

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DISEÑO DE COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES LTE PARA EL
SECTOR DE GUAJALO PARA LA EMPRESA CONSTRUCTORA DANIEL
AYALA TRT S.A.**

AUTOR:

PAUL RICHARD JARAMILLO POZO

TUTOR:

CARLOS AUGUSTO CUICHÁN MORALES

Quito, Marzo del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Paul Richard Jaramillo Pozo, con documento de identificación N°1003304100, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **DISEÑO DE COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES LTE PARA EL SECTOR DE GUAJALO PARA LA EMPRESA CONSTRUCTORA DANIEL AYALA TRT S.A.**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Fecha: Marzo 2017



Nombre: Paul Richard Jaramillo Pozo

Cédula: 100330410-0

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO DE COBERTURA DE TELECOMUNICACIONES LTE PARA EL SECTOR DE GUAJALO PARA LA EMPRESA CONSTRUCTORA DANIEL AYALA TRT S.A. realizado por Paul Richard Jaramillo Pozo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Marzo 2017

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature appears to be 'C. Cuichán' with a horizontal line underneath. Below the signature, there is a faint, dotted line.

Carlos Augusto Cuichán Morales

Cédula de identidad: 171438972-1

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres Judith y Jesús, quienes han sido mi pilar fundamental, que siempre me han brindado su apoyo, quienes con su tenacidad y lucha han sido mi guía gracias a ellos he logrado culminar esta meta que me he propuesto.

Paul Richard Jaramillo Pozo

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a la empresa CONSTRUCTORA DANIEL AYALA TRT S.A., la cual me brindó la oportunidad de aplicar y extender mis conocimientos adquiridos en mis años de estudio en la Universidad Politécnica Salesiana.

Al Ing. Carlos Cuichán por su confianza y apoyo, durante la elaboración de este proyecto, que me ha guiado con sus conocimientos y experiencia a lo largo de todo el trabajo de titulación.

Paul Richard Jaramillo Pozo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
1.1 Definición de la empresa	1
1.1.1 Datos Generales.....	1
1.1.2 Trayectoria.....	1
1.1.3 Clientes Importantes	2
1.2 Cobertura de LTE Guajalo	2
1.2.1 Red LTE de la operadora	2
1.2.2 Identificación de las Estación de Radio Base (RBS) cercanas en el sector	3
1.3 Requerimientos LTE en el sector	18
1.3.1 Empresas importantes	18
1.3.2 Población	18
1.4 Falencia y potencialidades.....	18
1.5. Objetivos.....	20
1.5.1. Objetivo General.....	20
1.5.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO 2	21
DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	21
2.1. Selección de la propuesta	21
2.1.1. Propuesta uno.....	21
2.1.2 Propuesta Dos	24
2.4. Simulación de la propuesta.....	28
2.5. Cuadro de mediciones de la propuesta.	33
CAPÍTULO 3	35
ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN	35
3.1. Cobertura	35
3.2. Legalización	35
3.3. Replanteo.....	36
3.4. Instalación.....	36
3.4.1 Descripción general de los equipos a instalarse.....	37
CAPÍTULO 4	42

ANÁLISIS DE COSTOS	42
4.1. Selección de dispositivos.....	42
4.2. Viabilidad técnica.....	42
4.3 Viabilidad económica del proyecto	44
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	56
Anexo 1	56
Anexo 2	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las RBS LTE de la operadora celular.	3
Figura 1.2. Level de RSRP.....	8
Figura 1.3. Level de RSRQ.	10
Figura 1.4. Level de SINR.	12
Figura 1.5. Niveles de cobertura LTE.....	15
Figura 1.6. Sectores y área de cobertura.....	15
Figura 1.7. Simulación de cobertura LTE actual del RSRP.....	16
Figura 1.8. Simulación de cobertura LTE actual del SINR.	17
Figura 2.1. Estaciones UMTS.	23
Figura 2.2. Propuesta uno.....	24
Figura 2.3. Propuesta dos.....	25
Figura 2.4. Propuesta dos.....	26
Figura 2.5. Niveles de cobertura LTE.....	30
Figura 2.6. Estaciones de LTE y sus sectores de cobertura.	31
Figura 2.7. Niveles de RSRP.....	32
Figura 2.8. Niveles de SINR.	33
Figura 3.1. Diagrama de instalación de equipos.	36
Figura 3.2. BBU 3900.	37
Figura 3.3. Tarjeta UMPT (GUL).	38
Figura 3.4. Tarjeta UBBP (GUL).....	38
Figura 3.5. Tarjeta UPEU.....	38
Figura 3.6. RRU 3841.	39
Figura 3.7. Antena AQU4518R9	40
Figura 3.8. Tarjeta DCDU.....	40
Figura 3.9. Barra de tierra.	41
Figura 4.1. Porcentaje de gastos.....	49
Figura 4.2. Gráfico de TIR.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ubicación geográfica de las estaciones de la operadora celular.	4
Tabla 1.2. Potencia de Recepción de Señal de Referencia.	7
Tabla 1.3. Estado actual del RSRP.....	9
Tabla 1.4. En la tabla cuatro se muestra los parámetros de RSRQ.....	9
Tabla 1.5. Estado actual del RSRQ.....	11
Tabla 1.6. En la tabla cuatro se muestra los niveles de SINR.....	12
Tabla 1.7. Estado actual del SINR.	13
Tabla 1.8. Estado actual de las RBS eNodeB.	13
Continuación Tabla 1.8. Estado actual de las RBS eNodeB.....	14
Tabla 1.9. Estado actual del RSRP de la simulación con el programa Atoll.....	16
Tabla 1.10. Estado actual del SINR de la simulación con el programa Atoll.....	17
Tabla 1.11. Clasificación cualitativa del RSRP.	19
Tabla 2.1. Ubicación de las estaciones LTE.	22
Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de las propuestas.	27
Tabla 2.3. Estado final de las RBS eNodeB.....	28
Tabla 2.4. Niveles de RSRP simulación.	32
Tabla 2.5. Niveles de SINR simulación.....	33
Tabla 2.6. Cuadro comparativo del antes y después de la simulación de RSRP.	34
Tabla 2.7. Cuadro comparativo del antes y después de la simulación de SINR.	34
Tabla 4.1. Materiales para una nueva instalación.	42
Tabla 4.2. Precio de equipos y materiales.....	45
Continuación Tabla 4.2. Precio de equipos y materiales.....	46
Tabla 4.3. Precios de herramientas y equipos.	47
Tabla 4.4. Costos de mano de obra.	48
Tabla 4.5. Valor total del proyecto.....	48
Tabla 4.6. Datos generales del proyecto.	49
Tabla 4.7. Periodos Anuales.....	50
Tabla 4.8. Periodos Anuales.....	50
Tabla 4.9. Tasa interna de retorno.....	51

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal determinar los niveles de cobertura LTE en el sector de Guajalo, mediante un Drive Test con la aplicación móvil G-NETTRACK LITE, con el cual se puede realizar pruebas de cobertura sin mayor costo gracias a la posibilidad de tener incorporado varias aplicaciones en un solo equipo como por ejemplo el GPS, scanner, mapas digitales entre otros.

Gracias a esta incorporación de aplicaciones móviles se puede evidenciar los niveles de RSRP, RSRQ Y SINR para determinar las falencias de la red LTE de la operadora celular. Para corroborar los niveles de cobertura que se obtiene del Drive Test se realiza unas predicciones del estado actual el en programa Atoll 3.3.0.7 trial.

A partir de los datos obtenidos, se procede a analizarlos en parámetros de cobertura de la operadora.

Una vez analizados los datos y evidenciando problemas de cobertura en el sector, se presentan tipos de soluciones para mejorar los huecos de cobertura que se puede observar tanto en el Drive Test como en las predicciones, se proceder a seleccionar una solución viable, tanto en la parte económica como en la técnica.

Posteriormente se efectúa una simulación de la solución escogida para solucionar los problemas de cobertura que se tiene actualmente en el sector.

Finalmente se propone los equipos para la implementación mediante un análisis técnico, determinando la viabilidad del proyecto, un análisis económico de costos de equipos, mano de obra y materiales.

ABSTRACT

The main objective of this project is to determine the levels of LTE coverage in the Guajalo sector, by means of a Drive Test with the mobile application G-NETTRACK LITE, with which it is possible to carry out coverage tests without greater cost thanks to the possibility of having Built several applications on a single computer such as GPS, scanner, digital maps among others.

Thanks to this incorporation of mobile applications, the levels of RSRP, RSRQ and SINR can be evidenced to determine the failures of the LTE network of the cellular operator. In order to corroborate the levels of coverage that is obtained from the Drive Test, a prediction of the current state is made in the program Atoll 3.3.0.7 trial.

Based on the data obtained, they are analyzed in coverage parameters of the operator.

Once analyzed the data and evidencing problems of coverage in the sector, there are types of solutions to improve the coverage gaps that can be observed in both the Drive Test and the predictions, proceed to select a viable solution, both in the Economic part as in the technique.

Subsequently a simulation of the chosen solution is made to solve the problems of coverage that is currently in the sector.

Finally, the teams are proposed for the implementation through a technical analysis, determining the feasibility of the project, an economic analysis of equipment costs, labor and materials

INTRODUCCIÓN

Debido a la cantidad de abonados de telefonía móvil que posee el sector de Guajalo actualmente y en su afán de superación y competencia se ha optado por la actualización tecnológica de sus redes, ya que según la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), conectar a la población a la banda ancha móvil es una herramienta competitiva en los negocios, salud, educación, etc., además es un sitio densamente poblado que cuenta con importantes empresas, hospitales, centros de salud, centros comerciales, terminal terrestre e instituciones educativas.

En virtud de los avances tecnológicos, se pueden brindar servicio de LTE (LONG TERM EVOLUTION) por parte de la operadora móvil del país, debido a que al momento se encuentran en expansión de su red LTE en sectores en los cuales la demanda de un mejor servicio está aumentando, facilitando la cobertura y la velocidad de transferencia de datos para interactuar con dispositivos móviles de alto rendimiento que actualmente se comercializan en el mercado del país, lo que impulsa al estudio del diseño de una red con tecnología de cuarta generación LTE en Guajalo, capaz de dotar de conectividad e Internet a sus habitantes sin importar nivel socioeconómico, solventando necesidades y adoptándose a las capacidades de los ciudadanos y las empresas ubicadas en el sector.

Con el estudio realizado y el análisis de cobertura en la zona se determina la factibilidad técnica de la ampliación de la red LTE por parte de la operadora celular en el sector.

CAPÍTULO 1

ESTADO ACTUAL EN LA RED

1.1 Definición de la empresa

1.1.1 Datos Generales

La empresa Constructora Daniel Ayala TRT S.A está ubicada en el centro histórico del Distrito Metropolitano de Quito en las calles, Av. América y Bogotá frente a la Escuela Espejo, es una empresa prestadora de servicios dedicada a brindar soluciones tecnológicas de Telecomunicaciones, Electrónica y Electricidad.

Los servicios principales a los que se dedica son el diseño e implementación de TSS, Nodos: 2G,3G,4G, Smallcell, IBS, Wifi, BBU3900, Sistema Radiante, Microonda, instalación de data center, instalación de Escalerilla, instalación de gabinetes, instalación de equipos, BTS, ADM, UA5000, MA5600T, MPLS, CORE, instalación de Piso Falso.

Entre los servicios con mayor demanda es el cableado de energía eléctrica DC y AC, instalación y pruebas de baterías, instalación de rectificadores, Emerson, ZTE, One, Eltek, fabricación e instalación de tableros eléctricos, TTA, TDP, PDUs, instalación de Inversores, UPS, diseño e implementación de redes de fibra, LAN, Backbone, MAN, GPON, WAN, enlaces de fibra ADSS.

1.1.2 Trayectoria

Dentro de los principales trabajos realizados por la empresa Constructora Daniel Ayala TRT S.A, están instalación de infraestructura eléctrica radio bases ECU911, EMERSON, 2105 – 2016, TSS, node B, OSC-NOKIA, 2015, fabricación de tableros eléctricos PDU, CNT-ECU911, fabricación de Tablero AC, EMERSON – CLARO, instalación de equipos Huawei Wireless & MW, para CLARO/CNT, 2016, migración de Cargas AC y DC, para CNT, 2016, instalación de equipos UMTS Huawei, Huawei-Claro, instalación de equipos Core, Claro, 2015, instalación de infraestructura, cableado estructurado Cat 6, Claro, 2105

1.1.3 Clientes Importantes

Dentro los clientes importantes en el transcurso de los años de trayectoria la Constructora Daniel Ayala TRR S.A ha brindado servicio a las siguientes empresas CLARO, CNT, Huawei-Claro, Movistar.

1.2 Cobertura de LTE Guajalo

1.2.1 Red LTE de la operadora

4G de LTE provee velocidades con rangos de datos de pico en valores superiores a las tecnologías antecesoras a 3G, con una velocidad de 100 Mbps de bajada y 30 Mbps de subida, se reduce la latencia, posee escalabilidad de ancho de banda y es compatible con tecnología tales como GSM y UMTS preexistentes.

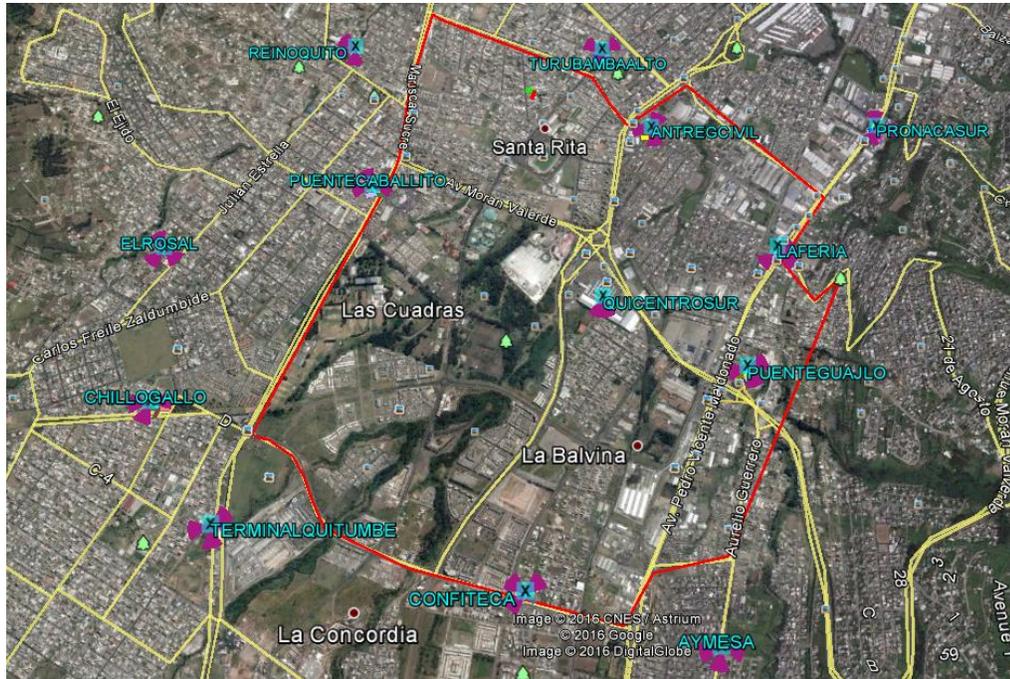
4G maneja OFDM (multiplexación de división de frecuencia ortogonal) y trabaja con tecnología MIMO (Multiple Input Multiple Output) similar a las manejadas en el estándar IEEE 802.11n. La correlación entre señal-ruido (SNR) presentado en el receptor habilitado por MIMO, junto con OFDM, provee una cobertura superior y un mejor rendimiento, principalmente en zonas urbanas densas.

LTE en las operadoras móviles es la opción predilecta de banda ancha inalámbrica desde la evolución de 3G. Las operadoras móviles modernizan su infraestructura que está operativa para implementar LTE y no iniciar desde cero. Para las operadoras móviles la tecnología LTE se ha ido incrementando como una de las principales opciones debido al crecimiento y a la cantidad de tráfico de sus redes. Mientras que los estándares de voz LTE no estén en su fase final, las operadoras pueden conservar las llamadas de voz en las tecnologías 2G y 3G, ocupando la red LTE para datos. (TechTarget, 2007-2017)

1.2.2 Identificación de las Estación de Radio Base (RBS) cercanas en el sector

En la figura 1.1, en el recuadro en rojo se muestra el área de estudio de cobertura delimitado, que está comprendido entre las siguientes calles, Av. Pedro Vicente Maldonado, Av. Condor Nan, Av. Mariscal Antonio José de Sucre, Cusubamba y Quimag.

Figura 1.1. Ubicación de las RBS LTE de la operadora celular.



