

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

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

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO DE RED DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MONITOREO DE  
PASAJEROS Y SERVICIOS MÓVILES EN BUSES PÚBLICOS PARA  
EMITELCO SOLUCIONES**

**AUTOR:**

**DANIEL FRANCISCO TORRES MUÑOZ**

**TUTOR:**

**CARLOS AUGUSTO CUICHÁN MORALES**

**Quito, Agosto del 2017**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Daniel Francisco Torres Muñoz, con documento de identificación N° 1713904132, 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 Red de Adquisición de Datos para Monitoreo de Pasajeros y Servicios Móviles en Buses Públicos para Emitelco Soluciones, 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 la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Daniel Francisco Torres Muñoz

Cedula: 1713904132

Fecha: Agosto 2017

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Diseño de Red de Adquisición de Datos para Monitoreo de Pasajeros y Servicios Móviles en Buses Públicos para Emitelco Soluciones realizado por Daniel Francisco Torres Muñoz, obteniendo un producto que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Agosto del 2017



.....  
Carlos Augusto Cuichán Morales

C.I: 1714389721

## **DEDICATORIA**

Este presente proyecto está dedicado a Dios y a mi madre Dolorosa, por las increíbles e incontables bendiciones que han derramado sobre mí, a mis padres, Eduardo y Erica por su esfuerzo, sacrificio, paciencia y amor, los mejores ingenieros que he conocido, conozco y conoceré en mi vida.

A mi hermanita, Pamela, que día a día cree en mí cuando nadie lo hace, y me dice las cosas que nadie se atreve a decirme.

A mis amigos, diferentes personas en diferentes momentos, porque todos y cada uno de ellos aportaron con palabras, consejos, enseñanzas y ejemplos para permitirme llegar hasta aquí.

Una dedicatoria especial para mi proyecto musical y segunda familia Zaiko y a sus 3 integrantes, Erick, Mauricio y Carlos, gente que ama la música al igual que yo, y que entre todo lo vivido y bebido me enseñaron el valor y significado de la constancia y perseverancia y la inmensa sabiduría que nos da el fracaso y el éxito.

Daniel Francisco Torres Muñoz

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco igualmente a Dios y a mi madre Dolorosa por la fortaleza y salud que me han dado para continuar hasta aquí, agradezco a todos los profesores e ingenieros que han compartido su tiempo y conocimiento para mi desarrollo profesional.

Un agradecimiento especial al ingeniero Carlos Cuichán por ser mi docente tutor y profesor durante un año y medio de formación de mi carrera, de igual manera a la Universidad Politécnica Salesiana y a su departamento de Pastoral, por permitirme formar parte de esta familia Salesiana, y pertenecer a los grupos culturales de la universidad que ayudaron en gran medida a mi formación personal y académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Cesión de derechos de autor.....	i
Declaratoria de coautoría del docente tutor.....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Índice de contenido .....	v
Índice de figuras .....	viii
Índice de tablas .....	ix
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
Introducción.....	xii
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 EMITELCO SOLUCIONES.....	1
1.1.1 Trabajos Relevantes .....	1
1.1.2 Clientes .....	1
1.1.3 Servicios Ofertados .....	2
1.2 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE MONITOREO DE TRANSPORTE	
TERRESTRE.....	2
1.2.1 Norma General.....	2
1.2.2 Cooperativas inmersas.....	3
1.2.3 Cooperativa de Transporte Público Calderón.....	3
1.2.4 Sistema de Red Actual .....	5
1.2.5 Hardware .....	5
1.2.6 Software.....	6
1.2.7 Servicios .....	6
1.2.8 Personal .....	6
1.2.9 Documentación Existente .....	6
1.3 REQUERIMIENTOS .....	7
1.3.1 Requerimientos Adicionales Sobre La Norma .....	7
1.3.2 Física .....	7

1.3.3 Estaciones .....	7
1.3.4 Red .....	8
1.3.5 Infraestructura.....	8
1.3.6 Servicios .....	9
1.3.7 Personal .....	9
1.4 FALENCIAS Y POTENCIALIDADES.....	9
1.4.1 Aspectos Positivos en la red De la Cooperativa .....	9
1.4.2 Aspectos Negativos en la red De la Cooperativa.....	10
1.5 OBJETIVOS .....	11
1.5.1 Objetivo General.....	11
1.5.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>12</b>
<b>DISEÑO DE LA RED DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS .....	12
2.1.1 Marco Teórico.....	12
2.1.2 Características Técnicas de la Red.....	16
2.1.3 Herramientas Informáticas .....	17
2.1.4 Consideraciones Geográficas.....	18
2.2 DISEÑO DE LA RED .....	19
2.2.1 FASE 1. Selección de los Puntos de Interés .....	19
2.2.1.1 Arquitectura LTE .....	24
2.2.1.2 Arquitectura E-UTRAN .....	25
2.2.2 FASE 2. Diseño de la Cobertura en Ruta mediante Xirio Online e ICS Telecom .....	25
2.2.2.1 Diseño Preliminar.....	27
2.2.2.2 Diseño Mejorado.....	28
2.2.3 FASE 3. Comparación de Resultados en Cobertura entre los diseños Propuestos .....	31
2.2.4 FASE 4. Mejora de la Red (Diseño Definitivo).....	34
2.2.5 FASE 5. Servicios Permitidos de la Red De Adquisición de Datos.....	41
Monitoreo de Pasajeros.....	41

NAS en LTE.....	41
Navegación Web.....	42
Redes Sociales .....	42
Seguridades .....	43
Seguridad en WLAN .....	43
2.3 CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL ESTADO ACTUAL Y EL DISEÑO PROPUESTO.....	44
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>46</b>
<b>PROPUESTAS PARA LA FACTIBILIDAD DEL DISEÑO .....</b>	<b>46</b>
3.1 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS A UTILIZAR.....	46
3.2 PROCEDIMIENTOS .....	47
3.2.1 Procedimientos Legales.....	47
3.2.2 Procedimientos Financieros.....	48
3.2.3 Costos de Implementación .....	48
3.2.3 Costos de Operación .....	49
3.3 ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO .....	49
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
4.1 CONCLUSIONES.....	55
4.2 RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....	58
ANEXO 1.....	60
ANEXO 2.....	61
ANEXO 3.....	62
ANEXO 4.....	62
ANEXO 5.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ruta Cooperativa Calderón .....	4
Figura 2.1. Interfaz Xirio Online .....	19
Figura 2.2. Arquitectura LTE .....	24
Figura 2.3. Arquitectura E-UTRAN .....	25
Figura 2.4. Ubicación de Antenas y Área de Cálculo de Cobertura.....	26
Figura 2.5. Área Estimada de Cobertura en Antenas .....	26
Figura 2.6. Cálculo de las 4 primeras antenas .....	27
Figura 2.7. Cálculo de Coberturas Diseño Preliminar .....	28
Figura 2.8. Estudio de Cobertura del Diseño Mejorado .....	29
Figura 2.9. Edición de Parámetros de Diseño en ICS Telecom .....	29
Figura 2.10. Edición del Patrón de Radiación de la Antena 1.....	30
Figura 2.11. Estudio de Cobertura del Diseño Preliminar en ICS Telecom .....	30
Figura 2.12. Parámetros del Diseño Mejorado en ICS Telecom.....	31
Figura 2.13. Modificación Parámetros Antena 2 (Ponciano).....	35
Figura 2.14. Modificación Parámetros Antena 6 (Panamericana Norte).....	36
Figura 2.15. Modificación de Parámetros en Antena 7 (Calderón).....	36
Figura 2.16. Modificación de Parámetros en Antena 8 (Terminal).....	37
Figura 2.17. Diseño de Red en Xirio Online .....	37
Figura 2.18. Información Antenas 2 y 6 .....	38
Figura 2.19. Diseño de Red en ICS Telecom.....	38
Figura 2.20. Diseño de Red para el Sector Norte de Quito (Google Earth).....	39
Figura 3.1. Segmentación B5 en AWS. ....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Horario de Operación Cooperativa Calderón .....	3
Tabla 1.2. Paradas de la Cooperativa Calderón.....	4
Tabla 1.3. Estaciones Relevantes dentro de la Cobertura de Red. ....	7
Tabla 2.1. Principales Parámetros de Diseño .....	17
Tabla 2.2 Estudio del Sector de La Ofelia .....	20
Tabla 2.3 Estudio del Sector de Ponciano.....	20
Tabla 2.4 Estudio del Sector de Carcelén .....	21
Tabla 2.5 Estudio del Sector de Yanbal.....	21
Tabla 2.6 Estudio del Sector de Carapungo .....	22
Tabla 2.7 Estudio del Sector Panamericana Norte .....	22
Tabla 2.8 Estudio del Sector de Calderón.....	23
Tabla 2.9 Estudio del Sector de la Terminal (Calderón Centro) .....	23
Tabla 2.10. Valores de Azimut Considerados.....	28
Tabla 2.11. Valores de Cobertura en Cada Parada y/o Estación en Xirio Online .....	32
Tabla 2.12. Valores de Cobertura en ICS Telecom. ....	33
Tabla 2.13. Valores de Cobertura En Recepción.....	35
Tabla 2.14. Valores de Cobertura Obtenidos en los Programas.....	39
Tabla 2.15. Características de Diseño de la Red .....	40
Tabla 2.16. Características finales de Cada Antena .....	41
Tabla 2.17. Cuadro Comparativo.....	44
Tabla 3.1. Equipos preferentes en una posible implementación .....	46
Tabla 3.2. Costos de Implementación.....	48
Tabla 3.3. Principales datos de análisis.....	50

## **RESUMEN**

El presente proyecto plantea el diseño de una red de adquisición de datos que podría ser implementada en una de las 3 bandas de la tecnología 4G, y permita a su usuario (Cooperativa de Transporte Urbano) realizar un prototipo de caja común con características orientadas a lo sencillo, eficiente y económicamente razonable, tomando en cuenta los parámetros mediante los cuales se desarrolla actualmente dicho modelo, para lo cual para lograr un mayor desempeño de la red centralizada, se habilitará el servicio de datos móviles en la misma (Wi-Fi), lo cual permite a sus usuarios aprovechar de una manera mucho más activa los recursos de red y de esta manera se propone el diseño de una red de adquisición de datos establecida prioritariamente en la banda de frecuencias pertenecientes a 1700 - 2100 MHz (AWS), dado que pertenece a una de las tres bandas de la tecnología 4G LTE más utilizada comercialmente en el territorio nacional, entre las características principales la red permitirá el intercambio de información en tiempo real, así como los principales servicios de Wi-Fi, GPS y, mediante los sensores electrónicos que actualmente se encuentran implementados en las unidades de transporte público, la red permite almacenar información del número de pasajeros que se encuentran a bordo en el momento de la consulta o hayan utilizado el servicio en un período de 24 horas.

## **ABSTRACT**

The present project proposes the design of a data acquisition network that could be implemented in one of the 3 bands of the 4G technology, and allows its user (Urban Transport Cooperative) to realize a prototype of common box with characteristics oriented to the Simple, efficient and economically reasonable, taking into account the parameters through which the model is currently developed, for which to achieve a higher performance of the centralized network, will be enabled the mobile data service in the same (Wi-Fi) Which allows its users to take a much more active use of network resources and thus proposes the design of a data acquisition network established as a priority in the 1700-2100 MHz (AWS) frequency band, given Which belongs to one of the three bands of 4G LTE technology most commercially used in the national territory, among the main features of the network pe Will allow the exchange of information in real time, as well as the main services of Wi-Fi, GPS and, through the electronic sensors that are currently implemented in public transport units, the network allows to store information on the number of passengers found On board at the time of the consultation or have used the service in a period of 24 hours.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto está enfocado al sector de transporte público, los principales beneficiarios del mismo serán las cooperativas de buses, en este caso una sola cooperativa con la cual se desarrollará el estudio del presente documento, así como la empresa Emitelco Soluciones, dedicados a proveer esta tecnología en el país, cuyo auspicio a este proyecto permitirá dar una alternativa diferente a las distintas cooperativas privadas.

De igual manera, los usuarios de los medios de transporte en la ciudad se verán beneficiados por algunos de los servicios ofertados (GPS, Wi-Fi), además del monitoreo por parte de la cooperativa que permitirá realizar aperturas de nuevas rutas para los sectores y horarios más congestionados, entre otros.

El alcance del presente proyecto se limita exclusivamente al diseño de la red centralizada y su posible uso en la ruta establecida para unidades de una sola cooperativa. Sin embargo, al ser una red con una escalabilidad notable, permite en un futuro aumentar su cobertura y capacidad para todas las operadoras de transporte público reduciendo costos y mejorando la calidad del servicio.

El capítulo uno trata acerca de una breve reseña de Emitelco Soluciones, así como el estado actual de la red dentro de la cooperativa inmersa en el proyecto, las ventajas, desventajas y los objetivos del mismo.

El capítulo dos describe el diseño de la red, los diferentes pasos realizados para desarrollar las simulaciones en Xirio Online e ICS Telecom y los parámetros técnicos utilizados en la red de adquisición de datos, es importante recalcar que varios de los datos recopilados obedecen a sistemas de condiciones ideales por motivos de tratarse de un diseño teórico de red.

El capítulo tres se enfoca principalmente en el análisis de los resultados de simulaciones y las propuestas ante una posible implementación del diseño, tomando en cuenta equipos reales existentes en el mercado, así como los procedimientos legales y los diferentes costos que el proyecto abarca.

# CAPÍTULO 1

## ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA

### 1.1 EMITELCO SOLUCIONES

La empresa Emitelco Soluciones desde el año 2005, se dedica al equipamiento, asesoramiento, venta e instrumentación de diferentes equipos de telecomunicaciones a nivel nacional, implementación de soluciones para redes de comunicación, así como el mantenimiento de los mismos.

#### 1.1.1 Trabajos Relevantes

Algunos de los trabajos más relevantes de la empresa son:

- Venta, instalación y mantenimiento de inhibidores de señal celular para Bancos y Cooperativas a nivel nacional, siendo el mayor proveedor de los mismos con un 70% de actividad en el mercado desde el año 2012.
- Instalación de Red Satelital y servicios de Internet para el Instituto Nacional Galápagos (INGALA)

#### 1.1.2 Clientes

Ante lo expuesto anteriormente, los clientes más importantes con los que Emitelco Soluciones cuenta son las diferentes entidades financieras del País, tales empresas como:

- Banco Del Pichincha
- Produbanco
- Banco Solidario
- Banco Central del Ecuador
- Banco Nacional de Fomento (BAN Ecuador)
- Banco Desarrollo
- CityBank
- Cooperativa de Ahorro y Crédito 29 de Octubre
- Cooperativa de Ahorro y Crédito Cooprogreso
- Cooperativa de Ahorro y Crédito Atuntaqui
- Cooperativa de Ahorro y Crédito CACPE Loja

- Cooperativa de Ahorro y Crédito CCP
- Cooperativa de Ahorro y Crédito Alianza Del Valle
- Cooperativa de Ahorro y Crédito Cotacollao
- Cooperativa de Ahorro y Crédito Tulcán Ltda.
- Cooperativa de Ahorro y Crédito San Francisco
- Cooperativa de Ahorro y Crédito Andalucía
- Cooperativa de Ahorro y Crédito 23 de Julio
- Cooperativa de Ahorro y Crédito La Merced
- Cooperativa de Ahorro y Crédito JEP
- Parque Nacional Galápagos

### **1.1.3 Servicios Ofertados**

La empresa cuenta con varios servicios orientados a la solución de problemas referentes al sector de tecnología y telecomunicaciones, los servicios ofertados por la empresa son:

- Redes de Datos, IP e Internet.
- Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas y Satelitales
- Servidores de Alto Rendimiento.
- Soluciones de Seguridad.
- Soluciones de Videoconferencia y Videovigilancia.
- Sistemas para la Administración de Datos.
- Inhibidor de Señal Celular (Jammer). (Emitelco Soluciones, 2013)

## **1.2 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE MONITOREO DE TRANSPORTE TERRESTRE**

### **1.2.1 Norma General**

La mayoría de cooperativas a nivel nacional basan su organización de datos siguiendo lo estipulado dentro de la vigente Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV), la cual dispone que todas las operadoras de transporte público terrestre nuevas y en funcionamiento a nivel nacional implementen el modelo de caja común, siguiendo un esquema de centralización.

