked="" type="checkbox"/>	4	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4503_3(0)	<input type="checkbox"/>	40.00	40.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	245	255	<input type="checkbox"/>	9	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4611_3(0)	<input type="checkbox"/>	30.00	30.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	40	20	<input checked="" type="checkbox"/>	2	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4611_2(0)	<input type="checkbox"/>	30.00	30.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	190	175	<input type="checkbox"/>	5	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4611_3(0)	<input type="checkbox"/>	32.00	32.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	270	250	<input type="checkbox"/>	5	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6289_3(0)	<input type="checkbox"/>	40.00	40.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	70	70	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6289_2(0)	<input type="checkbox"/>	45.00	45.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	290	290	<input checked="" type="checkbox"/>	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6289_3(0)	<input type="checkbox"/>	43.00	43.00	<input type="checkbox"/>	65deg	17dbi	0Tm	2	65deg	17dbi	0Tm	2	<input checked="" type="checkbox"/>	390	390	<input checked="" type="checkbox"/>	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Legend: Reconfiguration (green), Tx added (blue), Tx removed (red)

Roll back to initial state Commit

Activar Anular Cancelar Aplicar

### 5.2.2. Fase 2: Con la colocación de una nueva estación enodoB

En esta fase de la optimización de la red móvil 4G LTE se propuso adicionar una nueva estación eNodoB en la zona de estudio para optimizar su cobertura en la zona. La propuesta fue efectuada luego de analizar los parámetros de los indicadores claves de desempeño y su incidencia en la cobertura de la red móvil LTE.

1. Se agregó la posición cartográfica de la nueva estación (site) enodoB denominada PROPUESTA\_AM0001, cuyas coordenadas cartográficas son:

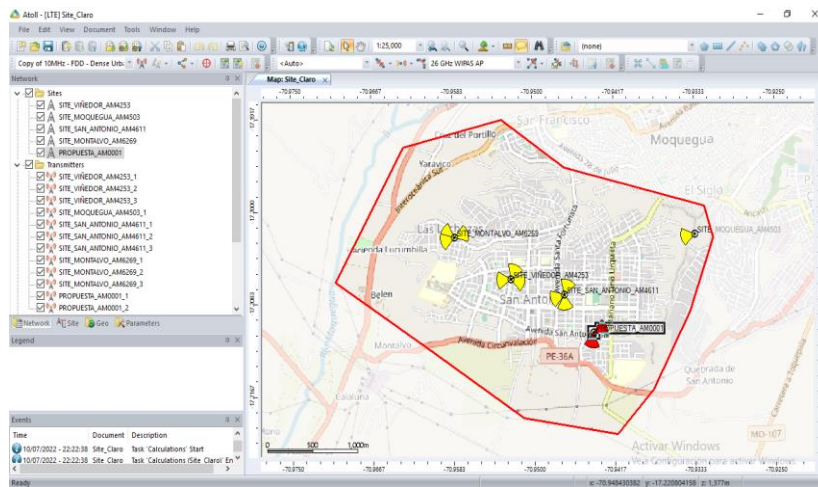
Longitud: -70,943791

Latitud: -17,211152

En la figura 98 se muestra la posición de la nueva estación base (site) que se encuentra de color rojo, así mismo esta estación base también contara con 02 sectores.

**Figura 98**

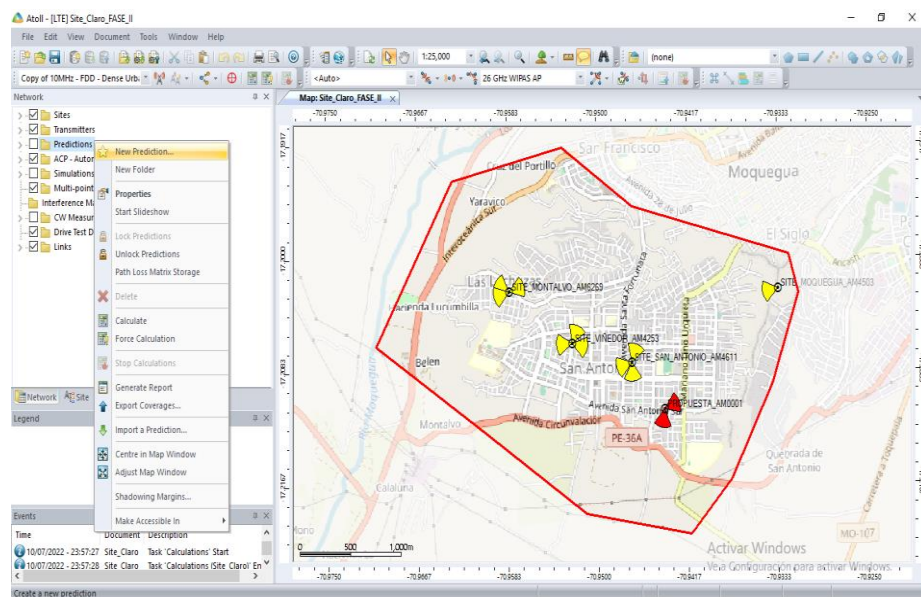
*Ubicación de la nueva estación AM\_0001*



2. Se realiza el cálculo de las nuevas predicciones con la nueva estación (site) propuesta AM\_0001: En la figura 99 se muestra la activación de la ventana de una nueva predicción automática.

**Figura 99**

*Activación de una ventana de predicción nueva*

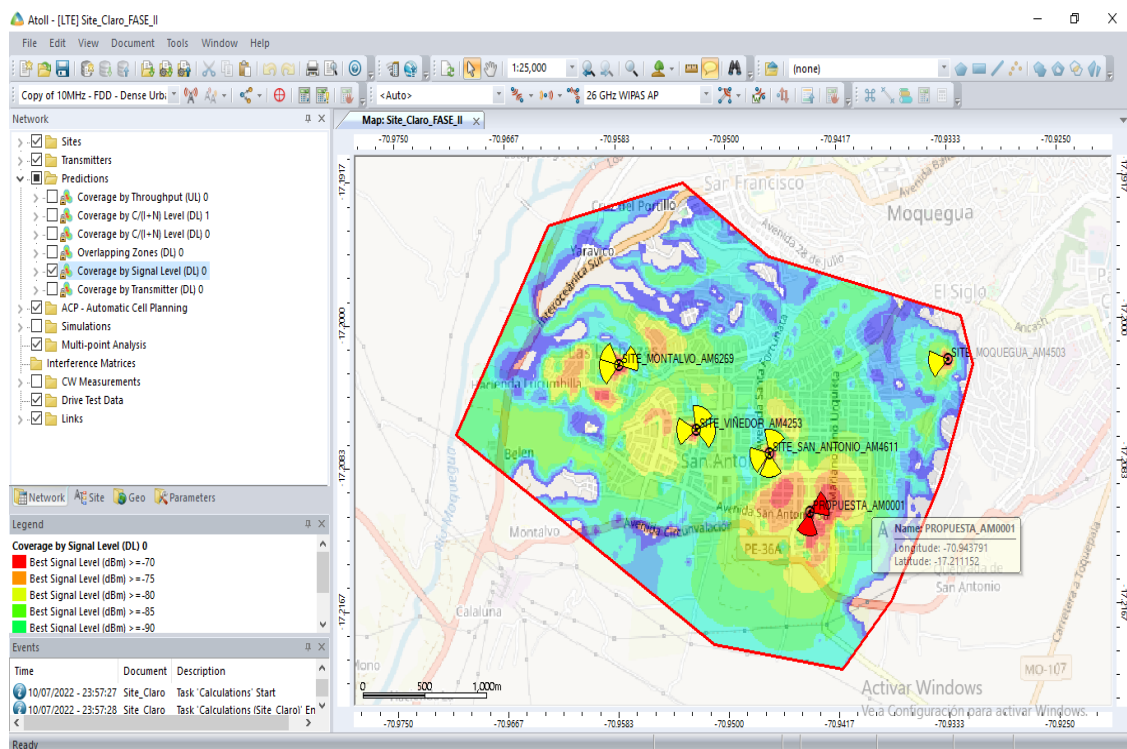




- Se seleccionó el tipo de predicción coverage by signal level (cobertura por nivel de la señal) en el down link. En la figura 100 se muestra el mapa de calor de la cobertura. El color rojo indica una cobertura para un nivel de señal entre [-70, -65] dBm; el color naranja indica una cobertura para un nivel de señal entre [-75, -70] dBm; el color amarillo indica una cobertura para un nivel de señal entre [-80, -75] dBm; el color verde indica una cobertura para un nivel de señal entre [-85, -80] dBm; el color verde claro indica una cobertura para un nivel de señal entre [-90, -85] dBm; y el color celeste indica una cobertura para un nivel de señal [-95, -90] dBm.

**Figura 100**

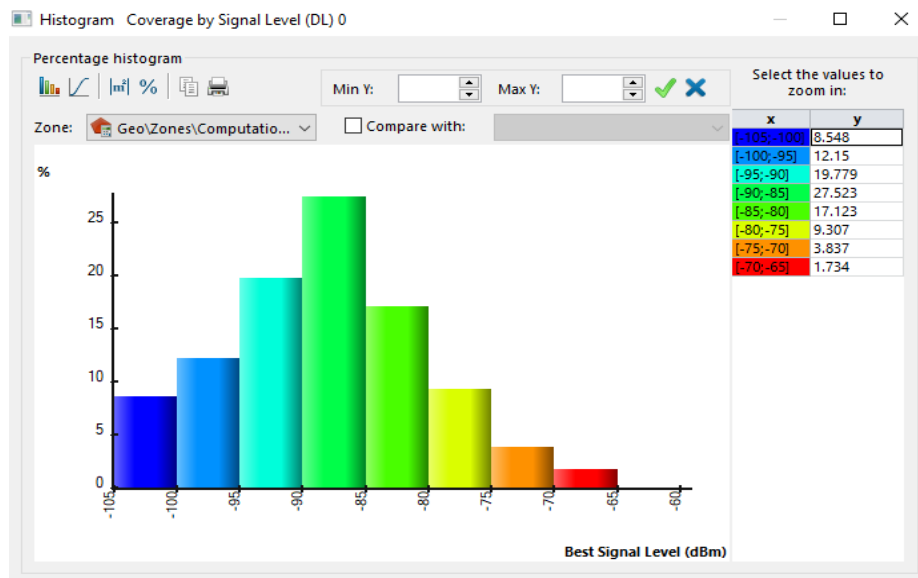
*Cobertura por nivel de señal en el down link*



En la siguiente figura 101, se muestra el histograma que representa la cobertura por nivel de señal en porcentaje y donde se observó que en el rango de nivel de la señal entre [-90, -85] dBm, se obtuvo un porcentaje del 27.523%, el más alto del histograma.

**Figura 101**

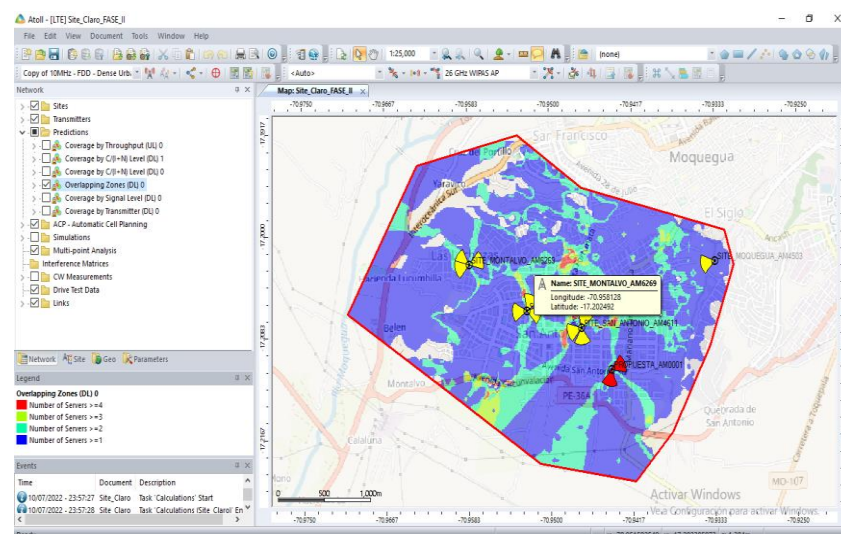
*Histograma de cobertura por nivel de señal*



4. Se seleccionó la predicción: zona de solapamiento (overlapping) en el down link 0. En la figura 102 se pudo apreciar las zonas de solapamiento: de color azul, existe la presencia de uno o más estaciones (sites); de color celeste, existe la presencia de dos o más estaciones; de color verde, existe la presencia de tres o más estaciones; y la zona de solapamiento más crítica de color rojo existe la presencia de cuatro o más estaciones.