Estaciones LTE Del Sector, Paul Jaramillo

En la tabla 1.1 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de eNodeB de la operadora celular que se encuentran operativas en el sector.

Las cuales son ubicadas mediante un Drive Test que se realizó en la zona.

Tabla 1.1. Ubicación geográfica de las estaciones de la operadora celular.

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Comments
CHILLOGALLO	78°33'43.63"W	0°17'27.37"S	[2932]	IN AIR
ELROSAL	78°33'44.90"W	0°17'2.54"S	[2920]	IN AIR
AYMESA	78°32'19.0"W	0°18'1.6"S	[2901]	IN AIR
PUNTEGUAJALO	78°32'14.1"W	0°17'20.6"S	[2873]	IN AIR
LAFERIA	78°32'8.6"W	0°17'1.1"S	[2861]	IN AIR
PARQUELINEAL	78°32'46.9"W	0°16'5.0"S	[2854]	IN AIR
REINOQUITO	78°33'18.47"W	0°16'25.50"S	[2883]	IN AIR
PRONACASUR	78°31'51.3"W	0°16'39.4"S	[2852]	IN AIR
QUICENTROSUR	78°32'36.1"W	0°17'9.1"S	[2876]	IN AIR
PUNTECABALLITO	78°33'13.37"W	0°16'51.11"S	[2896]	IN AIR
ANTREGCIVIL	78°32'28.61"W	0°16'40.14"S	[2859]	IN AIR
CONFITECA	78°32'46.9"W	0°17'53.7"S	[2908]	IN AIR
TERMINALQUITUMBE	78°33'33.1"W	0°17'44.8"S	[2926]	IN AIR
TURUBAMBAALTO	78°32'37.1"W	0°16'24.3"S	[2857]	IN AIR

Tabla de ubicaciones de las RBS de la operadora de estudio, Paul Jaramillo.

1.2.3 Drive Test realizado en la banda de frecuencia de la operadora Claro en la zona a diseñar la cobertura LTE

El Drive Test es una prueba que se realiza en las redes celulares, sin importar el tipo de tecnología en el que opere, (GSM, CDMA, UMTS, LTE). Es un medio para recoger datos sobre el estado de una red celular.

La realización de un Drive Test es una herramienta indispensable para el trabajo de los profesionales en Radio Frecuencia y comprende dos fases: la recolección de datos de la operadora y el análisis de los datos obtenidos durante el Drive Test.

Mediante el análisis de Key Performance Indicator (KPI) se pueden reconocer problemas como las interferencias de llamadas, el Drive Test ayuda a obtener un análisis más detallado y real en el campo sobre el estado de las redes. (Telecomhall Es, 2008-2017)

1.2.3.1. Procedimiento

- Como primer paso es la identificación y delimitación del área de estudio lo cual se lo realiza mediante un mapa cartográfico digital de nuestra elección en este trabajo se va a utilizar Google Earth.
- Una vez delimitada el área de estudio se diseña una ruta, la cual es la guía inicial en Drive Test, para este análisis, se usa la aplicación móvil G-NETTRACK LITE, el cual cuenta con un mapa incorporado.
- El dispositivo a usar es un celular LTE al iniciar los trabajos en el Drive Test, el consumo de batería es alto, por lo que se recomienda tener una fuente de energía externa que permita terminar los trabajos sin problemas.
- Contando con todo lo necesario se procede a iniciar la aplicación en el teléfono LTE donde se instaló la app G-NETTRACK LITE.
- En el teléfono se procede a calibrar los parámetros necesarios para iniciar la app, en este caso se inicia LTE only y se desactiva las otras tecnologías ofrecidas por la aplicación.
- Entre los parámetros a calibrar se debe activar el GPS y usarlo en la opción de máxima precisión para un mejor despliegue del mapa pre-existente en la app.
- El Drive Test se lo realiza con dos personas, una persona encargada de conducir y la otra persona tiene que ocuparse de la correcta operación del celular esto por medidas de seguridad. Es recomendable también realizarlo en el día por seguridad del personal.

- Al final de la obtención de datos con la app G-NETTRACK LITE se realiza un post-procesamiento que permite analizar los datos obtenidos del Drive Test realizado.

1.2.3.2. Equipo utilizado

- Teléfono celular LTE (Samsung Galaxy J5)
- App G-NETTRACK LITE

1.2.4. Tabla de medición de parámetros

La Potencia de Recepción de Señal de Referencia (RSRP) es similar al código de señal recibido (RSCP) medición en WCDMA. Esta medida de intensidad de la señal de una célula LTE ayuda a clasificar entre las diferentes células como entrada para la transferencia y las decisiones para una nueva selección de células. El RSRP es el promedio de la potencia de todos los elementos de recurso que llevan señales de referencia específicas de la célula en todo el ancho de banda. Por lo tanto, sólo puede medirse en el código (OFDM) que llevan símbolos de referencia.

RSRP y RSRQ son medidas claves de nivel de señal y calidad para redes LTE modernas. En las redes celulares, cuando un dispositivo telefónico se desplaza de célula a célula y realiza la selección o re-selección y transferencia de células, tiene que medir la intensidad de señal y calidad de las células vecinas.

En la red LTE, un UE (User Equipment) mide dos parámetros en la señal de referencia: RSRP (señal de referencia de energía recibida) y RSRQ (calidad de señal de referencia recibida). (Cablefree, 2017)

1.2.4.1 RSRP

El RSRP (señal de referencia de potencia recibida), se define como el promedio lineal sobre las contribuciones de potencia en [W] de los elementos de recursos (RE) que transportan señales de referencia específicas de la célula (RS) en todo el ancho de banda,

por lo que RSRP sólo se mide en los símbolos RS - RSRP es la potencia media recibida de un solo elemento de recurso RS. (Laroccasolutions, 2016)

UE mide la potencia de los elementos de recursos múltiples utilizados para transferir la señal de referencia, pero toma un promedio de ellos en lugar de sumarlos.

En el Rango de información (-44 ... -140) dBm RSRP hace un mejor trabajo al medir la potencia de la señal de un sector específico, mientras que excluye el ruido y la interferencia de otros sectores.

Los niveles de RSRP para la señal utilizable varían típicamente de aproximadamente -75 dBm cerca de un sitio de célula LTE a -120 dBm en el borde de la cobertura LTE. (Laroccasolutions, 2016).

Se utiliza como un indicador de la intensidad de señal que se tiene presente en la red, los colores que se tiene son de acuerdo al criterio del estatus del Drive Test ≥ -70 es excelente, < -80 y ≥ -90 es bueno, < -90 y ≥ -100 es regular, y < -100 es malo.

En la tabla 1.2, se muestra los parámetros de LTE y los parámetros aceptables en una cobertura de este tipo de red inalámbrica.

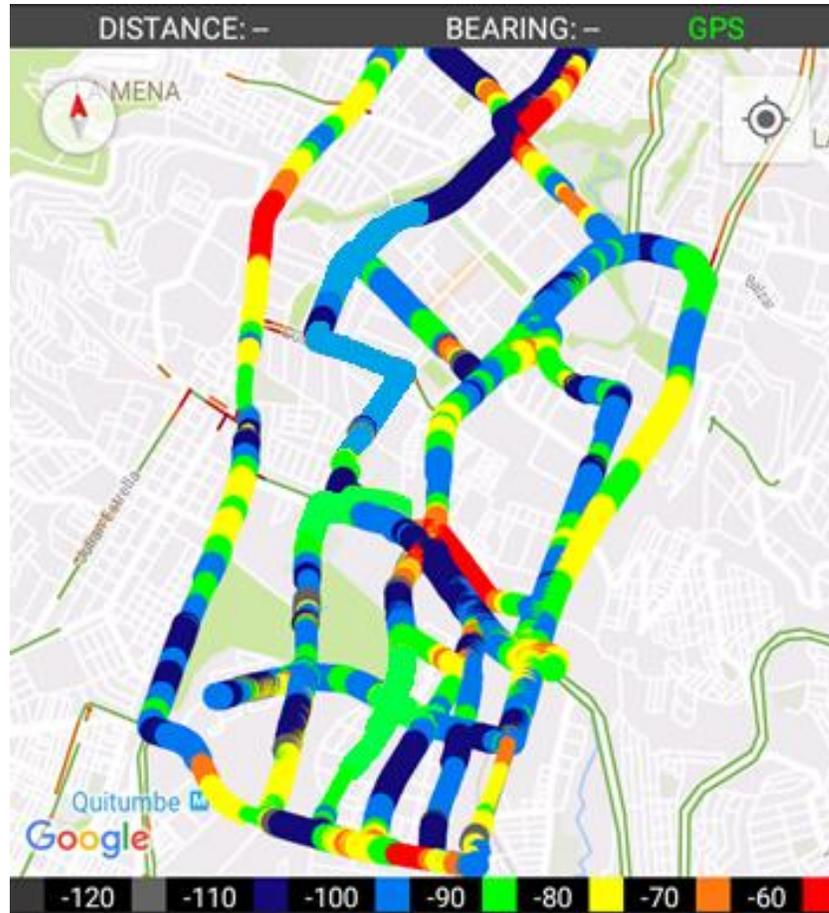
Tabla 1.2. Potencia de Recepción de Señal de Referencia.

Level RSRP	
Estatus	dBm
Excelente	≥ -60
Bueno	< -60 and ≥ -70
Aceptable	< -70 and ≥ -80
Regular	< -80 and ≥ -90
Inestable	< -90 and ≥ -100
Malo	< -100 and ≥ -110
Borde de la celda	< -110 and ≥ -120

Tabla de estatus de RSRP, Paul Jaramillo.

En la figura 1.2, se muestra los niveles de RSRP de la operadora celular de la ruta recorrida en el Drive Test. Como muestra la figura dos los niveles de cobertura están en rangos <-80 and ≥-90 que se considera como una cobertura regular que se encuentra en un 30% en el área de estudio y el resto de la cobertura está en niveles inestables que comprende 45% del área de estudio de cobertura.

Figura 1.2. Level de RSRP



RSRP obtenido en la ruta del Drive Test, Paul Jaramillo

En la tabla 1.3, se muestra el RSRP y sus porcentajes obtenidos en el Drive Test de la figura dos.

Tabla 1.3. Estado actual del RSRP.

RSRP (Potencia de Recepción de Señal de Referencia)		
Estatus	dBm	Porcentaje
Excelente	≥ -60	10%
Bueno	< -60 and ≥ -70	5%
Aceptable	< -70 and ≥ -80	20%
Regular	< -80 and ≥ -90	20%
Inestable	< -90 and ≥ -100	20%
Malo	< -100 and ≥ -110	20%
Borde de la celda	< -110 and ≥ -120	5%
		TOTAL
		100%

Tabla de porcentajes de RSRP, Paul Jaramillo.

1.2.4.2 RSRQ

La medición del RSRQ (Señal de Calidad de Referencia Recibida) proporciona información adicional cuando el RSRP no es suficiente para realizar una transferencia fiable o una decisión de re-selección de células. RSRQ es la relación entre el RSRP y el RSSI (indicador de intensidad de señal recibida), y en función del ancho de banda de medición, significa el número de bloques de recursos. RSSI es la potencia total de banda ancha recibida incluyendo todas las interferencias y el ruido térmico. Como RSRQ combina intensidad de señal, así como nivel de interferencia, este valor de medición proporciona ayuda adicional para las decisiones de movilidad. (Wireless Wisdom, 2013). En la tabla 1.4, se muestra los niveles de RSRQ usados para un óptimo funcionamiento de la red.

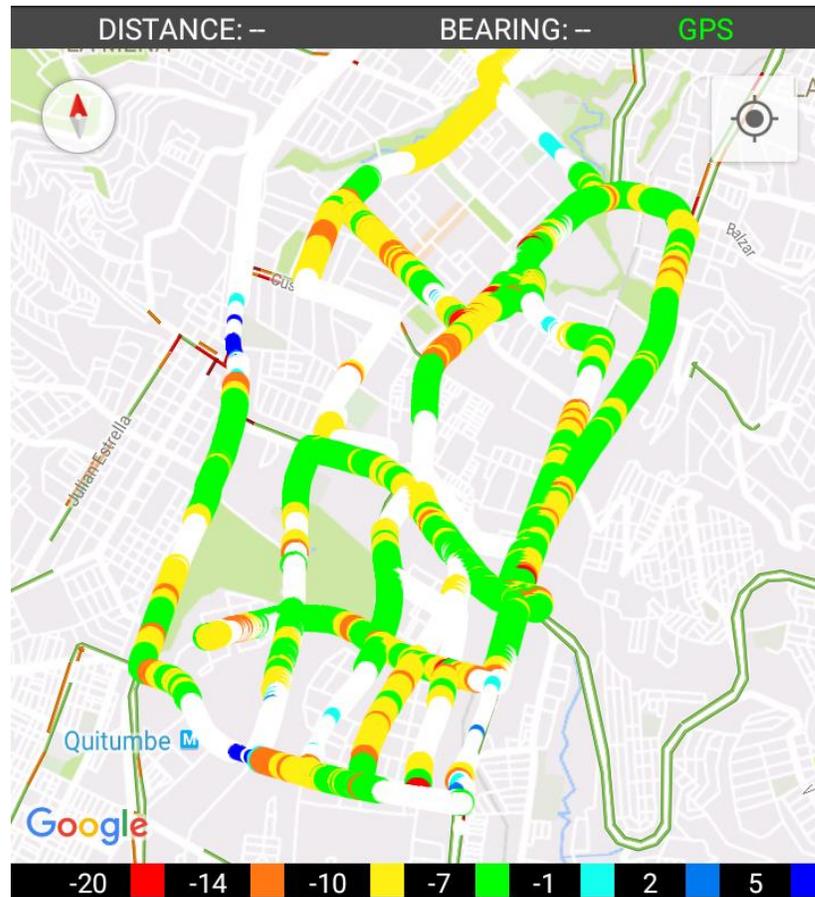
Tabla 1.4. En la tabla cuatro se muestra los parámetros de RSRQ.

Level RSRQ	
Estatus	dB
Excelente	≥ 5
Excelente	< 5 and ≥ 2
Excelente	< 2 and ≥ -1
Bueno	< -1 and ≥ -7
Regular	< -7 and ≥ -10
Inestable	< -10 and ≥ -14
Borde de la celda	< -14 and ≥ -20

Tabla de estatus de RSRQ, Paul Jaramillo.

En la figura 1.3, se muestra los niveles de RSRQ en la ruta recorrida en el Drive Test. Como muestra la figura tres los niveles de cobertura están en rangos <5 and ≥ -10 , cobertura regular que se encuentra en un 60% en el área de estudio y el resto de la cobertura está en niveles inestables que comprende 40% del área de estudio de cobertura.

Figura 1.3. Level de RSRQ.



RSRQ obtenido en la ruta del Drive Test, Paul Jaramillo

En la tabla 1.5, se muestra el RSRQ y sus porcentajes obtenidos en el Drive Test de la figura 1.3.

Tabla 1.5. Estado actual del RSRQ.

Level RSRQ		
Estatus	dB	Porcentaje
Excelente	≥ 5	1%
Excelente	< 5 and ≥ 2	2%
Excelente	< 2 and ≥ -1	1%
Bueno	< -1 and ≥ -7	50%
Regular	< -7 and ≥ -10	20%
Inestable	< -10 and ≥ -14	16%
Borde de la celda	< -14 and ≥ -20	10%

Tabla de porcentajes de RSRQ, Paul Jaramillo.

1.2.4.3 SINR

SINR (Indicador de calidad del canal) también es una medida de la calidad de la señal, pero no está definida en las especificaciones 3GPP, pero definida por el proveedor del UE. SINR es utilizado mucho por los operadores y la industria LTE en general, ya que es mejor cuantifica la relación entre las condiciones de RF y el rendimiento. Los UE normalmente usan SINR para calcular el CQI (Indicador de calidad del canal) que informan a la red.

Es una práctica común usar SINR como un indicador para la calidad de la red. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las especificaciones 3GPP no definen SINR; Por lo tanto, UE no informa SINR a la red. SINR todavía es medido internamente por la mayoría de UEs y registrado por las herramienta Drive Test. (Laroccasolutions, 2016).

En la tabla 1.6, se muestra los niveles de SINR usados para un óptimo funcionamiento de la red.