### 1.2.2 Cooperativas inmersas

Tal como se expone anteriormente, al ser una ley nacional, todas las operadoras de transporte terrestre que circulen dentro del territorio nacional deben implementar el sistema de Caja Común, en el caso de la ciudad de Quito, la norma aplica tanto para medios de transporte públicos Urbanos como Rurales dentro del distrito metropolitano. Para el presente proyecto, se ha utilizado la Cooperativa de Transporte Público Calderón, dado que al ser una empresa con mucha trayectoria dentro del Distrito Metropolitano de Quito, es uno de los principales ejemplos que evidencia la realidad de muchas otras empresas encargadas de transporte que se beneficiarían del estudio presentado, tanto a nivel económico como tecnológico.

### 1.2.3 Cooperativa de Transporte Público Calderón

La cooperativa de Transporte Público Calderón es una empresa privada ubicada dentro de la ciudad de Quito, misma que actualmente oferta el servicio de transporte de pasajeros para el sector norte de la urbe. Hoy en día la cooperativa cuenta con 82 unidades de transporte convencionales y 8 articulados, cada una similar a la otra con las siguientes características:

- Capacidad promedio de 42 a 50 pasajeros ( incluyendo la persona encargada de labores de cobranza y el conductor del vehículo)
- Buses tipo, marca Hino (90%) y Mercedes Benz (10%), en su mayoría color azul.

### Estaciones y Ruta

La cooperativa labora en los horarios establecidos por la siguiente tabla:

Tabla 1.1.Horario de Operación Cooperativa Calderón

<b>Lunes a Viernes</b>	<b>Sábados</b>	<b>Domingos y Feriados</b>
05h15 a 23h00	05h15 a 23h00	05h30 a 20h55

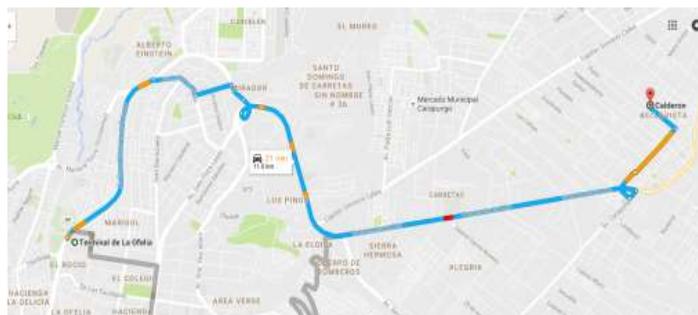
Elaborado Por: (Cooperativa Calderón)

Además, realiza una sola ruta que atraviesa el sector norte de la ciudad de Quito, considerando varias paradas, mismas que se detallan en sentido Sur-Norte mediante la tabla consecuyente:

Tabla 1.2. Paradas de la Cooperativa Calderón

<b>Estación</b>	<b>Importancia</b>
Terminal La Ofelia	Relevante
Parada Taxis Quito Seguro	
Parada Bodega INDUELEC	
Parada Auto Salazar	
Parada Micro Mercado Tumbaco	Relevante
Parada Banco Guayaquil	Relevante
Parada Av. Juan de Selis	Relevante
Parada Primax Carcelén	
Parada Supermaxi Carcelén	Relevante
Parada Unifer Carcelén	Relevante
Parada Import Aceros	
Parada Intercambiador de Carcelén	Relevante
Parada Jardines de Carcelén	Relevante
Parada Yambal	
Parada Mega Santa María Carapungo	
Parada Ingreso a Carapungo	Relevante
Parada Quala Ecuador S.A	
Parada Calle Calixto Muzo	
Parada El Pinturero	
Parada Portrans	Relevante
Parada Av. Carapungo	
Parada Ingreso a Calderón	Relevante
Parada Supermercado AKÍ Calderón	Relevante
Parada Calle Quitus	
Parada Dilipa	Relevante
Parada Precios de Fábrica ( Calle Punín)	

Figura 1.1. Ruta Cooperativa Calderón



Ruta establecida por la cooperativa Calderón. Elaborado por: (Cooperativa Calderón)

Cabe recalcar que las paradas denominadas como “relevantes” en la tabla anterior, son aquellas en las cuales es mucho más eficiente el sistema de monitoreo y servicios de Wi-Fi empleado actualmente.

#### **1.2.4 Sistema de Red Actual**

Actualmente la cooperativa dispone de sensores capaces de realizar conteo de pasajeros, sin embargo los mismos no cumplen con su función, por lo tanto no están siendo utilizados, además la cooperativa ya se encuentra en proceso de implementar servicios de Wi-Fi en el interior de sus unidades.

En cuanto a la red utilizada para los servicios móviles, varía de unidad en unidad, se han utilizado las bandas 4G LTE de las operadoras móviles más importantes del país, en algunos casos se ha dado preferencia a Movistar y en otros a la red perteneciente a Claro.

Cabe recalcar que la gran mayoría de las unidades no tiene implementado el sistema de Wi-Fi, únicamente disponen del contador de pasajeros ya mencionado.

Adicionalmente, las unidades cuentan con un servicio GPS y de radio comunicación que, al igual que el resto de componentes, pertenecen a los productos ofertados por la empresa ecuatoriana de tecnología satelital ICOM.

#### **1.2.5 Hardware**

##### **Sensores**

La empresa ICOM, principal proveedor de la tecnología implementada en las unidades de transporte de la cooperativa, ha instalado contadores de pasajeros similares a los que aparecen en las imágenes. (Ver Anexo 1)

##### **Sistema GPS**

En cuanto al sistema GPS, presenta las siguientes características:

- GPSMAP Garmin 521s
- Pantalla en color QVGA de 5”
- Tarjetas BlueChart®
- Receptor GPS de alta sensibilidad

Para los servicios de Wi-Fi, se pretende a futuro implementar enrutadores Wi-Fi que permitan el ingreso de tarjetas SIM de telefonía celular y utilizar la topología y los servicios de red 4G LTE de las principales operadoras del país.

### **1.2.6 Software**

Anteriormente se menciona la carencia de una red totalmente implementada y funcional dentro de la cooperativa, lo cual representa un problema en cuanto al análisis de la misma se refiere.

### **1.2.7 Servicios**

Como se detalló en párrafos anteriores, la cooperativa actualmente puede utilizar únicamente el servicio de GPS para sus unidades, dado que los contadores de pasajeros no presentan un correcto funcionamiento y el servicio de Wi-Fi se encuentra en negociación por parte de las autoridades competentes dentro de la cooperativa.

### **1.2.8 Personal**

La cooperativa en cuanto al área de tecnología trabaja con diferentes contratistas y proveedores, en donde destacan generalmente dos empresas nacionales, la primera llamada ICOM, y la segunda llamada PRISMAL Ltda.

#### **ICOM**

Es la empresa, o contratista encargado del sistema de radiofrecuencia dentro de la cooperativa, ICOM ha realizado los servicios de implementación de contadores de pasajeros y los servicios de comunicación dentro de la cooperativa

#### **Prismal**

Prismal ha sido el principal contratista elegido por la cooperativa para llevar a cabo el servicio de GPS dentro de las unidades.

### **1.2.9 Documentación Existente**

No existe actualmente documentación que respalde los contratos de las empresas con la cooperativa salvo los equipos implementados dentro de las mismas unidades.

## 1.3 REQUERIMIENTOS

### 1.3.1 Requerimientos Adicionales Sobre La Norma

Enfocando principal atención al modelo de Caja Común, los requerimientos de la cooperativa son explícitamente el continuar brindando los servicios de transporte de pasajeros dentro de la ciudad de Quito de una manera totalmente legal y direccionada a las leyes vigentes dentro de la constitución de la república del Ecuador, por lo tanto, es menester de la cooperativa el centralizar la gran mayoría de información referente a la labor diaria de cada unidad, de una u otra forma.

### 1.3.2 Física

Dentro del entorno físico, se busca satisfacer la necesidad de contadores de pasajeros totalmente funcionales dado que, como se ha mencionado anteriormente, la cooperativa pese a tener implementados los sensores en cada unidad, no goza de un sistema fiable y operativo.

### 1.3.3 Estaciones

Se ha dado principal importancia a las estaciones descritas a continuación:

Tabla 1.3. Estaciones Relevantes dentro de la Cobertura de Red.

<b>Estación</b>	<b>Sector</b>
Terminal La Ofelia	La Ofelia
Parada Micro Mercado Tumbaco	La Ofelia
Parada Banco Guayaquil	Ponciano Alto
Parada Av. Juan de Selis	Ponciano Alto
Parada Supermaxi Carcelén	Carcelén
Parada Unifer Carcelén	Carcelén
Parada Intercambiador de Carcelén	Carcelén
Parada Jardines de Carcelén	Panamericana Norte
Parada Ingreso a Carapungo	Carapungo
Parada Portrans	Panamericana Norte
Parada Ingreso a Calderón	Calderón
Parada Supermercado AKÍ Calderón	Calderón
Parada Dilipa	Calderón

La mayoría de dichas estaciones, cuenta con gran afluencia de usuarios y una ubicación central y privilegiada para ser los puntos más importantes, tanto en la adquisición de datos como en la verificación del funcionamiento de los sensores.

#### **1.3.4 Red**

La red como tal, se ha convertido en un principal requerimiento por parte de la cooperativa debido a la reducción de costos, la eficaz centralización de datos (permitiendo que la cooperativa cumpla los estándares estipulados por el modelo de Caja Común) y la utilización de servicios adicionales sin costo alguno.

#### **1.3.5 Infraestructura**

En cuanto al diseño de la red se ha planteado el uso de la tecnología 4G LTE, pues permite trabajar con unidades móviles, como es el caso de los vehículos, brindando una calidad de servicio y una velocidad aceptable.

Actualmente, el Ecuador aún dispone de ciertas frecuencias no concesionadas en 4G, únicamente las operadoras privadas tienen acceso a esta tecnología y poseen bandas concesionadas por el gobierno nacional.

Por tal motivo, se ha decidido utilizar la banda de frecuencia de 1700 FDD, conocida también como EAWS-AJ para el diseño teórico de la red, dado que gran parte de las frecuencias que conforman la banda, no han sido concesionadas dentro del territorio nacional.

Las diferentes estaciones o paradas de autobús expuestas anteriormente, son las más idóneas para permitir las diferentes conexiones de red.

Cabe recalcar que dicha red de adquisición de datos tiene una muy alta característica de escalabilidad, por lo cual, podría ser utilizada por todas las cooperativas de transporte dentro de la urbe y administrada por el municipio y autoridades competentes del distrito metropolitano de Quito.

### **1.3.6 Servicios**

La cooperativa ha puesto principal énfasis en describir cada uno de los servicios que desea implementar en algún futuro dentro de sus unidades, principalmente el servicio de Wi-Fi, que permita navegación de internet, redes sociales, entre otros.

Además se desea tener los datos recopilados por los contadores de pasajeros dentro de una característica de alojamiento de archivos o datos en la nube, y poder consultarlos en tiempo real mediante aplicaciones móviles o páginas web, como el caso de la aplicación Dropbox o Google Drive.

Adicionalmente se desea continuar con el servicio de GPS actualmente implementado.

### **1.3.7 Personal**

Los principales encargados del área de tecnología dentro de la cooperativa como se especificó anteriormente son los diferentes contratistas que realizan el diseño e implementación de los diferentes servicios, en el caso del diseño de red, tema que compete al presente proyecto, es la empresa Emitelco Soluciones quien ha decidido auspiciar y supervisar la parte de diseño de la red como tal, sin embargo, los diferentes componentes y permisos requeridos en el caso de una futura implementación, son total responsabilidad de las diferentes empresas o personas contratadas por la cooperativa para tal función.

## **1.4 FALENCIAS Y POTENCIALIDADES**

### **1.4.1 Aspectos Positivos en la red De la Cooperativa**

Uno de las características más importantes que presenta la red propuesta, es el uso de la nube para centralizar datos adquiridos por los diferentes sensores de conteo de pasajeros dentro de cada unidad, lo cual permite un control mucho más preciso y minucioso dentro de la cooperativa.

Otro aspecto considerable es la escalabilidad que puede llegar a tener la red de adquisición de datos, ya que al tener una propia infraestructura de datos móvil dentro de una ciudad grande como es el caso de Quito, puede ser capaz de adjuntar otros usuarios, específicamente otras cooperativas que laboren dentro del casco urbano de la ciudad.

Como se menciona en el párrafo anterior, el hecho de tener una infraestructura de datos móviles dentro de lo que es LTE o, si se diera el caso 4G, se puede tener velocidades de transmisión de alrededor de 1 Gb/s y una cobertura bastante aceptable, lo cual permitiría aprovechar el ancho de banda de dicha red para ofertar diferentes servicios en línea, como es el caso de redes sociales, Wi-Fi, correo electrónico, entre otros.

#### **1.4.2 Aspectos Negativos en la red De la Cooperativa**

Existen varias características negativas dentro del diseño de la red, sin embargo pueden ser solventadas, uno de los principales retos que presenta el proyecto es el gran costo financiero que sería necesario para cubrir la implementación del mismo en su totalidad.

Otra falencia importante es la actualización de tecnologías, si bien es cierto que 4G es una tecnología relativamente nueva a nivel nacional, dentro de 4 o 5 años, probablemente quede obsoleta y se necesitará de nuevos equipos, sin contar que la geografía de la ciudad tiende a cambiar en el sentido de expansión, la ciudad cada vez es más grande y se necesitará constantemente añadir más puntos, antenas, zonas de cobertura, entre otros.

Para finalizar, el aspecto más negativo que se puede encontrar dentro del proyecto y de la red propuesta, es su importancia, si bien es una red que permitiría centralizar datos de una manera mucho más sencilla y efectiva con las seguridades respectivas, el propósito que buscan las cooperativas para con la red, es el cumplimiento de la Ley vigente y del modelo de Caja Común que, dependiendo del gobierno de turno, podría estar expuesta a modificaciones o, de ser el caso, su anulación.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar una red de adquisición de datos para el uso de servicios móviles y monitoreo de pasajeros en medios de transporte públicos urbanos para la empresa Emitelco Soluciones.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los requerimientos de una red de adquisición de datos que permita centralizar datos referentes al número de pasajeros pertenecientes a cada unidad de transporte disponible dentro de una cooperativa y a la vez permitir el uso de datos móviles a sus usuarios.
- Diseñar una red de adquisición de datos para la ciudad de Quito que pueda ser administrada por el Municipio y utilizada por cada uno de las diferentes operadoras de transporte terrestre público que laboren dentro de la urbe.
- Verificar la red diseñada mediante la comparación con el sistema implementado actualmente por la entidad competente en base a las ventajas y falencias del mismo.
- Proponer mejoras al sistema implementado actualmente mediante procedimientos y dispositivos necesarios para implementar el diseño propuesto.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DE LA RED DE ADQUISICIÓN DE DATOS

#### 2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

El primer paso para realizar el proyecto consiste en recopilar varios datos y documentos referentes al tema que permitan familiarizarse con los términos empleados dentro del presente informe, la mayoría de elementos de carácter técnico fueron mencionados en el capítulo anterior, sin embargo, es importante detallar algunos de ellos, dado que dentro del contexto presentado, tienen un alto nivel de importancia.