**Figura 102**

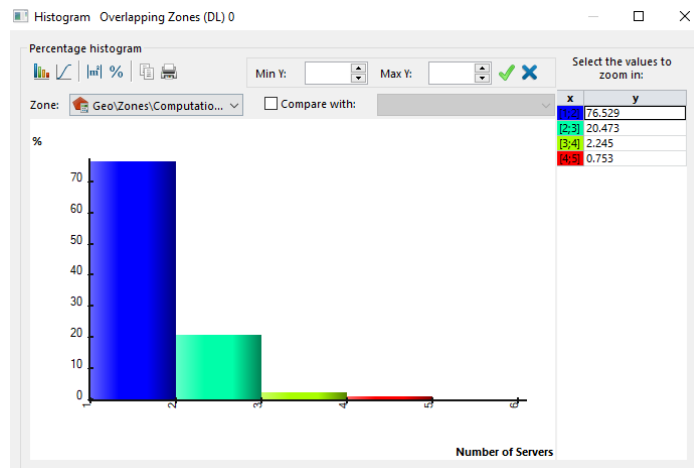
*Zonas de solapamiento (overlapping) DL 0*



La figura 103 muestra el histograma de las zonas de solapamiento DL 0 en porcentaje debido a la interacción de las estaciones (sites). Se pudo observar que el mayor solapamiento se produjo en la interacción de 1 a 2 estaciones (barra de color azul) con un porcentaje del 76.529%.

**Figura 103**

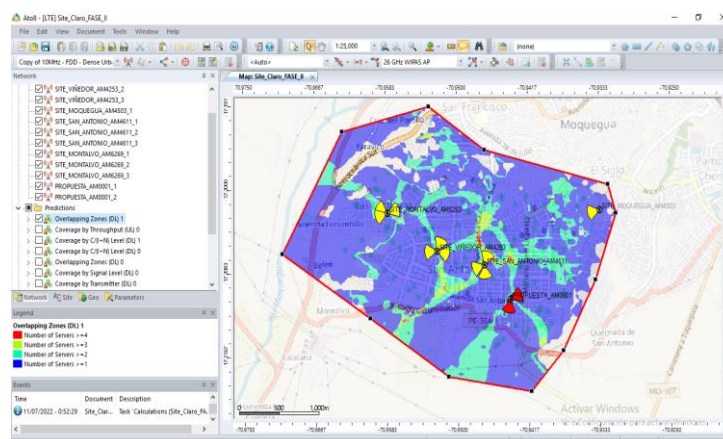
*Histograma de zonas de solapamiento (overlapping) DL 0*



- Se seleccionó la predicción “overlapping” (solapamiento) en el down link 1. La herramienta “predicción” nos permitió visualizar la interferencia entre las celdas vecinas, ver figura 104.

**Figura 104**

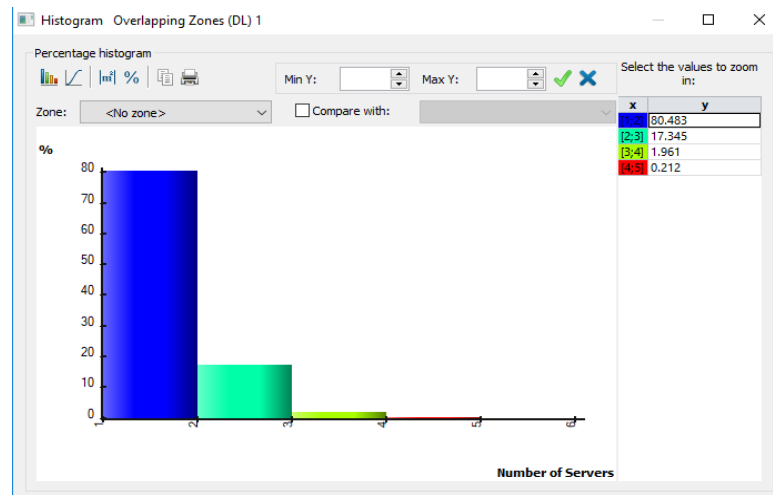
*Zona de solapamiento (overlapping) down link 1*



La figura 105 muestra el histograma de las zonas de solapamiento DL 0 en porcentaje debido a la interacción de las estaciones (sites). Se pudo observar que el mayor solapamiento se produjo en la interacción de 1 a 2 estaciones (barra de color azul) con un porcentaje del 80.483%.

**Figura 105**

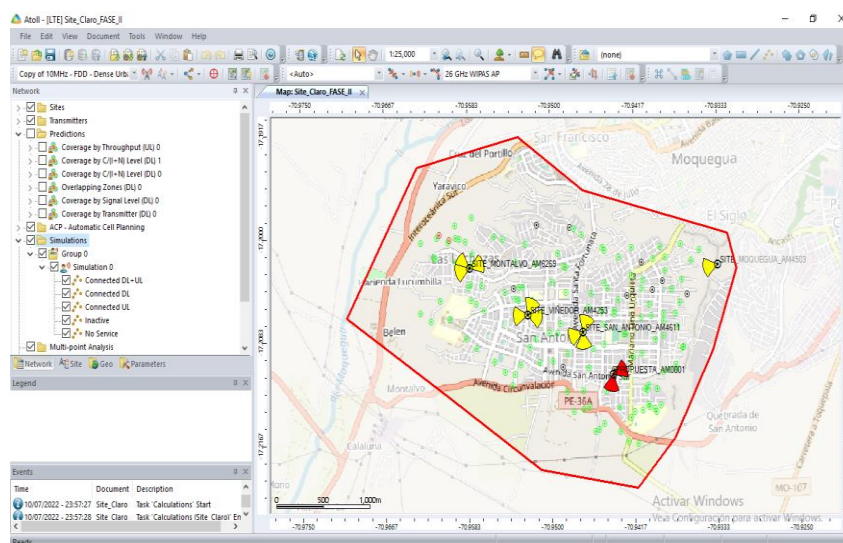
*Histograma de zonas de solapamiento (overlapping) DL 0*



- Se generó una nueva simulación con la nueva estación propuesta AM\_0001, ver figura 106.

**Figura 106**

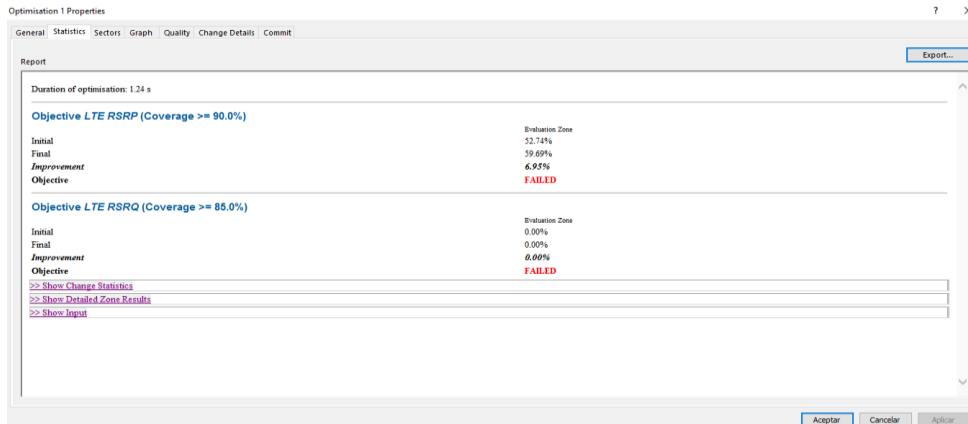
*Generación de una simulación con la nueva estación propuesta*



- Al momento de proceder a la optimización apareció el mensaje “FAILED” tanto para el objetivo LTE RSRP y LTE RSRQ respectivamente. Este mensaje apareció porque la estación a optimizar no se encuentra en servicio por ser una propuesta y el software ATOLL no lo detecta, ver figura 107.

**Figura 107**

*Mensaje que aparece durante la optimización de la estación propuesta*



7. Optimización del site propuesto. Se produjo una variación del azimut y tilt mecánico de las antenas de cada estación enodoB. En la figura 108 se observa la reconfiguración del azimut y tilt mecánico (resaltado de color verde), producto de la nueva predicción.

**Figura 108**

*Reconfiguración del azimut y tilt mecánico con la nueva estación propuesta*

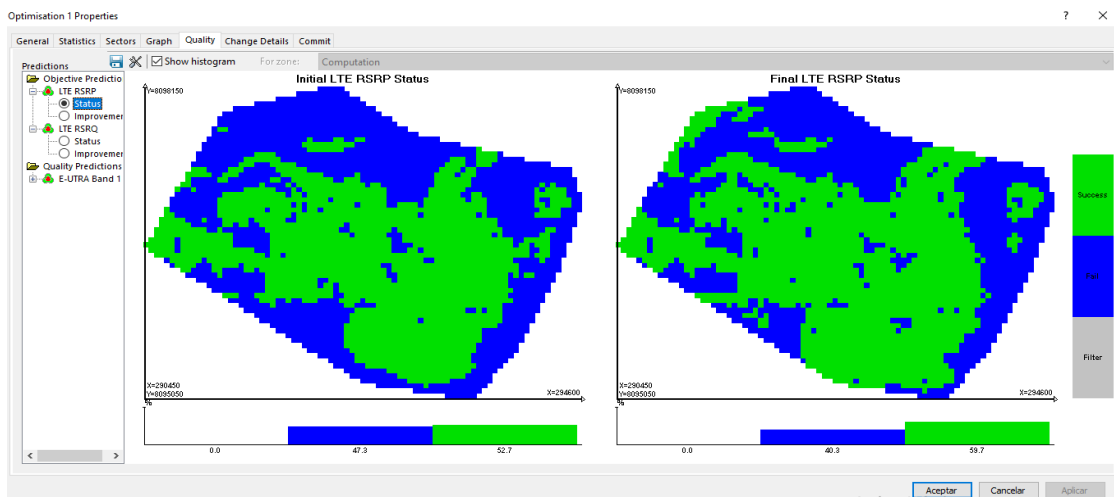
Cell/Tx Name	Use	Ant. Azim.	MTR	Antenna Pattern	Azimuth (°)		Mechanical Tilt (°)		LTE RSRP (%)		LTE RSRQ (%)		
					Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	
4253_100				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 25	25	0	4	88.06	97.91	0.00	0.00	0.00	0.00
4253_200				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 105	105	0	0	76.47	82.76	0.00	0.00	0.00	0.00
4253_300				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 205	205	3	3	73.15	79.83	0.00	0.00	0.00	0.00
4503_100				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 255	255	9	9	33.61	35.67	0.00	0.00	0.00	0.00
4611_100				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 305	5	5	5	88.64	93.81	0.00	0.00	0.00	0.00
4611_200				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 355	195	3	3	73.20	82.75	0.00	0.00	0.00	0.00
4611_300				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 250	250	5	5	60.94	69.83	0.00	0.00	0.00	0.00
6260_100				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 70	75	1	1	37.36	43.36	0.00	0.00	0.00	0.00
6260_200				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 250	240	5	5	55.33	58.88	0.00	0.00	0.00	0.00
6260_300				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 305	325	2	5	17.30	42.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Propuesta_100				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 85	75	-2	-2	56.94	61.31	0.00	0.00	0.00	0.00
Propuesta_200				65deg 17dbi OTR 2 65deg 17dbi OTR 2 190	170	3	1	69.80	75.40	0.00	0.00	0.00	0.00

8. Análisis de la predicción del status del objetivo LTE RSRP con la nueva estación (site) propuesta. Dentro de las propiedades de calidad del Atoll, se

evalúa la cobertura de la red móvil antes y después de realizado la nueva predicción automática. El color azul indica área sin cobertura y el color verde indica área con cobertura. Antes de la reconfiguración de los parámetros de la antena y del objetivo de predicción RSRP, el área sin cobertura era de 65.5% y del área con cobertura era 34.5%, con la nueva predicción automática el área sin cobertura se redujo a 53.2% y del área con cobertura se incrementó a 46.8%, produciéndose una mejora en la cobertura de la red móvil LTE en la zona de estudio, tal como se muestra en la figura 109.