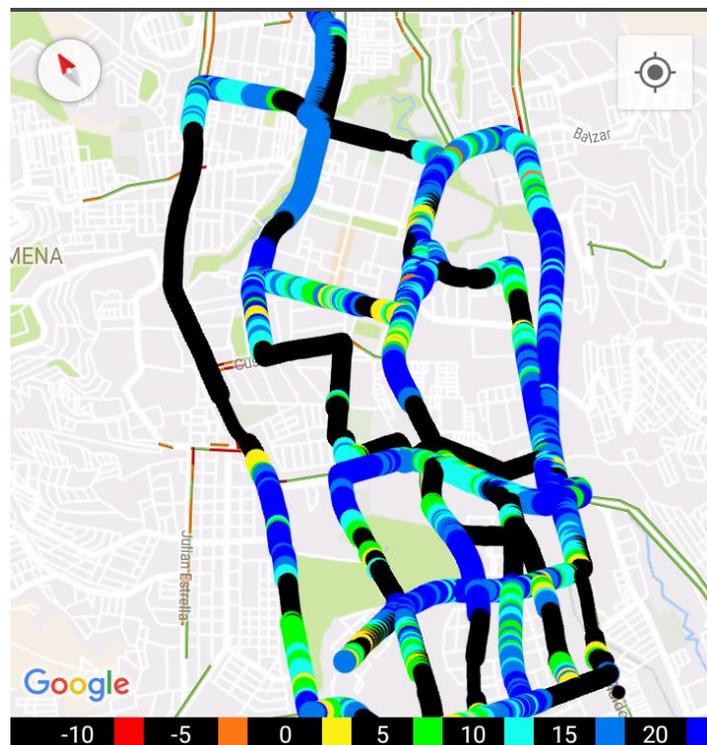
Tabla 1.6. En la tabla cuatro se muestra los niveles de SINR.

Level SINR	
Estatus	dB
Excelente	≥ 20
Excelente	< 20 and ≥ 15
Excelente	< 15 and ≥ 10
Bueno	< 10 and ≥ 5
Regular	< 5 and ≥ 0
Inestable	< 0 and ≥ -5
Borde de la celda	< -5 and ≥ -10

Tabla de estatus de SINR, Paul Jaramillo.

En la figura 1.4, se muestra los niveles de SINR de la ruta recorrida en el Drive Test.

Figura 1.4. Level de SINR.



SINR obtenido en la ruta del Drive Test, Paul Jaramillo

Como muestra la figura 1.4, los niveles de cobertura están en rangos <20 and ≥ 10 , cobertura regular que se encuentra en un 60% en el área de estudio y el resto de la cobertura está en niveles inestables que comprende 40% del área de estudio de cobertura.

Tabla 1.7. Estado actual del SINR.

Level SINR		
Estatus	dB	Porcentaje
Excelente	≥ 20	20%
Excelente	< 20 and ≥ 15	10%
Excelente	< 15 and ≥ 10	10%
Bueno	< 10 and ≥ 5	5%
Regular	< 5 and ≥ 0	5%
Inestable	< 0 and ≥ -5	20%
Borde de la celda	< -5 and ≥ -10	30%

Tabla de porcentajes de SINR, Paul Jaramillo.

En la tabla 1.7, se presenta los datos actuales de las RBS de LTE con los cuales se procederá a realizar la simulación del estado actual del sector. Se muestra el modelo de propagación el Tilt eléctrico, Tilt mecánico, Azimuth de las antenas, así como sus respectivos modelos.

Tabla 1.8. Estado actual de las RBS eNodeB.

eNodeBName	Transmitter	Antenna Type	Height (m)	Azimuth (°)	M-Tilt	E-Tilt	Main Propagation Model
CHILLOGALLO	CHILLOGALX	ADU451819	12	90	2	7	Suburban
CHILLOGALLO	CHILLOGALY	ADU451819	12	200	2	7	Suburban
CHILLOGALLO	CHILLOGALZ	ADU451819	12	270	0	6	Suburban
ELROSAL	ELROSALW	ADU451819	15	340	2	6	Urban
ELROSAL	ELROSALX	ADU451819	15.1	130	2	8	Urban
ELROSAL	ELROSALY	ADU451819	15.1	220	0	6	Urban
ELROSAL	ELROSALZ	ADU451819	15.1	330	0	5	Urban
AYMESA	AYMESAX	ADU451819	12.92	100	-4	0	Urban
AYMESA	AYMESAY	ADU451819	12.92	190	0	3	Urban
AYMESA	AYMESAZ	ADU451819	12.92	260	0	6	Urban
PUNTEGUAJALO	PUNTEGUAJALOX	ADU451819	18	80	-2	6	Urban

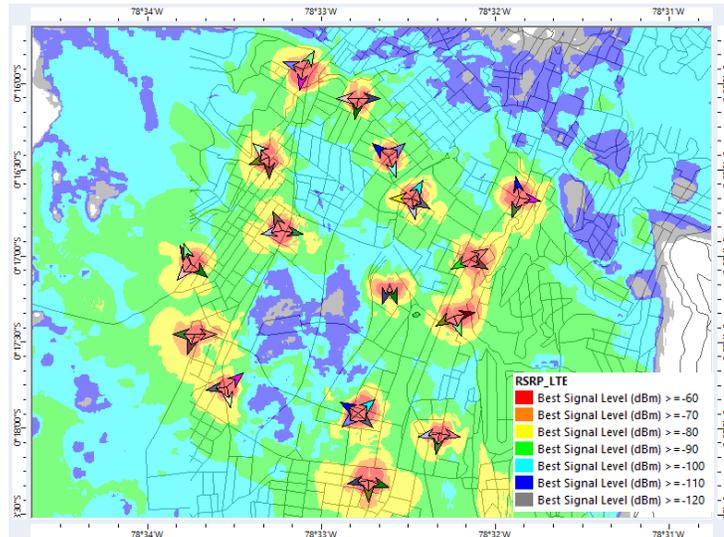
Continuación Tabla 1.9. Estado actual de las RBS eNodeB.

eNodeBName	Transmitter	Antenna Type	Height (m)	Azimuth (°)	M-Tilt	E-Tilt	Main Propagation Model
PUENTEGUAJALO	PUENTEGUAJALOY	ADU451819	20	160	-2	6	Urban
PUENTEGUAJALO	PUENTEGUAJALAZ	ADU451819	20	240	0	4	Urban
LAFERIA	LAFERIAX	ADU451819	14	60	-3	5	Urban
LAFERIA	LAFERIAZ	ADU451819	14	120	-9	2	Urban
LAFERIA	LAFERIAZ	ADU451819	14	240	0	3	Urban
PARQUELINEAL	PARQUELINEALX	AQU4518R9	18	90	4	7	Urban
PARQUELINEAL	PARQUELINEALY	AQU4518R9	18	190	3	8	Urban
PARQUELINEAL	PARQUELINEALZ	AQU4518R9	18	270	4	6	Urban
REINOQUITO	REINOQUITOX	ADU451819	15.53	180	3	7	Urban
REINOQUITO	REINOQUITOY	AQU4518R9	15.53	250	-3	4	Urban
REINOQUITO	REINOQUITOZ	AQU4518R9	12.8	310	-4	10	Urban
PRONACASUR	PRONACASURX	ADU451819	19.5	100	-4	6	Urban
PRONACASUR	PRONACASURY	AQU4518R9	19.5	200	1	6	Urban
PRONACASUR	PRONACASURZ	AQU4518R9	19.5	350	2	5	Urban
QUICENTROSUR	QUICENTROSURX	ADU451819	17.5	160	0	5	Urban
QUICENTROSUR	QUICENTROSURY	ADU451819	20.5	200	0	5	Urban
PUENTECABALLITO	PUENTECABALLITOX	ADU451819	16	100	5	7	Urban
PUENTECABALLITO	PUENTECABALLITOY	AQU4518R9	19.5	260	0	7	Urban
PUENTECABALLITO	PUENTECABALLITOX	ADU451819	16	335	0	7	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILU	ADU451819	16	120	1	8	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILX	ADU451819	17.5	30	3	8	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILY	ADU451819	16	170	6	8	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILZ	AQU4518R9	16	270	4	8	Urban
CONFITECA	CONFITECAU	ADU451819	22	135	0	10	Urban
CONFITECA	CONFITECAX	ADU451819	22	50	3	10	Urban
CONFITECA	CONFITECAY	AQU4518R9	22	230	4	10	Urban
CONFITECA	CONFITECAZ	AQU4518R9	22	300	2	10	Urban
TERMINALQUITUMBE	TERMINALQUITUMBEX	ADU451819	13.7	50	0	7	Urban
TERMINALQUITUMBE	TERMINALQUITUMBEX	ADU451819	13.7	170	3	6	Urban
TERMINALQUITUMBE	TERMINALQUITUMBEZ	ADU451819	16.7	260	0	0	Urban
TURUBAMBAALTO	TURUBAMBAALTOX	ADU451819	18	50	3	7	Urban
TURUBAMBAALTO	TURUBAMBAALTOY	ADU451819	18	160	2	4	Urban
TURUBAMBAALTO	TURUBAMBAALTOZ	ADU451819	18	310	0	5	Urban

Tabla de las ubicaciones de las RBS, Paul Jaramillo.

En la figura 1.5, se presenta la simulación en el programa Atoll en el cual se aprecian las RBS y sus niveles de cobertura en el sector.

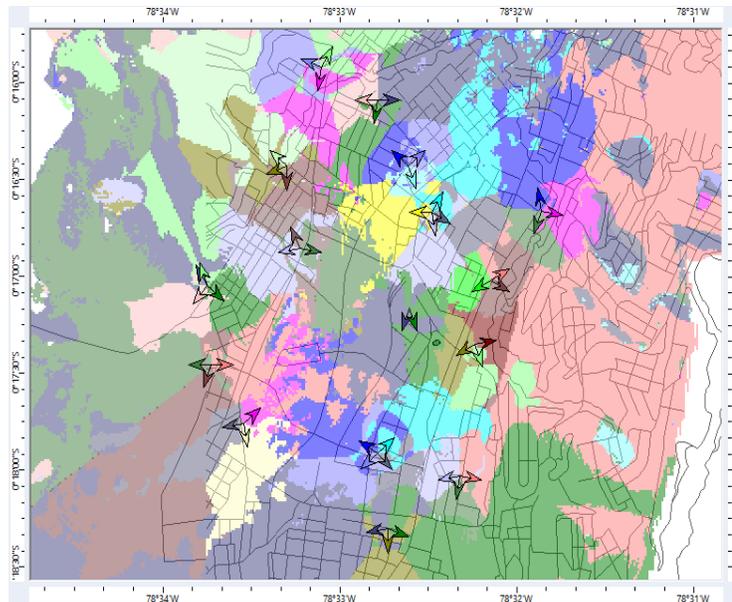
Figura 1.5. Niveles de cobertura LTE.



Cobertura obtenida en la simulación del estado actual, Paul Jaramillo

En la figura 1.6, se muestra los sectores y el área de cobertura de cada uno de ellos.

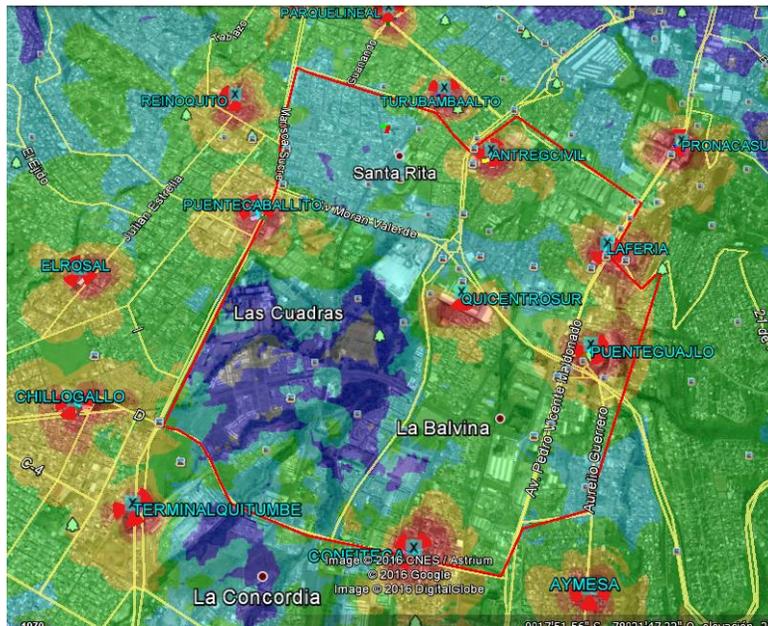
Figura 1.6. Sectores y área de cobertura



Cobertura de los sectores LTE, Paul Jaramillo

En la figura 1.7, se puede apreciar los niveles de cobertura por las RBS LTE luego de realizada la simulación del estado actual dentro del área de diseño de cobertura, en la cual presenta muchos problemas en los niveles de cobertura, observando huecos de cobertura debido a que se encuentran las estaciones un tanto separadas unas de otras y no cubren el área en unos niveles idóneos.

Figura 1.7. Simulación de cobertura LTE actual del RSRP.



Niveles de cobertura RSRP obtenido en la simulación del estado actual, Paul Jaramillo

En la tabla 1.9, se presenta los niveles de RSRP obtenidos en la simulación del estado actual de la figura 1.7.

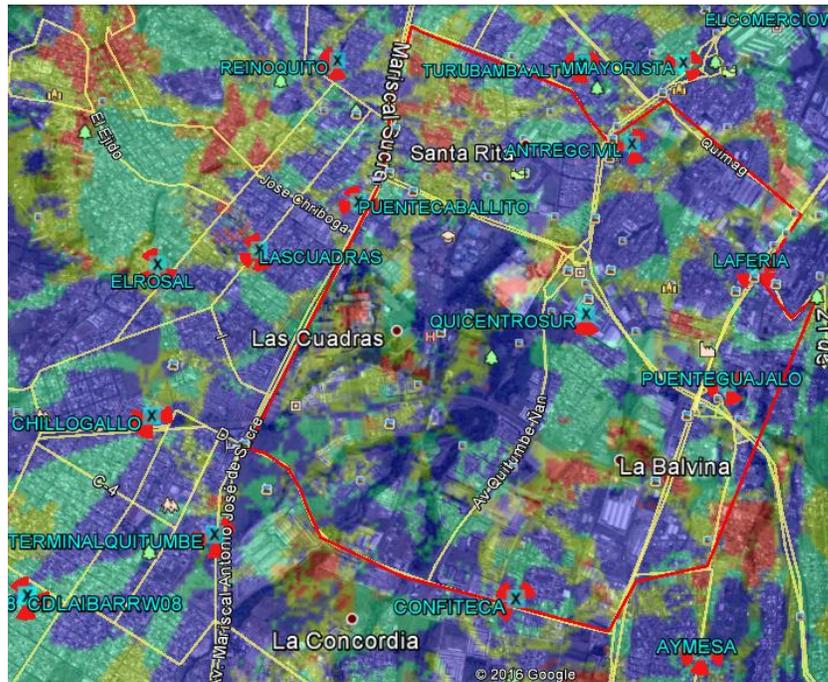
Tabla 1.10. Estado actual del RSRP de la simulación con el programa Atoll.

RSRP (Potencia de Recepción de Señal de Referencia)		
Estatus	dBm	% of Covered Area
Excelente	≥ -60	0.575
Bueno	< -60 and ≥ -70	1.168
Aceptable	< -70 and ≥ -80	3.623
Regular	< -80 and ≥ -90	17.859
Inestable	< -90 and ≥ -100	46.635
Borde de la celda	< -100 and ≥ -120	30.142
TOTAL		100

Tabla de valores de la simulación del RSRP, Paul Jaramillo.

En la figura 1.8, se presenta los niveles de SINR obtenidos en la simulación del estado actual de la cobertura de LTE en el sector.

Figura 1.8. Simulación de cobertura LTE actual del SINR.



Niveles de cobertura SINR obtenido en la simulación del estado actual, Paul Jaramillo.

En la tabla 1.10, se presenta los niveles de SINR obtenidos en la simulación del estado actual de la figura 1.8.

Tabla 1.11. Estado actual del SINR de la simulación con el programa Atoll.

Level SINR		
Estatus	dB	Porcentaje
Excelente	≥ 20	26.345
Bueno	< 20 and ≥ 10	47.122
Regular	< 10 and ≥ 0	19.327
Borde de la celda	< 0 and ≥ -20	7.685
TOTAL		100

Tabla de valores de SINR, Paul Jaramillo.

1.3 Requerimientos LTE en el sector

1.3.1 Empresas importantes

Dentro de las principales empresas que se encuentran en el área delimitada de estudio de cobertura se encuentra:

- Play Wood
- Aymesa
- Quicentro Sur
- Confiteca
- Oficinas de Ep PetroEcuador

1.3.2 Población

El área de estudio de cobertura está comprendida por las calles Av. Pedro Vicente Maldonado, Av. Condor Nan, Av. Mariscal Antonio José de Sucre, Cusubamba y Quimag. Tiene una población aproximada de 79795 habitantes según el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (AGROECUADOR, 2012) cantón

1.4 Falencia y potencialidades

Con los datos obtenidos en el Drive Test, de la app G-NetTrack Lite y la simulación realizada con el software de planeamiento y predicción, se determinan las falencias de cobertura que presenta la operadora y posteriormente se presentan las ventajas y la posible solución.