##### 2.1.1 Marco Teórico

El apartado de Marco Teórico permite una familiarización con los principales términos técnicos que aparecen a lo largo del presente documento, para lo cual es importante explicarlos brevemente.

**Red de Adquisición de datos:** Una red de adquisición de datos generalmente está conformada por sensores, los cuales toman muestras analógicas y las envían ya sea por medios conectados o de forma inalámbrica a un solo punto centralizado.

**Red de Acceso:** Se denomina como red de acceso al trayecto comprendido entre el usuario y el resto de la red, generalmente es el tramo final de una red de comunicaciones. (Redes Telemáticas, 2012)

**4G LTE:** 4G LTE (Long Term Evolution) es un tipo de tecnología de telecomunicaciones desarrollada recientemente, se refiere a la 4ta generación de las mismas, difiere de 2G y 3G por sus características en cuanto a velocidad de transmisión y QoS (Quality of Service). (Tigo)

**Bandas para Acceso:** Son bandas para conexión inalámbrica en las que su uso corresponde al Servicio Fijo punto-punto y punto-multipunto para enlazar una estación con el último nodo o el último nodo con el usuario final.

**Modulaciones en Uplink y Downlink :** La modulación más utilizada actualmente dentro de una red LTE tanto para el enlace de subida (Uplink) como para el enlace de bajada (Downlink) es OFDMA, cuyas siglas significan Orthogonal Frequency Division Multiple Access, traducido al castellano: Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (Heredia & Velasquez, 2015).

**OFDMA:** El sistema utiliza TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo) y FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia), la principal diferencia entre ambos es que las portadoras utilizadas en OFDMA son ortogonales entre si tal como se nombre lo indica. (Heredia & Velasquez, 2015).

Si las portadoras son ortogonales, en términos básicos implica que se puede enviar un conjunto de portadoras traslapadas entre sí con una separación de  $f = 1 / Tu$  sin provocar que las portadoras interfieran entre sí. (Heredia & Velasquez, 2015).

En el caso de LTE, la separación por lo general es de 15 KHz que también se puede considerar como el ancho de banda de cada sub-portadora  $f_0, f_1, f_2$ . (Heredia & Velasquez, 2015).

**Modulación en Enlace Descendente :** Como se menciona en párrafos anteriores, OFDMA es el tipo de modulación que permite que cada usuario pueda tener una exclusiva sub- portadora y, por lo tanto un distinto y único símbolo modulado, por lo cual es el principal método de modulación que se utiliza dentro del diseño de red.

En el apartado de transmisión, se puede aprovechar esta característica para que cada sub-portadora pueda trabajar simultáneamente en la transferencia de información y datos y de esta manera satisfacer a la demanda de usuarios que se beneficiarían de la infraestructura de red.

De igual manera, en el apartado de recepción, OFDMA permite a los usuarios asignados a una sub-portadora recuperar la información de la misma y separarla del resto de usuarios dentro de la red.

**Modulación en Enlace Ascendente:** El SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) es una de las alternativas más comunes, reduciendo costos en el caso de implementación y utilizando la red de la manera más provechosa para sus usuarios.

Para el enlace ascendente OFDMA no es apropiado debido a su alto pico de consumo medio o Peak to Average Power Ratio (PAPR) cuando los diferentes flujos son combinados. SC-FDMA es similar a OFDMA pero tiene pasos adicionales en el procesamiento. En vez de dividir los datos en varios flujos y mapearlos en sub-portadoras, la señal en el dominio del tiempo es convertida en el dominio de la frecuencia mediante una función Transformada de Fourier. Esto distribuye la información de cada bit en todas las sub-portadoras, reduciendo así el consumo entre las mismas. (Almagro).

**Ancho de banda efectivo:** En el enlace ascendente de LTE el ancho de banda total de transmisión se comparte dinámicamente entre los usuarios. En el balance de enlace es preciso suponer un ancho de banda fijo para el servicio considerado. Este ancho de banda debe ser múltiplo de 180 kHz, que es la ocupación espectral de un bloque de recursos (resource block), el cual representa la unidad mínima de asignación de ancho de banda en LTE. (Nuñez, 2013).

**NAS (Network Attached Storage):** El almacenamiento en red (NAS) en la nube se está perfilando como solución para las necesidades de almacenamiento de archivos de algunas pequeñas empresas. El NAS en la nube es un subconjunto de almacenamiento en la nube, (cloud storage) también denominado almacenamiento como servicio (Storage as a Service (SaaS)). (Nadkarni, 2009).

Es un espectro en el servidor, que hace pensar al usuario que está accediendo a un dispositivo local cuando en realidad accede al mismo a través de Internet o de una conexión dedicada a larga distancia. (Nadkarni, 2009).

**IEEE 802.11:** Es el estándar de la IEEE 802.11 propone tres servicios básicos de seguridad para el entorno de las WLAN (Suárez, 2012).

**RC4:** Es el sistema de cifrado de flujo en aplicaciones de software utilizado más ampliamente. Entre numerosas aplicaciones este codificador es usado para proteger el tráfico de Internet como parte del SSL y está integrado dentro de Microsoft Windows, así mismo, es parte de los protocolos de cifrado más comunes como WEP, WPA para tarjetas inalámbricas. (Mantin, 2005).

**WEP (Wired Equivalent Privacy):** Es el algoritmo opcional de seguridad establecido en la norma IEEE 802.11. Los objetivos de WEP, según el estándar, son proporcionar confidencialidad, autenticación y control de acceso en redes WLAN. (Suárez, 2012).

**WPA (Wi-Fi Protected Access):** WPA se distingue por tener una distribución dinámica de claves, utilización más robusta del vector de inicialización y nuevas técnicas de integridad y autenticación. (Suárez, 2012).

**IEEE 802.1X :** Estándar del IEEE que proporciona control de acceso en redes basadas en puertos..El Access Point mantendrá el puerto bloqueado hasta que el usuario se autentique. Con este fin se utiliza el protocolo EAP y un servidor AAA (Authentication Authorization Accounting) como puede ser RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service). Si la autorización es positiva, entonces el punto de acceso abre el puerto.

El servidor RADIUS puede contener políticas para ese usuario concreto que podría aplicar el punto de acceso (como priorizar ciertos tráficos o descartar otros). (Suárez, 2012).

### **2.1.2 Características Técnicas de la Red**

Dentro de las características de la red de adquisición de datos, el primer elemento es definir a detalle la tecnología y la banda de frecuencia que será utilizada, dentro del diseño teórico, se ha dado prioridad a la tecnología LTE en Band Class 4 (LTE- B4), actualmente en el Ecuador la banda dominante para implementaciones de la tecnología LTE es 700 MHz, perteneciente a Band Class 12, 17 o 28 por nombrar algunas, y el primer proveedor de telefonía móvil en brindar el servicio fue la empresa Claro. (PoderPDA, 2012)

Dentro de LTE- B4 se trabajan frecuencias comprendidas entre los 1700 MHz a los 2100 MHz, de subida y bajada respectivamente (uplink, downlink), además es importante recalcar que se dispone de una comunicación en FDD (División de Frecuencia), dado que la mayoría de dispositivos móviles actuales pueden soportar los parámetros expuestos. (Cabrera, 2014)

Para el diseño, se han considerado alturas entre los 20 y 30 metros en las diferentes antenas, debido a que la ruta especificada por la cooperativa, no presenta elevaciones de terreno notables ni edificios grandes que puedan interferir con el desempeño de la red, los estudios de propagación se han realizado mediante el modelo estándar.

De igual manera, la gran mayoría de los parámetros especificados en la Tabla 4 han sido utilizados con los valores por defecto que presenta Xirio Online en su diseño de cobertura multitransmisor para LTE FDD a 10 MHz, el proyecto tiene una característica de Femto celdas en cuanto a tecnología celular.

Es importante acotar que todos los valores presentados a continuación no obedecen características reales de equipos disponibles en el mercado, dado que al enfocar el proyecto en un diseño, la mayoría de valores han sido especificados en situaciones de condiciones ideales para el desarrollo de la red.

Tabla 2.1. Principales Parámetros de Diseño

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Antenas	8
Altura de las Antenas	30 m (Antenas 1,5,6) 25 m (Antenas 2 y 4) 20 m (Antenas 3, 7 y 8)
<b>Transmisor</b>	
Tipo de Antena	3G/4G 17,5 dBi Antenna 65° Polaridad Simple
Frecuencias	1750 MHz
Polarización	Vertical
Potencia	32 W
Pérdidas	5 dB
<b>LTE</b>	
ICIC (Interferencias)	Dinámico, 60% de eficiencia
Carga de Tráfico en Downlink	70%
PDCCH (Downlink Channel)	2
MIMO	No
Ganancia MIMO	No
Incremento de Ruido Uplink	3 dB
Control de Potencia	-85 dBm
Alpha	1
Factor de Ruido	2 dB
Ancho De Banda	10 MHz

Valores utilizados dentro de Xirio Online.

### 2.1.3 Herramientas Informáticas

#### Xirio Online

Uno de los principales software que se han utilizado hoy en día para el diseño y planificación de redes de telefonía móvil es Xirio Online, pues permite crear infraestructuras de todo tipo con diseños por defecto desde un navegador web, por lo tanto no requiere la instalación de ningún tipo de software ni mapas cartográficos en el equipo, obviamente haciendo referencia a la versión gratuita, dado que la versión de pago ofrece una gama mucho más amplia de prestaciones, dentro de las tecnologías permitidas es posible encontrar los servicios LTE, naturalmente y debido al propósito del proyecto, se ajustará los diferentes parámetros que permiten a la red trabajar dentro de dicha tecnología.

## **ICS Telecom**

El ICS Telecom al igual que Xirio es un software de simulación de radiocomunicaciones basado generalmente en mapas de relieve o mapas digitales de terreno (DTM), así como varios mapas cartográficos, la diferencia que presenta ante Xirio es su precisión en cuanto a cálculos de Cobertura y Propagación, es uno de los programas más precisos en el diseño de redes inalámbricas y telecomunicaciones.

De igual manera permite navegaciones en 3D y obviamente el uso de simulaciones para tecnologías LTE.

ICS Telecom permitirá dar mediciones mucho más precisas y reales que se complementarán con el análisis previo realizado en Xirio Online.

### **2.1.4 Consideraciones Geográficas**

La cobertura de la red comprende la ruta, colocando antenas en las diferentes paradas o lugares accesibles cercanos a las mismas, de igual manera, se han considerado 8 puntos de interés en los cuales se analiza el funcionamiento y la calidad de los servicios ofertados por la red de adquisición, dentro de la ruta especificada por la cooperativa Calderón, han sido seleccionados los puntos con más afluencia de pasajeros en horas pico.

Se ha utilizado un mapa cartográfico con relieves de la ciudad de Quito, disponible en los servicios de Google Maps y vinculado al simulador Xirio Online, al ser un estudio a baja resolución, no se toma en cuenta factores que podrían modificar los resultados tales como edificios, clima, humedad, modelo de propagación distinto al modelo estándar, normativas actuales de diseño establecidas por la UIT (Unión Internacional de las Telecomunicaciones), mismas que serán tomadas en cuenta posteriormente.

Figura 2.1. Interfaz Xirio Online



## 2.2 DISEÑO DE LA RED

Una vez recolectados la mayoría de datos necesarios y familiarizándose con los términos más importantes y básicos dentro de las redes LTE, se procede a realizar el diseño tomando en cuenta varias fases que permiten un desarrollo más organizado y esquematizado del mismo.

El presente proyecto consta de 5 fases, las cuales permiten analizar a fondo los probables problemas que se presenten durante el desarrollo del diseño, dichas fases son:

Fase 1.- Selección de los Puntos de Interés

Fase 2.- Diseño de la Cobertura en Ruta mediante Xirio Online e ICS Telecom

Fase 3.- Comparación de resultados en cobertura entre los diseños Propuestos

Fase 4.- Mejora de la Red

Fase 5.- Servicios Permitidos

### 2.2.1 FASE 1. Selección de los Puntos de Interés

Como se menciona, existen 8 puntos de interés a lo largo de la ruta especificada por la cooperativa, la figura de color verde en cada imagen indica los lugares en los cuales es más idónea la hipotética implementación de las antenas y las radiobases LTE, dichos puntos serán utilizados en el diseño de la red y se los detalla a continuación:

Tabla 2.2 Estudio del Sector de La Ofelia

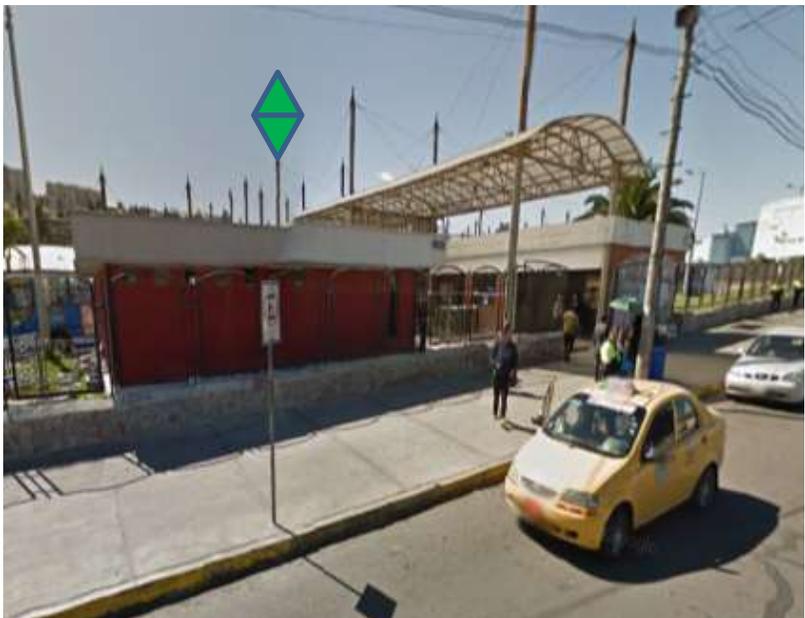
<p>Antena 1.</p> 	<p><b>Detalles Técnicos</b></p> <p>Sector: La Ofelia</p> <p>Latitud: -0.109943 S</p> <p>Longitud: -78.488871 O</p> <p>Altura del mástil (m): 20</p> <p>Frecuencia de Transmisión (MHz): 1750</p> <p>Potencia (W): 32</p> <p>Ganancia (dB): 17.5</p> <p>Azimut (°) 0</p>
---	---

Tabla 2.3 Estudio del Sector de Ponciano

<p>Antena 2.</p> 	<p><b>Detalles Técnicos</b></p> <p>Sector: Ponciano</p> <p>Latitud: -0.095094 S</p> <p>Longitud: -78.481919 O</p> <p>Altura del mástil (m): 5</p> <p>Frecuencia de Transmisión (MHz): 2055</p> <p>Potencia (W): 38</p> <p>Ganancia (dB): 17.5</p> <p>Azimut (°) 0</p>
---	---

Tabla 2.4 Estudio del Sector de Carcelén

<p>Antena 3.</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Detalles Técnicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sector:</td> <td>Carcelén</td> </tr> <tr> <td>Latitud:</td> <td>-0.091328 S</td> </tr> <tr> <td>Longitud:</td> <td>-78.472918 O</td> </tr> <tr> <td>Altura del mástil (m):</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de Transmisión (MHz):</td> <td>2090</td> </tr> <tr> <td>Potencia (W):</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Ganancia (dB):</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>Azimut (°)</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Detalles Técnicos		Sector:	Carcelén	Latitud:	-0.091328 S	Longitud:	-78.472918 O	Altura del mástil (m):	10	Frecuencia de Transmisión (MHz):	2090	Potencia (W):	32	Ganancia (dB):	17.5	Azimut (°)	0
Detalles Técnicos																			
Sector:	Carcelén																		
Latitud:	-0.091328 S																		
Longitud:	-78.472918 O																		
Altura del mástil (m):	10																		
Frecuencia de Transmisión (MHz):	2090																		
Potencia (W):	32																		
Ganancia (dB):	17.5																		
Azimut (°)	0																		