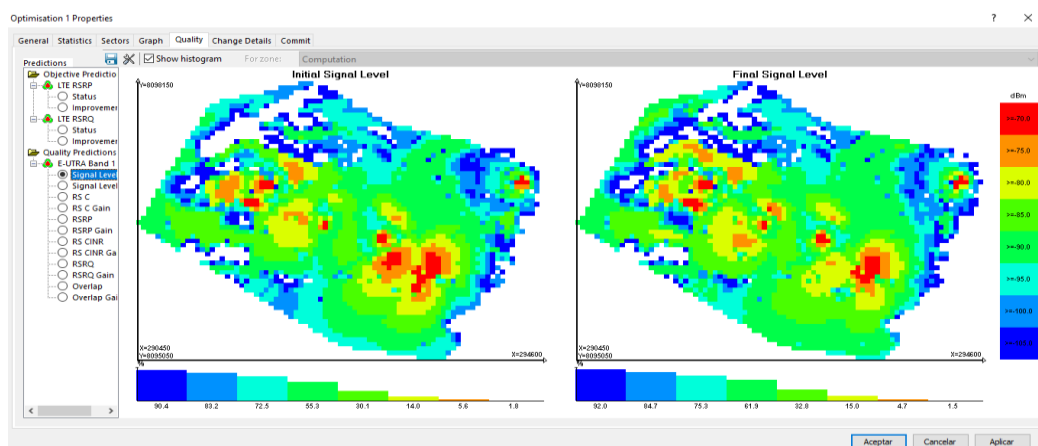
**Figura 109**

*Análisis de status del objetivo LTE RSRP con la nueva estación propuesta*



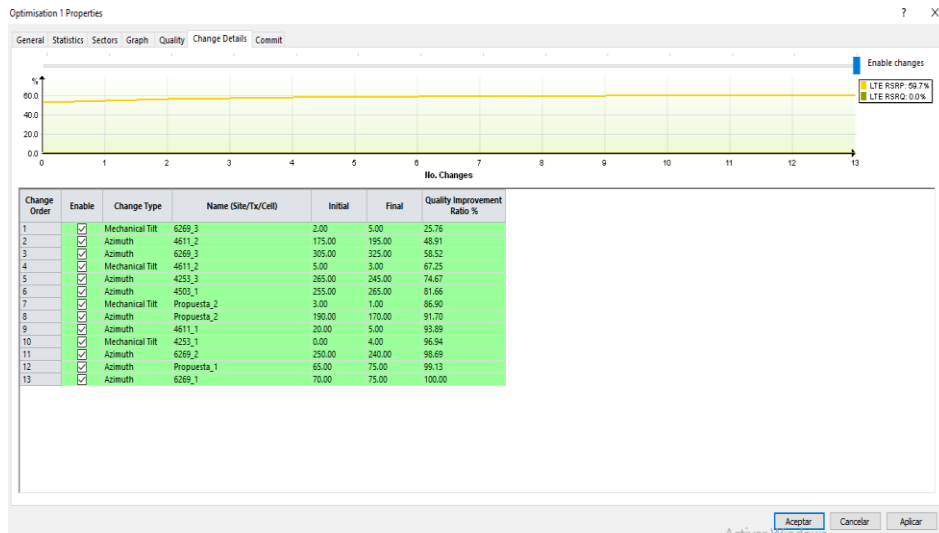
**Figura 110**

*Nivel de señal en la zona de estudio con la nueva Estación Propuesta*



**Figura 111**

*Cambios efectuados con la nueva estacion propuesta*

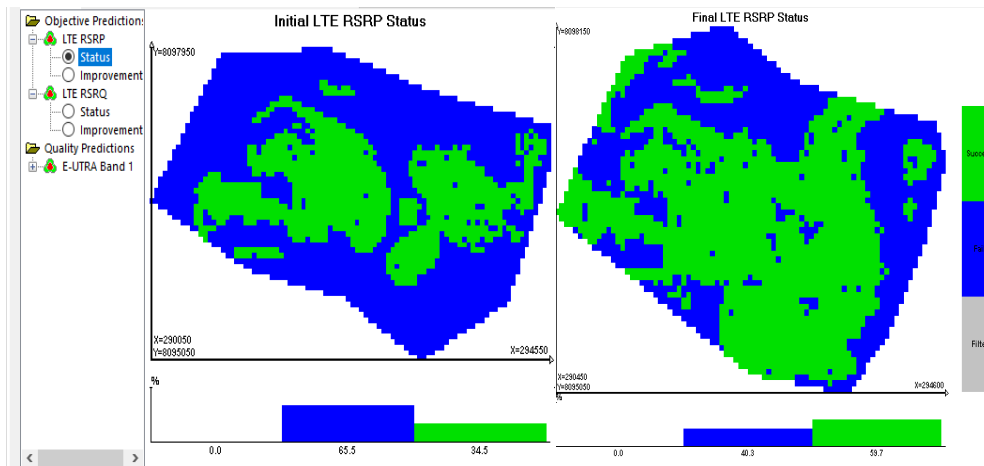


**5.2.3. Evaluación y comparativa de la cobertura luego de la optimización**

Se realizó un análisis de la predicción del status del objetivo LTE RSRP. Dentro de las propiedades de calidad del Atoll y se evaluó la cobertura de la red móvil antes y después de agregar la nueva estación base. El color azul indica área sin cobertura y el color verde indica área con cobertura. Antes de la reconfiguración de los parámetros de la antena y del objetivo de predicción RSRP, el área sin cobertura era de 65.5% y después de realizar la optimización en la zona se logró reducir hasta un 40% como se muestra la figura 112.

**Figura 112**

*Análisis del indicador RSRP con la nueva estación propuesta y optimizada*



## CONCLUSIONES

La optimización de la red fue desarrollada en dos fases; en la primera fase, se planificó y recopiló información del estado actual de los servicios de voz y datos en la zona de estudio con la herramienta G-NETTRACK; en la segunda fase, se comprobó y demostró la mejoría del rendimiento de los servicios de voz y datos de la red LTE con la herramienta ATOLL para dicha zona de estudio.

Las mediciones realizadas, nos permitió obtener los valores de RSRP (niveles de potencia), RSRQ (niveles de calidad) y el SINR (relación señal ruido). Del análisis pudimos determinar que la cobertura de la señal, la calidad de la señal recibida y la presencia de interferencia en la red móvil 4G LTE, ocasionaban problemas de operatividad y la presencia de zonas sin cobertura.

Al realizar un cuadro comparativo de los indicadores RSRP, RSRQ Y SINR, se obtuvo que los valores obtenidos en su mayoría se encuentran entre los rangos de regular a bajo. Al usar el software Atoll, pudimos observar que las simulaciones no cumplen con los estándares de calidad en los servicios de voz y datos.

Al realizar la optimización con el software Atoll, se consiguió mejorar la cobertura de la red 4G LTE en la zona de estudio, realizándose cambios como movimiento de azimut y movimiento de tilt en las antenas, así como también se añadió una estación base con ello se logra mejorar con eficiencia los servicios de voz y datos.



## RECOMENDACIONES

Esta tesis puede ser considerada como un estudio previo a la instalación de una red de acceso 5G, ya que se han considerado los aspectos técnicos más relevantes y los resultados de la optimización han validado la eficiencia de la red.

Para complementar esta investigación se recomienda realizar un estudio de la red de backhaul 4G-LTE con ello se permitirá determinar el tipo de equipamiento a utilizar en cada estación base del distrito de San Antonio provincia de Mariscal Nieto departamento de Moquegua.

La metodología empleada en esta tesis, también puede aplicar a optimizaciones de redes inalámbricas indoor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA (2019). Guía de Norma APA, 7ª Edición. Disponible en: <https://cutt.ly/9YEcpC3>

Barrantes y Sáenz (2019). *“Identificación de factores que afectan la calidad de servicio de la red móvil LTE en la ciudad de Otuzco- 2018, mediante una medición Drive-Test”*.

Chancasana (2015), *“Diseño de una red 4G-LTE indoor para el Centro Comercial Real Plaza Santa Clara”*

Chino (2018). *“Diseño de una red 4G LTE avanzado mejorando la densificación de red de acceso mediante despliegue heterogéneo de células para la ciudad de Juliaca”*.

Gómez (2013). *“Diseño de una red de cuarta generación LTE (Long Term Evolution) para obtener la actualización tecnológica de telefonía móvil e internet de la CNT E.P. provincia de Santa Elena, Ecuador”*

Puel (2017). *“Diseño de una red 4G-LTE outdoor de la empresa América Móvil Perú SAC para la provincia de Sechura”*

Rodríguez y Arias (2013). *“Simulación y Análisis de una Red LTE en Ambientes Urbanos de la ciudad de Managua”*

Salgado (2014). *“Estudio de viabilidad para llevar internet 4G LTE a zonas rurales de Colombia caso de estudio: Municipio de Zipaquirá”*

Distribución de las bandas de frecuencias del espectro electromagnético. Disponible en: <https://cutt.ly/cN0xnuh>

Arquitectura de una red LTE. Disponible en: <https://cutt.ly/HN0suOx>

Arquitectura EPC. Disponible en: <https://cutt.ly/zN0QRzh>

Comparación entre las redes de acceso E-UTRAN y UTRAN. Disponible en: <https://cutt.ly/ON0YPrX>

Elementos de un equipo de usuario. Disponible en: <https://cutt.ly/ON0YPrX>

Esquemas de inclinación de antena. Disponible en: <https://cutt.ly/rSx1cTF>

Diagrama de radiación horizontal en una antena de panel.

Disponible en: <https://cutt.ly/rSx1cTF>

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</b> ¿La optimización de la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, mejorará los servicios de voz y datos en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, en el año 2022?</p> <p><b>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</b> ¿En qué medida la realización de pruebas de campo radioeléctricas en la zona de estudio, permitirá identificar las zonas sin cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil?</p> <p>¿En qué medida el cálculo de los parámetros de una red móvil utilizando el método Drive Test, permitirá el análisis de la cobertura de la red móvil en la zona de estudio?</p> <p>¿En qué medida la propuesta de una alternativa de solución para la optimización de la red 4G LTE del operador América Móvil, permitirá la total cobertura de los servicios de voz y datos en la zona de estudio</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b> Optimizar la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, para la mejora de los servicios de voz y datos en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua, año 2022.</p> <p><b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> Identificar las zonas sin cobertura de la red de telefonía móvil del operador América Móvil en la zona de estudio, realizando pruebas de campo radioeléctricas. Calcular los parámetros de la red móvil 4G LTE utilizando el método de Drive Test, que permita analizar la cobertura de la red móvil en la zona de estudio. Proponer una alternativa de solución para la optimización de la red de telefonía móvil del operador América Móvil, que permita mejorar cobertura de los servicios de voz y datos en la zona de estudio.</p>	<p><b><u>DIMENSIÓN</u></b> Optimización de la cobertura de la red 4G LTE del operador América Móvil, en el distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RSRP</li> <li>- RSRQ</li> <li>- SNIR</li>   <li>- Nivel de señal</li> <li>- Cobertura de las estaciones base celular</li> </ul>	<p><b><u>Tipo de Investigación</u></b> El tipo de investigación es cuantitativa vamos a reportar datos usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística.</p> <p><b><u>Nivel de la Investigación</u></b> El nivel de investigación propuesto en el presente proyecto es del tipo aplicada porque vamos a utilizar fundamentos y teorías ya establecidas.</p>