Se analiza también los niveles de cobertura de LTE en el área delimitada por el Drive Test para determinar si los niveles son los óptimos en el sector.

Tabla 1.12. Clasificación cualitativa del RSRP.

RSRP (Potencia de Recepción de Señal de Referencia)		
Estatus	dBm	Descripción Cualitativa
Excelente	≥ -60	La red tiene excelentes niveles de intensidad esto a pocos metros de la BTS
Bueno	< -60 and ≥ -70	Presenta niveles buenos de señal.
Aceptable	< -70 and ≥ -80	Presenta niveles aceptables de señal.
Regular	< -80 and ≥ -90	Podría surgir problemas para mantener la conexión
Inestable	< -90 and ≥ -100	Los niveles son inestables esforzando a los dispositivos móviles
Malo	< -100 and ≥ -110	La red presenta problemas con la intensidad de la señal.
Borde	< -110 and ≥ -120	No garantiza la conectividad de los dispositivos ya que se encuentra en el borde de la celda.

Tabla cualitativa de RSRP, Paul Jaramillo.

Según los parámetros de diseño de G-NetTrack Lite el RSRP que se debe tener en una red para considerar que no se tiene problemas es ≥ -80 dBm, Si se observa en la tabla uno el 35% de tiempo en la red que se la podría considerar fiable, el otro 65% del tiempo se presenta problemas de intensidad de señal en un canal, esto se verá reflejado en la pérdida de paquetes en cuanto a los datos móviles.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar la cobertura de cuarta generación LTE en el sector de Guajalo para la empresa CONSTRUCTORA DANIEL AYALA TRT S.A. mediante software de planeamiento y predicción para determinar la factibilidad de su implementación.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar las redes LTE de la operadora celular Claro para obtener los requerimientos de cobertura LTE en el sector de Guajalo.
- Identificar el procedimiento y los dispositivos utilizados en una operadora celular para diseñar la cobertura LTE en el sector de Guajalo.
- Diseñar la cobertura LTE mediante una simulación en el software de planeamiento y predicción para verificar la cobertura de LTE en el sector de Guajalo.
- Analizar los costos de implementación para verificar la factibilidad económica de la implementación de LTE en el sector.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se plantea dos propuestas las cuales ayudan a mejorar los niveles de cobertura del sector de Guajalo anteriormente delimitado en el capítulo uno, como se puede observar en el capítulo anterior mediante la simulación del estado actual como en el Drive Test en el sector presenta problemas de cobertura, por lo cual se presentan dos posibles soluciones para mejorar los parámetros de cobertura a niveles aceptables.

2.1. Selección de la propuesta

A continuación, se presentan dos tipos de soluciones outdoor para el sector las cuales son desarrolladas mediante una simulación, con la cual se obtendrán los niveles de señal de RSPR, SINR y posteriormente se optará por un de ellas.

2.1.1. Propuesta uno

Se propone la implementación de LTE en las estaciones UMTS que se encuentran en el sector como se puede apreciar en la figura 9, varias de ellas no cuentan con tecnología LTE en las BTS, con lo cual se podrá cubrir los huecos de cobertura de LTE, que fue encontrado mediante un Drive Test y las predicciones del estado actual en el sector de diseño de LTE.

En la tabla 2.1, se presenta la ubicación geográfica de las estaciones LTE incluido los sitios de UMTS donde se implementa la nueva tecnología.

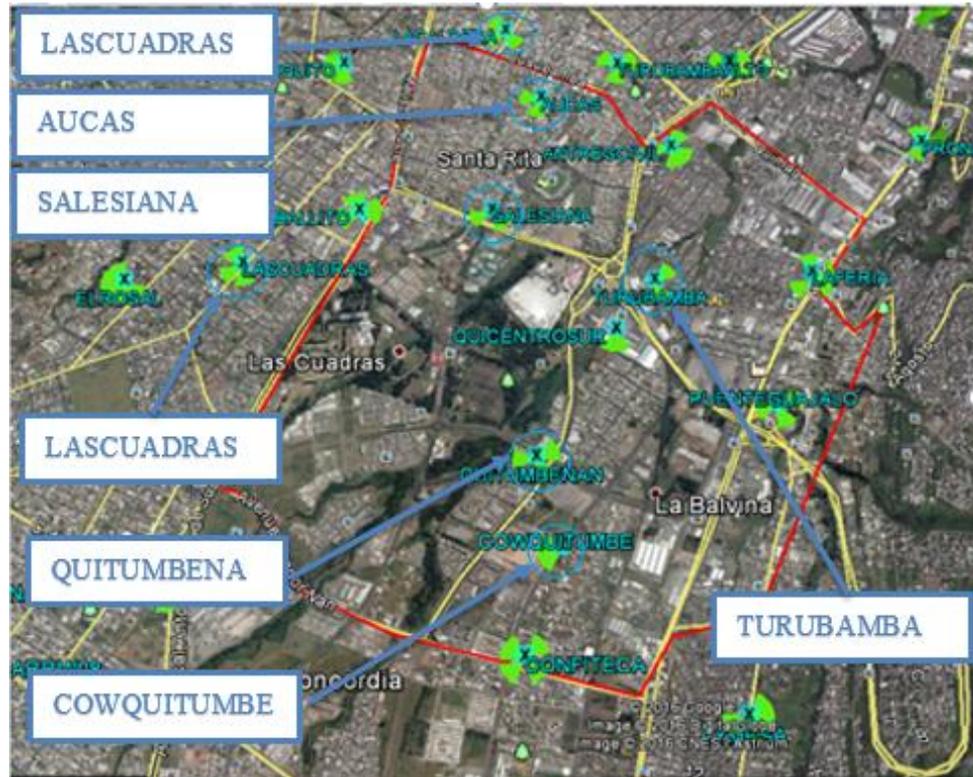
Tabla 2.1. Ubicación de las estaciones LTE.

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Comments
LACALDERA	78°33'1.85"W	0°16'19.5"S	[2865]	IN AIR
CHILLOGALLO	78°33'43.63"W	0°17'27.37"S	[2932]	IN AIR
COWQUITUMBE	78°32'42.98"W	0°17'40.59"S	[2900]	IN AIR
ELROSAL	78°33'44.90"W	0°17'2.54"S	[2920]	IN AIR
AYMESA	78°32'19.0"W	0°18'1.6"S	[2901]	IN AIR
PUENTEGUAJALO	78°32'14.1"W	0°17'20.6"S	[2873]	IN AIR
AUCAS	78°32'48.2"W	0°16'31.6"S	[2863]	IN AIR
LAS CUADRAS	78°33'28.98"W	0°16'59.81"S	[2906]	IN AIR
LAFERIA	78°32'8.6"W	0°17'1.1"S	[2861]	IN AIR
PARQUELINEAL	78°32'46.9"W	0°16'5.0"S	[2854]	IN AIR
REINOQUITO	78°33'18.47"W	0°16'25.50"S	[2883]	IN AIR
PRONACASUR	78°31'51.3"W	0°16'39.4"S	[2852]	IN AIR
QUICENTROSUR	78°32'36.1"W	0°17'9.1"S	[2876]	IN AIR
PUENTECABALLITO	78°33'13.37"W	0°16'51.11"S	[2896]	IN AIR
QUITUMBENAN	78°32'46.7"W	0°17'28.3"S	[2892]	IN AIR
ANTREGCIVIL	78°32'28.61"W	0°16'40.14"S	[2859]	IN AIR
CONFITECA	78°32'46.9"W	0°17'53.7"S	[2908]	IN AIR
TERMINALQUITUMBE	78°33'33.1"W	0°17'44.8"S	[2926]	IN AIR
TURUBAMBAALTO	78°32'37.1"W	0°16'24.3"S	[2857]	IN AIR
TURUBAMBA	78°32'31.1"W	0°17'2.1"S	[2870]	IN AIR
SALESIANA	78°32'54.54"W	0°16'50.94"S	[2874]	IN AIR

Tabla de Ubicación de las estaciones LTE, Paul Jaramillo

Como se puede apreciar en la figura 2.1, las estaciones de UMTS son mucho mayores que las estaciones de LTE en el sector y están identificadas en la figura 2.1, las RBS en las cuales se propone la instalación de una nueva tecnología.

Figura 2.1. Estaciones UMTS.



Ubicación de las BTS de UMTS, Paul Jaramillo.

2.1.1.1 Ventajas

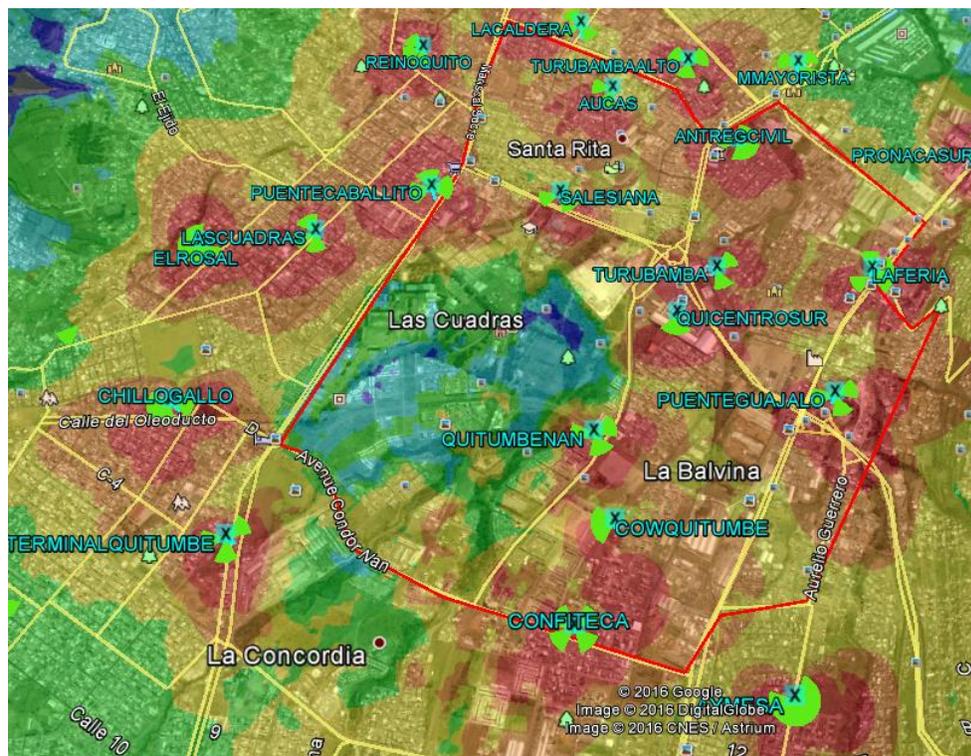
- Como se puede ver en la figura nueve, las radio bases de UMTS en el sector a analizar son mucho mayores a las estaciones de LTE, por lo cual se considera que en esos sitios se podrá instalar LTE al ser un sitio existente y podría ser viable la implementación de una nueva tecnología.
- Económicamente existe una ventaja que las BTS se encuentren dentro del sector, siendo más viable su implementación, debido a que no se tendrá que buscar sitios nuevos y el costo de implementación sería menor.
- Se contaría con estructura física como torres, monopolos, equipos como APM y toda la infraestructura necesaria que facilita la instalación, ubicando las nuevas RRU back to back con las RRU existentes y usando unas nuevas antenas.

2.1.1.2 Desventajas

- Como se puede observar en la figura siete se presentan huecos de cobertura debido a que en esa zona no existen estaciones UMTS existente donde se puede implementar LTE.
- Los usuarios no tendrán unos óptimos parámetros de señal en el sector del parque de Las Cuadras, en cual se presenta el hueco de cobertura LTE.

Como se apreciar en la figura 2.2, se presenta la cobertura de LTE en las estaciones de UMTS en las cuales ya es implementada la nueva tecnología para el sector.

Figura 2.2. Propuesta uno.



Ubicación de las RBS de UMTS., Paul Jaramillo

2.1.2 Propuesta Dos

Como segunda opción se propone la implementación de LTE en las estaciones UMTS y adicionalmente dos sitios nuevos, los cuales permitirá cubrir un área en la cual no se cuenta con estaciones pre existentes de UMTS.

En la figura 2.3, se presenta la ubicación de los nuevos sitios de LTE para cubrir un hueco de cobertura presente en el sector del parque de Las Cuadras y las urbanizaciones cercanas que están en un constante desarrollo.

Figura 2.3. Propuesta dos.



Ubicación de las BTS de UMTS incluido dos sitios nuevos, Paul Jaramillo.

2.1.2.1 Ventajas

- Se podrá brindar un mejor servicio de LTE con unos niveles óptimos de la señal en toda el área de estudio.
- Se cubrirá los huecos de cobertura en el sector de diseño y los usuarios tendrán un servicio óptimo sin perder la señal de cobertura en todo su recorrido.

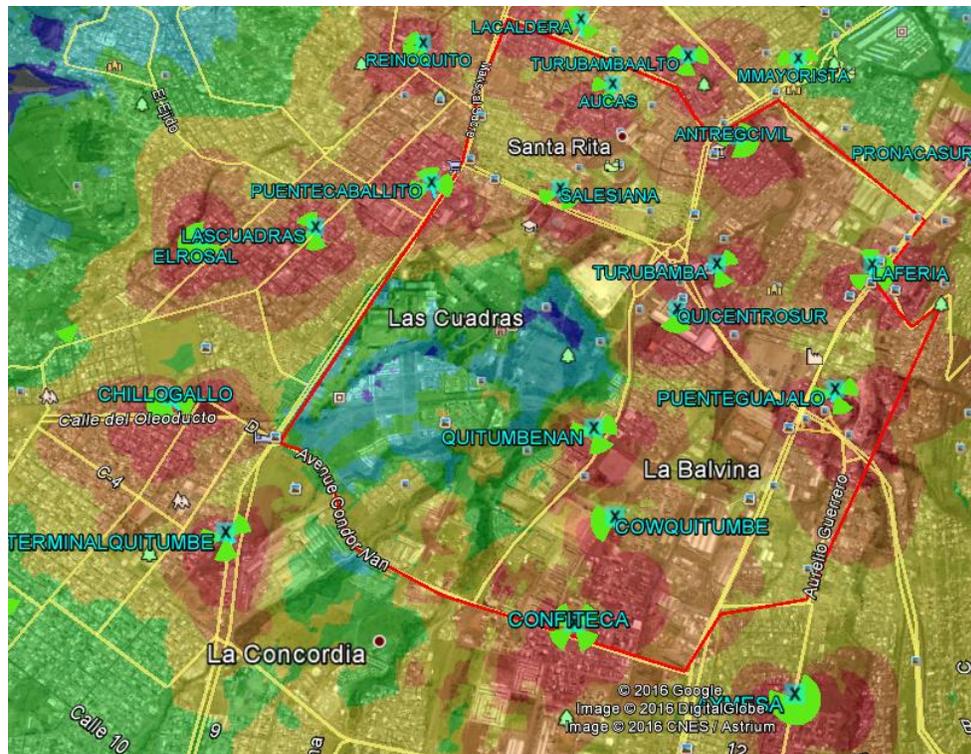
2.1.2.2 Desventajas

- Uno de los principales problemas en instalar sitios nuevos es su costo y el tiempo de planeación e implementación es mayor.

- Los sitios nuevos pasan por un estudio de factibilidad de costo beneficio para la operadora, por lo cual muchos de ellos son descartados o se tardan en ser implementados.

En la figura 2.4 se presenta la nueva cobertura de LTE para el sector en la cual se cuenta con dos sitios adicionales, que mejora la cobertura en el sector del Parque de las Cuadras.

Figura 2.4. Propuesta dos.



Ubicación de los eNodoB y UMTS incluido dos sitios nuevos, Paul Jaramillo.

2.3. Selección de la propuesta.

Para mejorar los niveles de cobertura en el sector de Guajalo, se han considerado dos propuestas las cuales se han presentado anteriormente y a continuación se selecciona la mejor opción.

Por medio de una tabla comparativa se expone las ventajas y las desventajas de cada una de las opciones, las cuales se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de las propuestas.

Propuesta	Ventajas	Desventajas
Implementación de LTE en estaciones UMTS	Su implementación sería la más idónea y segura que la operadora lo realizaría por contar con un sitio operativo con otra tecnología.	La principal desventaja es que no cubriría la totalidad del área y se presentaría unos huecos de cobertura.
Implementación de LTE en estaciones UMTS mas dos sitios nuevos	Su implementación lograría cubrir toda el área con niveles óptimos de la señal de LTE	Al contar con los dos sitios nuevos, la propuesta a nivel de costos y factibilidad no es viable, debido que es un área que existe un parque y una zona no muy poblada.