Tabla 2.5 Estudio del Sector de Yanbal

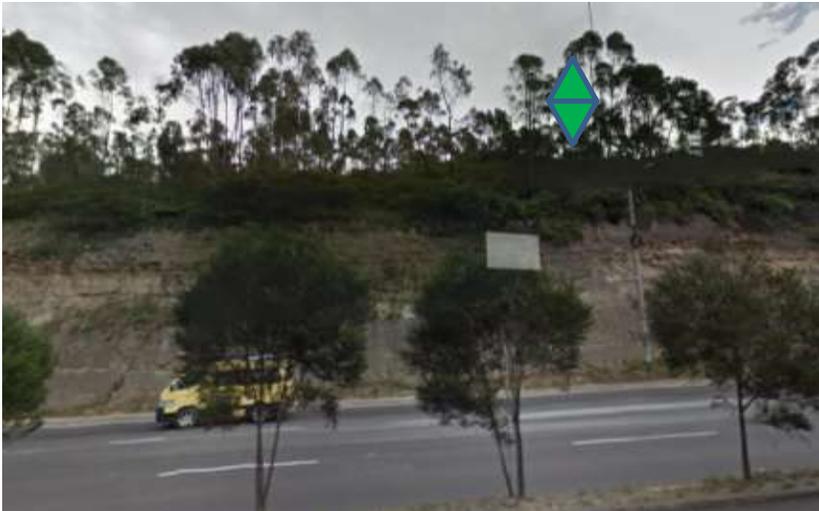
<p>Antena 4.</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Detalles Técnicos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sector:</td> <td>Yanbal</td> </tr> <tr> <td>Latitud:</td> <td>-0.101735 S</td> </tr> <tr> <td>Longitud:</td> <td>-78.463702 O</td> </tr> <tr> <td>Altura del mástil (m):</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de Transmisión (MHz):</td> <td>2050</td> </tr> <tr> <td>Potencia (W):</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Ganancia (dB):</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>Azimut (°)</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Detalles Técnicos		Sector:	Yanbal	Latitud:	-0.101735 S	Longitud:	-78.463702 O	Altura del mástil (m):	10	Frecuencia de Transmisión (MHz):	2050	Potencia (W):	40	Ganancia (dB):	17.5	Azimut (°)	0
Detalles Técnicos																			
Sector:	Yanbal																		
Latitud:	-0.101735 S																		
Longitud:	-78.463702 O																		
Altura del mástil (m):	10																		
Frecuencia de Transmisión (MHz):	2050																		
Potencia (W):	40																		
Ganancia (dB):	17.5																		
Azimut (°)	0																		

Tabla 2.6 Estudio del Sector de Carapungo

Antena 5.		<b>Detalles Técnicos</b>
		Sector: Carapungo
		Latitud: -0.109256 S
		Longitud: -78.460097 O
		Altura del mástil (m): 25
		Frecuencia de Transmisión (MHz): 1800
		Potencia (W): 32
		Ganancia (dB): 17.5
		Azimut (°) 0

Tabla 2.7 Estudio del Sector Panamericana Norte

Antena 6.		<b>Detalles Técnicos</b>
		Sector: Panam.Norte
		Latitud: -0.107657 S
		Longitud: -78.447276 O
		Altura del mástil (m): 5
		Frecuencia de Transmisión (MHz): 1850
		Potencia (W): 50
		Ganancia (dB): 17.5
		Azimut (°) 0

Tabla 2.8 Estudio del Sector de Calderón

Antena 7.		<b>Detalles Técnicos</b>
		Sector: Calderón
		Latitud: -0.104996 S
		Longitud: -78.429831 O
		Altura del mástil (m): 5
		Frecuencia de Transmisión (MHz): 1750
		Potencia (W): 50
		Ganancia (dB): 17.5
		Azimut (°) 0

Tabla 2.9 Estudio del Sector de la Terminal (Calderón Centro)

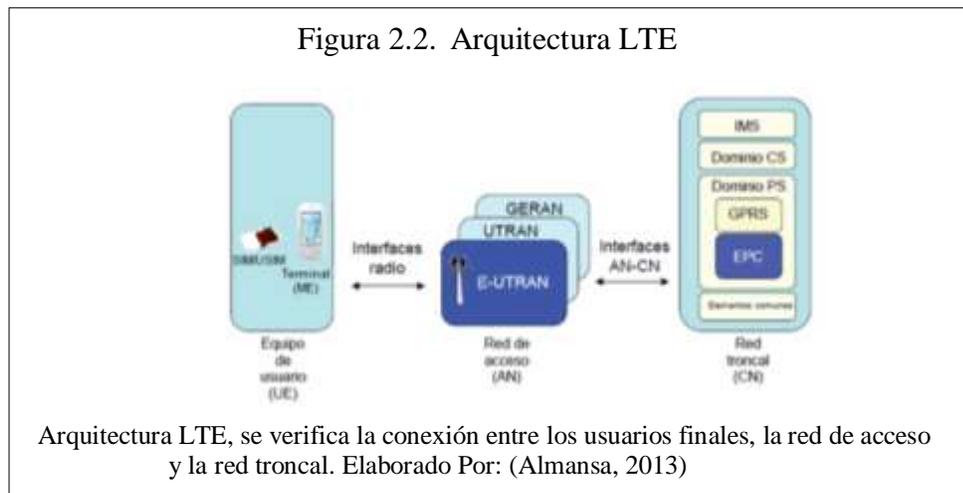
Antena 8.		<b>Detalles Técnicos</b>
		Sector: Terminal (Calle Punín)
		Latitud: -0.097421 S
		Longitud: -78.424273 O
		Altura del mástil (m): 10
		Frecuencia de Transmisión (MHz): 1770
		Potencia (W): 32
		Ganancia (dB): 17.5
		Azimut (°): 0

Para lograr una comunicación entre las diferentes celdas, la opción más viable en cuanto a costos, velocidad de transmisión y facilidad de implementación es un canal de fibra óptica que permita conectar a las 8 antenas del E-UTRAN o red de acceso LTE hacia la red troncal y poder crear una sola red de comunicación.

Una solución en la interfaz S1 con fibra, además de no crear interferencias en la cobertura y desempeño de la red, permite velocidades aproximadas de 1Gbps, mientras que por radiofrecuencia, generalmente se encuentran velocidades entre los 150 Mbps y 300 Mbps (González, 2015)

### Arquitectura LTE

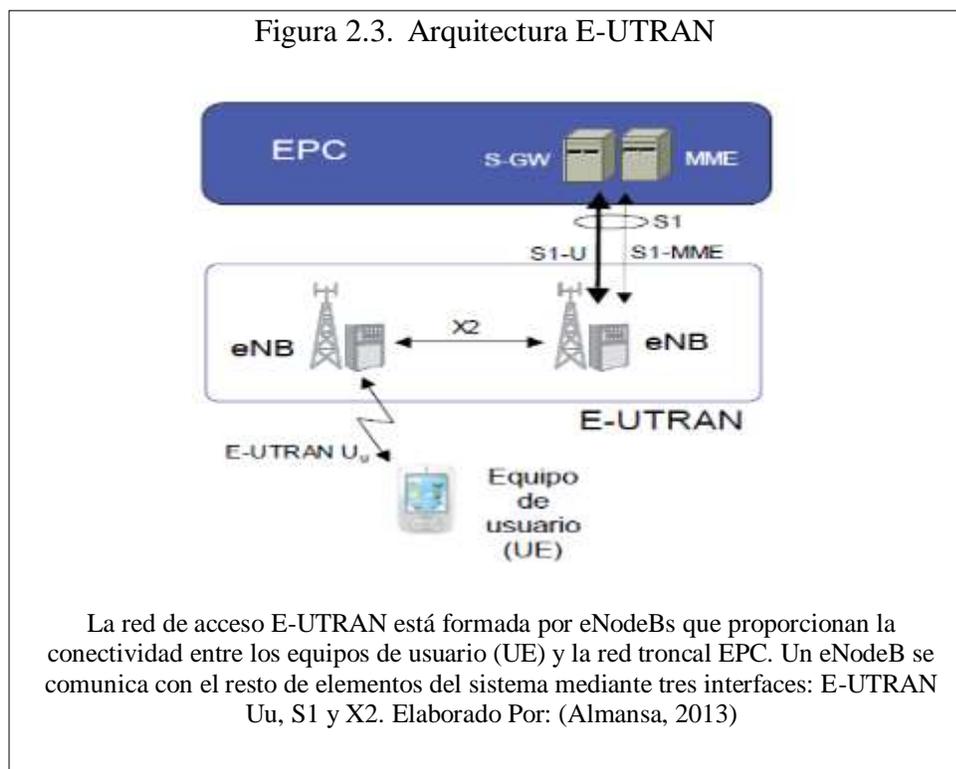
LTE sigue la misma arquitectura de red que los anteriores sistemas especificados por el 3GPP, y abarcan la especificación del equipo de usuario (User Equipment, UE) y de una infraestructura de red que se divide de forma lógica en una infraestructura de red troncal (Core Network, CN) y una de red de acceso (Access Network, AN). (Almansa, 2013)



## Arquitectura E-UTRAN

E-UTRAN (Evolved Terrestrial Radio Access Network) es la red de acceso especificada para LTE, que utiliza la tecnología OFDMA en la interfaz radio para la comunicación con los equipos de usuario. (Almansa, 2013).

La arquitectura de la red de acceso se compone de una única entidad de red denominada evolved NodeB (eNodeB) que constituye la estación base de E-UTRAN. (Almansa, 2013).



### 2.2.2 FASE 2. Diseño de la Cobertura en Ruta mediante Xirio Online e ICS

#### Telecom

Mediante la herramienta Xirio Online, la cual permite realizar varios estudios predeterminados, se tiene un principal enfoque en la característica de análisis de cobertura en multitransmisor, dado que al ser un servicio LTE, es muy importante conocer la capacidad y las interferencias que podrían ocasionar las diferentes estaciones entre sí.

Se han realizado 4 estudios de la cobertura de la red, utilizando los parámetros expuestos anteriormente en la Tabla 2.1, dando como resultado las siguientes imágenes en las cuales se puede denotar que la red satisface la ruta establecida por la cooperativa Calderón y, por lo tanto, permite disponibilidad para los usuarios.

Figura 2.4. Ubicación de Antenas y Área de Cálculo de Cobertura



Interfaz de la aplicación Xirio Online, se puede verificar la ubicación de las antenas y el rectángulo azul que denota el área total de cálculo.

A continuación, se verifica el área teórica de cobertura de las antenas bajo el estudio multitransmisor del simulador Xirio Online.

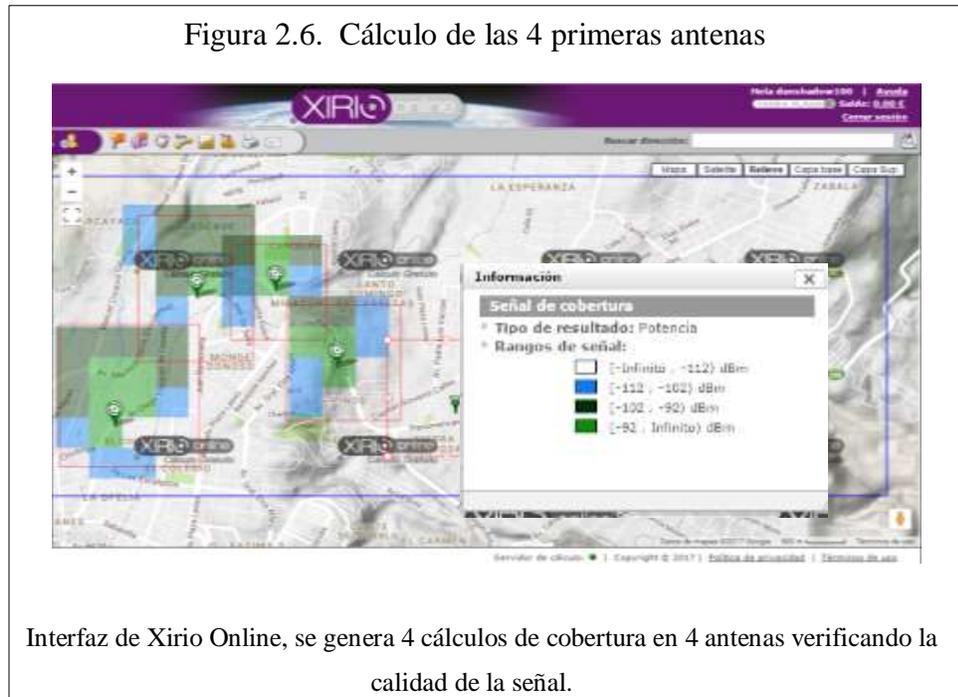
Figura 2.5. Área Estimada de Cobertura en Antenas



Interfaz de la aplicación Xirio Online, se puede verificar la ubicación de las antenas y los recuadros rojos indican la cobertura estimada por cada antena.

Como se verifica en el estudio de la Figura 2.6, el color verde claro indica los puntos de mayor intensidad de señal suponiendo la ubicación de las antenas en los puntos relevantes, con los valores ubicados en el cuadro de información, dicha simulación no toma en cuenta un estudio de propagación minucioso, tampoco las interferencias presentes (exceptuando el valor colocado de ICIC dentro de LTE), ni un número determinado de usuarios.

Figura 2.6. Cálculo de las 4 primeras antenas



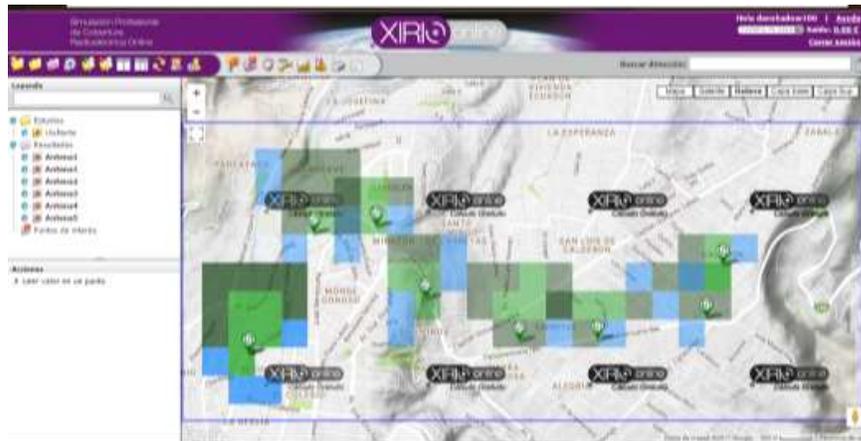
Sin embargo, en el modelo diseñado aún existen puntos dentro de la ruta que no gozan de una cobertura aceptable, por lo cual se ha desarrollado 2 simulaciones diferentes considerando cambios en la ubicación de algunas antenas y con diferentes ángulos de Azimut para las mismas.

### Diseño Preliminar

Se ha considerado los parámetros indicados anteriormente en la Tabla 2.1 con las antenas ubicadas tal como aparece en la Figura 2.7.

Como resultado en la interfaz de Xirio se puede visualizar un cálculo de cobertura similar a:

Figura 2.7. Cálculo de Coberturas Diseño Preliminar



Interfaz Xirio Online, cálculo total de cobertura con 8 antenas.

### Diseño Mejorado

El segundo diseño únicamente difiere en los valores de azimut descritos a continuación en la Tabla 2.10 de todas las antenas y en la reubicación de las antenas 2 y 5 como se muestra en la siguiente imagen perteneciente a la Figura 2.8. Además, se ha considerado una longitud de 0.5 m de feeder, lo cual genera pérdidas mínimas, por motivos teóricos la pérdida de feeder supone un valor de 1 dB para todas las antenas.