**ANEXO 2: MEDICIONES OBTENIDAS CON EL DRIVE TEST DE LA RED 4G LTE  
EN EL DISTRITO DE SAN ANTONIO**

Longitud	Latitud	Nodo	Cell ID	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)	
-70.957695	-17.207542		214253	253	-87	-9	6
-70.95759	-17.207543		214253	253	-89	-11	11
-70.957526	-17.207449		214253	253	-89	-11	8
-70.957471	-17.207361		214253	253	-91	-13	8
-70.95741	-17.20726		214253	253	-91	-13	8
-70.957352	-17.207176		214253	253	-91	-15	7
-70.957282	-17.207084		214253	253	-89	-11	10
-70.957213	-17.207001		214253	253	-87	-15	10
-70.95716	-17.206891		214253	253	-85	-12	6
-70.957117	-17.206776		214253	253	-85	-12	6
-70.957083	-17.206669		214253	253	-81	-8	12
-70.957052	-17.206572		214253	253	-73	-11	15
-70.956919	-17.206577		214253	253	-75	-11	6
-70.956819	-17.206605		214253	253	-71	-11	6
-70.95639	-17.206678		214253	253	-65	-8	6
-70.956279	-17.206689		214253	253	-65	-8	6
-70.95617	-17.206701		214253	253	-75	-11	12
-70.956053	-17.206722		214253	253	-75	-9	12
-70.955937	-17.206749		214253	253	-75	-7	9
-70.955792	-17.206775		214253	253	-77	-12	8
-70.955609	-17.206795		214253	253	-79	-8	15
-70.955516	-17.206809		214253	253	-81	-8	15
-70.955359	-17.206846		214253	253	-79	-9	9
-70.955264	-17.20686		214253	253	-83	-11	7
-70.955159	-17.206877		214253	253	-81	-8	12
-70.95504	-17.206817		214253	253	-83	-10	6
-70.955006	-17.206698		214253	253	-79	-5	10
-70.954993	-17.206525		214253	253	-63	-10	12
-70.954982	-17.206363		214253	253	-67	-11	10
-70.954967	-17.206229		214253	253	-71	-8	9
-70.954957	-17.2061		214253	253	-61	-8	9
-70.954959	-17.205985		214253	253	-67	-8	9

-70.954966	-17.205872	214253	253	-75	-10	8
-70.95498	-17.20577	214253	253	-83	-9	10
-70.954996	-17.20565	214253	253	-81	-10	12
-70.954919	-17.205562	214253	253	-87	-9	11
-70.954821	-17.205558	214253	253	-83	-12	9
-70.954708	-17.205553	214253	253	-83	-8	8
-70.954598	-17.205551	214253	253	-75	-9	7
-70.954502	-17.20555	214253	253	-87	-9	7
-70.954402	-17.205536	214253	253	-81	-9	13
-70.954305	-17.205531	214253	253	-83	-9	12
-70.954169	-17.205518	214253	253	-83	-9	12
-70.954063	-17.205504	214253	253	-77	-9	11
-70.953948	-17.205494	214253	253	-75	-10	12
-70.953837	-17.205484	214253	253	-71	-8	11
-70.953733	-17.20548	214253	253	-75	-8	15
-70.953626	-17.20547	214253	253	-77	-10	12
-70.953522	-17.205459	214253	253	-75	-10	13
-70.953425	-17.20545	214253	253	-75	-14	9
-70.953292	-17.205432	214253	253	-81	-10	15
-70.95317	-17.205418	214253	253	-75	-12	14
-70.953065	-17.205402	214253	253	-73	-10	15
-70.952962	-17.205395	214253	253	-75	-10	11
-70.95286	-17.205389	214253	253	-73	-16	6
-70.95286	-17.205389	214253	251	-73	-12	6
-70.95276	-17.20538	214253	251	-69	-12	6
-70.952662	-17.205373	214253	251	-65	-8	8
-70.952541	-17.205364	214253	251	-55	-6	11
-70.952431	-17.205411	214253	251	-51	-11	12
-70.952425	-17.205535	214253	251	-51	-10	15
-70.952416	-17.205656	214253	251	-51	-9	15
-70.952405	-17.20579	214253	251	-51	-6	15
-70.952404	-17.205884	214253	251	-51	-5	15
-70.952405	-17.205979	214253	251	-61	-7	11
-70.952405	-17.206071	214253	251	-55	-7	9
-70.952405	-17.206195	214253	251	-57	-10	12
-70.952413	-17.20632	214253	251	-61	-8	11
-70.952413	-17.20632	214253	253	-61	-9	6

-70.952422	-17.20644	214253	253	-63	-10	10
-70.952422	-17.20644	214253	252	-67	-9	6
-70.952438	-17.206552	214253	252	-67	-9	6
-70.952438	-17.206552	214253	253	-63	-9	6
-70.952451	-17.206662	214253	253	-67	-11	11
-70.952466	-17.206777	214253	253	-67	-12	10
-70.952475	-17.206868	214253	253	-63	-10	9
-70.952488	-17.206958	214253	253	-65	-11	14
-70.952495	-17.207068	214253	253	-67	-11	12
-70.952529	-17.207159	214253	253	-69	-12	10
-70.952529	-17.207159	214253	251	-69	-7	6
-70.952529	-17.207159	214253	253	-67	-12	11
-70.952531	-17.207265	214253	253	-67	-12	11
-70.952478	-17.207339	214253	253	-65	-13	11
-70.952386	-17.207372	214253	253	-75	-10	12
-70.952386	-17.207372	214253	252	-81	-9	6
-70.952276	-17.20741	214253	252	-75	-9	6
-70.952165	-17.207446	214253	252	-71	-7	10
-70.952068	-17.207465	214253	252	-73	-8	10
-70.952009	-17.207359	214253	252	-67	-7	12
-70.951985	-17.207228	214253	252	-65	-5	11
-70.951964	-17.2071	214253	252	-65	-7	10
-70.951947	-17.206969	214253	252	-63	-6	6
-70.951936	-17.206878	214253	252	-63	-6	6
-70.951927	-17.206784	214253	252	-51	-5	12
-70.95192	-17.206689	214253	252	-51	-5	12
-70.951913	-17.206595	214253	252	-55	-5	12
-70.951905	-17.206457	214253	252	-61	-6	14
-70.9519	-17.20633	214253	252	-55	-6	9
-70.951897	-17.206209	214253	252	-63	-8	14
-70.951897	-17.206209	214253	251	-63	-10	6
-70.951896	-17.206085	214253	251	-63	-10	6
-70.951893	-17.205971	214253	251	-63	-10	12
-70.951898	-17.205864	214253	251	-69	-9	8
-70.951826	-17.20579	214253	251	-61	-6	14
-70.951689	-17.205798	214253	251	-65	-7	15
-70.951594	-17.205805	214253	251	-65	-8	11

-70.951466	-17.205806	214253	251	-65	-7	12
-70.951345	-17.205807	214253	251	-65	-10	6
-70.951224	-17.205808	214253	251	-73	-8	8
-70.951125	-17.205755	214253	251	-79	-9	12
-70.9511	-17.205633	214253	251	-69	-10	14
-70.951106	-17.205503	214253	251	-79	-10	10
-70.9511	-17.205401	214253	251	-85	-10	11
-70.951054	-17.205308	214253	251	-87	-11	11
-70.95093	-17.205289	214253	251	-79	-14	7
-70.950396	-17.203157	214253	251	-89	-7	11
-70.950434	-17.203074	214253	251	-89	-7	11
-70.950563	-17.203054	214253	251	-87	-7	11
-70.950658	-17.203064	214253	251	-85	-7	11
-70.952772	-17.203064	214253	251	-75	-7	15
-70.952871	-17.203057	214253	251	-87	-7	15
-70.953008	-17.203062	214253	251	-77	-8	8
-70.953111	-17.203054	214253	251	-73	-7	9
-70.953159	-17.202952	214253	251	-85	-8	15
-70.953162	-17.202824	214253	251	-89	-9	12
-70.953169	-17.202728	214253	251	-91	-9	11
-70.953185	-17.202638	214253	251	-89	-9	14
-70.953185	-17.202638	214253	251	-89	-14	6
-70.953283	-17.202582	214253	251	-89	-14	6
-70.953418	-17.202592	214253	251	-97	-13	11
-70.953528	-17.202602	214253	251	-85	-15	6
-70.957625	-17.206364	214503	233	-99	-12	12
-70.957722	-17.206403	214503	233	-98	-13	14
-70.958039	-17.206838	214503	233	-94	-13	6
-70.958039	-17.206838	214503	233	-94	-13	6
-70.953185	-17.202638	214503	253	-86	-12	6
-70.953528	-17.202602	214503	253	-83	-14	6
-70.953625	-17.2026	214503	253	-83	-14	6
-70.953722	-17.202614	214503	253	-87	-15	11
-70.95385	-17.202632	214503	253	-84	-12	12
-70.953972	-17.202648	214503	253	-84	-12	12
-70.95407	-17.202679	214503	253	-82	-14	8
-70.953948	-17.203749	214503	203	-97	-18	10



-70.954161	-17.204189	214503	203	-93	-13	11
-70.954302	-17.204181	214503	203	-97	-12	14
-70.954438	-17.204208	214503	203	-99	-14	12
-70.954533	-17.204253	214503	203	-98	-13	9
-70.948038	-17.204515	214503	203	-85	-12	10
-70.947926	-17.20448	214503	203	-85	-12	10
-70.947823	-17.204483	214503	203	-85	-12	10
-70.947823	-17.204483	214503	233	-90	-13	10
-70.947709	-17.20449	214503	233	-90	-13	10
-70.947551	-17.204267	214503	233	-79	-12	6
-70.947553	-17.204146	214503	233	-79	-12	6
-70.947557	-17.204036	214503	233	-88	-13	11
-70.94756	-17.203726	214503	233	-85	-12	12
-70.947565	-17.203621	214503	233	-85	-12	12
-70.947566	-17.203518	214503	233	-89	-13	10
-70.948054	-17.202561	214503	233	-92	-12	6
-70.948181	-17.202619	214503	233	-92	-12	6
-70.949214	-17.203038	214503	233	-95	-18	6
-70.9493	-17.203074	214503	233	-95	-18	6
-70.949418	-17.203127	214503	233	-92	-16	7
-70.950173	-17.203513	214503	233	-93	-12	6
-70.950308	-17.203569	214503	233	-93	-12	6
-70.950413	-17.203622	214503	233	-94	-13	6
-70.950512	-17.203673	214503	233	-96	-13	14
-70.950879	-17.203712	214503	233	-94	-16	12
-70.950985	-17.203721	214503	233	-94	-16	12
-70.951088	-17.203721	214503	233	-90	-13	13
-70.951189	-17.203719	214503	233	-87	-12	12
-70.951327	-17.203719	214503	233	-97	-13	10
-70.951455	-17.203719	214503	233	-88	-12	6
-70.951343	-17.203749	214503	233	-88	-12	6
-70.951234	-17.203739	214503	233	-88	-12	6
-70.9511	-17.203731	214503	233	-85	-12	14
-70.950996	-17.203729	214503	233	-87	-13	15
-70.950899	-17.203725	214503	233	-85	-12	9
-70.950671	-17.203701	214503	233	-89	-14	6
-70.950563	-17.203667	214503	233	-89	-14	6

-70.950472	-17.203592	214503	233	-100	-16	7
-70.950431	-17.203476	214503	233	-100	-16	7
-70.950377	-17.203252	214503	233	-93	-9	12
-70.950379	-17.203138	214503	233	-93	-9	12
-70.950397	-17.203023	214503	233	-96	-14	10
-70.9504	-17.202922	214503	233	-109	-14	6
-70.950395	-17.202831	214503	233	-108	-14	12
-70.950393	-17.2027	214503	233	-109	-19	6
-70.948798	-17.201875	214503	233	-101	-14	6
-70.948669	-17.201849	214503	233	-101	-14	6
-70.948549	-17.201825	214503	233	-98	-12	14
-70.94842	-17.201803	214503	233	-95	-13	8
-70.948323	-17.201782	214503	233	-97	-10	12
-70.948227	-17.20176	214503	233	-94	-10	12
-70.948129	-17.201738	214503	233	-96	-13	10
-70.948022	-17.201715	214503	233	-92	-11	12
-70.947902	-17.20169	214503	233	-102	-13	12
-70.947799	-17.20167	214503	233	-102	-13	6
-70.947684	-17.201646	214503	233	-101	-15	9
-70.947572	-17.201622	214503	233	-105	-15	11
-70.947461	-17.201598	214503	233	-101	-15	9
-70.947122	-17.201522	214503	233	-97	-14	6
-70.947019	-17.2015	214503	233	-97	-14	6
-70.946918	-17.201473	214503	233	-96	-12	13
-70.946826	-17.201446	214503	233	-99	-13	12
-70.946727	-17.201446	214503	233	-101	-13	11
-70.947397	-17.203323	214503	233	-88	-13	6
-70.947266	-17.203317	214503	233	-88	-13	6
-70.947155	-17.203306	214503	233	-87	-12	9
-70.946949	-17.203316	214503	233	-85	-15	6
-70.946841	-17.203319	214503	233	-85	-15	6
-70.946737	-17.203321	214503	233	-90	-15	15
-70.946638	-17.203327	214503	233	-87	-12	13
-70.946542	-17.203333	214503	233	-87	-12	9
-70.946443	-17.203333	214503	233	-97	-14	11
-70.946337	-17.203333	214503	233	-95	-16	11
-70.946236	-17.203336	214503	233	-94	-13	11