Tabla comparativa de las propuestas, Paul Jaramillo

Para escoger la opción idónea que nos permita cumplir con nuestro objetivo se determinaron varios factores, tales como la cobertura, la zona de implementación y el costo.

Basados en todos estos aspectos se puede apreciar que la opción 1 es la más viables considerando que la operadora celular inicia su expansión de la red LTE en un sitio preexistente que cuenta con toda la infraestructura necesaria para no tener que iniciar la instalación de esta tecnología desde cero.

A pesar de que nuestra propuesta tiene la desventaja de no cubrir toda el área expuesta en este proyecto, se analizó que en la zona dónde se presentan los huecos, existe un parque dónde no se requiere de mayor uso de la tecnología LTE.

2.4. Simulación de la propuesta

Se trabaja con el software de planificación ATOLL 3.3.0.7 trial para la simulación de la propuesta uno, que fue escogida por su factibilidad de implementación, el cual ya fue usado en las predicciones del estado actual de los niveles de propagación de LTE facilitando así la comparación de estos valores y su mejora luego de la implementación de la propuesta escogida.

En la tabla 2.3, se presentan los datos finales de las RBS con las cuales se realizó la simulación en el programa ATOLL del estado final, de la cobertura de LTE en el sector de Guajalo a una banda de frecuencia de 2140Mhz.

Tabla 2.3. Estado final de las RBS eNodeB.

Site	Transmitter	Model Antenna	Height (m)	Azimuth (°)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)	Main Propagation Model
LACALDERA	LACALDERAX	AQU4518R9	18	140	0	10	Urban
LACALDERA	LACALDERAY	AQU4518R9	18	240	-4	10	Urban
LACALDERA	LACALDERAZ	AQU4518R9	18	320	-4	10	Urban
CHILLOGALLO	CHILLOGALLOX	ADU451819	12	90	0	10	Suburban
CHILLOGALLO	CHILLOGALLOY	ADU451819	12	200	-4	10	Suburban
CHILLOGALLO	CHILLOGALLOZ	ADU451819	12	250	-5	10	Suburban
COWQUITUMBE	COWQUITUMBEX	AQU4518R9	17.5	234	0	6	Urban
COWQUITUMBE	COWQUITUMBEX	AQU4518R9	20.5	260	0	6	Urban
ELROSAL	ELROSALX	ADU451819	15.1	130	0	10	Urban
ELROSAL	ELROSALY	ADU451819	15.1	220	-4	10	Urban
ELROSAL	ELROSALZ	ADU451819	15.1	330	-4	10	Urban
ELROSAL	ELROSALU	ADU451819	15	340	0	10	Urban
AYMESA	AYMESAX	ADU451819	12.92	100	-5	10	Urban
AYMESA	AYMESAY	ADU451819	12.92	190	-3	10	Urban
AYMESA	AYMESAZ	ADU451819	12.92	260	0	10	Urban
PUENTEGUAJALO	PUENTEGUAJALOX	ADU451819	18	80	-5	6	Urban

Continuación Tabla 2.3. Estado final de las RBS eNodeB.

Site	Transmitter	Model Antenna	Height (m)	Azimuth (°)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)	Main Propagation Model
PUENTEGUAJALO	PUENTEGUAJALAZ	ADU451819	20	240	0	6	Urban
AUCAS	AUCASX	AQU4518R9	17	200	0	6	Urban
AUCAS	AUCASY	AQU4518R9	17	260	-3	6	Urban
LAS CUADRAS	LASCUADRASX	AQU4518R9	16	170	5	6	Urban
LAS CUADRAS	LASCUADRASY	AQU4518R9	19.5	240	0	4	Urban
LAS CUADRAS	LASCUADRASZ	AQU4518R9	16	320	0	10	Urban
LAFERIA	LAFERIAx	ADU451819	14	60	-3	10	Urban
LAFERIA	LAFERIAy	ADU451819	14	120	-3	10	Urban
LAFERIA	LAFERIAz	ADU451819	14	240	0	6	Urban
PARQUELINEAL	PARQUELINEALx	AQU4518R9	18	90	0	6	Urban
PARQUELINEAL	PARQUELINEALy	AQU4518R9	18	190	0	6	Urban
PARQUELINEAL	PARQUELINEALz	AQU4518R9	18	270	0	6	Urban
REINOQUITO	REINOQUITOX	ADU451819	15.53	180	0	10	Urban
REINOQUITO	REINOQUITOY	AQU4518R9	15.53	250	-4	10	Urban
REINOQUITO	REINOQUITOZ	AQU4518R9	12.8	310	-4	10	Urban
PRONACASUR	PRONACASURX	ADU451819	19.5	100	-4	10	Urban
PRONACASUR	PRONACASURY	AQU4518R9	19.5	200	0	10	Urban
PRONACASUR	PRONACASURZ	AQU4518R9	19.5	350	0	10	Urban
QUICENTROSUR	QUICENTROSURX	ADU451819	17.5	160	0	10	Urban
QUICENTROSUR	QUICENTROSURY	ADU451819	20.5	200	0	10	Urban
PUENTECABALLITO	PUENTECABALLITOX	ADU451819	16	100	0	10	Urban
PUENTECABALLITO	PUENTECABALLITOY	AQU4518R9	19.5	260	0	4	Urban
PUENTECABALLITO	PUENTECABALLITIZ	ADU451819	16	335	0	4	Urban
QUITUMBENAN	QUITUMBENANX	AQU4518R9	13.5	70	0	10	Urban
QUITUMBENAN	QUITUMBENANY	AQU4518R9	13.5	150	0	10	Urban
QUITUMBENAN	QUITUMBENANZ	AQU4518R9	20.5	270	4	10	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILX	ADU451819	17.5	30	0	10	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILY	ADU451819	16	170	0	6	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILZ	AQU4518R9	16	270	0	4	Urban
ANTREGCIVIL	ANTREGCIVILU	ADU451819	16	120	0	6	Urban
CONFITECA	CONFITECAX	ADU451819	22	50	0	4	Urban
CONFITECA	CONFITECAY	ADU451819	22	230	0	4	Urban
CONFITECA	CONFITECAZ	AQU4518R9	22	300	0	4	Urban
CONFITECA	CONFITECAU	AQU4518R9	22	135	0	10	Urban
SANTARITA	SANTARITAX	AQU4518R9	20	30	0	10	Urban
SANTARITA	SANTARITAY	AQU4518R9	20	190	0	10	Urban

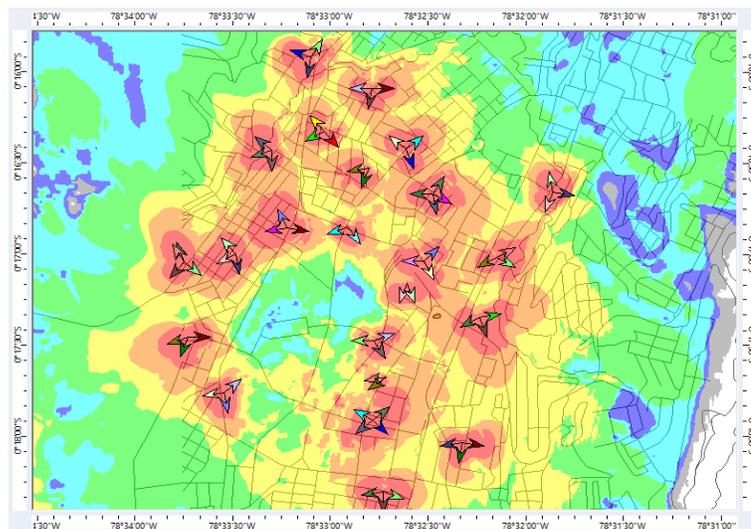
Continuación Tabla 2.3. Estado final de las RBS eNodeB.

Site	Transmitter	Model Antenna	Height (m)	Azimuth (°)	M-Tilt (°)	E-Tilt (°)	Main Propagation Model
SANTARITA	SANTARITAZ	AQU4518R9	20	290	-4	10	Urban
TERMINALQUITUMBE	TERMINALQUITUMBE X	ADU451819	13.7	50	0	10	Urban
TERMINALQUITUMBE	TERMINALQUITUMBE Y	ADU451819	13.7	170	-4	10	Urban
TERMINALQUITUMBE	TERMINALQUITUMBE Z	ADU451819	16.7	260	-4	10	Urban
TURUBAMBAALTO	TURUBAMBAALTOX	ADU451819	18	50	0	6	Urban
TURUBAMBAALTO	TURUBAMBAALTOY	ADU451819	18	160	0	4	Urban
TURUBAMBAALTO	TURUBAMBAALTOZ	ADU451819	18	310	0	6	Urban
TURUBAMBA	TURUBAMBAX	AQU4518R9	18	45	0	6	Urban
TURUBAMBA	TURUBAMBAY	AQU4518R9	18	155	0	4	Urban
TURUBAMBA	TURUBAMBAZ	AQU4518R9	18	270	0	6	Urban
SALESIANA	SALESIANAX	AQU4518R9	15.53	145	0	6	Dense Urban
SALESIANA	SALESIANAY	AQU4518R9	15.53	250	0	10	Urban
SALESIANA	SALESIANAZ	AQU4518R9	12.8	250	0	10	Urban

Tabla de las estaciones activas de LTE, Paul Jaramillo.

En la figura 2.5, se presenta los niveles de cobertura en el sector obtenidos luego de la simulación adicionando los sitios en los cuales se implementará LTE.

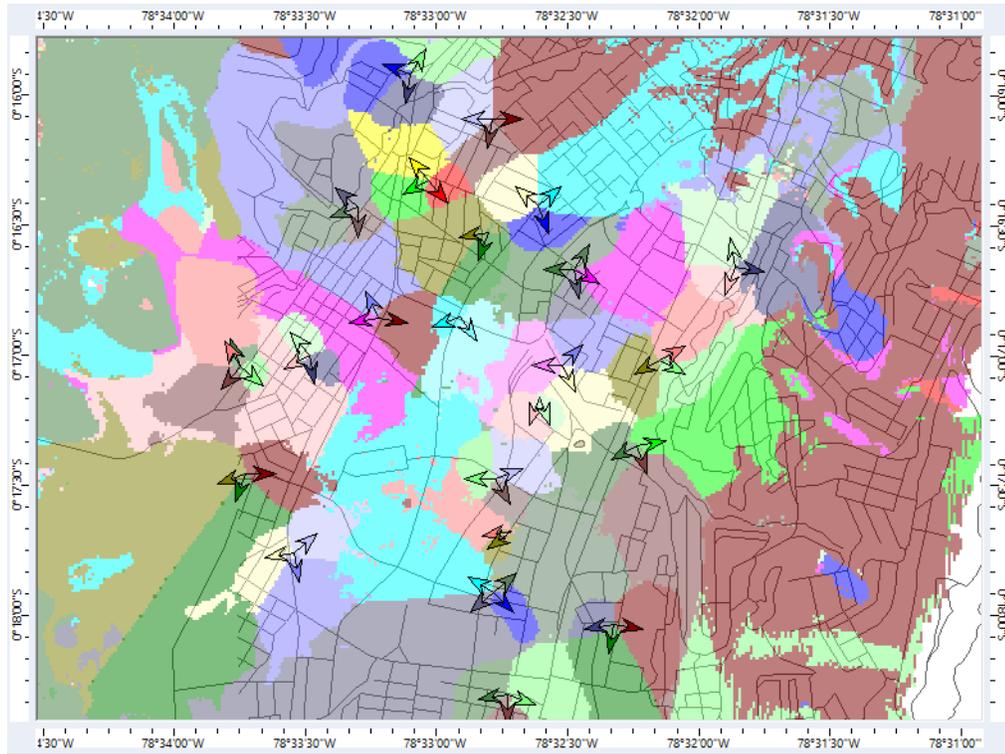
Figura 2.5. Niveles de cobertura LTE.



Niveles de cobertura LTE luego de la implementación, Paul Jaramillo.

En la figura 2.6, se muestra los sectores de LTE de las RBS y su área de cobertura en celdas.

Figura 2.6. Estaciones de LTE y sus sectores de cobertura.



Sectores de cobertura LTE luego de la implementación, Paul Jaramillo.

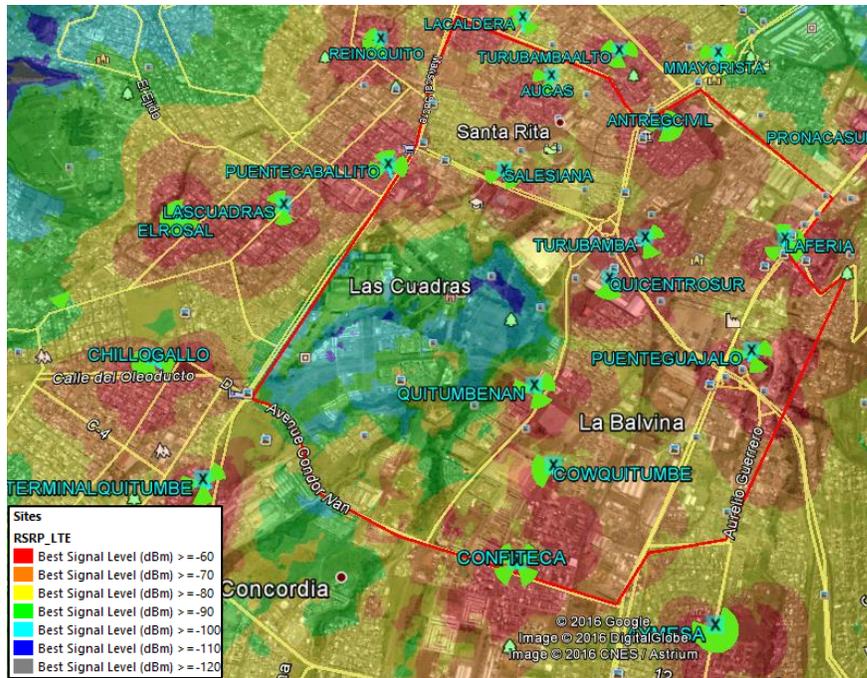
Para la simulación de propagación de LTE se toman los parámetros de RSRP, SINR con los cuales se podrá observar el aumento de cobertura en el sector.

El área que se toma para la simulación es el área que se delimito en el Drive Test, debido a que, si se extiende el área, los porcentajes obtenidos en la simulación procederían a variar.

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación en el software ATOLL.

En la figura 15, se observa el RSRP obtenido en la simulación, también se muestra las estaciones y los niveles de RSRP en dBm.

Figura 2.7. Niveles de RSRP.



Niveles de propagación de RSRP en el sector, Paul Jaramillo.

En la tabla 2.4, se indica los valores obtenidos en porcentaje de RSRP en la simulación.

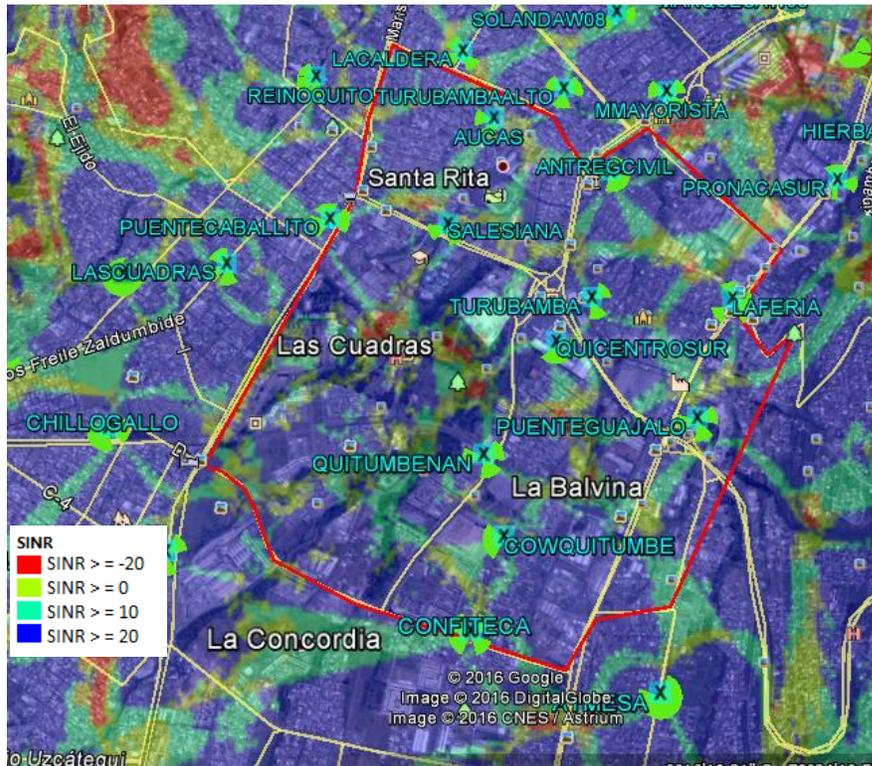
Tabla 2.4. Niveles de RSRP simulación.

