

**RAE**

**1. TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

**2. TÍTULO:** ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LLEVAR INTERNET 4G LTE A ZONAS RURALES DE COLOMBIA CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE ZIPAQUIRA

**3. AUTOR:** Jorge Iván Salgado García

**4. LUGAR:** Bogotá, D.C

**5. FECHA:** junio 2014

**6. PALABRAS CLAVE:** LTE, MIMO, Bandas, Nodo, Trafico, TIC, Wifi, Espectro, Clúster, ITU

**7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO** Este trabajo de grado, desarrolla un estudio de la viabilidad de llevar internet 4G LTE en las zonas rurales del país ofreciendo servicios con dicha red. En esta tesis se toma como caso de estudio el municipio de Zipaquirá debido a su cercanía con la capital del país teniendo en cuenta el desplazamiento hacia el municipio. El municipio de Zipaquirá da una gran ventaja gracias a su extensión de tierra donde su gran mayoría es área rural que permite un gran beneficio para los demás sitios rurales de Colombia y permitan replicar el estudio.

**8. LÍNEAS DE INVESTIGACION:** Línea de Investigación de la USB: Tecnologías de Información y comunicaciones. Sub Línea de la facultad de Ingeniería: Aplicaciones y Servicios De TIC. Campo de Investigación: Telefonía Móvil

**9. METODOLOGÍA** Es de carácter empírico-analítico, con base estudio de viabilidad para llevar internet 4 G LTE a zonas rurales de Colombia usando el municipio de Zipaquirá

**10. CONCLUSIONES:**

- La viabilidad de 4G LTE en el municipio de Zipaquirá no tiene mayores problemas, debido a que su geografía que permite un buen acceso a las redes de servicio. Sin embargo es necesario tener en cuenta que debido a su geografía montañosa se necesita más repetidores, mayor cantidad de amplificadores y picos de celdas.
- A partir del análisis de costos de la implementación se concluyó que el proyecto es rentable, tomando en cuenta que está diseñado para una empresa operadora nueva, lo que significa que para un operador existente es menor el costo debido a la menor inversión de infraestructura en donde la productividad será mayor.
- El tamaño de las celdas depende de diferentes factores como el tipo de antenas utilizado, el terreno: llanuras, montañas, valles; La ubicación de la instalación: área rural; urbana; y la densidad de población el alcance del teléfono móvil o del dispositivo móvil.
- Los costos de la implementación puede variar de acuerdo a la cantidad de equipos necesarios, y del fabricante.
- El tráfico puede variar debido al tamaño de población donde se vaya a hacer la implantación, debido a su cultura, a la zona geográfica y a sus costumbres.
- Debido a la diferentes Bandas que se utilizan en 4G LTE puede variar las antenas usadas en este estudio y la cantidad de las mismas en los diferentes municipios.

# 2014

## ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LLEVAR INTERNET 4G LTE A ZONAS RURALES DE COLOMBIA CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE ZIPAQUIRA



JORGE IVAN SALGADO GARCIA



UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA

UNIVERSIDAD DE SAN  
BUENAVENTURA  
INGENIERIA DE

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA**

**ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LLEVAR INTERNET 4G LTE A ZONAS  
RURALES DE COLOMBIA CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO DE  
ZIQUIRA**

**INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR**

**JORGE IVAN SALGADO GARCIA**

**ASESOR DE TESIS**

**LUIS CARLOS LUIS GARCIA**

## **DEDICATORIA**

Este esfuerzo no es solo mío es un esfuerzo de mi padre Jorge Hernán Salgado y de mi madre Beatriz Helena, y de mi familia. Aquí culmina una nueva experiencia de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

- A mi padre por estar apoyándome a cada momento de mi vida profesional por contarme su experiencia y ayudándome a cada momento que lo necesite durante mi carrera
- A mi madre por estar ahí pendiente de mí y darme ese cariño que siempre necesite.
- A mi tía Astrith que siempre que necesite de ella siempre estuvo conmigo dándome cariño y su amor de tía mama.
- A mis hermanos que siempre están a listos para brindar su ayuda
- A todos los profesores que estuvieron en todo el recorrido de mi carrera Gracias por sus enseñanzas por sus consejos por el apoyo en cada momento de la carrera para ser un profesional el día de mañana.
- Y no puede faltar el profesor Luis Carlos que siempre a disposición para poder culminar este proyecto

## RESUMEN

Este trabajo de grado, desarrolla un estudio de la viabilidad de llevar internet 4G LTE en las zonas rurales del país ofreciendo servicios con dicha red.

En esta tesis se toma como caso de estudio el municipio de Zipaquirá debido a su cercanía con la capital del país teniendo en cuenta el desplazamiento hacia el municipio.