-70.946125	-17.203338	214503	233	-97	-12	15
-70.946016	-17.203338	214503	233	-102	-16	11
-70.945925	-17.203312	214503	233	-101	-16	9
-70.94552	-17.203167	214503	233	-92	-10	14
-70.945421	-17.20312	214503	233	-92	-10	14
-70.945328	-17.203056	214503	233	-94	-13	14
-70.945256	-17.202991	214503	233	-95	-13	11
-70.945054	-17.203064	214503	233	-90	-12	6
-70.945002	-17.203187	214503	233	-90	-12	6
-70.94497	-17.203298	214503	233	-100	-11	8
-70.944928	-17.203413	214503	233	-90	-10	10
-70.944888	-17.203511	214503	233	-101	-12	6
-70.944841	-17.203625	214503	233	-106	-14	12
-70.944791	-17.203743	214503	233	-106	-15	9
-70.94474	-17.203861	214503	233	-95	-11	11
-70.944774	-17.203974	214503	233	-96	-12	14
-70.944802	-17.204096	214503	233	-88	-10	12
-70.944751	-17.204175	214503	233	-93	-13	11
-70.94462	-17.204182	214503	233	-91	-12	9
-70.944481	-17.204185	214503	233	-95	-14	14
-70.94435	-17.204187	214503	233	-92	-15	15
-70.94424	-17.204193	214503	233	-84	-12	12
-70.944136	-17.204199	214503	233	-86	-11	12
-70.944031	-17.204204	214503	233	-83	-9	15
-70.943919	-17.204205	214503	233	-88	-10	12
-70.943812	-17.204207	214503	233	-82	-10	15
-70.943685	-17.204206	214503	233	-89	-10	15
-70.943583	-17.204192	214503	233	-97	-13	12
-70.943479	-17.204143	214503	233	-98	-13	11
-70.9434	-17.204091	214503	233	-94	-10	15
-70.943311	-17.204039	214503	233	-93	-11	10
-70.943228	-17.203982	214503	233	-93	-11	15
-70.943128	-17.203917	214503	233	-99	-12	15
-70.943032	-17.203836	214503	233	-100	-12	15
-70.94294	-17.203755	214503	233	-98	-11	12
-70.942859	-17.203673	214503	233	-98	-11	10
-70.942778	-17.20359	214503	233	-96	-12	14

-70.942698	-17.203512	214503	233	-95	-11	14
-70.942618	-17.203439	214503	233	-95	-13	15
-70.942535	-17.203365	214503	233	-95	-13	15
-70.942453	-17.203288	214503	233	-97	-13	12
-70.942363	-17.203215	214503	233	-101	-13	10
-70.942274	-17.203149	214503	233	-106	-17	9
-70.94219	-17.203087	214503	233	-95	-13	11
-70.942101	-17.203036	214503	233	-90	-12	6
-70.941992	-17.202975	214503	233	-90	-12	6
-70.941889	-17.202991	214503	233	-89	-9	10
-70.941847	-17.203082	214503	233	-88	-11	15
-70.941844	-17.203193	214503	233	-93	-11	10
-70.941858	-17.203296	214503	233	-88	-10	15
-70.941873	-17.203408	214503	233	-89	-11	12
-70.941884	-17.203532	214503	233	-94	-13	15
-70.941891	-17.203654	214503	233	-83	-12	12
-70.941895	-17.203777	214503	233	-85	-13	15
-70.941903	-17.203896	214503	233	-80	-10	14
-70.941907	-17.204013	214503	233	-97	-10	10
-70.941908	-17.204129	214503	233	-93	-11	11
-70.941912	-17.204242	214503	233	-92	-12	9
-70.941913	-17.204338	214503	233	-95	-12	10
-70.941926	-17.204453	214503	233	-81	-9	10
-70.941934	-17.204555	214503	233	-87	-12	10
-70.941935	-17.204646	214503	233	-90	-14	12
-70.941932	-17.204767	214503	233	-81	-11	15
-70.941933	-17.204892	214503	233	-79	-10	15
-70.941934	-17.204994	214503	233	-97	-13	8
-70.941937	-17.205103	214503	233	-94	-12	10
-70.941942	-17.205208	214503	233	-95	-14	11
-70.941947	-17.205321	214503	233	-91	-11	11
-70.941952	-17.205437	214503	233	-98	-13	8
-70.941955	-17.205553	214503	233	-86	-11	15
-70.941957	-17.205662	214503	233	-91	-13	11
-70.941966	-17.205875	214503	233	-73	-12	12
-70.941967	-17.20598	214503	233	-73	-12	12
-70.941967	-17.206076	214503	233	-76	-12	11

-70.94197	-17.206174	214503	233	-75	-11	9
-70.941974	-17.206268	214503	233	-79	-11	10
-70.941979	-17.206367	214503	233	-80	-10	10
-70.941985	-17.206477	214503	233	-80	-9	10
-70.941986	-17.206597	214503	233	-74	-11	9
-70.941987	-17.206713	214503	233	-74	-10	10
-70.941989	-17.206839	214503	233	-74	-10	15
-70.941991	-17.206973	214503	233	-88	-12	12
-70.941994	-17.207105	214503	233	-95	-13	11
-70.942	-17.20724	214503	233	-93	-11	10
-70.942007	-17.20737	214503	233	-94	-12	15
-70.942014	-17.207495	214503	233	-95	-12	11
-70.942021	-17.20762	214503	233	-82	-10	11
-70.942029	-17.207742	214503	233	-95	-12	10
-70.942032	-17.207864	214503	233	-95	-12	10
-70.942037	-17.207974	214503	233	-90	-12	6
-70.942037	-17.207974	214503	233	-90	-12	6
-70.94204	-17.208081	214503	233	-90	-12	6
-70.942045	-17.208193	214503	233	-85	-10	14
-70.94205	-17.208302	214503	233	-84	-13	15
-70.942085	-17.209725	214503	233	-97	-12	6
-70.942082	-17.209859	214503	233	-97	-12	6
-70.942085	-17.209993	214503	233	-97	-12	6
-70.942082	-17.210139	214503	233	-97	-12	6
-70.942088	-17.210287	214503	233	-97	-12	6
-70.942095	-17.21043	214503	233	-97	-12	6
-70.942095	-17.21043	214503	233	-96	-12	12
-70.942106	-17.210573	214503	233	-96	-12	12
-70.94211	-17.210716	214503	233	-90	-12	9
-70.942118	-17.210848	214503	233	-94	-10	10
-70.942125	-17.210966	214503	233	-97	-12	11
-70.942132	-17.211074	214503	233	-100	-13	12
-70.942134	-17.211168	214503	233	-85	-11	11
-70.942143	-17.211289	214503	233	-102	-13	15
-70.942722	-17.211305	214503	233	-99	-16	6
-70.942859	-17.211299	214503	233	-99	-16	6
-70.942999	-17.211296	214503	233	-92	-11	11

-70.942999	-17.211296	214503	233	-99	-15	10
-70.943145	-17.211293	214503	233	-99	-15	10
-70.943294	-17.211291	214503	233	-99	-13	9
-70.943453	-17.211288	214503	233	-105	-15	14
-70.943592	-17.21128	214503	233	-105	-14	14
-70.944984	-17.210771	214503	233	-92	-11	6
-70.94512	-17.210778	214503	233	-92	-11	6
-70.945215	-17.210774	214503	233	-92	-11	6
-70.94534	-17.210781	214503	233	-92	-11	6
-70.946789	-17.210659	214503	233	-89	-14	12
-70.94678	-17.210547	214503	233	-89	-14	12
-70.946774	-17.210447	214503	233	-89	-14	12
-70.946769	-17.210334	214503	233	-89	-14	12
-70.946801	-17.210245	214503	233	-90	-12	11
-70.946781	-17.210131	214503	233	-90	-12	11
-70.946768	-17.210015	214503	233	-90	-12	11
-70.946772	-17.208837	214503	233	-103	-15	11
-70.946888	-17.20883	214503	233	-103	-15	11
-70.946998	-17.208823	214503	233	-102	-13	10
-70.947093	-17.208822	214503	233	-99	-14	11
-70.947211	-17.208814	214503	233	-102	-14	13
-70.947324	-17.208807	214503	233	-104	-16	9
-70.947418	-17.208802	214503	233	-101	-13	6
-70.947513	-17.208808	214503	233	-104	-15	10
-70.944802	-17.207181	214503	233	-90	-14	6
-70.944815	-17.207279	214503	233	-90	-14	6
-70.944782	-17.207113	214503	233	-91	-13	10
-70.944729	-17.207248	214503	233	-91	-13	10
-70.94955	-17.210406	214611	92	-97	-12	10
-70.949545	-17.210264	214611	92	-97	-12	10
-70.949541	-17.210125	214611	92	-97	-12	10
-70.949541	-17.210125	214611	93	-91	-10	10
-70.949536	-17.209996	214611	93	-91	-10	10
-70.94953	-17.209879	214611	93	-91	-10	10
-70.949525	-17.209772	214611	93	-91	-10	10
-70.949516	-17.209668	214611	93	-91	-10	10
-70.949571	-17.209554	214611	93	-91	-10	10

-70.949676	-17.209548	214611	93	-94	-11	15
-70.949795	-17.209544	214611	93	-94	-11	15
-70.949927	-17.209539	214611	93	-94	-11	15
-70.950062	-17.209537	214611	93	-94	-11	15
-70.9502	-17.209534	214611	93	-94	-11	15
-70.950339	-17.209531	214611	93	-88	-8	15
-70.950464	-17.20953	214611	93	-88	-8	15
-70.950591	-17.209533	214611	93	-88	-8	15
-70.950693	-17.209466	214611	93	-86	-7	15
-70.950693	-17.209369	214611	93	-86	-7	15
-70.950687	-17.209256	214611	93	-86	-7	15
-70.950684	-17.209148	214611	93	-86	-7	15
-70.950683	-17.209048	214611	93	-86	-7	15
-70.95068	-17.208926	214611	93	-84	-9	15
-70.950675	-17.208822	214611	93	-84	-9	15
-70.950672	-17.208701	214611	93	-84	-9	15
-70.95067	-17.208606	214611	93	-82	-9	15
-70.950666	-17.208503	214611	93	-82	-9	15
-70.950662	-17.208379	214611	93	-82	-9	15
-70.950658	-17.208246	214611	93	-82	-9	15
-70.950654	-17.208111	214611	93	-82	-9	15
-70.950652	-17.207987	214611	93	-89	-11	15
-70.95065	-17.207872	214611	93	-89	-11	15
-70.950647	-17.207768	214611	93	-89	-11	15
-70.950653	-17.207646	214611	93	-89	-11	15
-70.950656	-17.207547	214611	93	-76	-8	15
-70.950649	-17.207427	214611	93	-76	-8	15
-70.950636	-17.207293	214611	93	-76	-8	15
-70.95064	-17.207162	214611	93	-92	-9	15
-70.95064	-17.207027	214611	93	-85	-10	15
-70.95064	-17.206899	214611	93	-82	-9	15
-70.950636	-17.206772	214611	93	-74	-10	15
-70.950634	-17.206638	214611	93	-75	-10	15
-70.950629	-17.206539	214611	93	-82	-9	15
-70.950626	-17.206442	214611	93	-88	-9	15
-70.950621	-17.206344	214611	93	-94	-8	15
-70.950614	-17.206208	214611	93	-95	-9	15