RSRP (Potencia de Recepción de Señal de Referencia) Claro		
Estatus	dBm	% of Covered Area
Excelente	≥ -60	20.118
Bueno	< -60 and ≥ -70	30.583
Aceptable	< -70 and ≥ -80	21.863
Regular	< -80 and ≥ -90	16.082
Inestable	< -90 and ≥ -100	8.212
Borde de la celda	< -100 and ≥ -120	3.142
TOTAL		100

Tabla de valores de RSRP obtenidos, Paul Jaramillo

En la figura 2.8, se observa la cobertura de SINR obtenida en la simulación, también se muestra las estaciones y los niveles de SINR en dB.

Figura 2.8. Niveles de SINR.



Niveles de SINR obtenidos en la simulación, Paul Jaramillo.

En la tabla 2.5, se indica los valores obtenidos en porcentaje de SINR en la simulación.

Tabla 2.5. Niveles de SINR simulación.

Level SINR		
Estatus	dB	% of Covered Área
Excelente	≥ 20	67.413
Bueno	< 20 and ≥ 10	17.780
Regular	< 10 and ≥ 0	9.012
Borde de la celda	< 0 and ≥ -20	6.795
TOTAL		100

Tabla de valores de SINR obtenidos, Paul Jaramillo

2.5. Cuadro de mediciones de la propuesta.

En la tabla 2.6, se presenta una tabla comparativa del antes y el después de la simulación, para comparar la mejora de los niveles de señal de cobertura de RSRP.

Tabla 2.6. Cuadro comparativo del antes y después de la simulación de RSRP.

RSRP (Potencia de Recepción de Señal de Referencia)			
Estatus	dBm	Antes	Después
		% of Covered Area	% of Covered Área
Excelente	≥ -60	0.575	20.118
Bueno	< -60 and ≥ -70	1.168	30.583
Aceptable	< -70 and ≥ -80	3.623	21.863
Regular	< -80 and ≥ -90	17.859	16.082
Inestable	< -90 and ≥ -100	46.635	8.212
Borde de la celda	< -100 and ≥ -120	30.142	3.142
TOTAL		100	100

Tabla de valores RSRP del antes y después, Paul Jaramillo

En la tabla 2.7, se presenta una tabla comparativa del antes y después de la simulación, para comparar la mejora de los niveles de señal de cobertura de SINR.

Tabla 2.7. Cuadro comparativo del antes y después de la simulación de SINR.

Level SINR			
Estatus	dB	Antes	Después
		% of Covered Área	% of Covered Área
Excelente	≥ 20	26.345	67.413
Bueno	< 20 and ≥ 10	47.122	17.780
Regular	< 10 and ≥ 0	19.327	9.012
Borde de la celda	< 0 and ≥ -20	7.685	6.795
TOTAL		100	100

Tabla de valores de SINR antes y después, Paul Jaramillo

Una vez analizadas las simulaciones del antes y después se puede concluir que los niveles de cobertura LTE son mejorados en el sector.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN

Las operadoras telefónicas en el país se encuentran mejorando su red de LTE, mejorando sus equipos, actualizando el hardware antiguo con las nuevas tecnologías que ofrece el mercado hoy en día logrando así una optimización del uso del espectro radio eléctrico, ofreciendo una mayor capacidad de la red a sus usuarios.

3.1. Cobertura

La forma de ampliar la cobertura es instalando nuevos nodos en la red, por lo cual constantemente se está buscando zonas “muertas” o huecos de cobertura donde se detecta la necesidad de implementar una nueva estación.

En este caso el presente estudio ve la necesidad de implementar LTE en las estaciones ya existentes para mejorar la cobertura de la red.

El diseño se lo realiza en un área industrial y densamente poblada la cual presenta una demanda recursos de red tanto de voz como datos, por lo cual el diseño propone utilizar los sitios existentes para la instalación de equipos LTE.

3.2. Legalización

El departamento legal cumple una función primordial y es de suma importancia debido a que a menudo tiene que negociar con los operadores y organismos para poder continuar con el funcionamiento de las instalaciones. Su responsabilidad está desde el arreglo del contrato de arrendamiento de las locaciones o espacios necesarios para los sitios, hasta la tramitación de permisos y licencias de los sitios y su posterior legalización del sitio.

De acuerdo al diseño elaborado en la etapa anterior, se designa un personal que localizara en el área de búsqueda las propiedades que pueden ser usadas y los propietarios que estén

interesados en arrendar el espacio a la operadora. Con la información se presenta una lista de posibles candidatos a escoger para posteriormente instalar los equipos.

3.3. Replanteo

Un grupo de ingenieros realiza las visitas para validar la viabilidad de los candidatos en la zona a implementar un sitio nuevo.

Una vez escogido el lugar, se realiza un estudio donde se detallan los trabajos de ingeniería civil a realizar, con la finalidad de asegurar las garantías de espacio.

En este estudio se toma en cuenta, por ejemplo, la dimensión de la azotea, pilares donde apoyar la bancada que soportará el peso, suministro eléctrico disponible en el emplazamiento o elementos de seguridad necesarios para las labores de instalación y mantenimiento.

3.4. Instalación

En la figura 3.1, se muestra el diagrama de instalación de los equipos en las estaciones existentes, con toda la infraestructura y las facilidades de implementar equipos nuevos.

Figura 3.1. Diagrama de instalación de equipos.

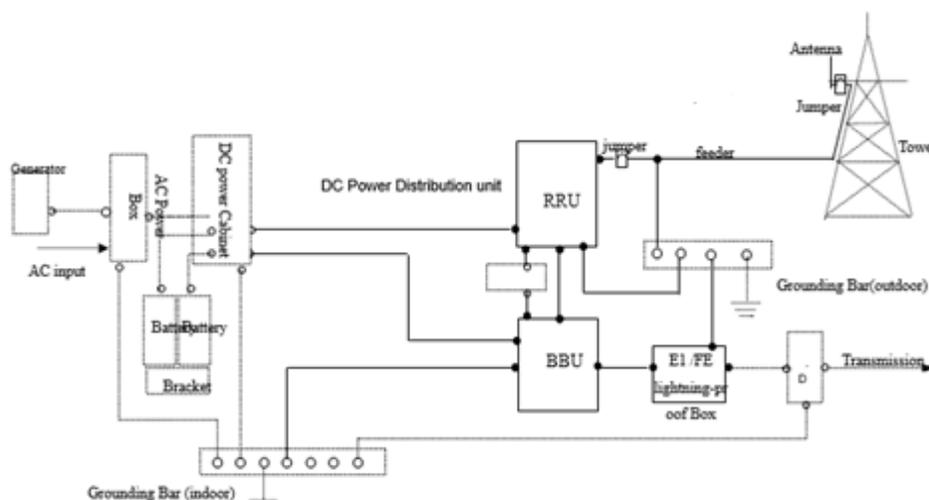


Diagrama de instalación de equipos en las eNodeB, Paul Jaramillo.

Descripción de los componentes de la instalación (Datasheets se encuentran en los anexos).

3.4.1 Descripción general de los equipos a instalarse

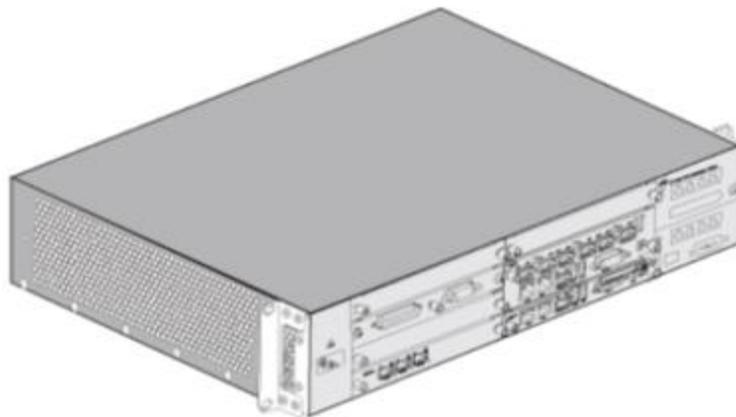
Para la implementación de los sitios se instala la solución DBS3900, la cual consta de una o varias BBU's 3900 ó BBU's 3910 según corresponda, las cuales se encuentran conectadas a una o varias RRUs (3936, 3942, 3952, 3953, 3841), dependiendo del caso.

Esta solución es la misma que se ha venido usando en los proyectos de las diferentes tecnologías (GSM, UMTS y LTE), por lo cual en algunos casos se podrá reutilizar los equipos existentes y agregar tarjetas para poder activar las funcionalidades que se requieran.

Para la instalación de sitios LET se implementa tarjetas GUL (GSM, UMTS, LTE)

- **BBU 3900_BBU 3910:**
La BBU se encarga del procesamiento de servicios además de la comunicación con MME/SGW (4G).

Figura 3.2. BBU 3900.

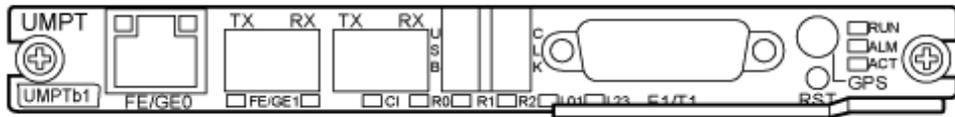


Equipo BBU 3900, (Huawei, 2012)

- **UMPT (GUL):** Este tipo de tarjeta es una tarjeta universal que soporta las tres tecnologías, y funciona tanto en BBU 3900 o BBU 3910.

Esta tarjeta es la encargada de proveer la comunicación entre la BTS y la BSC (2G), NodeB y RNC (3G), el eNodo B y EPC (4G).

Figura 3.3. Tarjeta UMPT (GUL).



Tarjeta UMPT, (Huawei, 2012)

- **UBBP (GUL):** Este tipo de tarjeta se puede utilizar en las BBU'S 3900 y 3910 esta tarjeta es la encargada de proveer la comunicación entre la BBU y RRU's (CPRI).

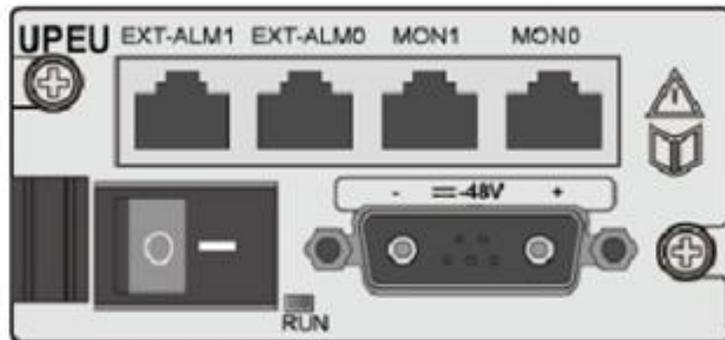
Figura 3.4. Tarjeta UBBP (GUL).



Tarjeta UBBP, (Huawei, 2012)

- **UPEU:** Esta tarjeta convierte - 48 V DC de entrada en + 12 V DC y permite monitorear alarmas externas conectando la EMUA.

Figura 3.5. Tarjeta UPEU.

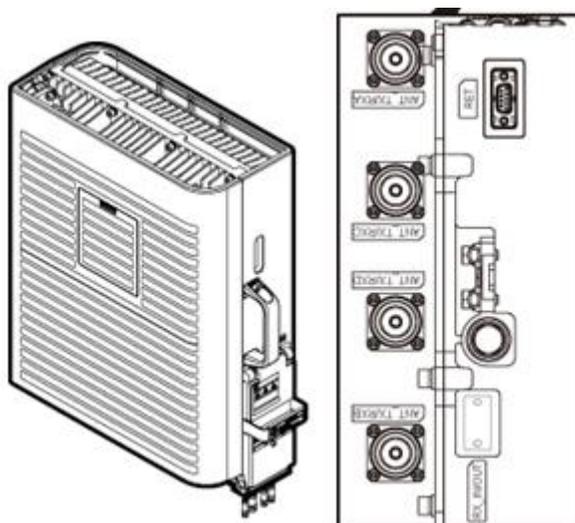


Tarjeta UPEU, (Huawei, 2012)

- **RRU (Radio Remote Unit):** Están constituidas por la unidad de interfaz high-speed, unidad de procesamiento de señal, power amplifier, duplexer y power module. Existen diversos tipos de RRU, con características variables, cuyo uso va a depender de la tecnología a ser instalada. A continuación, se muestran el modelo de la de la RRU 3841 que es la usada para LTE.

En la figura 3.6, se puede apreciar la imagen de la RRU 3841 usada para la implementación de LTE.

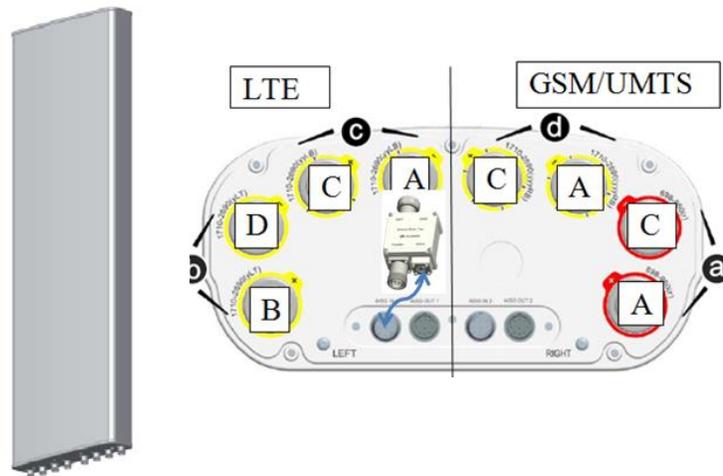
Figura 3.6. RRU 3841.



RRU 3841, (Huawei, 2012)

- **Antena AQU4518R:** Es un dispositivo que nos sirve para transmitir y recibir ondas de radio, tiene una polarización $+45^\circ$, -45° .

Figura 3.7. Antena AQU4518R9



Antena AQU4518R9, (Huawei, 2014)

- **DCDU (Direct current distribution unit)**

Para los sitios en donde se instala LTE se considera la instalación de una nueva DCDU, independiente. Para lo cual se debe proyectar un nuevo breaker en la Power plant de 63 A.

Tiene como función recibir de una entrada externa de -48 V DC proporcionar a diez salidas con -48 V DC. La unidad de protección contra sobretensión itegrada proporciona protección contra sobretensiones.

Figura 3.8. Tarjeta DCDU.



Tarjeta DCD, Paul Jaramillo

- **Sistema de tierra:**

Los equipos serán aterrizados en las barras de tierra existentes o en las proyectadas, según sea el caso, todas las conexiones en la barra de tierra deben contar con grasa conductiva.

Figura 3.9. Barra de tierra.



Barra de tierra, Paul Jaramillo.

- **Feeder $\frac{1}{2}$:** Se utiliza feeder de $\frac{1}{2}$ para la conexión de las antenas con las, las cuales no necesitan de aterramiento para distancias menores a 12m.

Una vez terminados con los trabajos de instalación, se puede decir que la estación está lista para ser integrada y puesta al aire.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1. Selección de dispositivos

Luego de una breve descripción que se lo realizó en el capítulo tres de los equipos a usarse en las instalaciones, los cuales ya pasaron por un proceso de selección técnica y económica debido a que la expansión de la red LTE ya se lo inició por parte de la operadora en los últimos años, los equipos antes mencionados son los idóneos para las nuevas instalaciones de los sitios con esta nueva tecnología.

4.2. Viabilidad técnica

A continuación, se habla de la viabilidad técnica con respecto a equipos usados en la tecnología LTE y la disposición de estos por parte de las empresas encargadas de su distribución, así como materiales adicionales en el mercado y su disposición para determinar la factibilidad de implementación.

En el sector de Guajalo se tiene unas estaciones LTE, y además otras estaciones de UMTS las cuales no cuentan con esta nueva tecnología facilitando la implantación de nuevos equipos y mejorar los niveles de cobertura LTE en el sector.

En la tabla 4.1, se presenta los equipos y los materiales necesarios para la instalación de un nuevo sitio de eNodeB con tres sectores.

Tabla 4.1. Materiales para una nueva instalación.