Tabla 2.10. Valores de Azimut Considerados

Antena	Azimut
Antena 1	0°
Antena 2	85°
Antena 3	85°
Antena 4	0°
Antena 5	120°
Antena 6	180°
Antena 7	180°
Antena 8	0°

El resultado obtenido se muestra en la Figura 2.8 consecuente:

Figura 2.8. Estudio de Cobertura del Diseño Mejorado



Interfaz de Xirio Online, se toma en cuenta la nueva ubicación de las antenas 2 y 5.

A continuación se presenta la simulación de los dos diseños mediante el programa ICS Telecom, en el cual se conoce con mayor precisión la cobertura que cada antena podría otorgar dentro de la ruta especificada por la cooperativa, así como características q no se toman en cuenta dentro de Xirio como el caso de la inclinación de cada antena (Tilt), para este estudio se ha tomado en cuenta la antena Andrew LTE con ganancia de 17.5 dBi.

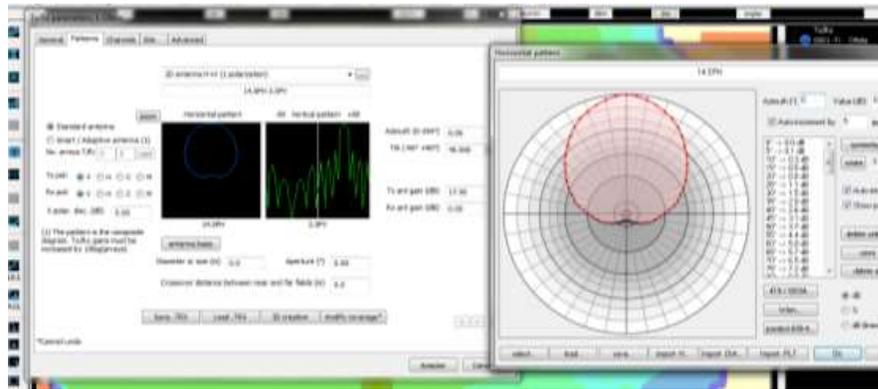
Figura 2.9. Edición de Parámetros de Diseño en ICS Telecom



Interfaz de ICS Telecom, edición de los diferentes parámetros de las estaciones base y antenas transmisoras para el caso de la Antena 1.

Dentro de ICS Telecom, se configura el patrón de radiación horizontal y vertical para antenas Andrew LTE.

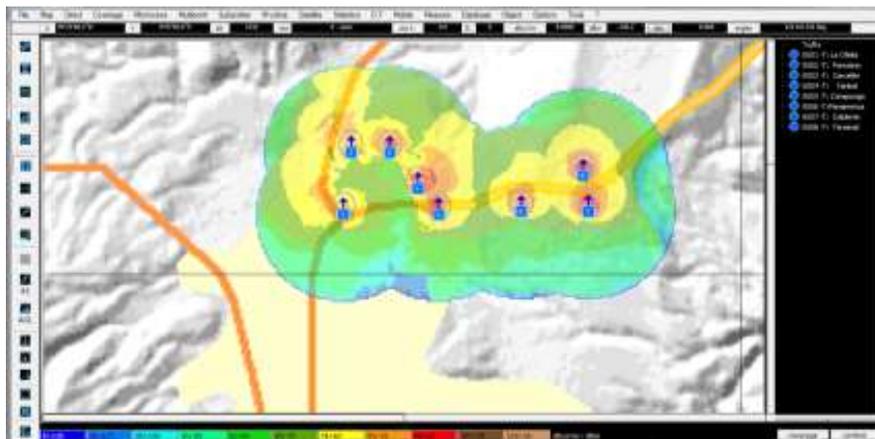
Figura 2.10. Edición del Patrón de Radiación de la Antena 1



Interfaz de ICS Telecom, se puede verificar la edición del valor de azimut, inclinación y tipo de antena, en general el patrón de radiación se configura de la misma manera que en Xirio para todas las antenas del diseño.

## Diseño Preliminar

Figura 2.11. Estudio de Cobertura del Diseño Preliminar en ICS Telecom

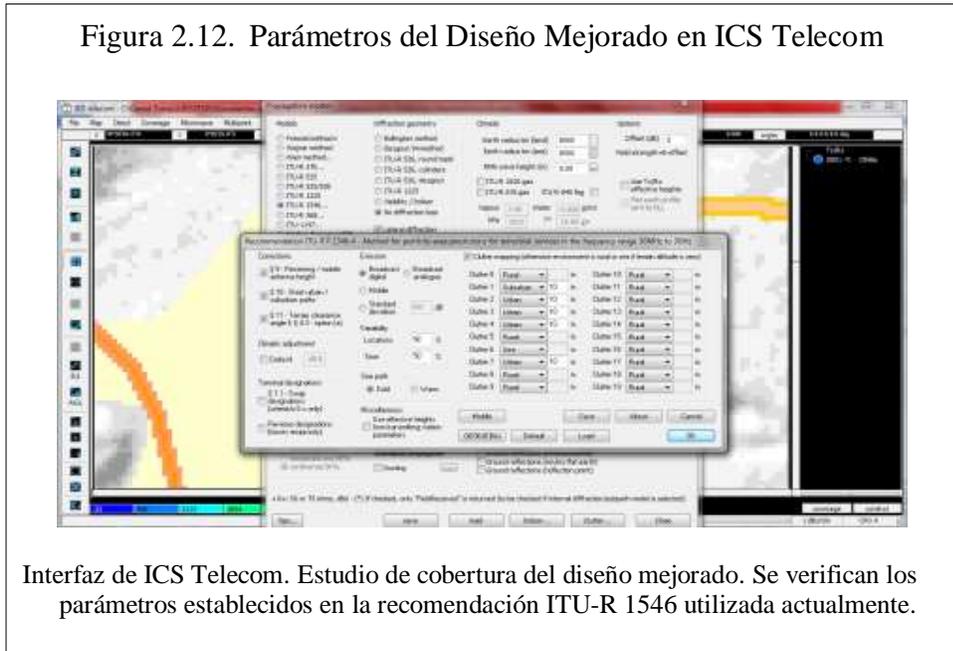


Interfaz de ICS Telecom, Estudio de Cobertura del Diseño Preliminar.

## Diseño Mejorado

El diseño mejorado en ICS Telecom se realizó acorde a la recomendación ITU-R- 1546, los parámetros de condiciones ideales fueron colocados dentro de los cuadros representados en la Figura 2.12.

Figura 2.12. Parámetros del Diseño Mejorado en ICS Telecom



### 2.2.3 FASE 3. Comparación de Resultados en Cobertura entre los diseños Propuestos

Una vez obtenido un estudio más realista de la cobertura de la ruta especificada por la cooperativa, los valores presentados en Xirio Online tanto para el Diseño Preliminar como para el Diseño Mejorado, se refieren a la tabla consecuente:

Tabla 2.11. Valores de Cobertura en Cada Parada y/o Estación en Xirio Online

<b>Parada</b>	<b>Cobertura Diseño Preliminar (dBm)</b>	<b>Cobertura Diseño Mejorado (dBm)</b>
Terminal La Ofelia	-39.24	-39.24
Parada Taxis Quito Seguro	-111.16	-89.15
Parada Bodega INDUELEC	-98.08	-98.08
Parada Auto Salazar	-96.36	-96.36
Parada Micro Mercado Tumbaco	-96.36	-96.36
Parada Banco Guayaquil	-108.92	-80.45
Parada Av. Juan de Selis	-88.81	-83.95
Parada Primax Carcelén	-101.73	-93.90
Parada Supermaxi Carcelén	-101.73	-101.73
Parada Unifer Carcelén	-42.38	-42.38
Parada Import Aceros	-93.31	-90.84
Parada Int. de Carcelén	-93.31	-93.31
Parada Jardines de Carcelén	-42.38	-42.38
Parada Yambal	-123.48	-52.45
Parada Mega Sta María Carapungo	-116.07	-112.24
Parada Ingreso a Carapungo	-113.11	-82.50
Parada Quala Ecuador S.A	-114.21	-103.73
Parada Calle Calixto Muzo	-102.48	-102.48
Parada El Pinturero	-114.74	-114.74
Parada Portrans	-111.00	-111.00
Parada Av. Carapungo	-114.82	-94.52
Parada Ingreso a Calderón	-92.37	-92.37
Parada Supermercado AKÍ Calderón	-92.37	-92.37
Parada Calle Quitus	-39.24	-39.24
Parada Dilipa	-116.03	-116.03
Parada Precios de Fábrica ( Calle Punín)	-39.24	-39.24

Y, para el caso de ICS Telecom, los valores de cobertura difieren debido a la referencia tomada, sin embargo muestran los siguientes resultados.

Tabla 2.12. Valores de Cobertura en ICS Telecom.

<b>Parada</b>	<b>Cobertura Diseño Preliminar(dBm)</b>	<b>Cobertura Diseño Mejorado (dBm)</b>
Terminal La Ofelia	-57.8	-57.8
Parada Taxis Quito Seguro	-53.8	-53.8
Parada Bodega INDUELEC	-64.6	-71.80
Parada Auto Salazar	-66.8	-72.8
Parada Micro Mercado Tumbaco	-77.8	-74.8
Parada Banco Guayaquil	-56.8	-56.8
Parada Av. Juan de Selis	-66.8	-61.4
Parada Primax Carcelén	-59.6	-57.8
Parada Supermaxi Carcelén	-78.4	-73.8
Parada Unifer Carcelén	-72.42	-68.8
Parada Import Aceros	-66.5	-66.5
Parada Intercambiador de Carcelén	-63.31	-58.8
Parada Jardines de Carcelén	-62.38	-62.38
Parada Yambal	-72.45	-67.45
Parada Mega Santa María Carapungo	-85.8	-85.8
Parada Ingreso a Carapungo	-62.50	-62.50
Parada Quala Ecuador S.A	-75.73	-75.73
Parada Calle Calixto Muzo	-79.48	-79.48
Parada El Pinturero	-77.7	-83.7
Parada Portrans	-80.5	-85.5
Parada Av. Carapungo	-66.8	-64.7
Parada Ingreso a Calderón	-61.2	-60.37
Parada Supermercado AKÍ Calderón	-63.4	-68.37
Parada Calle Quitus	-66.8	-66.8
Parada Dilipa	-79.3	-79.3
Parada Precios de Fábrica ( Calle Punín)	-57.2	-57.2

Es importante acotar que en el caso de existir solapamiento de cobertura, es decir, 2 antenas diferentes cubriendo un determinado sector, se ha tomado en cuenta el valor más óptimo (más aproximado a -70 dB en Xirio y a - 60 dB en ICS Telecom) que se ha verificado realizando la simulación para ambas antenas, este valor empíricamente permite que ninguna llamada o dato se pierda.

Como se puede observar, las estaciones principales y las paradas con mayor afluencia de usuarios presentan un nivel de cobertura muy alto y de excelente calidad, sin embargo, en algunas paradas sucede todo lo contrario, existen valores muy por debajo del nivel óptimo de cobertura para evitar pérdida de información.

#### **2.2.4 FASE 4. Mejora de la Red (Diseño Definitivo)**

En el siguiente apartado, y una vez conociendo los diferentes comportamientos de la cobertura de la red en base a los valores anteriores, se planifica de una manera mucho más realista cada servicio implícito dentro de la red, entre los cuales se dará mayor prioridad al almacenamiento de los datos de monitoreo de los sensores en la nube, a la navegación web y a los servicios de redes sociales.

Con los valores reflejados dentro de los 2 estudios de red, se puede claramente apreciar que los cambios realizados en el diseño mejorado han sido importantes, dado que permiten una mayor cobertura en área de la zona correspondiente a Jardines de Carcelén y Yanbal, la última con la cobertura más baja de todo el diseño, prácticamente nula, además de una notable mejora en el sector de la entrada a Carapungo, únicamente reubicando las antenas.

Por los justificativos mencionados en el párrafo anterior, se ha tomado el diseño mejorado como principal diseño de la red, sobre el cual se desarrolla el cambio positivo de parámetros.

Para una red de diseño definitiva, se ha considerado los siguientes parámetros de calidad de acuerdo a la recomendación UIT-T E.800 emitida por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, y por valores de muestreo de calidad de señal de potencia en recepción (Unión Internacional de Las Telecomunicaciones, 2008):

Utilizando la referencia de la Tabla 2.13. Se ha puesto principal atención a las estaciones que presenten un nivel regular e inaceptable de cobertura.

Tabla 2.13. Valores de Cobertura En Recepción

Xirio Online (dB)	ICS Telecom (dB)	Calidad
Mayor a -70	Mayor a -60	Excelente
Igual a -70	Igual a -60	Aceptable
Entre -70 y -95	Entre -60 y -70	Bueno
Entre -95 y -110	Entre -70 y -80	Regular
Menor a -110	Menor a -80	Inaceptable

Las soluciones planteadas a las estaciones son las siguientes:

- Reubicación de la antena 2 hacia el suroeste
- Aumento del valor de Potencia de 32 W a 38 W en la antena 2
- Modificación de Valor de Azimut en Antena 4 a 30 grados
- Aumento de Potencia Antena 6 de 32 W a 50 W
- Aumento de Potencia en Antena 7 de 32 W a 50 W
- Reubicación de Antena 7 hacia el este
- Reubicación de Antena 8 hacia el norte

Una vez realizada la simulación con las recomendaciones propuestas, Xirio Online presenta los siguientes resultados de estudio:

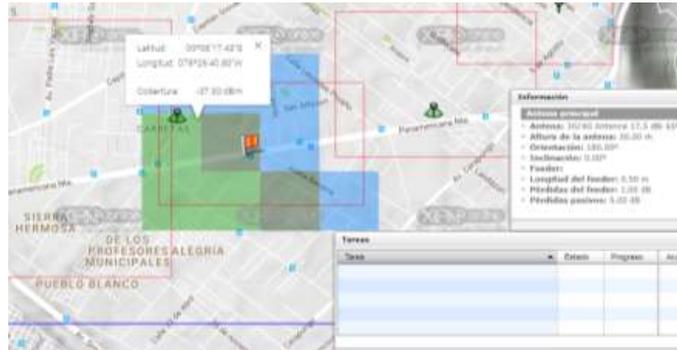
Figura 2.13. Modificación Parámetros Antena 2 (Ponciano)



Interfaz de Xirio Online, se verifica la mejora en cobertura de la señal perteneciente a la antena 2, luego de ser modificada.

En la antena 6, el principal parámetro a modificar como se describió anteriormente se encuentra en la potencia de transmisión, la bandera en la Figura 2.14 indica el lugar anterior a las modificaciones de la antena.

Figura 2.14. Modificación Parámetros Antena 6 (Panamericana Norte)



Interfaz de Xirio Online, se verifica la mejora en cobertura de la señal perteneciente a la antena 6, luego de las modificaciones.

De igual manera, la antena 7 es reubicada hacia el sur alrededor de 200 m para lograr mejora en la cobertura como se indica en la Figura 2.15 a continuación.

Figura 2.15. Modificación de Parámetros en Antena 7 (Calderón)



Interfaz de Xirio Online, se verifica la mejora en cobertura de la señal perteneciente a la antena 6 y 7, luego de las modificaciones, la bandera indica el punto anterior de posición.

Y finalmente se modifica los parámetros de potencia, azimut y ubicación de la antena 8 en el sector de Calderón para lograr cubrir satisfactoriamente la ruta especificada por la cooperativa.

Figura 2.16. Modificación de Parámetros en Antena 8 (Terminal)



Interfaz de Xirio Online, se verifica la mejora en cobertura de la señal perteneciente a la antena 8, luego de las modificaciones, la bandera indica el punto anterior de posición.