-70.95061	-17.206112	214611	93	-91	-11	14
-70.950606	-17.206012	214611	93	-91	-9	15
-70.950602	-17.205912	214611	93	-96	-10	15
-70.950598	-17.205813	214611	93	-95	-10	15
-70.950597	-17.205712	214611	93	-92	-11	15
-70.950594	-17.205616	214611	93	-89	-11	15
-70.950592	-17.205489	214611	93	-97	-11	14
-70.95059	-17.205389	214611	93	-98	-12	14
-70.950643	-17.205303	214611	93	-98	-11	14
-70.950763	-17.205274	214611	93	-91	-10	15
-70.950864	-17.205279	214611	93	-96	-11	14
-70.950969	-17.205283	214611	93	-94	-11	15
-70.951074	-17.205284	214611	93	-94	-10	15
-70.951178	-17.205287	214611	93	-92	-11	15
-70.951283	-17.205291	214611	93	-89	-9	14
-70.951389	-17.205296	214611	93	-91	-9	15
-70.951501	-17.205302	214611	93	-89	-9	15
-70.951615	-17.205307	214611	93	-92	-9	15
-70.951737	-17.205314	214611	93	-93	-10	14
-70.951864	-17.205321	214611	93	-91	-9	15
-70.951983	-17.205325	214611	93	-90	-9	15
-70.952108	-17.205329	214611	93	-85	-7	15
-70.952224	-17.205335	214611	93	-94	-11	15
-70.952325	-17.205337	214611	93	-94	-9	14
-70.952433	-17.205355	214611	93	-93	-9	14
-70.952482	-17.205466	214611	93	-94	-9	14
-70.952479	-17.20556	214611	93	-97	-10	14
-70.952462	-17.205668	214611	93	-94	-11	15
-70.952455	-17.205767	214611	93	-93	-9	15
-70.952448	-17.205864	214611	93	-91	-8	15
-70.952445	-17.205959	214611	93	-92	-10	15
-70.952443	-17.206053	214611	93	-89	-9	15
-70.952434	-17.206149	214611	93	-84	-9	15
-70.952434	-17.206247	214611	93	-91	-10	15
-70.952439	-17.20634	214611	93	-95	-11	15
-70.952449	-17.206473	214611	93	-92	-9	15
-70.952462	-17.206603	214611	93	-97	-10	15



-70.952476	-17.20674	214611	93	-100	-11	15
-70.952486	-17.206834	214611	93	-96	-10	15
-70.952498	-17.206933	214611	93	-93	-10	15
-70.952509	-17.20706	214611	93	-97	-10	15
-70.952546	-17.207179	214611	93	-99	-10	15
-70.95257	-17.20731	214611	93	-101	-10	15
-70.952601	-17.207437	214611	93	-95	-9	15
-70.952623	-17.207532	214611	93	-102	-10	15
-70.952644	-17.207628	214611	93	-101	-11	15
-70.952671	-17.207722	214611	93	-98	-10	15
-70.952704	-17.207812	214611	93	-97	-9	15
-70.952738	-17.207905	214611	93	-90	-9	15
-70.952773	-17.207998	214611	93	-89	-9	15
-70.952806	-17.208089	214611	93	-90	-8	15
-70.952851	-17.208199	214611	93	-92	-7	15
-70.952907	-17.208277	214611	93	-89	-9	15
-70.95301	-17.208233	214611	93	-95	-11	15
-70.953108	-17.208191	214611	93	-98	-9	15
-70.953214	-17.208156	214611	93	-96	-9	15
-70.953314	-17.208117	214611	93	-93	-10	15
-70.953418	-17.208078	214611	93	-92	-9	14
-70.953524	-17.208036	214611	93	-93	-8	15
-70.953636	-17.207993	214611	93	-90	-8	15
-70.953745	-17.207956	214611	93	-90	-9	15
-70.953865	-17.207912	214611	93	-93	-9	15
-70.95397	-17.207864	214611	93	-91	-8	15
-70.954072	-17.207819	214611	93	-93	-9	15
-70.954183	-17.207774	214611	93	-91	-9	14
-70.954304	-17.20773	214611	93	-95	-9	15
-70.954421	-17.207688	214611	93	-93	-13	15
-70.954532	-17.207645	214611	93	-95	-12	15
-70.954644	-17.207604	214611	93	-95	-11	15
-70.954753	-17.207561	214611	93	-95	-10	15
-70.954859	-17.20752	214611	93	-92	-9	15
-70.954966	-17.207479	214611	93	-93	-12	15
-70.955074	-17.207439	214611	93	-93	-10	15
-70.955159	-17.207398	214611	93	-89	-10	15

-70.955237	-17.207316	214611	93	-93	-12	15
-70.955225	-17.20722	214611	93	-90	-11	15
-70.955192	-17.207111	214611	93	-95	-10	14
-70.955166	-17.207013	214611	93	-92	-10	15
-70.955143	-17.206922	214611	93	-96	-10	15
-70.955199	-17.206835	214611	93	-95	-11	15
-70.955318	-17.206827	214611	93	-97	-12	15
-70.955412	-17.206815	214611	93	-96	-12	14
-70.955507	-17.206801	214611	93	-93	-11	15
-70.955641	-17.206784	214611	93	-91	-11	15
-70.955724	-17.206842	214611	93	-94	-11	15
-70.955772	-17.206962	214611	93	-94	-10	15
-70.955795	-17.20705	214611	93	-96	-11	15
-70.955831	-17.207163	214611	93	-96	-11	15
-70.955872	-17.207273	214611	93	-97	-9	15
-70.95591	-17.20738	214611	93	-105	-11	15
-70.95595	-17.207489	214611	93	-105	-12	14
-70.955987	-17.207594	214611	93	-108	-11	14
-70.956097	-17.207615	214611	93	-105	-11	14
-70.956213	-17.207561	214611	93	-104	-9	15
-70.956329	-17.207507	214611	93	-104	-10	15
-70.956434	-17.207447	214611	93	-103	-10	15
-70.956535	-17.207378	214611	93	-103	-11	15
-70.956636	-17.207318	214611	93	-99	-11	15
-70.956728	-17.207258	214611	93	-103	-11	15
-70.956844	-17.207236	214611	93	-98	-9	15
-70.956935	-17.207309	214611	93	-96	-10	15
-70.957005	-17.20742	214611	93	-94	-10	15
-70.957052	-17.207499	214611	93	-99	-9	15
-70.957092	-17.207585	214611	93	-101	-9	15
-70.957161	-17.207694	214611	93	-103	-10	12
-70.957213	-17.207789	214611	93	-103	-10	15
-70.957235	-17.207884	214611	93	-102	-9	15
-70.957151	-17.207957	214611	93	-101	-9	15
-70.957066	-17.208006	214611	93	-99	-9	14
-70.956973	-17.208055	214611	93	-98	-9	15
-70.95688	-17.208107	214611	93	-98	-10	15

-70.956797	-17.208159	214611	93	-98	-10	15
-70.9567	-17.208216	214611	93	-99	-9	15
-70.956608	-17.20826	214611	93	-90	-7	15
-70.956523	-17.2083	214611	93	-90	-7	15
-70.956398	-17.208354	214611	93	-95	-9	15
-70.956307	-17.208383	214611	93	-90	-9	15
-70.956213	-17.208409	214611	93	-94	-8	15
-70.956089	-17.208437	214611	93	-94	-9	15
-70.955977	-17.208465	214611	93	-99	-9	15
-70.955874	-17.208521	214611	93	-95	-9	15
-70.955857	-17.208615	214611	93	-94	-10	15
-70.955897	-17.208719	214611	93	-91	-10	15
-70.955939	-17.208807	214611	93	-96	-10	15
-70.95598	-17.208899	214611	93	-103	-9	15
-70.956075	-17.208941	214611	93	-104	-10	15
-70.956191	-17.208912	214611	93	-102	-10	15
-70.956309	-17.208894	214611	93	-103	-11	15
-70.956404	-17.208876	214611	93	-98	-9	15
-70.956501	-17.208843	214611	93	-89	-10	15
-70.956599	-17.208818	214611	93	-95	-9	14
-70.956704	-17.208776	214611	93	-99	-10	15
-70.956787	-17.208723	214611	93	-99	-9	15
-70.956878	-17.208674	214611	93	-99	-10	15
-70.956978	-17.208617	214611	93	-95	-10	15
-70.957075	-17.20854	214611	93	-99	-9	15
-70.957181	-17.208473	214611	93	-100	-9	15
-70.957286	-17.208412	214611	93	-98	-9	15
-70.957385	-17.208356	214611	93	-98	-10	14
-70.957472	-17.208305	214611	93	-99	-9	13
-70.957558	-17.208239	214611	93	-99	-10	13
-70.957645	-17.208167	214611	93	-99	-10	13
-70.95773	-17.208108	214611	93	-97	-9	13
-70.957834	-17.208047	214611	93	-99	-10	15
-70.957867	-17.20794	214611	93	-103	-10	15
-70.957811	-17.207833	214611	93	-100	-10	15
-70.957737	-17.207736	214611	93	-100	-10	15
-70.95768	-17.207641	214611	93	-106	-10	14

-70.957621	-17.207539	214611	93	-107	-9	14
-70.95755	-17.20744	214611	93	-103	-9	15
-70.95748	-17.207338	214611	93	-107	-10	14
-70.957408	-17.207239	214611	93	-106	-10	15
-70.957332	-17.207127	214611	93	-97	-11	15
-70.957257	-17.20702	214611	93	-104	-10	15
-70.957199	-17.206921	214611	93	-103	-9	15
-70.957163	-17.206809	214611	93	-103	-10	15
-70.957119	-17.206697	214611	93	-102	-11	14
-70.957094	-17.206603	214611	93	-104	-10	15
-70.957094	-17.206603	214611	233	-83	-10	15
-70.95709	-17.206496	214611	233	-83	-10	15
-70.957086	-17.206383	214611	233	-91	-8	12
-70.957104	-17.206271	214611	233	-100	-13	12
-70.957198	-17.206216	214611	233	-99	-13	10
-70.95729	-17.206245	214611	233	-102	-14	13
-70.957407	-17.206288	214611	233	-102	-11	13
-70.957521	-17.206324	214611	233	-99	-14	10
-70.944883	-17.211247	214611	232	-94	-9	14
-70.944926	-17.211166	214611	232	-94	-9	14
-70.94492	-17.211053	214611	232	-94	-9	14
-70.944907	-17.21095	214611	232	-97	-13	12
-70.944895	-17.21083	214611	232	-97	-13	12
-70.944984	-17.210771	214611	232	-97	-13	12
-70.94534	-17.210781	214611	232	-101	-10	13
-70.945476	-17.210794	214611	232	-101	-10	13
-70.945597	-17.210784	214611	232	-101	-10	13
-70.945732	-17.210773	214611	232	-101	-10	13
-70.945826	-17.210766	214611	232	-101	-10	13
-70.945924	-17.210758	214611	232	-78	-7	15
-70.946046	-17.210745	214611	232	-78	-7	15
-70.946151	-17.210744	214611	232	-78	-7	15
-70.946269	-17.210741	214611	232	-78	-7	15
-70.946384	-17.210736	214611	232	-87	-12	12
-70.9465	-17.210732	214611	232	-87	-12	12
-70.946605	-17.210732	214611	232	-87	-12	12
-70.946725	-17.210741	214611	232	-93	-15	13

-70.946789	-17.210659	214611	232	-93	-15	13
-70.946768	-17.210015	214611	233	-91	-16	10
-70.946761	-17.209899	214611	233	-91	-16	10
-70.946756	-17.209805	214611	233	-91	-16	10
-70.946755	-17.209701	214611	233	-91	-16	10
-70.946753	-17.209582	214611	233	-91	-16	10
-70.946748	-17.209474	214611	233	-99	-15	10
-70.946744	-17.209364	214611	233	-99	-15	10
-70.94674	-17.209255	214611	233	-99	-15	10
-70.94674	-17.209255	214611	232	-103	-16	11
-70.946729	-17.209163	214611	232	-103	-16	11
-70.946719	-17.209064	214611	232	-103	-16	11
-70.946712	-17.20896	214611	232	-103	-16	11
-70.946696	-17.208847	214611	232	-98	-13	14
-70.946701	-17.208741	214611	232	-98	-13	14
-70.946702	-17.208643	214611	232	-93	-13	12
-70.94671	-17.208552	214611	232	-93	-13	12
-70.946705	-17.208449	214611	232	-93	-13	12
-70.946708	-17.208357	214611	232	-89	-10	11
-70.94672	-17.208262	214611	232	-84	-9	9
-70.946705	-17.208145	214611	232	-71	-8	11
-70.946694	-17.208036	214611	232	-66	-7	12
-70.946698	-17.207932	214611	232	-82	-10	13
-70.946698	-17.207932	214611	231	-83	-12	6
-70.946599	-17.207889	214611	231	-88	-15	12
-70.946599	-17.207889	214611	232	-85	-11	6
-70.946495	-17.207902	214611	232	-80	-9	11
-70.946401	-17.207914	214611	232	-86	-9	12
-70.946278	-17.207916	214611	232	-75	-11	14
-70.946181	-17.207914	214611	232	-81	-11	11
-70.946071	-17.207907	214611	232	-88	-9	8
-70.945961	-17.2079	214611	232	-88	-12	13
-70.945861	-17.207902	214611	232	-84	-12	9
-70.945779	-17.207972	214611	232	-87	-10	8
-70.945766	-17.208065	214611	232	-92	-10	8
-70.945758	-17.208166	214611	232	-93	-8	8
-70.945755	-17.208267	214611	232	-93	-11	8