Código / modelo	Marca	Tecnologías	Breve descripción del equipo
Wd5maw384100	Huawei	LTE	Rru lte x
Wd5maw384100	Huawei	LTE	Rru lte y
Wd5maw384100	Huawei	LTE	Rru lte z
Aqu4518r9	Huawei	LTE	Antena quad x
Aqu4518r9	Huawei	LTE	Antena quad y

Continuación Tabla 4.1. Materiales para una nueva instalación.

Código / modelo	Marca	Tecnologías	Breve descripción del equipo
Aqu4518r9	Huawei	LTE	Antena quad z
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	LTE	Sfp
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	LTE	Sfp
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	LTE	Sfp
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	LTE	Sfp
Jshr62s1da1hu1	Huawei	LTE	Sfp
Jshr62s1da1hu1	Huawei	LTE	Sfp
Jshr62s1da1hu1	Huawei	LTE	Sfp
Jshr62s1da1hu1	Huawei	LTE	Sfp
Td1mdcdu12b0	Huawei	LTE	Dcdu
Wd2dubbp600	Huawei	LTE	Ubbp
Installation material for dbs3900,1pcs			
Cable 2x10awg, 50mtrs			
Fibraoptica lclc 20mtrs, 2 pcs			
Fibraoptica lclc 30mtrs, 2 pcs			
Taipes, 3pcs			
Feeder de 1/2', 200mtrs			
Power cable 16mm2, 15mtrs, negro			
Power cable 16mm2, 15mtrs, azul			
Manguera metalica bx funda sellada 1"			
Conector manguera funda sellada 1"			
Cinta autofundente genérica (se utiliza únicamente para vulcanizar la manguera corrugada)			
Amarras plasticas 30cm negro (funda 100und.)			
Amarras plasticas 30cm blancas (funda 100und.)			
Amarras plasticas 10cm blancas (funda 100und.)			
Cinta aislante 20 yardas negro (taipe)			
Vulcanizante marca 3m (se usa para vulcanizar todos los conectores, puertos de antena o elementos pasivos)			
Cable thhn flex 25 mm2 rojo			
Cable evaflex 25 mm2 negro			
Cable evaflex 25 mm2 verde			
Caja plastica de paso lisa 226-1			
Rollo de cinta acerada eriband (30m de longitud), ancho de 1/2"			

Continuación Tabla 4.1. Materiales para una nueva instalación.

Código / modelo	Marca	Tecnologías	Breve descripción del equipo
Binchas para cintaeriband, de ancho de 1/2"			
Cable multipar cat 3 multipar 6 hilos (4 unidades), cable multipar cat 6a multipar 4 pares (incluye capuchones y conectores rj45)			
Color tape according to each technology and implementation standard			
Etiquetas adhesivas para rru (ver alado)			

Tabla de materiales para una instalación de una RBS, Paul Jaramillo

De acuerdo a la tabla anterior son mencionados los equipos, materiales y consumibles que son seleccionados desde unos parámetros técnicos y su disposición en el mercado para la instalación del proyecto.

Estos elementos y equipos cuentan con los parámetros requeridos para la implementación de esta nueva tecnología y son los recomendados para el presente proyecto.

De acuerdo a la viabilidad técnica el proyecto es posible por la existencia de equipos y materiales debido a que la operadora se encuentra en un proceso de expansión y los equipos se los puede conseguir en el mercado ecuatoriano ya que las marcas usadas de los equipos cuentan con una sucursal en el país.

Este proyecto es viable desde el punto de vista técnico debido a que su implementación se da en sitios ya existentes, los cuales no requieren de permisos municipales ni ambientales por la ordenanza que estos puedan tener al momento.

4.3 Viabilidad económica del proyecto

En esta sección se analiza la viabilidad económica que se tiene para el proyecto desde un análisis de costo de los equipos y materiales requeridos para su implementación, se detalla los quipos y materiales elegidos en la tabla 4.1.

En la tabla 4.2, se detalla los precios de los equipos y materiales requeridos para la instalación.

Tabla 4.2. Precio de equipos y materiales.

Código / modelo	Marca	Tecnologías	Breve descripción del equipo	Precio \$
Wd5maw384100	Huawei	lte	Rru lte x	\$ 15.000,00
Wd5maw384100	Huawei	lte	Rru lte y	\$ 15.000,00
Wd5maw384100	Huawei	lte	Rru lte z	\$ 15.000,00
Aqu4518r9	Huawei	lte	Antena quad x	\$ 2.400,00
Aqu4518r9	Huawei	lte	Antena quad y	\$ 2.400,00
Aqu4518r9	Huawei	lte	Antena quad z	\$ 2.400,00
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	lte	Sfp	\$ 860,00
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	lte	Sfp	\$ 860,00
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	lte	Sfp	\$ 860,00
Ftlf8526p3bnl-hw	Huawei	lte	Sfp	\$ 860,00
Jshr62s1da1hu1	Huawei	lte	Sfp	\$ 860,00
Jshr62s1da1hu1	Huawei	lte	Sfp	\$ 860,00
Jshr62s1da1hu1	Huawei	Lte	Sfp	\$ 860,00
Jshr62s1da1hu1	Huawei	Lte	Sfp	\$ 860,00
Td1mcdcu12b0	Huawei	Lte	Dcdu	\$ 1.000,00
Wd2dubbbpd600	Huawei	Lte	Ubbp	\$ 1.500,00
Wd2dupeu200	Huawei	Lte	Upeu	\$ 1.000,00
Cable 2x10awg, 50mtrs				\$ 100,00
Fibraoptica lclc 20mtrs, 3 pcs				\$ 300,00
Installation material for dbs3900,1pcs				\$ 200,00
Taipos, 3pcs				\$ 12,00
Feeder de 1/2', 200mtrs				\$ 1.600,00
Power cable 16mm2, 15mtrs, negro				\$ 30,00
Power cable 16mm2, 15mtrs, azul				\$ 30,00
Manguera metalica bx funda sellada 1"				\$ 200,00
Conector manguera funda sellada1"				\$ 16,00
Cinta autofundente genérica (se utiliza únicamente para vulcanizar la manguera corrugada)				\$ 100,00
Amarras plasticas 30cm negro (funda 100und.)				\$ 20,00
Amarras plasticas 30cm blancas (funda 100und.)				\$ 20,00

Continuación Tabla 4.3. Precio de equipos y materiales.

Código / modelo	Marca	Tecnologías	Breve descripción del equipo	Precio \$
Amarras plasticas 10cm blancas (funda 100und.)				\$ 20,00
Cinta aislante 20 yardas negro (taipe)				\$ 20,00
Vulcanizante marca 3m (se usa para vulcanizar todos los conectores, puertos de antena o elementos pasivos)				\$ 70,00
Cable thhn flex 25 mm2 rojo				\$ 1,00
Cable evaflex 25 mm2 negro				\$ 1,00
Cable evaflex 25 mm2 verde				\$ 1,00
Caja plastica de paso lisa 226-1				\$ 20,00
Rollo de cinta acerada eriband (30m de longitud), ancho de 1/2"				\$ 40,00
Binchas para cintaeriband, de ancho de 1/2"				\$ 16,00
Cable multipar cat 3 multipar 6 hilos (4 unidades), cable multipar cat 6a multipar 4 pares (incluye capuchones y conectores rj45)				\$ 40,00
Color tape according to each technology and implementation standard				\$ 4,00
Etiquetas adhesivas para rru (ver alado)				\$ 8,00
Etiquetas plasticas amarillas para lte				\$ 40,00
			TOTAL	\$ 65.489,00

Tabla de precios de los materiales, Paul Jaramillo.

En la tabla 4.3, se presenta las herramientas y equipos especiales necesarios para la implementación de los equipos.

Tabla 4.4. Precios de herramientas y equipos.

Ítem	Cantidad	Precio c/u \$	Total \$
Site Master	1	\$ 7.000,00	\$ 700,00
ponchadora de cables	1	\$ 200,00	\$ 200,00
alicate	3	\$ 5,00	\$ 15,00
cortadora de cable	3	\$ 5,00	\$ 15,00
multímetro	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Escalera	2	\$ 300,00	\$ 600,00
Máquina de Eriván	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Torquimetro	2	\$ 50,00	\$ 100,00
Inclinometro	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Pistola de calor	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Juego de llaves	2	\$ 60,00	\$ 60,00
Taladro	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Guantes dieléctricos	3	\$ 6,00	\$ 18,00
Cascos dieléctricos	5	\$ 10,00	\$ 50,00

Tabla 4.3. Precios de herramientas y equipos.

equipos de seguridad para alturas	3	\$ 250,00	\$ 1.000,00
cinta métrica	1	\$ 30,00	\$ 30,00
transporte	1	\$ 200,00	\$ 200,00
medios de comunicación Motorola.	2	\$ 100,00	\$ 100,00
implementos de oficina		\$ 150,00	\$ 150,00
		Total	\$ 3.938,00

Tabla de valores de herramienta especial, Paul Jaramillo.

En la tabla 4.4, se muestra los costos que se presentan en una instalación con un tiempo máximo de implementación de tres días por sitio de su personal.

Tabla 4.5. Costos de mano de obra.

Personal	Cantidad de personal	Total de horas trabajadas	Total en el mes \$
Ing. De Operaciones	1	24	\$ 2.000,00
Ing. De soporte	1	24	\$ 1.100,00
Ingeniero de campo	1	24	\$ 1.000,00
Técnico	2	24	\$ 1.200,00
		Total	\$ 5.300,00

Tabla de valores de mano de obra, Paul Jaramillo.

En la tabla 4.5, se observa el costo total sumando los totales de equipos representados en la tabla 4.2, el costo de herramientas en la tabla 4.3, mano obra de la tabla 4.4, para sacar una media del presupuesto empleado en el proyecto. Así como un valor de utilidad de la empresa por el proyecto el cual es una variante dependiendo de los sectores que sean instalados, es con todo lo que se puede mencionar a valores del proyecto.

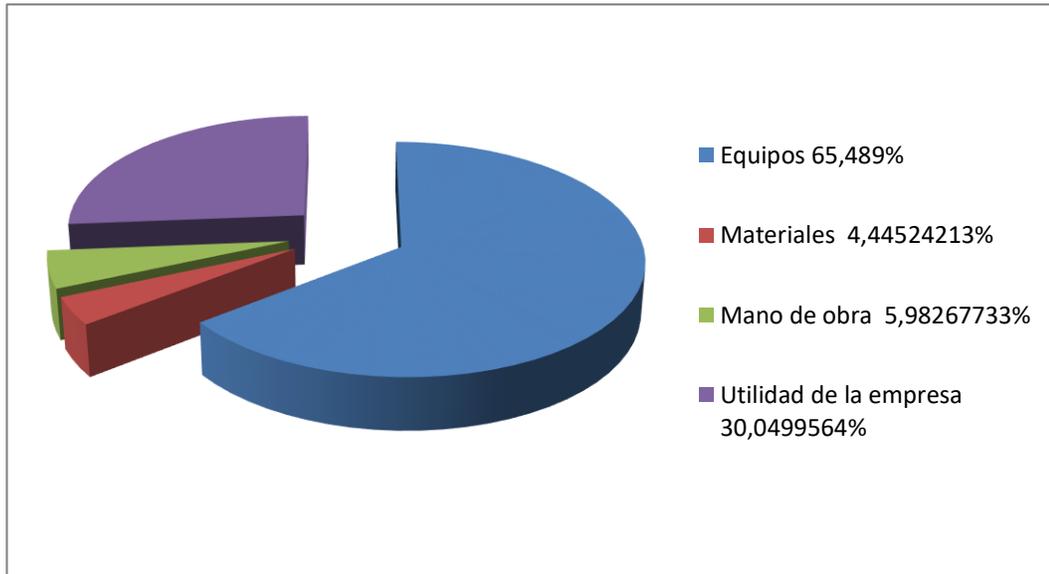
Tabla 4.6. Valor total del proyecto.

Ítem	Total \$
Equipos	\$ 65.489,00
Materiales	\$ 3.938,00
Mano de obra	\$ 5.300,00
Utilidad de la empresa	\$ 26.620,10
Total	\$101.347,00

Tabla de valores del costo del proyecto, Paul Jaramillo.

En la figura 4.1 se muestra un diagrama de pastel con los porcentajes de gastos que se debe tener presente para el proyecto y la utilidad que tendría la empresa la cual proveería de equipos para una posible implementación.

Figura 4.1. Porcentaje de gastos.



Porcentaje de gastos, Paul Jaramillo

A continuación, se realizará el cálculo del TIR (Tasa interna de retorno) y el VAN (Valor actual neto).

Tabla 4.7. Datos generales del proyecto.

Datos		Valores
Numero de Periodos		5
Tipos de Periodo		anual
Tasa de descuento		10%

Tabla de datos del proyecto, Paul Jaramillo.

Tabla 4.8. Periodos Anuales.

DETALLE	PERIODOS ANUALES					
	0	1	2	3	4	5
FLUJO NETO DE EFECTIVO PROYECTADO	\$-114.402,00	\$ 43.200,00	\$ 54.000,00	\$ 54.000,00	\$ 72.000,00	\$ 79.200,00

Tabla de valores esperados de ganancias anuales, Paul Jaramillo.

Tabla 4.9. Periodos Anuales

VALOR ACTUAL NETO (VAN)			
No.	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n
0	\$ -114.402,00		\$ -114.402,00
1	\$ 43.200,00	\$ 1,10	\$ 39.272,73
2	\$ 54.000,00	\$ 1,21	\$ 44.628,10
3	\$ 54.000,00	\$ 1,33	\$ 40.571,00
4	\$ 72.000,00	\$ 1,46	\$ 49.176,97
5	\$ 79.200,00	\$ 1,61	\$ 49.176,97
TOTAL			\$ 108.423,76
VAN			\$ 108.423,76

Tabla de cálculo del VAN, Paul Jaramillo.

En la tabla 4.8. Se puede apreciar el cálculo del VAN mediante fórmulas de Excel y la siguiente formula.

$$VAN = -I + \sum_{k=0}^n \left(\frac{FNE}{(1+i)^k} \right). \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Como el valor del VAN es positivo el proyecto es viable económicamente.

Tabla 4.10. Tasa interna de retorno.

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	
TASA DE DESCUENTO	VAN
0%	\$ 187.998,00
5%	\$ 143.657,53
10%	\$ 108.423,76
15%	\$ 80.043,48
20%	\$ 56.898,93
25%	\$ 37.809,46
30%	\$ 21.900,47
35%	\$ 8.515,09
40%	\$ -2.846,34
45%	\$ -12.568,35
50%	\$ -20.950,15
55%	\$ -28.226,91
60%	\$ -34.585,23
TIR	39%

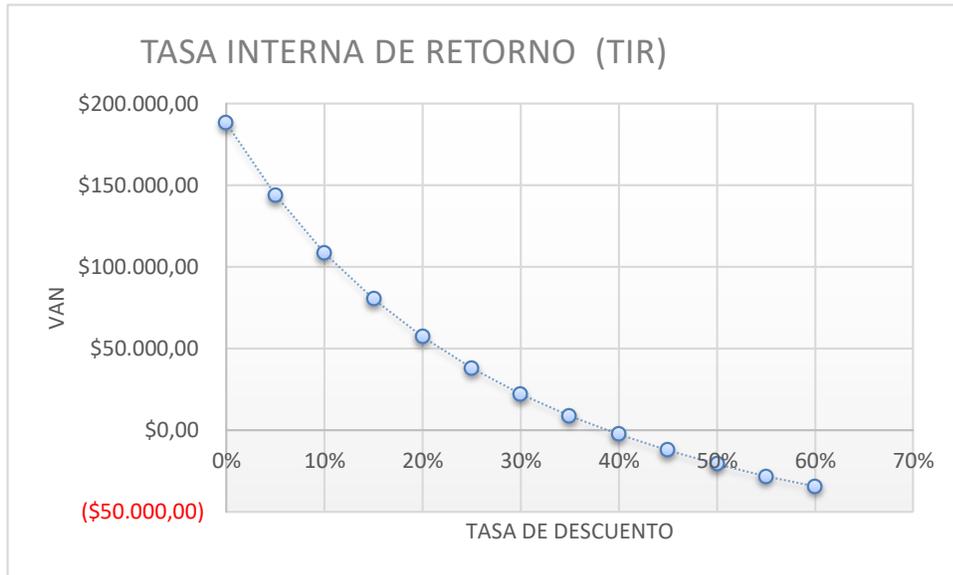
Tabla con cálculo del TIR, Paul Jaramillo.

En la figura 4.9. Se puede apreciar el cálculo del TIR mediante fórmulas de Excel y la siguiente formula.

$$TIR = -I + \sum_{k=0}^n \left(\frac{FNE}{(1+I)^k} \right) = 0 \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Para que el proyecto sea viable económicamente el TIR no puede superar el 39% si se da tal opción el TIR sería negativo y la inversión no será aceptable para el proyecto. Como se lo puede apreciar en la figura 4.10. el TIR es positivo y la inversión es viable.