El diseño final a baja resolución dentro del simulador Xirio Online obedece al siguiente estudio de cobertura multitransmisor.

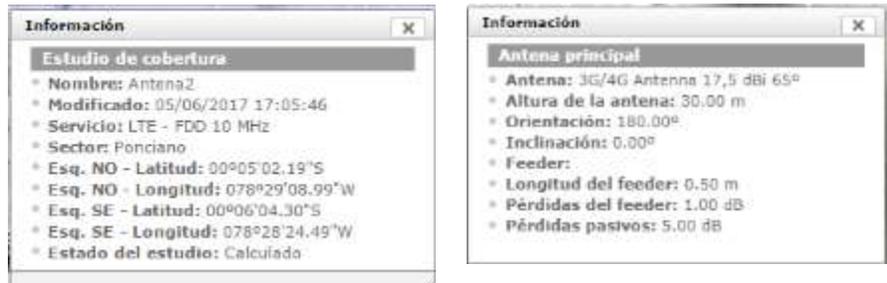
Figura 2.17. Diseño de Red en Xirio Online



Interfaz de Xirio Online, Estudio de Cobertura a baja resolución.

A continuación se presentan algunos valores importantes de algunas antenas, sin embargo, la información más detallada de cada antena se encuentra en la Tabla 2.15 consecuente.

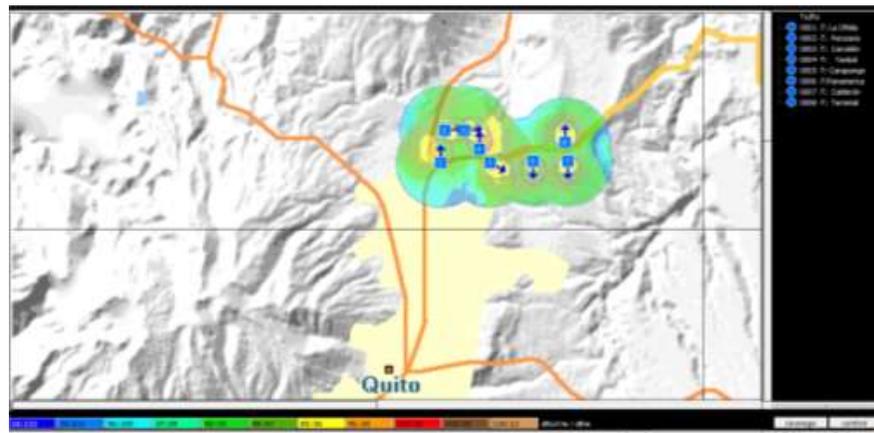
Figura 2.18. Información Antenas 2 y 6



Cuadros de Información de Xirio Online para las antenas 2 y 6 respectivamente, una vez realizada la simulación de cobertura multitransmisor. Elaborado Por: Xirio Online

El estudio en alta resolución de la red dentro del simulador ICS Telecom se verifica en los datos expuestos en la Figura 2.19.

Figura 2.19. Diseño de Red en ICS Telecom



Interfaz de ICS Telecom, Estudio de Cobertura en Alta Resolución con cartografía a 60m.

La Figura 2.20 indica la señal de cobertura en recepción aproximada que la red otorgaría en la ciudad de Quito, al exportar los datos desde ICS Telecom a Google Earth.

Figura 2.20. Diseño de Red para el Sector Norte de Quito (Google Earth)



Interfaz de Google Earth, se verifica una vista panorámica del diseño de red.

Tabla 2.14. Valores de Cobertura Obtenidos en los Programas

<b>Parada</b>	<b>Cobertura Xirio Online (dB)</b>	<b>Cobertura ICS Telecom (dB)</b>
Parada Bodega INDUELEC	-90.45	-61.80
Parada Auto Salazar	-96.36	-50.8
Parada Micro Mercado Tumbaco	-41.63	-60.8
Parada Supermaxi Carcelén	89.67	-60.8
Parada Mega Santa María Carapungo	-100.71	-65.6
Parada Quala Ecuador S.A	-84.51	-65.8
Parada Calle Calixto Muzo	-100.09	-75.73
Parada El Pinturero	-92.46	-59.48
Parada Portrans	-92.46	-68.7
Parada Dilipa	-39.24	-65.8

En síntesis, la siguiente tabla reúne las características de diseño que permitirán un desempeño eficaz de la red, obviamente basándose en los valores y parámetros ya establecidos en la Tabla 2.1.

Tabla 2.15. Características de Diseño de la Red

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Número de Antenas	24 (3 por cada punto)
Altura de las Antenas	30 m (Antenas 1,5,6) 25 m (Antenas 2 y 4) 20 m (Antenas 3, 7 y 8)
<b>Transmisor</b>	
Tipo de Antena	3G/4G 17,5 dBi Antenna 65° Polaridad Simple
Frecuencias	1750 MHz en Uplink y 2150 MHz en Downlink
Polarización	Vertical
Potencia	32 W, 50 W( Antena 6 y 7)
Pérdidas	5 dB
<b>LTE</b>	
ICIC (Interferencias)	Dinámico, 60% de eficiencia
Carga de Tráfico en Downlink	70%
PDCCH (Downlink Channel)	2
MIMO	No
Ganancias en antenas	17.5 dBi
Incremento de Ruido Uplink	3 dB
Control de Potencia	-85 dBm
Alpha	1
Factor de Ruido	2 dB
Modulación en Downlink	OFDMA
Modulación en Uplink	SC-FDMA
Ancho de Banda Efectivo	10 MHz
Inclinación de antenas (Tilt)	45°(Antenas 1,2,4) 30°(Antenas 3,5) 60° (Antenas 6,7,8)

Tabla 2.16. Características finales de Cada Antena

Antena	Sector	Altura (m)	Potencia (W)	Ganancia (dB)	Frecuencia de Transmisión (MHz)	Azimut (°)
1	Ofelia	30	32	1	1750	0
2	Ponciano	25	38	1	2055	85
3	Carcelén	30	32	2	2090	85
4	Yanbal	25	40	3	2050	0
5	Carapungo	20	32	3	1800	120
6	Panamericana Norte	30	50	2	1850	180
7	Calderón	25	50	1	1750	180
8	Terminal	20	32	1	1770	0

### 2.2.5 FASE 5. Servicios Permitidos de la Red De Adquisición de Datos

#### Monitoreo de Pasajeros

El monitoreo de pasajeros requiere el almacenamiento de datos dentro de un servidor o en la nube, los datos obtenidos mediante los sensores instalados dentro de cada unidad son almacenados dentro de un servidor específico para la red.

#### NAS en LTE

Obviamente, al ser un servicio en línea de almacenamiento, existen empresas dedicadas a ofertar servidores NAS capaces de almacenar la información en la nube.

En el caso de LTE, además, se pueden encontrar enrutadores capaces de realizar esta función dentro de la infraestructura de red como es el caso del WDM-P9-01

A continuación se detallan las características técnicas del mismo:

- 4-port USB:
- 1 puerto de carga más rápido del puerto USB, compatible con estándar del control de calidad 2.0
- 1 tipo puerto del puerto USB de A para la fuente 5V y la función de los datos USB
- 1 tarjeta de la ranura SIM
- 1 tarjeta de MicroSD de la ranura (TF)
- 1 tarjeta del SD de la ranura

- Fuente de alimentación: 12V DC
- Microprocesador: tecnología SOC de 40 micrones
- Ayudas CSMA/CA, CSMA/CD, TCP/IP, PPPoE, DHCP, ICMP, protocolo del NAT
- Puerto de las ayudas que da vuelta automáticamente (MDI/MDIX auto)
- Apoya la encriptación de 64/128-bit WEP, apoya el 802.11 I del WPA, del WPA2, de IEEE, la encriptación del TKIP y el mecanismo de seguridad
- Control y control de acceso de la difusión de las ayudas SSID basados en MAC address
- SDRAM: 64 bytes
- Con transferencia directa libre del app utilizó ambos para el IOS y Android (Shenzen Wudoumi Electronics, 2013)

### **Navegación Web**

Los principales retos que afronta el servicio móvil de internet dentro de la red son generalmente la velocidad de transmisión de los datos y la cobertura existente, ambos problemas han sido solventados, dado que al ser una red LTE, puede alcanzar velocidades de pico de 173 Mbps de bajada y 86 Mbps de subida, con 2 antenas en la estación base y 2 en el terminal (y hasta 300 Mbps de bajada con 4×4 antenas). (Zavia, 2012).

De igual manera, el estudio de cobertura anterior, permite que el diseño sea apto para brindar servicio desde cualquier punto dentro de la ruta establecida por la cooperativa Calderón, las estaciones con mayor afluencia de usuarios son las que gozan de mejor señal de recepción.

### **Redes Sociales**

Mediante la infraestructura de red establecida, el servicio de redes sociales únicamente requiere el acceso mediante aplicaciones de la misma por parte del usuario dentro de sus teléfonos móviles smartphones, o cualquier otro dispositivo que permita la conexión via Wi-Fi y una interfaz gráfica.

Una velocidad de Downlink para datos móviles que aproximadamente brinde 2 Mbps es más que suficiente para solventar y satisfacer las necesidades de diferentes aplicaciones como Facebook, Whatsapp, Twitter o incluso carga de videos en Youtube.

### **Seguridades**

Existen varias formas de implementación de seguridad dentro de una infraestructura de red que no necesariamente son costosas, se podría hacer uso de las diferentes alternativas para evitar el uso incorrecto de la red, implementando una sola o, de igual manera, implementar todas para un mayor porcentaje de efectividad.

### **Seguridad en WLAN**

La seguridad en las WLAN se rige por el estándar IEEE 802.11 identifica varios servicios para proveer un ambiente seguro de operación, dentro de los cuales el más difundido es el protocolo WEP (Wired Equivalent Privacy), el cual es usado para proteger el nivel de enlace de datos durante una transmisión inalámbrica entre los clientes y el Access Point. (Suárez, 2012)

### **Protocolos usados en la seguridad de WLAN**

En el escenario del proyecto, todas las alternativas de seguridad mencionadas en el Marco Teórico (WEP, WPA, IEEE 802.1X, RC4) son válidas, incluso el realizar una copia de seguridad dentro de la nube, ya que los principales datos que serán almacenados ahí (conteo de pasajeros por día), se irán actualizando diariamente, por lo cual dichos datos tienen una característica volátil y temporal.

## 2.3 CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL ESTADO ACTUAL Y EL DISEÑO PROPUESTO

Tabla 2.17. Cuadro Comparativo

<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>DISEÑO PROPUESTO</b>
No existe una infraestructura de red pública, únicamente la infraestructura de operadoras de telefonía móvil. (Claro, Movistar, CNT)	Infraestructura de red LTE, basada en 8 antenas transmisoras para satisfacer la cobertura de la ruta especificada por la cooperativa “Calderón”, con características de escalabilidad en el sector Norte de la Ciudad de Quito
La cooperativa de Transporte Público “Calderón” no cuenta con un servicio de monitoreo de pasajeros, ni un servidor capaz de almacenar datos, por lo tanto no se encuentra en el cumplimiento de la normativa establecida en el sistema de Caja Común	Espacio y disponibilidad para la implementación de un servidor de almacenamiento de datos en la nube mediante un router ubicado en la matriz de la Cooperativa. De esta manera es posible para las autoridades y demás funcionarios socios de la cooperativa el poder consultar el número de usuarios dentro de cada unidad y tomar decisiones tanto financieras como administrativas en particular para cada unidad y ruta de transporte.
Los servicios de Wi-Fi móvil dentro de las unidades de la cooperativa no han sido implementados, sin embargo, es posible realizarlo utilizando la red existente de las operadoras de telefonía móvil.	La infraestructura de red, al tener características de LTE, permite una navegación estable, rápida y capaz de satisfacer la demanda de aplicaciones de manera bastante aceptable, obviamente no hay un costo por el uso de datos móviles, lo cual representa un ahorro en los planes de datos de los usuarios, y mediante un router Wi-Fi móvil, es posible brindar los servicios de internet dentro de las unidades que transiten dentro de la zona de cobertura de red.

Continuación Tabla 2.17. Cuadro Comparativo.

<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>DISEÑO PROPUESTO</b>
Las unidades cuentan con dispositivos contadores de pasajeros, sin embargo no se encuentran operativos.	Los sensores implementados dentro de cada unidad cuya función es el conteo de pasajeros, podrán almacenar sus datos dentro de la nube, y dichos valores permiten la consulta en tiempo real del número exacto de pasajeros que se encuentran en dicho momento transportándose dentro de la unidad, y de igual manera conocer la cantidad de pasajeros que han utilizado el servicio de transporte en diferentes intervalos de tiempo.
Las diferentes unidades pertenecientes a la cooperativa “Calderón” recorren únicamente una ruta, sin tomar en cuenta el número de usuarios que se demandan en cada parada en determinadas horas del día.	Gracias al servicio de monitoreo de pasajeros, la cooperativa es capaz de realizar cambios en la ruta, dar prioridad a ciertas paradas o intensificar la frecuencia de salida de cada unidad dependiendo la hora, entre otras características de logística.
La cobertura brindada por Claro, Movistar y CNT en las bandas de 2G y 3G presenta valores variables, que fluctúan entre los -65 dBm en los mejores casos, y -100 dBm o menores en otros sitios dentro de la ruta de la cooperativa. Fotografías en Anexos. (Ver Anexo 2)	El proyecto presenta un rango de cobertura bastante cerrado, con valores comprendidos entre los -95 dBm y -60 dBm, en la mayoría de casos entre -70 dBm para garantizar una transferencia de datos e información sin pérdidas.

Para finalizar el análisis comparativo, es importante determinar que el proyecto como tal, cuenta con el apoyo de la empresa Emitelco Soluciones para cuestiones legales y de publicidad, pero únicamente es un diseño, todo lo que tenga que ver con la implementación del mismo, es responsabilidad del municipio de la ciudad de Quito, y de igual manera, será el principal administrador y responsable del manejo de la red, con Emitelco Soluciones brindando asesoría de índole técnica.

## CAPÍTULO 3

### PROPUESTAS PARA LA FACTIBILIDAD DEL DISEÑO

#### 3.1 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS A UTILIZAR

Si bien es cierto, el alcance del proyecto comprende únicamente el diseño de la red, es importante recalcar que si en un futuro el proyecto se desea implementar bajo las directrices y parámetros del mismo, los principales equipos y dispositivos dentro del mercado de telecomunicaciones capaces de satisfacer las características de red se presentan en la tabla consecuente, obviamente se verifica de una forma muy superficial cada elemento y no se realiza un estudio a fondo de la implementación o funcionamiento de cada uno.

Tabla 3.1. Equipos preferentes en una posible implementación

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
8	Radiobase LTE en Frecuencias 1700-2100 MHz
24	Antenas 3G/4G, 17,5 dBi, 65° de Polaridad Simple con capacidad de 80 W Sectorial capaz de operar en frecuencias de 1710 a 2690 MHz
1	Enrutador WDM-P9-01 para almacenamiento en la Nube, Servidor NAS
90	Router Wi-Fi Móvil 3G/4G Huawei E5573
1	Servidor SNMP, para Monitoreo de red y de tráfico
5	Fibra Óptica de 6 Hilos G652d 2 Km

Elaborado Por: Daniel Torres

A excepción del servidor y la radiobase LTE que tienen características genéricas, los elementos descritos anteriormente son los más idóneos para el desarrollo de la infraestructura de red que satisface la ruta especificada para la Cooperativa de Transportes Calderón. En la sección Anexos (Ver Anexo 3), se puede verificar un cuadro de selección de los dispositivos entre 3 marcas disponibles en el mercado.