El municipio de Zipaquirá da una gran ventaja gracias a su extensión de tierra donde su gran mayoría es área rural que permite un gran beneficio para los demás sitios rurales de Colombia y permitan replicar el estudio.

## 1 TABLA DE CONTENIDO

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>ALCANCES.....</b>	<b>16</b>
<b>LIMITACIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>17</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>17</b>
<b>1. Antecedentes .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1. Antecedentes tesis.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. Antecedentes en el mundo .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Actualidad.....</b>	<b>23</b>
<b>1.4. Arquitectura 4 G LTE .....</b>	<b>27</b>
<b>1.5 Antenas MIMO.....</b>	<b>27</b>
<b>1.7. Ventajas de 4G LTE.....</b>	<b>29</b>
<b>1.8. Servicios en 4G LTE .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>31</b>
<b>DESARROLLO INGENIERIL .....</b>	<b>31</b>
<b>2. ITEM 1: EQUIPOS.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. Nodo.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.Gabinete .....</b>	<b>33</b>
<b>2.4. Unidad de Procesamiento .....</b>	<b>34</b>
<b>2.5.Unidad Remota de Radio.....</b>	<b>34</b>
<b>3. ITEM 2: GEOGRAFIA .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. Cartografía Municipio de Zipaquirá.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2. Topografía.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3. Zonas Con Servicio Eléctrico De Zipaquirá .....</b>	<b>41</b>
<b>4. ITEM 3: DISEÑO .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1. Población y Capital Humano .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2. Mina De Sal de Zipaquirá, Catedral De Sal .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3. Determinación de la Demanda .....</b>	<b>49</b>

4.4. Posibles Escenarios.....	50
4.5. Servicios a Ofrecer .....	52
4.6. Planeación de la Red .....	55
4.7. Consumo de Datos.....	58
4.8. Consumo de Voz.....	60
4.9. Especificación Técnicas.....	65
<b>ITEM 4: SIMULACION .....</b>	<b>66</b>
5.1. Diseño De La Red .....	66
5.2. Topología.....	68
5.3. Simulación.....	70
<b>6. ITEM 5: ANALISIS DE GASTOS .....</b>	<b>77</b>
6.1. Costos de Instalación.....	77
6.2. Elementos de Red de Acceso .....	77
6.3. Sistema Radiante .....	78
6.4. Instalación de Equipos .....	79
6.5. Terminales .....	79
6.6. Personal.....	80
6.7. Mantenimiento.....	80
6.8. Total De Gastos .....	82
6.9. Ingresos .....	83
6.10. Evaluación Administrativa.....	84
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>88</b>

## TABLA DE ILUSTRACION

<b>Ilustración 1: Canalización de banda de 2.6ghz</b> .....	20
<b>Ilustración 2: Precios Movistar 4G LTE</b> .....	20
<b>Ilustración 3: Población de Zipaquirá</b> .....	24
<b>Ilustración 4 : Población de Zipaquirá</b> .....	24
<b>Ilustración 5: Estación Base Vereda San Jorge</b> .....	25
<b>Ilustración 6: Estación Base Telefónica Telecom</b> .....	25
<b>Ilustración 7: Celdas Base Terraza de Edificio</b> .....	26
<b>Ilustración 8: Arquitectura LTE</b> .....	27
<b>Ilustración 9: Antena MIMO</b> .....	28
<b>Ilustración 10: Escenario de Una Instalación Indoor</b> .....	28
<b>Ilustración 11: Escenario de una Instalacion Outdoor</b> .....	29
<b>Ilustración 12: eNode B Huawei</b> .....	32
<b>Ilustración 13: EnodoB</b> .....	33
<b>Ilustración 14: Gabinete</b> .....	33
<b>Ilustración 15: Unidad de Procesamiento</b> .....	34
<b>Ilustración 16: Unidad Remota de Radio</b> .....	35
<b>Ilustración 17: Adu 451819</b> .....	35
<b>Ilustración 18: Instalación de 4G LTE UNE</b> .....	36
<b>Ilustración 19: Foto Panorámica Del Municipio</b> .....	37
<b>Ilustración 20: Topografía Municipio de Zipaquirá</b> .....	38
<b>Ilustración 21: Cerró San Roque</b> .....	38
<b>Ilustración 22: Fabrica Familia</b> .....	39
<b>Ilustración 23: Fábrica de Refisal</b> .....	39
<b>Ilustración 24: Antena Sectorial</b> .....	40
<b>Ilustración 25: Servicios Municipio de Zipaquirá</b> .....	41
<b>Ilustración 26: Censo General de Zipaquirá 2005</b> .....	42
<b>Ilustración 27: Población de Zipaquirá Por Área Urbana Y Rural</b> .....	43
<b>Ilustración 28: Población Por Área Urbana, Rural de Zipaquirá y de Cundinamarca</b> .....	44