Figura 4.2. Gráfico de TIR.



Grafica de la TIR, Paul Jaramillo

CONCLUSIONES

Para la obtención de requerimientos de cobertura se realizó un Drive Test, y la simulación del estado inicial del sector mediante el software de planeamiento y predicción ATOLL, se analizó la red LTE de la operadora celular Claro en el sector de Guajalo obteniendo los siguientes parámetros de cobertura: (RSRP) con 22.65% y (SINR) con 92.7%, determinando así las falencias de cobertura existentes en la red LTE de la operadora en estudio.

Mediante un análisis comparativo se logró determinar la propuesta idónea por medio de un procedimiento de viabilidad técnica y los dispositivos existentes en el mercado ecuatoriano para brindar un buen servicio en el sector de Guajalo.

Para la simulación de propagación de LTE final se toman los parámetros de RSRP, SINR, de los cuales se obtuvieron unos valores iniciales con el Drive Test, los indicadores de la intensidad de señal están de acuerdo al criterio del estatus del Drive Test ≥ -70 excelente, < -80 y ≥ -90 bueno, < -90 y ≥ -100 regular, y < -100 malo, la simulación del estado final se obtuvo valores en los niveles anteriores.

Con la realización de la simulación donde se adicionaron los nuevos sitios se logró elevar los porcentajes de los niveles de cobertura dando como resultado el (RSRP) subió al 88.6% y del (SINR) a 94.2%.

A través de un análisis de costos se pudo verificar la factibilidad económica de la implementación de los nuevos sitios en el área de diseño.

La opción escogida en el proyecto presenta una gran ventaja económica, la RBS se encuentren dentro del sector, eliminando la búsqueda de otros sitios, reduciendo el costo de la implementación.

RECOMENDACIONES

Para una posible implementación se recomienda respetar los parámetros de diseño establecidos en este proyecto como las alturas, azimut tilt mecánico y tilt eléctrico de las antenas.

Después de una posible implementación se recomienda realizar una optimización con respecto a los tilts mecánicos y eléctricos de los sectores para que estos no interfieran a las RBS cercanas a los nuevos sitios implementados.

Para cubrir el sector del parque de las cuadras se recomienda implementar nuevas estaciones y mejorar en su totalidad el área de diseño.

Uno de los principales problemas en instalar sitios nuevos es su costo y el tiempo de planeación e implementación es mayor, las operadoras móviles del sector deberían definir estrategias alternativas para la gestión del límite de espectro y reducir los costos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROECUADOR. (2012, Octubre 15). *TABLA - CIRCUNSCRIPCIONES PICHINCHA*. Retrieved from Cantón Población:
<http://www.agroecuador.com/HTML/infocamara/2012/15102012/TABLA%20-%20CIRCUNSCRIPCIONES%20PICHINCHA.pdf>
- Cablefree. (2017). *Cablefree*. Retrieved from
<http://www.cablefree.net/wirelesstechnology/4glte/rsrp-rsrq-measurement-lte/>
- Huawei. (2012). *Descripcion BBU3900*. China: HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
- Huawei. (2014). *AQU4518R9*. China: Huawei Technologies Co., Ltd.
- Laroccasolutions. (2016, Abril 4). *RSRP DEFINITION*. Retrieved from
<http://www.laroccasolutions.com/78-rsrp-and-rsrq-measurement-in-lte/>
- Laroccasolutions. (2016, Abril 24). *SINR Definition*. Retrieved from
<http://www.laroccasolutions.com/164-rsrq-to-sinr/>
- TechTarget. (2007-2017). *TechTarget*. Retrieved from
<http://searchtelecom.techtarget.com/feature/4G-LTE-primer-Long-Term-Evolution-evolves>
- Telecomhall Es. (2008-2017). *Drive Test*. Retrieved from
<http://www.telecomhall.com/es/que-es-drive-test-testing-de-rf.aspx>
- Wireless Wisdom. (2013, Mayo 15). *RSRP and RSRQ Measurement in LTE*. Retrieved from
<https://hazimahmadi.wordpress.com/2011/01/10/rsrp-and-rsrq-measurement-in-lte/>

ANEXOS

Anexo 1

3900 Series LTE eNodeB Product Documentation

Product Version: V100R005C01

Library Version: 01

Date: 9/14/2012



HUAWEI

For any question, please [contact us](#).

[Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2012. All rights reserved.](#)

RRU3841 Technical Specifications

Contents

3.1.10.3.25 [RRU3841 Technical Specifications](#)

3.1.10.3.25 RRU3841 Technical Specifications

An RRU3841, which is a remote radio unit for LTE, supports a maximum of two carriers.

[Supported Modes and Frequency Bands](#)

[Table 1](#) lists the modes and frequency bands supported by an RRU3841.

Table 1 Modes and frequency bands supported by an RRU3841

Type	Mode	Frequency Band (MHz)	Receive Frequency Band (MHz)	Transmit Frequency Band (MHz)
RRU3841	LTE	AWS (band 4)	1710 to 1755	2110 to 2155

[RF Specifications](#)

[Table 2](#) lists radio frequency (RF) specifications of an RRU3841.

As recommended in 3GPP TS 36.104, receiver sensitivity is measured under a 5 MHz channel bandwidth based on the FRC A1-3 in Annex A.1 (QPSK, R = 1/3, 25 RBs) standard.

Table 2 RF specifications of an RRU3841

Type	Transmit and Receive Channels	Capacity	Receiver Sensitivity (dBm)		Output Power (W)	Power Consumption (W)
			1T1R	1T2R		
RRU3841	4T4R	Two carriers. The bandwidth per carrier is 5, 10, 15, or 20 MHz; the total bandwidth between the maximum frequency and the minimum frequency of the spectrums for two carriers does not exceed 40 MHz.	-106.3	-109.1	Output Power of an RRU3841	<ul style="list-style-type: none"> • 485 W in the 2T4R configuration • 530 W in the 4T4R configuration

Table 3 Output Power of an RRU3841

TX and RX Mode	TX RF Port Combination Mode	Maximum Output Power (W)
1T2R	Port A or port B	1 x 60
	Port C or port D	1 x 30
2T2R	Port A is used with port B	2 x 60
	<ul style="list-style-type: none"> • Port A is used with port C • port B is used with port D • Port C is used with port D • Port A is used with port D • Port C is used with port B 	2 x 30
2T2R + 2T2R (two sectors)	Port A is used with port C and port B is used with port D	2 x 30 + 2 x 30

TX and RX Mode	TX RF Port Combination Mode	Maximum Output Power (W)
2T4R	Port A is used with port B	2 x 60
	<ul style="list-style-type: none"> • Port C is used with port D • Port A is used with port D • Port C is used with port B 	2 x 30
4T4R	Ports A, B, C, and D are used together	4 x 30



NOTE:

"A x B" in Output Power (W) denotes that each RF module provides A transmit channels with B W transmit power per channel.

Engineering Specifications

[Table 4](#) lists the equipment specifications of an RRU3841.

Table 4 Equipment specifications of an RRU3841

Type	Input Power	Dimension (H x W x D)	Weight (kg)
RRU3841	-48 V DC; voltage range: -57 V DC to -36 V DC	<ul style="list-style-type: none"> • 480 mm x 356 mm x 140 mm (24 L, without the housing) • 485 mm x 380 mm x 170 mm (31 L, with the housing) 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 24.5 (without the housing) • ≤ 26 (with the housing)

[Table 5](#) lists the environmental specifications of an RRU3841.

Table 5 Environmental specifications of an RRU3841

Type	Operating Temperature	Relative Humidity	Absolute Humidity	Atmospheric Pressure
RRU3841	2T4R <ul style="list-style-type: none"> • -40°C to +50°C (with solar radiation of 1120 W/m²) 	5% RH to 100% RH	1 g/m ³ to 30 g/m ³	70 kPa to 106 kPa

Type	Operating Temperature	Relative Humidity	Absolute Humidity	Atmospheric Pressure
	4T4R <ul style="list-style-type: none"> • -40°C to +55°C (without solar radiation) • -40°C to +45°C (with solar radiation of 1120 W/m²) • -40°C to +50°C (without solar radiation) 			

[Table 6](#) lists the compliance standards for an RRU3841.

Table 6 Compliance standards for an RRU3841

Type	Operating Environment	Anti-seismic Performance	Protection Rating
RRU3841	<ul style="list-style-type: none"> • 3GPP TS 36.141 • ETSI EN 300019-1-4 V2.1.2 (2003-04) Class 4.1: "Non-weatherprotected locations" 	NEBS GR63 zone4	IP65

[Table 7](#) lists the surge protection specifications of ports on an RRU3841.

 **NOTE:**

- Unless otherwise specified, the surge protection specifications depend on the surge waveform of 8/20 μs.
- All the surge current items, unless otherwise specified as **Maximum discharge current**, refer to **Nominal discharge current**.

Port	Usage Scenario	Surge Protection Mode		Specification
DC power supply port	Applicable to all scenarios	Surge	Differential mode	2 kV (1.2/50 μ s)
			Common mode	4 kV (1.2/50 μ s)
		Surge current	Differential mode	10 kA
			Common mode	20 kA
Antenna port	Applicable to all scenarios	Surge current	Differential mode	8 kA
			Common mode	40 kA
CPRI port	Applicable to all scenarios	Surge		250 A
RET antenna port	Applicable to all scenarios	Surge current	Differential mode	3 kA
			Common mode	5 kA
Alarm port	Applicable to all scenarios	Surge current	Differential mode	3 kA
			Common mode	5 kA

Antenna Capability

[Table 8](#) lists the antenna capability of an RRU3841.

Table 8 Antenna capability of an RRU3841

Type	TMA Support	Supported RET Antennas
RRU3841	Supported	AISG2.0

NOTE:

For RRUs supporting RET antennas, the feeding voltage is 12 V and feeding current is 2.3 A.

Parent topic: [Technical Specifications of RRUs](#)

Anexo 2

AQU4518R9

DXXXX-698-960/1710-2690/1710-2690/1710-2690-65/65/65/65-171/18/18/17.5I-
M/M/M/M-R
EasyRET Quad-Band Antenna with 4 Integrated RCUs - 2.6m



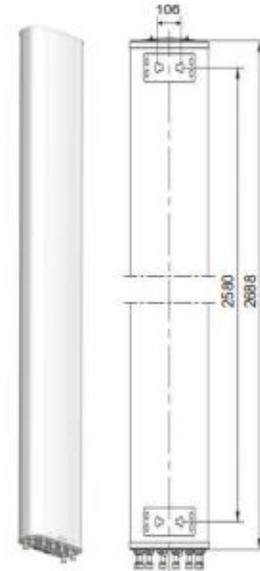
Antenna Specifications

Electrical Properties																					
Frequency range (MHz)		698 - 960										3 x (1710 - 2690)									
		698 - 803			790 - 862			824 - 894			880 - 960			1710 - 1990		1920 - 2200		2200 - 2490		2490 - 2690	
Polarization		+45°, -45°																			
Electrical downtilt (°)		0 - 10, continuously adjustable										0 - 10, continuously adjustable									
Gain (dBi)		0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°		
	Bottom	16.0	16.2	16.0	16.3	16.5	16.1	16.5	16.7	16.5	16.7	17.0	16.6	17.0	17.1	16.9	17.2	17.3	17.0		
	Top																				
Side lobe suppression for first side lobe above main beam (Typ.) (dB)		0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°	0°	5°	10°		
		15	17	16	15	15	17	15	17	17	15	16	16	17	17	16	17	17	16		
Horizontal 3dB beam width (°)		67			66			65			62			63		62		61		60	
Vertical 3dB beam width (°)		6.6			6.5			6.0			7.4			7.4		6.8		6.0		5.5	
VSWR		< 1.5																			
Isolation between ports (dB)		Intra-system: ≥ 25										Inter-system: ≥ 30									
Front to back ratio, copolar (dB)		Typ. 27										Typ. 26									
Cross polar ratio (dB)		0°		Typ. 20										Typ. 17							
Max. power per input (W)		500 (at 50°C ambient temperature)										250 (at 50°C ambient temperature)									
Total power per combined input (W)		1200 (at 50°C ambient temperature)																			
Intermodulation IM3 (dBc)		≤ -153 (2 x 43 dBm carrier)																			
Impedance (Ω)		50																			
Grounding		DC Ground																			

Mechanical Properties	
Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	2688 x 349 x 106
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	2960 x 435 x 250
Antenna weight (kg)	33.5
Clamps weight (kg)	3.6 (2 units)
Antenna packing weight (kg)	44.5 (Included clamps)
Mast diameter supported (mm)	50 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-40 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 990 (at 150 km/h) Lateral: 325 (at 150 km/h) Rear side: 1030 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	150
Survival wind speed (km/h)	200
Connector	8 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom

Accessories

Item	Model	Description	Weight	Units per antenna
Downtilt kit	ASMDT0D01	Mechanical downtilt: 0 - 8°	2.0 kg	1 (Separate packing)



AQU4518R9

DXXXX-698-960/1710-2690/1710-2690/1710-2690-65/65/65-171/181/181/17.5i-
M/M/M/M-R
EasyRET Quad-Band Antenna with 4 Integrated RCUs - 2.6m

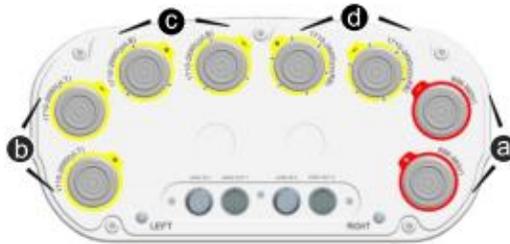


Integrated RCU Specifications

Properties								
RET type	Integrated RET							
RET protocols*	AISG 2.0 / 3GPP							
Input voltage range (V)	10 - 30 DC							
Power consumption (W)	< 10 (motor activated) < 0.5 (stand by)							
Adjustment time (full range) (s)	< 50 (typically, depending on antenna type)							
RET connector	4 x 8 pin connector according to IEC 60130-9 Daisy chain in: Male / Daisy chain out: Female							
Pin assignment according AISG	1	2	3	4	5	6	7	8
	DC	n/c	RS-485B	n/c	RS-485A	DC	DC return	n/c
Lightning protection (kA)	3 (10/350 μ s) 10 (5/20 μ s)							

* Please confirm the AISG protocol of primary station is compatible with RET antenna protocol interface. The protocol of RET antenna software interface is switchable between AISG 2.0/3GPP and AISG 1.1 with a vendor defined command. For more details about protocol switching function, contact Huawei before system installation.

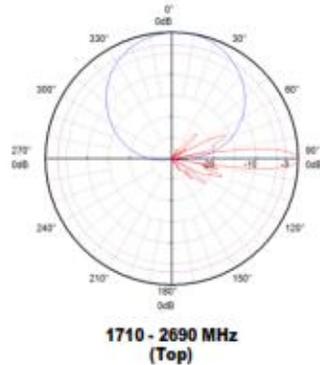
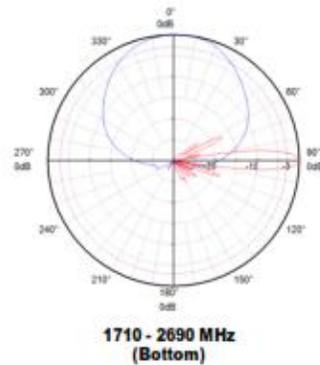
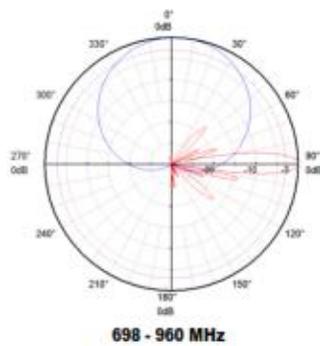
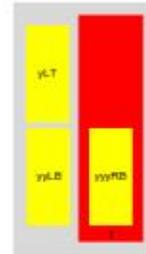
Standards: EN 60950-1 (Safety), EN 55022 (Emission), EN 55024 (Immunity), ETSI EN300386 (1.4.1), FCC part15
Certification: CE, FCC, RoHS, WEEE



Integrated RCU S/N:

- a HWMxxx.....r
- b HWMxxx.....yLT
- c HWMxxx.....yyLB
- d HWMxxx.....yyyRB

r - Red y - Yellow
L - Left array R - Right array
T - Top array B - Bottom array



Huawei Technologies Co., Ltd.

Bantian, Longgang District, Shenzhen 518129, P.R.China

www.huawei.com

Any previous datasheet issues become invalid.

Issue: 2014-04-26