## 3.2 PROCEDIMIENTOS

La factibilidad de la implementación del diseño de red depende mucho de algunas características tales como la facilidad de desarrollo, y el costo del mismo. En este apartado se aborda todo lo referente a los procedimientos legales y financieros, dado que los diferentes parámetros técnicos fueron abordados en el Capítulo 2.

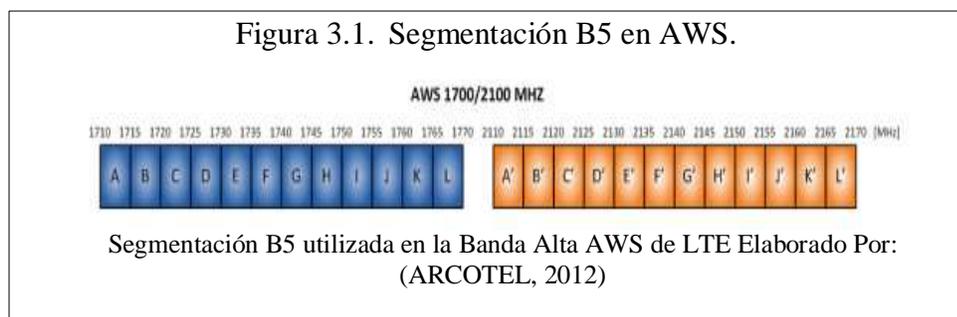
### 3.2.1 Procedimientos Legales

En primera instancia, es necesario contar con documentación y permisos legales que permitan el uso del espectro electromagnético dentro del territorio nacional.

La implementación de una red LTE en el país está sujeta a la Ley Orgánica de Las Telecomunicaciones y al marco regulatorio vigente dispuesto por la entidad competente en el Ecuador, ARCOTEL.

Existen varias tarifas para la concesión de bandas en LTE, sin embargo cabe recalcar que la red no ofrece servicios de telefonía celular, por lo tanto, los principales artículos dentro de la constitución nacional que se refieren a la implementación y operación de la red no son los mismos que se aplican a las operadoras móviles dentro del territorio nacional, además es importante destacar que el proyecto será viable únicamente en bandas de frecuencia de uso comunitario o social, la citación textual de los artículos más importantes se encuentra en la sección Anexos (Ver Anexo 4).

En cuanto a los segmentos utilizados en el Ecuador para la Banda Alta (1700 MHz - 2100 MHz), la segmentación B5 es la que más se acopla al diseño propuesto y obviamente la posible concesión en el caso de una implementación de la misma, enfocándose en los bloques que otorgan las frecuencias respectivas del diseño ( H-H')



### 3.2.2 Procedimientos Financieros

Es importante realizar un análisis de los costos que implica la implementación de la infraestructura de red, así como la operación de la misma, y posteriormente calcular el valor de ingresos que la red ofrece, todo con el fin de encontrar el precio más rentable de la misma.

### 3.2.3 Costos de Implementación

En cuestión, la siguiente tabla resume los valores de costos que se requieren para la posible implementación del diseño de red.

Tabla 3.2. Costos de Implementación

Descripción	Tipo de Recurso	Valor unitario (USD)	Cantidad	Total Valor (USD)
Torre de Antenas	Materiales	5400,00	8	43200,00
Router de Almacenamiento en Nube	Materiales	55,00	2	110,00
Router Wi-Fi Móvil 3G/4G Huawei	Materiales	85,49	90	7694,10
Computador para Servidor SNMP de Monitoreo de Red	Materiales	709,00	2	1418,00
Radiobases LTE	Materiales	450,00	8	3600,00
Fibra Óptica de 6 Hilos G652d 2 Km	Materiales	1000,00	5	5000,00
Técnico de Instalación	Humanos	3200,00	4	12800,00
Ingeniero en Sistemas	Humanos	9600,00	1	9600,00
Ingeniero Electrónico en Telecomunicaciones	Humanos	9600,00	1	9600,00
Concesión de la Banda 1700 - 2100 MHz	Sistemas	0,00 (Bandas de uso comunitario)	1	0,00 (Bandas de Uso Comunitario)
<b>TOTAL</b>				<b>93022,10</b>

Actualmente la concesión de bandas para las 2 principales operadoras celulares existentes en el país tiene un costo de alrededor de 700 millones de dólares, sin embargo esto aplica para entidades privadas de telefonía celular que, obviamente, utilizan el espectro con fines de lucro, en el caso de la red, las bandas de frecuencia en las cuales sería implementado el proyecto tendrían un costo gratuito pues tienen que ser declaradas por el gobierno como bandas de uso comunitario y social.

### **3.2.3 Costos de Operación**

Dentro del estudio de factibilidad, los costos de operación al ser un servicio en constante evolución con muy bajas probabilidades a fallos, se han tomado en cuenta escasos costos de operación, únicamente los descritos a continuación

#### **Recursos Humanos**

- Servicio Técnico : 400,00 USD mensuales

#### **Ingresos**

Debido a que el diseño de red sería implementado bajo la petición del municipio del Distrito Metropolitano de Quito, la red tiene una característica de servicio público municipal, por lo tanto para poder justificar los costos de implementación y operación del proyecto es necesario realizar un análisis de costo-beneficio.

### **3.3 ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO**

El análisis de costo beneficio permite verificar en cuánto tiempo es posible recuperar la inversión, y a la vez determinar el ahorro que el proyecto significa para los diferentes usuarios del mismo.

Los dos principales focos de análisis son los pasajeros (usuarios de las unidades) y la cooperativa de transporte “Calderón”.

#### **Usuarios**

Los siguientes datos son de suma importancia para el análisis de costo beneficio y han sido recolectados en base a muestreos en sitio.

Tabla 3.3. Principales datos de análisis

Cantidad de Usuarios en Unidad Llena	50 pasajeros
Tiempo de Duración de un solo viaje de una unidad de Transporte	45 minutos
Costo Promedio de los Datos Móviles en Operadoras Privadas	30,00 USD por 2000 Mb al mes (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2014)

Entonces, el análisis permitirá verificar el ahorro mensual en dólares que implica el uso del sistema para los abonados.

En cada unidad de transporte la capacidad máxima de pasajeros es de 50 personas, de igual manera, el tiempo promedio de viaje es de 45 minutos, asumiendo que el transporte se encuentra totalmente lleno, se verifica que un 50% de los pasajeros sería a la vez usuario del servicio debido a que permanecen la mayor cantidad de tiempo de viaje dentro de la unidad, por lo tanto se tiene un valor de 25 pasajeros que serían los abonados de la red.

Por otra parte, el precio promedio que las operadoras móviles en el Ecuador ofertan es aproximadamente 30,00 USD por 2000 MB al mes (Corporación Nacional de Telecomunicaciones, 2014) , entonces se realiza un cálculo para poder verificar cuánto es el ahorro en dólares dentro de esos 45 minutos de uso de la red.

$$30 \text{ USD} / 4 \text{ semanas} = 7,50 \text{ USD}$$

$$7,50 \text{ USD} / 7 \text{ días} = 1,07 \text{ USD}$$

$$1,07 \text{ USD} / 24 \text{ horas} = 0,04 \text{ USD}$$

$$0,04 \text{ USD} / 60 \text{ minutos} = 0,0007 \text{ USD}$$

$$0,0007 \text{ USD} * 45 \text{ minutos} = 0,03 \text{ USD}$$

Por lo tanto se verifica un ahorro de 0,03 centavos de dólar para cada usuario que utilice la red durante los 45 minutos.

Este valor al ser multiplicado por el número total de abonados, nos permite tener una idea del ahorro por cada unidad

$$0,03 \text{ USD} * 25 \text{ Pasajeros} = 0,83 \text{ USD}$$

Ahora bien, un dato importante a tomar en cuenta es el número de unidades por día que transitan por parte de la cooperativa, el tiempo entre un viaje y otro es de 15 minutos aproximadamente, por lo tanto en una hora, se registran 4 viajes.

La cooperativa labora en los horarios descritos en la Tabla 1. Es decir, de lunes a sábado la cooperativa labora 18 horas y los domingos labora 15 horas.

Lunes a Sábado:

$$18 \text{ horas} * 4 \text{ viajes} = 72 \text{ viajes en un solo sentido}$$

$$72 \text{ viajes} * 2 = 144 \text{ viajes diarios}$$

Domingos:

$$15 \text{ horas} * 4 \text{ viajes} = 60 \text{ viajes en un solo sentido}$$

$$60 \text{ viajes} * 2 = 120 \text{ viajes diarios}$$

Para obtener una relación entre estas variables se multiplica el ahorro de cada unidad de transporte por el número de viajes que se realizan diariamente.

$$144 \text{ viajes} * 0,83 \text{ USD} = 120,53 \text{ USD}$$

$$120 \text{ viajes} * 0,83 \text{ USD} = 100,44 \text{ USD}$$

$$120,53 \text{ USD} * 6 \text{ días} = 723,22 \text{ USD}$$

$$723,22 \text{ USD} + 100,44 \text{ USD} = 823,66 \text{ USD Semanales}$$

$$823,66 \text{ USD} * 4 \text{ Semanas} = 3294,64 \text{ USD Mensual}$$

Entonces, como se puede verificar, el ahorro mensual para una sola cooperativa al norte de Quito en cuanto a usuarios representa un valor de 3294,64 USD Mensuales, actualmente existen alrededor de 10 cooperativas que poseen unidades con rutas similares que entran dentro de la cobertura de red, por lo cual podrían beneficiarse del sistema.

Asumiendo que varios de los datos de las demás cooperativas son similares a los expuestos anteriormente por la cooperativa Calderón se puede tener una cifra aproximada de 32946,44 USD en Ahorro Mensual en los abonados de los servicios móviles.

### **Cooperativa**

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, el principal beneficiario del sistema es la cooperativa de transporte Público Calderón. El análisis de la misma se verifica desde una perspectiva administrativa y logística.

Estadísticamente, una unidad de transporte público en la ciudad de Quito transporta diariamente un promedio de 850 Pasajeros (Quiroz, 2014), analizando los ingresos mensuales de la cooperativa se obtiene:

$$850 \text{ pasajeros} * 0,25 \text{ USD} = 212,50 \text{ USD diarios}$$

Actualmente, un gran problema para las cooperativas, dado que no cuentan con un servicio de monitoreo de pasajeros en tiempo real, es el margen de error entre el número real de pasajeros y el número que los contadores proveen, por diversos factores (sensor dañado, obstrucción, entre otros)

Estos problemas generan inconsistencias entre el valor total de dinero recaudado diariamente, para el siguiente análisis se considera un margen de error de 20%

$$212,50 \text{ USD} * 0,2 = 42,50 \text{ USD}$$

$$212,50 \text{ USD} - 42,50 \text{ USD} = 170 \text{ USD diarios}$$

$$170 \text{ USD} * 7 \text{ días} = 1190 \text{ USD semanales}$$

1190 USD \* 4 = 4760 USD Mensuales por unidad

**4760 USD \* 90 = 428 400 USD Mensuales de ingreso**

Por lo tanto se verifica que el monto total de ingresos de la cooperativa mensualmente es de 428 400 USD con un margen de error del 20 %

Una vez implementada la red, se puede tener acceso en tiempo real del número de pasajeros que se encuentran o han utilizado la unidad de transporte, basando el análisis en el número de abonados diariamente o en ese preciso momento.

Por lo cual el margen de error puede ser considerado cerca del 7%

212,50 USD \* 0,07 = 14,87 USD

212,50 USD - 14,87 USD = 197,62 USD diarios

197 USD \* 7 días = 1383,37 USD semanales

1383,37 USD \* 4 = 5533,50 USD Mensuales por unidad

5533,50 \* 90 = 498 015 USD Mensuales de Ingresos

**498,015 USD - 428 400 USD = 69 615 USD Recuperación**

Analizando las cifras, se puede deducir que con el sistema, la cooperativa registra un ahorro de 69 615 USD

Para la relación costo – beneficio, se maneja una tasa de interés entre el 10 y 15 %, concretamente se toma arbitrariamente el valor de 10% para fines de análisis teórico, el último dato de interés es el tiempo de vida útil del proyecto, al ser una red LTE su tiempo de vida puede extenderse hasta 7 años aproximadamente.

Una vez recopilados los principales datos de análisis y focos de interés en cuanto a procedimientos financieros se refiere, se procede con el estudio del beneficio anual del proyecto.

El beneficio anual es la suma de los ahorros de la cooperativa y los usuarios del servicio:

$$69\,615 \text{ USD} + 3294,64 \text{ USD} = 72\,909,65 \text{ USD Mensuales}$$

$$72\,909,65 \text{ USD} * 12 \text{ meses} = 874\,915,72 \text{ USD Anuales}$$

Los beneficios del proyecto vienen dados por la Ecuación 3.1

$$\frac{\textit{Beneficio Anual}}{(1 + \textit{Tasa de Interés})^{\textit{Tiempo de vida útil}}} \quad \text{Ec. 3.1.}$$

Entonces,

$$\text{Beneficios} = \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^1} + \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^2} + \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^3} + \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^4} + \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^5} + \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^6} + \frac{874\,915,72}{(1+0,15)^7}$$

$$\text{Beneficios} = 4259456,13 \text{ USD}$$

Realizando la relación tomando en cuenta el costo total del proyecto

$$5115955,99 \text{ USD} / 97822,10 \text{ USD} = 42,73$$

Lógicamente, la relación costo- beneficio genera un valor mayor a 1 y a la vez es bastante elevado, por lo cual el proyecto es altamente rentable.

Es importante recalcar que en el caso de no contar con una banda de frecuencia libre de uso comunitario o social, se puede utilizar las bandas concesionadas tanto de operadoras privadas como de la entidad pública que oferta estos servicios, siempre y cuando el acuerdo financiero no exceda el presupuesto de 4259408,39 USD.

## CAPITULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

La infraestructura en LTE actual ofertada por CNT, Movistar y Claro en el sector, muestra graves deficiencias, llegando a tener coberturas aproximadas a -65 dBm en ciertos sectores como Calderón y en Sectores como Yambal o Carapungo se encuentran valores de -102 dBm, el proyecto ha logrado que todo el sector noreste de la urbe presente valores de cobertura mayores a -95 dBm, es decir, aproximadamente una mejora del 6 % en cobertura de transmisión en cuanto a datos móviles.

El uso en tiempo real de la red para el monitoreo de pasajeros supone un ahorro mensual de 69 615 USD, es decir, los ingresos de la cooperativa se incrementan en un 16 % aproximadamente, además de generar beneficios propios para cada usuario o abonado de la red.

Se determinó que en los puntos de mayor afluencia de usuarios y presencia de edificios, el sistema necesita mayor altura en las antenas, aproximadamente de 10 a 5 m de altura, de igual manera, en los puntos cercanos a las autopistas, la potencia de transmisión es el parámetro que se modifica, aumentando generalmente del 40% al 60% de su capacidad.

El valor de azimut influye notablemente en las Antenas pertenecientes al sector de Calderón, mejorando aproximadamente 10 dB en su señal de potencia y de igual manera aumentando la cobertura del sitio en un 15 %.

Se logró determinar que el almacenamiento en la nube es la opción más viable, pues satisface los requerimientos de centralización de datos, además al tener un ancho de banda de 10 MHz aproximadamente y las seguridades necesarias para una red inalámbrica, la confiabilidad y disponibilidad de la red es bastante alta.

El sistema NAS supone un ahorro para la cooperativa de aproximadamente 3800 USD anuales, dado que no necesita un servidor dedicado al almacenamiento y por su versatilidad, su implementación tarda solo unos cuantos minutos por lo cual, la cooperativa no necesita de cuartos aislados o centrales de almacenamiento que suponen un costo extra.