<b>Ilustración 29: Población Promedio en Próximos Años</b> .....	46
<b>Ilustración 30: Grafica de Población 2005 y 2010</b> .....	46
<b>Ilustración 31: Grafica de Población 2015 y 2020</b> .....	47
<b>Ilustración 32: Iglesia Catedral de Sal</b> .....	48
<b>Ilustración 33: Cantidad Anual de Visitantes</b> .....	48
<b>Ilustración 34: Suscriptores a Internet Móvil</b> .....	49
<b>Ilustración 35: Red Móvil</b> .....	55
<b>Ilustración 36: Promedio de Llamadas</b> .....	61
<b>Ilustración 37: Ejemplo de Calculo Erlang</b> .....	61
<b>Ilustración 38: Calculo Erlang B</b> .....	62
<b>Ilustración 39: Número de Líneas Plan Básico</b> .....	63
<b>Ilustración 40: Número de Líneas Plan Intermedio</b> .....	64
<b>Ilustración 41: Números de Líneas Plan Empresarial</b> .....	65
<b>Ilustración 42: Escenario típico de propagación NLOS usado en el modelo COST 231. Vista perfil.</b> .....	67
<b>Ilustración 43: Escenario típico de propagación NLOS usado en el modelo COST 231. Vista superior.</b> .....	67
<b>Ilustración 44: Estación Base Coordenadas</b> .....	69
<b>Ilustración 45: Delimitación de Zona</b> .....	71
<b>Ilustración 46: Zonas de Alta Densidad y Baja Densidad</b> .....	71
<b>Ilustración 47: Celdas</b> .....	72
<b>Ilustración 48: Celdas de Alta Densidad y Baja Densidad</b> .....	72
<b>Ilustración 49: Punto a Punto</b> .....	73
<b>Ilustración 50 Punto a Punto Funcionando</b> .....	74
<b>Ilustración 51: Enlace Punto a Punto</b> .....	74
<b>Ilustración 52: Clúster de Red 4G LTE</b> .....	75
<b>Ilustración 53: Ejemplo Clúster</b> .....	75
<b>Ilustración 54: Mancha de cobertura</b> .....	76

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1: Asignación De Banda Brasil.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 2: Asignación de Banda de 4G LTE .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 3: Adjudicación Kioscos Vive Digital .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 4: Población Estimada de Habitantes .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 5: Proyección de Población En los Próximos Años .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 6: Población en Edades y Crecimiento .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 7: Personas con Internet Móvil Zipaquirá .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 8: Internet Móvil Mina de Sal.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 9: Personas Con Internet Móvil (Escenario Optimista) .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 10: Personas Con Internet Móvil (Escenario Moderado).....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 11: Personas Con Internet Móvil (Escenario Pesimista) .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 12: Plan Básico Celular .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 13: Plan Básico Hogar .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 14: Plan Intermedio .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 15: Plan Intermedio Hogar .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 16: Plan Empresarial .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 17: Plan Empresarial 2.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 18: Consumo Porcentual .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 19: Plan Básico de Consumo.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 20: Plan Intermedio de Consumo.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 21: Plan Empresarial de Consumo.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 22: Consumo de Megas Plan Básico .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 23: Consumo de Megas Plan Intermedio .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 24: Consumo de Megas Plan Empresarial .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 25: Promedio de Llamadas .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 26: Consumo de Voz Plan Básico .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 27: Consumo De Voz Plan Básico.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 28: Consumo de Voz Plan Intermedio .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 29: Consumo de Voz Plan Intermedio .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 30: Consumo de Voz Plan Empresarial .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 31: Consumo de Voz Plan Empresarial .....</b>	<b>65</b>

<b>Tabla 32: Crecimiento en los próximos años</b> .....	66
<b>Tabla 33: Estaciones Base Existentes</b> .....	70
<b>Tabla 34: Costo de Red de Acceso</b> .....	77
<b>Tabla 35: Costos de Sistema Radiante</b> .....	78
<b>Tabla 36: Costos de Infraestructura</b> .....	79
<b>Tabla 37: Costos de Instalación</b> .....	79
<b>Tabla 38: Costos de Terminales</b> .....	80
<b>Tabla 39: Gastos de Operación</b> .....	80
<b>Tabla 40: Costos de Mantenimiento</b> .....	81
<b>Tabla 41: Gastos Administrativos</b> .....	81
<b>Tabla 42: Inversión de Bienes</b> .....	82
<b>Tabla 43: Costos de Operación</b> .....	82
<b>Tabla 44: Gastos Totales</b> .....	83
<b>Tabla 45: Ingresos Por Planes</b> .....	83
<b>Tabla 46: Ingresos Por Terminales</b> .....	84
<b>Tabla 47: Ingresos Totales</b> .....	84
<b>Tabla 48: Matriz Costos Beneficio</b> .....	85

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se encuentran los diferentes antecedentes de proyectos que existen actualmente o que ya se hicieron en diferentes partes del mundo. El internet 4g LTE es un método de conexión a internet utilizado en poblaciones lejanas y de topología geográfica de difícil acceso, muchos de estos lugares tienen escasos servicios de luz y de telefonía además actualmente se busca con la subastas del espectro para servicio de 4G LTE en Suramérica llegar a poblaciones lejanas con una nueva tecnología móvil.