-70.945747	-17.208369	214611	232	-92	-9	14
-70.945749	-17.208499	214611	232	-90	-12	11
-70.945756	-17.208613	214611	232	-93	-8	11
-70.945764	-17.208733	214611	232	-92	-8	11
-70.945769	-17.208829	214611	232	-91	-9	8
-70.945856	-17.208872	214611	232	-91	-9	7
-70.945978	-17.208869	214611	232	-92	-10	11
-70.946078	-17.20887	214611	232	-93	-11	13
-70.946188	-17.208854	214611	232	-95	-11	8
-70.946293	-17.208845	214611	232	-91	-8	13
-70.946408	-17.208843	214611	232	-91	-9	12
-70.94653	-17.208838	214611	232	-97	-15	11
-70.94665	-17.208836	214611	232	-100	-13	10
-70.946772	-17.208837	214611	232	-94	-12	10
-70.947324	-17.208807	214611	233	-102	-12	6
-70.947418	-17.208802	214611	233	-105	-19	7
-70.947513	-17.208808	214611	233	-101	-12	6
-70.947622	-17.208804	214611	233	-99	-13	12
-70.947667	-17.208706	214611	233	-97	-12	9
-70.947663	-17.208615	214611	233	-96	-11	13
-70.947655	-17.208492	214611	233	-94	-12	12
-70.947656	-17.208393	214611	233	-93	-9	10
-70.947647	-17.208283	214611	233	-100	-13	10
-70.947639	-17.208189	214611	233	-101	-14	10
-70.947624	-17.208076	214611	233	-101	-13	11
-70.947609	-17.207972	214611	233	-97	-13	13
-70.947598	-17.207856	214611	233	-91	-12	12
-70.94761	-17.207748	214611	233	-96	-12	12
-70.947604	-17.207657	214611	233	-95	-12	15
-70.947608	-17.207542	214611	233	-89	-11	13
-70.947625	-17.207435	214611	233	-88	-12	12
-70.947633	-17.207339	214611	233	-82	-10	12
-70.94763	-17.207207	214611	233	-95	-12	13
-70.947632	-17.207099	214611	233	-93	-12	8
-70.9476	-17.207004	214611	233	-90	-11	11
-70.947501	-17.207017	214611	233	-92	-8	13
-70.947394	-17.207027	214611	233	-95	-12	11

-70.947286	-17.207016	214611	233	-95	-13	13
-70.947149	-17.207025	214611	233	-100	-16	12
-70.947149	-17.207025	214611	231	-95	-15	15
-70.947005	-17.207032	214611	231	-95	-15	15
-70.946877	-17.20704	214611	231	-97	-14	12
-70.946773	-17.207042	214611	231	-94	-14	15
-70.946667	-17.207045	214611	231	-95	-18	14
-70.946562	-17.207054	214611	231	-84	-12	13
-70.946465	-17.207051	214611	231	-92	-12	13
-70.946356	-17.207055	214611	231	-94	-13	15
-70.94626	-17.207059	214611	231	-93	-13	12
-70.946145	-17.207058	214611	231	-92	-12	15
-70.946043	-17.207062	214611	231	-84	-12	12
-70.945923	-17.20707	214611	231	-85	-11	15
-70.945806	-17.207073	214611	231	-84	-12	15
-70.945692	-17.207073	214611	231	-84	-12	13
-70.945552	-17.207071	214611	231	-87	-12	12
-70.945425	-17.207081	214611	231	-90	-11	12
-70.945297	-17.207092	214611	231	-91	-12	15
-70.945178	-17.207092	214611	231	-89	-13	14
-70.945053	-17.207086	214611	231	-86	-11	15
-70.944952	-17.207082	214611	231	-88	-13	12
-70.944849	-17.207091	214611	231	-89	-14	15
-70.944802	-17.207181	214611	231	-87	-13	15
-70.944815	-17.207279	214611	232	-94	-14	6
-70.944817	-17.207378	214611	232	-94	-14	6
-70.944815	-17.207487	214611	232	-88	-12	12
-70.944897	-17.207544	214611	232	-88	-14	9
-70.945002	-17.207539	214611	232	-89	-12	9
-70.945148	-17.20753	214611	232	-90	-13	6
-70.94525	-17.20752	214611	232	-90	-13	10
-70.945389	-17.207521	214611	232	-93	-11	8
-70.945501	-17.207519	214611	232	-95	-13	12
-70.945606	-17.207523	214611	232	-96	-13	12
-70.945713	-17.207523	214611	232	-95	-12	14
-70.945786	-17.207441	214611	232	-91	-14	12
-70.945752	-17.207334	214611	232	-96	-14	12

-70.945752	-17.207334	214611	231	-90	-13	14
-70.945719	-17.207225	214611	231	-86	-12	12
-70.945719	-17.207225	214611	231	-85	-11	15
-70.945719	-17.207225	214611	231	-77	-10	11
-70.945719	-17.207225	214611	231	-82	-10	12
-70.945719	-17.207225	214611	231	-84	-13	12
-70.945736	-17.207127	214611	231	-82	-10	11
-70.945649	-17.207073	214611	231	-84	-10	13
-70.945649	-17.207073	214611	231	-87	-12	10
-70.945507	-17.207074	214611	231	-87	-12	10
-70.945364	-17.207079	214611	231	-90	-11	9
-70.945227	-17.207079	214611	231	-91	-11	7
-70.9451	-17.207081	214611	231	-88	-11	11
-70.944981	-17.207086	214611	231	-89	-10	4
-70.944885	-17.207093	214611	231	-87	-13	14
-70.944782	-17.207113	214611	231	-90	-16	8
-70.944729	-17.207248	214611	232	-94	-15	6
-70.944741	-17.207401	214611	232	-94	-15	6
-70.944759	-17.207508	214611	232	-94	-12	13
-70.94487	-17.207547	214611	232	-82	-12	11
-70.945001	-17.207527	214611	232	-89	-13	11
-70.945184	-17.207509	214611	232	-91	-12	10
-70.945285	-17.20751	214611	232	-91	-12	10
-70.945449	-17.207507	214611	232	-96	-13	11
-70.94558	-17.207507	214611	232	-97	-13	9
-70.945707	-17.207502	214611	232	-91	-13	11
-70.945849	-17.2075	214611	232	-95	-16	8
-70.945994	-17.207498	214611	232	-99	-15	10
-70.946112	-17.207499	214611	232	-96	-17	6
-70.946112	-17.207499	214611	231	-92	-13	6
-70.946237	-17.207493	214611	231	-92	-13	6
-70.946237	-17.207493	214611	232	-80	-11	6
-70.946368	-17.207491	214611	232	-80	-11	6
-70.946368	-17.207491	214611	231	-79	-12	14
-70.946492	-17.207487	214611	231	-79	-12	14
-70.946588	-17.207486	214611	231	-77	-9	14
-70.946663	-17.20739	214611	231	-82	-12	13



-70.946653	-17.207284	214611	231	-88	-13	14
-70.946639	-17.20717	214611	231	-72	-11	13
-70.946639	-17.20717	214611	231	-72	-11	13
-70.947575	-17.202887	214611	91	-90	-9	14
-70.947583	-17.202936	214611	91	-90	-9	14
-70.947583	-17.20303	214611	91	-89	-10	12
-70.94759	-17.20313	214611	91	-88	-9	13
-70.947593	-17.203238	214611	91	-88	-9	13
-70.947595	-17.203355	214611	91	-88	-9	13
-70.947595	-17.203473	214611	91	-88	-9	13
-70.947593	-17.203595	214611	91	-88	-9	13
-70.947594	-17.203716	214611	91	-89	-9	14
-70.947594	-17.203834	214611	91	-89	-9	14
-70.947596	-17.203947	214611	91	-89	-9	14
-70.947599	-17.204057	214611	91	-89	-9	14
-70.9476	-17.204167	214611	91	-89	-9	14
-70.947596	-17.204277	214611	91	-84	-8	13
-70.947595	-17.204383	214611	91	-84	-8	13
-70.947602	-17.204495	214611	91	-84	-8	13
-70.947605	-17.204605	214611	91	-84	-8	13
-70.947605	-17.204716	214611	91	-84	-8	13
-70.947603	-17.20483	214611	91	-88	-8	14
-70.947604	-17.204936	214611	91	-88	-8	14
-70.947605	-17.205031	214611	91	-88	-8	14
-70.947604	-17.205138	214611	91	-88	-8	14
-70.947606	-17.205264	214611	91	-96	-11	10
-70.947606	-17.20536	214611	91	-96	-11	10
-70.947611	-17.205465	214611	91	-96	-11	10
-70.947613	-17.205567	214611	91	-96	-11	10
-70.947614	-17.20567	214611	91	-96	-11	10
-70.94761	-17.205777	214611	91	-97	-14	9
-70.94761	-17.205885	214611	91	-97	-14	9
-70.947616	-17.205997	214611	91	-97	-14	9
-70.947621	-17.206104	214611	91	-97	-14	9
-70.947624	-17.206204	214611	91	-97	-14	9
-70.947624	-17.206204	214611	93	-96	-12	12
-70.94762	-17.206301	214611	93	-96	-12	12

-70.947626	-17.206391	214611	93	-96	-12	12
-70.947654	-17.206483	214611	93	-96	-12	12
-70.947643	-17.206578	214611	93	-89	-10	12
-70.947644	-17.20669	214611	93	-93	-13	14
-70.94765	-17.206801	214611	93	-93	-13	14
-70.947655	-17.20691	214611	93	-96	-11	11
-70.947635	-17.207004	214611	93	-96	-11	11
-70.947544	-17.207044	214611	93	-90	-9	14
-70.94742	-17.207051	214611	93	-90	-9	14
-70.947324	-17.207047	214611	93	-93	-10	14
-70.947228	-17.207049	214611	93	-93	-10	14
-70.94713	-17.207052	214611	93	-93	-10	14
-70.94713	-17.207052	214611	91	-88	-11	10
-70.947028	-17.207054	214611	91	-88	-11	10
-70.946928	-17.207055	214611	91	-88	-11	10
-70.946822	-17.207058	214611	91	-88	-11	10
-70.946711	-17.207057	214611	91	-88	-11	10
-70.946592	-17.207063	214611	91	-86	-9	14
-70.946462	-17.207068	214611	91	-86	-9	14
-70.946339	-17.207071	214611	91	-86	-9	14
-70.946215	-17.207078	214611	91	-90	-11	11
-70.94609	-17.207082	214611	91	-90	-11	11
-70.945967	-17.207086	214611	91	-90	-11	11
-70.945865	-17.207087	214611	91	-90	-11	11
-70.945761	-17.207084	214611	91	-76	-8	13
-70.94577	-17.207178	214611	91	-77	-9	15
-70.945776	-17.207291	214611	91	-77	-9	15
-70.945781	-17.20741	214611	91	-77	-9	15
-70.945793	-17.207503	214611	91	-81	-9	15
-70.945906	-17.207504	214611	91	-81	-9	15
-70.946036	-17.207503	214611	91	-84	-10	15
-70.946166	-17.207502	214611	91	-84	-10	15
-70.946289	-17.207495	214611	91	-84	-10	15
-70.946407	-17.207489	214611	91	-82	-10	14
-70.946521	-17.207483	214611	91	-82	-10	14
-70.946617	-17.207473	214611	91	-82	-10	14
-70.950658	-17.203064	216269	251	-87	-13	9