La fibra óptica multimodo mediante LED ofrece aproximadamente 10 MHz de ancho de banda en una distancia de 2km, por lo tanto puede satisfacer las necesidades de tráfico de datos de la red de acceso (E-UTRAN) hacia la red troncal (EPC), además que supone una mejora aproximada de casi 6 veces su valor (1 Gbps en fibra) en cuanto a velocidad y capacidad respecto al mismo sistema basado en radiofrecuencias (200 Mbps) y no interfiere con la cobertura cada antena.

Los puntos de interés dentro de la red, es decir, los sitios específicos donde se han ubicado las antenas de transmisión de la red, presentan cambios referentes a la altura y a la potencia, sin embargo es importante acotar que las antenas utilizadas son 3 antenas sectoriales con ganancias de 17.5 dB, en algunos casos, ha sido necesario reajustar la inclinación de las antenas entre 30°, 45° y 60° para lograr los resultados expuestos en el presente documento.

Se determinó que el diseño de red permite una mejora notable en el servicio de la cooperativa, pues además de permitirle cumplir con todos los requerimientos que la ley estipula mediante el sistema de Caja Común, puede ser capaz de ofrecer servicios de datos móviles totalmente gratuitos a sus usuarios dentro de sus 90 unidades de transporte público.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Se sugiere investigar más a fondo el sistema de arquitectura de una radiobase LTE en el caso de una implementación, dado que varios de los valores existentes dentro de la simulación pertenecen a escenarios de condiciones ideales y estarían sujetos a muchos cambios en un estudio de campo debido a diferentes factores como el clima, pérdidas en el cableado y en la propagación, reflexión en edificios y árboles, entre otros.

Es importante conocer el impacto ambiental que el proyecto tendría en el caso de ser implementado, conociendo más a fondo los recursos y materiales necesarios para la realización del mismo.

Una recomendación bastante importante, que permite reducir costos de implementación, es el hecho de no utilizar torres de antenas de telecomunicaciones, en su lugar, podría ser de mucha utilidad el implementar las cajas de radiobases en los postes de alumbrado público, sin embargo es importante conocer la normativa que esto implica.

Se sugiere investigar otras opciones de almacenamiento, independientes de la nube, tales como servidores ftp, samba, entre otros, y de igual manera es importante conocer el funcionamiento de los sensores contadores ubicados en el interior de cada unidad.

Es recomendable explorar otras opciones en cuanto al uso del espectro LTE dentro del territorio nacional, aunque no exista una normativa actual, y en ciertos casos aún se carece de infraestructura de red, puede darse el caso de que las frecuencias expuestas en este proyecto supongan un costo elevado al no ser declaradas como bandas libres de uso comunitario o social, en tal situación, se sugiere realizar un estudio del proyecto en otro bloque de frecuencias dentro de la misma tecnología que permita el uso libre del espectro por parte de la autoridad competente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

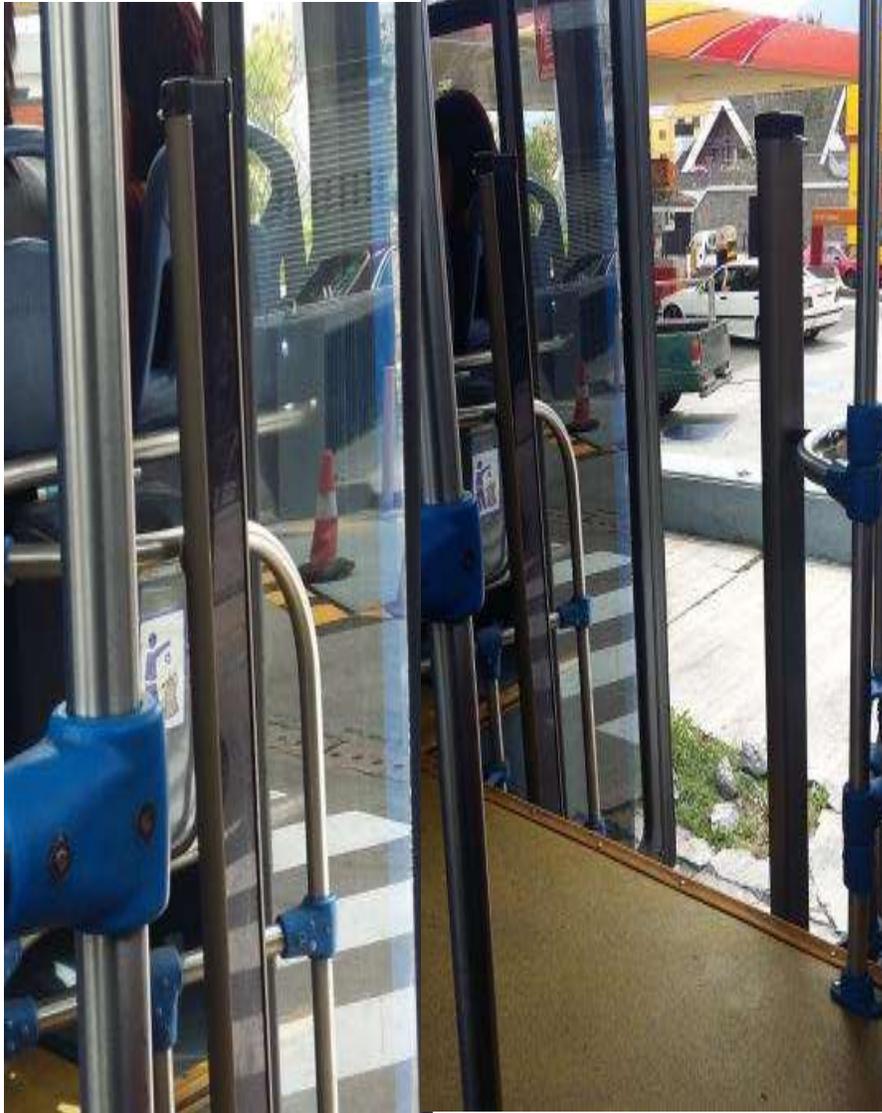
- PoderPDA*. (24 de Abril de 2012). Recuperado el 12 de Enero de 2017, de <http://foros.poderpda.com/showthread.php?t=8887>
- Redes Telematicas*. (2 de Noviembre de 2012). Recuperado el 13 de Diciembre de 2016, de <http://redestelematicas.com/la-ultima-milla/>
- Ebay*. (5 de Abril de 2017). Recuperado el 10 de Abril de 2017, de <http://www.ebay.com/itm/Unlocked-HUAWEI-E5573-s-320-150MBPS-3G-4G-LTE-MOBILE-BROADBAND-WIFI-INTERNET-/261166736489?hash=item3ccec02469:g:YyUAAOSwB-1Yz~zd>
- MercadoLibre Colombia*. (Marzo de 2017). Recuperado el 10 de Abril de 2'17, de [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-442158078-torre-porta-antenas-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-442158078-torre-porta-antenas-_JM)
- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL. (8 de Febrero de 2013). Resolución RTV-108-05-CONATEL-2013. Quito D.M, Pichincha, Ecuador.
- Almagro, L. (s.f.). *Tutorial de la Capa Física en Comunicaciones Móviles*. Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de <http://ceres.ugr.es/~alumnos/tutorialcfc/cm/cuatro.html>
- Almansa, L. (11 de Julio de 2013). *Tot4blog*. Recuperado el 15 de Abril de 2017, de <http://intotally.com/tot4blog/2013/07/11/lte-for-beginners-day-2-brief-description-about-lte-network-architecture/?lang=es>
- ARCOTEL. (2012). Resolución TEL - 804 - 29 - CONATEL - 2012. Ecuador.
- ARCOTEL. (2016). *Resolución 03-02 ARCOTEL 2016*. Quito.
- Cabrera, M. (21 de Abril de 2014). *WordPress*. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de <https://markoscabrera.wordpress.com/2014/04/21/nueva-tecnologia-lte-4g/>
- Cooperativa Calderón. (s.f.). *Cooperativa de Tránsito Calderón*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://coopcalderon.com/>
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones. (2014). *CNT*. Recuperado el 13 de Abril de 2017, de <https://www.cnt.gob.ec/movil/plan/plan-datos-voz-superpack/>
- Emitelco Soluciones. (2013). *Emitelco Soluciones*. Recuperado el 25 de Octubre de 2016, de <http://www.emitelco.com/index2.htm>

- González, C. (22 de Agosto de 2015). *ADSLZONE*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de <https://www.adslzone.net/2015/08/22/la-fibra-optica-y-el-4g-solo-tienen-un-problema-y-es-el-mismo/>
- Guinand, C. (Febrero de 2012). *Planificación de una red LTE con la herramienta Atoll y Análisis de Impacto de las estrategias de Packet Scheduling*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de UPCommons: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14624/PFC\\_Cristina\\_Guinand\\_Salas.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14624/PFC_Cristina_Guinand_Salas.pdf)
- Heredia, J., & Velasquez, J. (17 de Junio de 2015). *Telecomunicados*. Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de <http://telecomunicados.com.ve/2015/06/17/principios-basicos-lte-ofdma/>
- Mantin, I. (2005). A practical Attack on the fixed RC4 in the WEP mode. En *International Association for Criptologic Research* (págs. 395-411).
- Nadkarni, A. (Agosto de 2009). *TechTarget*. Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Almacenamiento-de-red-en-la-nube-Solucion-para-el-almacenamiento-de-archivos-secundarios>
- Nuñez, J. (2013). *Diseño de una red de nueva generación LTE-A para una zona Urbana de Bogotá bajo el estándar 3gpp y la recomendación ITU-R M.1457*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Quiroz, G. (14 de Septiembre de 2014). El Gasto de un Bus en Quito sube con el sistema de caja común. *El Comercio*.
- Shenzen Wudoumi Electronics, T. (2013). *Patente n° TB13075990*. China.
- Suárez, M. (2012). *Mecanismos de Seguridad En Redes Inalámbricas*. México D.F.
- Tigo. (s.f.). *Tigo*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2016, de <http://conoce.tigo.co/knowledgebase/articles/288405-4g-lte-qu%C3%A9-es-lte>
- Unión Internacional de Las Telecomunicaciones. (Septiembre de 2008). Rec-UIT-T E.800.
- Zavia, M. (22 de Febrero de 2012). *Xataka*. Recuperado el 1 de Marzo de 2017, de <https://www.xataka.com/moviles/que-es-lte>
- Zoho Corporation. (2017). *Manage Engine*. Recuperado el 4 de Marzo de 2017, de <https://www.manageengine.com/latam/network-monitoring/network-mapping.html>

## ANEXOS

### ANEXO 1

Sensores en las Unidades de Transporte de la Cooperativa Calderón



Sensores Contadores de Pasajeros instalados en cada Unidad, Puerta Trasera.  
Fotografía por: Daniel Torres.

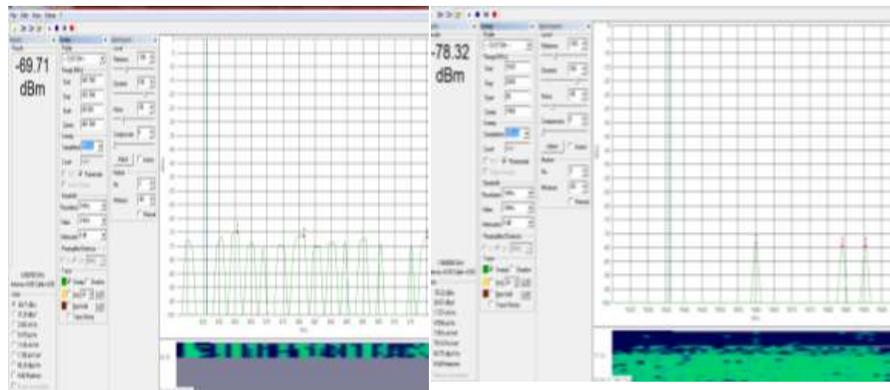
## ANEXO 2

### Cobertura de las principales operadoras celulares en sitio



Interfaz de Android en smartphones Samsung J5 izquierda y A3 derecha, se verifica el estado de la señal para CNT y Movistar en los puntos de Calderón y Jardines de Carcelén respectivamente. Elaborado Por: Daniel Torres

### Medidas espectrales en Carcelén mediante analizador de espectro Aaronia.



Interfaz de LCS Spectrum Analyzer, se verifica mediante medidas espectrales la potencia en recepción para el sector de Carcelén en Bandas alta y baja de 3G (850 MHz y 1900 MHz). Elaborado Por: Daniel Torres

### ANEXO 3

#### Router de Almacenamiento en la Nube

Equipo	Cloud Gigabit N300 (DIR-636L)	Cloud Gigabit DualBand N600 (DIR-826L)	WDM-P9-01
Costo	6	5	9
Disponibilidad	10	10	5
Diseño Técnico	7	8	10
PROMEDIO	7,7	7,7	8

Elaborado Por: Daniel Torres

#### Router Wi-Fi móvil

Equipo	TP-Link TL-MR3420	Huawei E5573	ASUS 4G-N12 N300
Costo	10	10	10
Disponibilidad	9	10	5
Diseño Técnico	7	7	10
PROMEDIO	8,7	9	8,3

Elaborado Por: Daniel Torres

### ANEXO 4

#### Cuadro de actuales modificaciones de uso de las frecuencias, según ARCOTEL y la Ley Orgánica de Telecomunicaciones LOT

<p><b>EQA.85</b> En las bandas 698 – 806 MHz, 824 – 849 MHz, 869 – 894 MHz, 1 710 – 2 025 MHz, 2 110 – 2 200 MHz y 2500 – 2690 MHz, operan exclusivamente sistemas IMT (International Mobile Telecommunications) para los servicios FIJO y MOVIL.</p> <p>Los sistemas de audio y video por suscripción bajo la modalidad de televisión codificada terrestre (UHF codificado y MMDS) concesionados en las bandas 698 – 806 MHz y 2500 – 2690 MHz respectivamente, podrán continuar su operación hasta la vigencia de su contrato de concesión.</p>	<p><b>EQA.85</b> En las bandas 698 – 806 MHz, 824 – 849 MHz, 869 – 915 MHz, 940 – 960 MHz, 1 710 – 2 025 MHz, 2 110 – 2 200 MHz y 2500 – 2690 MHz, operan exclusivamente sistemas IMT (International Mobile Telecommunications) para los servicios FIJO y MOVIL.</p> <p>Los sistemas de audio y video por suscripción bajo la modalidad de televisión codificada terrestre (UHF codificado y MMDS) concesionados en las bandas 698 – 806 MHz y 2500 – 2690 MHz respectivamente, podrán continuar su operación hasta la vigencia de su contrato de concesión.</p>
---	--

Modificaciones actuales vigentes en el Ecuador referentes al uso de las diferentes frecuencias, específicamente las que competen a LTE en el Ecuador y el presente diseño propuesto. Elaborado Por: (ARCOTEL, 2016)

## ANEXO 5

Principales Artículos referentes al uso de espectro electromagnético y bandas de frecuencias comunitarias y sociales en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

**RESOLUCIÓN RTV-108-05-CONATEL-2013**  
**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

**CONATEL**

**CONSIDERANDO:**

Que, el Art. 16 de la Constitución de la República del Ecuador prescribe que, "Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a: 3) La creación de los medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas."; y, 4) El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad."

Que, el Art. 17 de la misma norma establece que, "El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto: 1.- Garantizará la asignación, a través de métodos transparentes y en igualdad de condiciones, de las frecuencias del espectro radioeléctrico, para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, así como el acceso a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, y precautelara que en su utilización prevalezca el interés colectivo - 2.- Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y o comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación, en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada.- 3.- No permitirá el oligopolio o monopolio, directo ni indirecto, de la propiedad de los medios de comunicación y del uso de las frecuencias".

Que, el Art. 261 de la Ley Suprema indica que, "El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: numeral 10 "El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones."

Artículos Referentes al uso de bandas de frecuencias en el territorio ecuatoriano.  
Elaborado Por: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones  
ARCOTEL, 2013)