-70.950771	-17.203069	216269	251	-87	-13	9
-70.950866	-17.203077	216269	251	-87	-13	9
-70.951004	-17.203064	216269	251	-84	-13	13
-70.951136	-17.203056	216269	251	-84	-10	15
-70.951266	-17.203059	216269	251	-85	-10	8
-70.951413	-17.20306	216269	251	-89	-10	11
-70.951511	-17.20306	216269	251	-91	-12	7
-70.951615	-17.203058	216269	251	-84	-8	11
-70.951718	-17.203061	216269	251	-82	-8	14
-70.951831	-17.203064	216269	251	-82	-8	14
-70.951951	-17.20306	216269	251	-86	-11	12
-70.952073	-17.20306	216269	251	-86	-12	12
-70.952191	-17.20306	216269	251	-87	-9	7
-70.952303	-17.20307	216269	251	-87	-11	11
-70.952406	-17.203076	216269	251	-90	-14	9
-70.952537	-17.203075	216269	251	-82	-9	14
-70.952673	-17.203075	216269	251	-88	-11	12
-70.952772	-17.203064	216269	251	-82	-10	12
-70.953722	-17.202614	216269	251	-93	-14	8
-70.95385	-17.202632	216269	251	-93	-14	8
-70.95407	-17.202679	216269	251	-85	-14	8
-70.95416	-17.202723	216269	251	-85	-14	8
-70.95416	-17.202723	216269	251	-79	-9	11
-70.954252	-17.20277	216269	251	-79	-9	11
-70.954366	-17.20284	216269	251	-82	-9	12
-70.954471	-17.202918	216269	251	-83	-13	10
-70.954582	-17.202999	216269	251	-78	-13	12
-70.954669	-17.203053	216269	251	-63	-12	12
-70.954759	-17.203111	216269	251	-65	-8	14
-70.954855	-17.203161	216269	251	-71	-10	13
-70.954955	-17.203218	216269	251	-76	-13	15
-70.955082	-17.203253	216269	251	-69	-8	11
-70.95522	-17.203279	216269	251	-64	-10	13
-70.955347	-17.20331	216269	251	-66	-7	13
-70.955466	-17.203349	216269	251	-65	-10	12
-70.955572	-17.203391	216269	251	-67	-7	13
-70.955677	-17.203431	216269	251	-68	-5	13

-70.955793	-17.203453	216269	251	-66	-6	15
-70.955903	-17.203455	216269	251	-67	-9	14
-70.956008	-17.203427	216269	251	-68	-8	15
-70.956126	-17.203387	216269	251	-74	-6	15
-70.956259	-17.203341	216269	251	-70	-8	11
-70.956396	-17.203297	216269	251	-67	-7	15
-70.956534	-17.203251	216269	251	-69	-14	15
-70.95667	-17.203208	216269	251	-70	-9	15
-70.95679	-17.203169	216269	251	-70	-11	15
-70.956887	-17.20313	216269	251	-63	-11	15
-70.956986	-17.203082	216269	251	-67	-9	12
-70.957066	-17.203031	216269	251	-62	-9	15
-70.957145	-17.202974	216269	251	-68	-10	15
-70.957228	-17.202886	216269	251	-69	-11	13
-70.957283	-17.202767	216269	251	-61	-10	15
-70.95732	-17.202678	216269	251	-70	-8	8
-70.957353	-17.202576	216269	251	-79	-12	9
-70.957384	-17.202465	216269	251	-64	-9	15
-70.957394	-17.202354	216269	251	-62	-10	11
-70.957403	-17.202246	216269	251	-62	-8	15
-70.957448	-17.202142	216269	251	-65	-6	12
-70.957539	-17.202088	216269	251	-64	-10	11
-70.957641	-17.202046	216269	251	-67	-9	10
-70.957746	-17.201999	216269	251	-63	-8	10
-70.957861	-17.201948	216269	251	-66	-11	8
-70.957965	-17.20191	216269	251	-69	-9	6
-70.958061	-17.201928	216269	251	-68	-9	13
-70.958061	-17.201928	216269	201	-76	-13	14
-70.958126	-17.20204	216269	201	-76	-13	14
-70.958167	-17.202147	216269	201	-73	-10	13
-70.958212	-17.202238	216269	201	-82	-13	10
-70.958212	-17.202238	216269	202	-78	-10	6
-70.958242	-17.202335	216269	202	-78	-10	6
-70.958294	-17.202439	216269	202	-76	-10	11
-70.958344	-17.202539	216269	202	-77	-10	12
-70.958385	-17.202632	216269	202	-83	-11	11
-70.958397	-17.202734	216269	202	-74	-12	12

-70.958293	-17.20279	216269	202	-79	-10	12
-70.958201	-17.202819	216269	202	-79	-13	11
-70.958097	-17.202849	216269	202	-86	-15	12
-70.957996	-17.202891	216269	202	-89	-10	13
-70.957867	-17.202936	216269	202	-87	-12	10
-70.957765	-17.202956	216269	202	-91	-12	10
-70.957667	-17.202969	216269	202	-87	-12	10
-70.957568	-17.202976	216269	202	-90	-14	13
-70.957437	-17.202977	216269	202	-88	-15	9
-70.957328	-17.202977	216269	202	-90	-15	10
-70.958486	-17.203384	216269	202	-84	-11	15
-70.958584	-17.203361	216269	202	-84	-11	15
-70.958712	-17.203316	216269	202	-84	-9	15
-70.958808	-17.203294	216269	202	-84	-9	15
-70.958908	-17.203266	216269	202	-82	-8	14
-70.959012	-17.203235	216269	202	-82	-8	14
-70.95912	-17.203199	216269	202	-82	-8	14
-70.959236	-17.203159	216269	202	-95	-13	12
-70.959355	-17.203127	216269	202	-80	-11	15
-70.959478	-17.203096	216269	202	-83	-9	15
-70.959589	-17.203062	216269	202	-83	-5	15
-70.959684	-17.203033	216269	202	-95	-10	12
-70.959815	-17.202991	216269	202	-95	-11	12
-70.959949	-17.20296	216269	202	-95	-11	12
-70.960043	-17.202944	216269	202	-87	-9	12
-70.96018	-17.202948	216269	202	-92	-11	15
-70.960275	-17.202956	216269	202	-95	-12	14
-70.960393	-17.202957	216269	202	-84	-10	13
-70.960437	-17.202866	216269	202	-91	-11	13
-70.960438	-17.202772	216269	202	-91	-11	13
-70.96044	-17.202678	216269	202	-91	-11	13
-70.960449	-17.202544	216269	202	-91	-11	13
-70.960443	-17.202452	216269	202	-88	-12	12
-70.960443	-17.202355	216269	202	-85	-11	13
-70.960432	-17.202243	216269	202	-85	-11	13
-70.960422	-17.202142	216269	202	-83	-11	15
-70.960426	-17.202034	216269	202	-78	-10	12

-70.960421	-17.201939	216269	202	-95	-11	12
-70.960421	-17.201939	216269	203	-91	-10	6
-70.960415	-17.20184	216269	203	-83	-8	12
-70.960424	-17.201732	216269	203	-81	-10	8
-70.960437	-17.20163	216269	203	-86	-8	9
-70.960437	-17.201518	216269	203	-77	-8	15
-70.960427	-17.201397	216269	203	-75	-8	10
-70.960429	-17.201268	216269	203	-76	-6	11
-70.960433	-17.201145	216269	203	-78	-8	14
-70.960433	-17.201052	216269	203	-78	-8	14
-70.960411	-17.200962	216269	203	-91	-9	11
-70.960258	-17.200955	216269	203	-87	-10	12
-70.960136	-17.200969	216269	203	-76	-4	13
-70.960027	-17.200999	216269	203	-75	-8	15
-70.959936	-17.201041	216269	203	-75	-8	15
-70.959819	-17.201091	216269	203	-72	-6	13
-70.95973	-17.201135	216269	203	-73	-6	14
-70.959637	-17.201176	216269	203	-67	-8	14
-70.959549	-17.201219	216269	203	-69	-5	14
-70.959426	-17.201276	216269	203	-76	-6	12
-70.959317	-17.201326	216269	203	-76	-6	12
-70.959199	-17.201376	216269	203	-78	-7	12
-70.959083	-17.201425	216269	203	-78	-7	12
-70.958976	-17.201471	216269	203	-79	-8	11
-70.958858	-17.201525	216269	203	-86	-9	14
-70.95877	-17.201563	216269	203	-87	-8	13
-70.958678	-17.201604	216269	203	-76	-7	14
-70.958583	-17.201649	216269	203	-74	-6	14
-70.958497	-17.201691	216269	203	-72	-5	11
-70.958411	-17.201732	216269	203	-75	-9	11
-70.95829	-17.201785	216269	203	-75	-11	11
-70.958157	-17.201839	216269	203	-82	-14	9
-70.958157	-17.201839	216269	201	-80	-10	6
-70.958059	-17.201882	216269	201	-80	-10	6
-70.957965	-17.201927	216269	201	-76	-11	11
-70.957866	-17.201975	216269	201	-78	-11	15
-70.957772	-17.202021	216269	201	-83	-11	15

-70.957677	-17.202068	216269	201	-80	-10	11
-70.957576	-17.202115	216269	201	-76	-15	14
-70.957482	-17.20216	216269	201	-77	-9	15
-70.95739	-17.202257	216269	201	-85	-11	11
-70.957384	-17.202364	216269	201	-81	-11	9
-70.95738	-17.202467	216269	201	-80	-12	12
-70.957371	-17.202567	216269	201	-82	-11	11
-70.957347	-17.202666	216269	201	-90	-12	7
-70.957313	-17.202771	216269	201	-92	-11	10
-70.957255	-17.20288	216269	201	-89	-10	14
-70.957182	-17.20298	216269	201	-92	-11	11
-70.95709	-17.203065	216269	201	-92	-15	10
-70.956985	-17.203137	216269	201	-94	-14	9
-70.956871	-17.203192	216269	201	-87	-9	10
-70.956756	-17.203231	216269	201	-88	-12	8
-70.956634	-17.203272	216269	201	-85	-8	10
-70.956519	-17.203312	216269	201	-88	-13	9
-70.956397	-17.203348	216269	201	-89	-13	8
-70.956255	-17.203388	216269	201	-86	-11	10
-70.956114	-17.203433	216269	201	-86	-12	11
-70.955967	-17.203476	216269	201	-89	-13	8
-70.955802	-17.203493	216269	201	-87	-13	11
-70.955643	-17.203474	216269	201	-86	-12	13
-70.955491	-17.20341	216269	201	-87	-12	13
-70.955347	-17.203348	216269	201	-89	-12	10
-70.955221	-17.203307	216269	201	-88	-9	15
-70.955107	-17.203276	216269	201	-88	-12	15
-70.95499	-17.203248	216269	201	-85	-10	11
-70.954899	-17.203219	216269	201	-87	-9	13
-70.954813	-17.203174	216269	201	-93	-11	11
-70.954734	-17.203101	216269	201	-95	-9	11
-70.954637	-17.203113	216269	201	-92	-13	14
-70.954598	-17.2032	216269	201	-99	-13	8
-70.954532	-17.203294	216269	201	-98	-13	11
-70.954449	-17.203381	216269	201	-94	-14	15
-70.951327	-17.203719	216269	231	-93	-12	6
-70.951455	-17.203719	216269	231	-93	-12	6

-70.950395	-17.202831	216269	231	-108	-14	7
-70.950393	-17.2027	216269	231	-108	-14	7
-70.950393	-17.2027	216269	231	-89	-10	6
-70.950364	-17.202611	216269	231	-89	-10	6
-70.950234	-17.202585	216269	231	-91	-10	13
-70.950114	-17.202587	216269	231	-92	-12	15
-70.949992	-17.202595	216269	231	-91	-11	15
-70.949869	-17.202604	216269	231	-91	-11	15
-70.949752	-17.202611	216269	231	-89	-10	14
-70.949636	-17.202614	216269	231	-92	-12	15
-70.949537	-17.202615	216269	231	-97	-10	9
-70.949434	-17.202619	216269	231	-98	-11	8
-70.949395	-17.202071	216269	231	-102	-11	11
-70.949372	-17.201976	216269	231	-102	-11	11
-70.94923	-17.201949	216269	231	-105	-13	9
-70.949102	-17.20194	216269	231	-99	-11	12
-70.948989	-17.201921	216269	231	-100	-11	8
-70.948892	-17.201898	216269	231	-99	-12	10
-70.948798	-17.201875	216269	231	-98	-14	12