En esta presente tesis se desarrolla el proyecto de la siguiente manera:

Capítulo 1: Donde se muestran los antecedentes en el ámbito internacional y nacional, la ubicación del municipio, las estaciones base existentes y la tecnología empleada para la implementación de 4G LTE.

Capítulo 2: Donde se desarrolla la parte ingenieril del proyecto que se dividen en los siguientes Ítems.

- Ítem 1: Análisis de Equipos para la implementación del proyecto
- Ítem 2: Enseña la cartografía del municipio y la viabilidad de la zona teniendo en cuenta el abastecimiento de energía eléctrica.
- Ítem 3: Determina el dimensionamiento del tráfico posiblemente ofrecido para el municipio de Zipaquirá dando parámetros de equipos necesarios para la implementación.
- Ítem 4: Muestra la Simulación del diseño planteado para municipio de Zipaquirá.
- Ítem 5: Se determina un análisis de costos de la implementación con una matriz costo beneficio.

## ABSTRACT

In this work are the different backgrounds of projects that currently exist or have already been made in different parts of the world. The internet is a 4G LTE internet connection method used in remote locations and difficult geographical topology access many of these places are few services like electricity and telephony although currently looking to auction spectrum for LTE 4G service in South America to reach distant locations with a new mobile technology.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de viabilidad para llevar internet 4g LTE a zonas rurales de Colombia, por medio del análisis técnico y de costos de la implementación de dicha tecnología, aplicado en el municipio de Zipaquirá.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Realizar un análisis de ingeniería, que contemple el estudio de equipos necesarios para la instalación de 4G LTE en zonas rurales de Zipaquirá.
- ❖ Analizar la geografía de las zonas rurales en Zipaquirá para verificar si es posible la implementación de 4G LTE en dichas zonas.
- ❖ Determinar los parámetros de tráfico, movilidad y propagación mediante mediciones técnicas que permitan dimensionar la red y plantear un diseño.
- ❖ Simular el diseño planteado para el municipio de Zipaquirá.
- ❖ Realizar un análisis de costos de la implementación de la tecnología en el municipio de Zipaquirá.

### PROBLEMA

Zipaquirá es un municipio a cercanías de Bogotá, con cerca de 110.000 habitantes. En materia de uso y apropiación de las tecnologías de información y comunicaciones actualmente el municipio de Zipaquirá está cubierto por un programa de vive digital del ministerio de las TIC, llamado plan nacional de fibra óptica, no obstante dicho programa solo cubre 4 instituciones beneficiadas.

La falta de infraestructura en muchos lugares de Colombia y el avance de nuevas tecnologías móviles ha hecho que los servicios nuevos que ofrece la tecnología móvil posibiliten la utilización de servicios de voz, datos e internet en algunas zonas que se encuentran apartadas de estos servicios. En Zipaquirá existe una conectividad limitada (acceso a internet) en zonas rurales principalmente y para algunos usuarios de la cabecera municipal. 4G LTE, es una tecnología móvil que posibilita llegar con una mayor cobertura a municipios apartados del servicio de banda ancha.

Adicionalmente otro problema que se presenta, es que al investigar no se encuentra información del planteamiento actual de acciones municipales que apunten al indicador ODM 8 Desarrollo, Buen Gobierno y Cooperación (Zipaquirá, Información General, 2013), específicamente con lo que tiene que ver con cobertura conectividad a internet, haciendo que el municipio quede en desventaja en frente a otros que si tienen conectividad a internet. La falta de infraestructura en muchos lugares de Colombia y el avance de nuevas tecnologías móviles han hecho que los servicios nuevos que ofrece la tecnología móvil posibiliten la utilización de servicios de voz, datos e internet para algunas zonas que se encuentran apartadas de estos servicios.

¿Es viable ofrecer un servicio de internet 4G LTE para las zonas rurales de Colombia?

## **JUSTIFICACIÓN**

El internet ha sido una herramienta para que las personas se unan con el mundo de una manera fácil desde su hogar u oficina. Las noticias más importantes desde diferentes lugares del mundo se conocen al instante gracias a la herramienta de internet, no obstante en muchos lugares de Colombia el acceso a internet de banda ancha es limitado por problemas de conexión de servicios o bien sea debido a que existen lugares geográficos que son muy complicados de acceder por medios cableados. Por estas razones las conexiones inalámbricas se convierten en un servicio adecuado en dichas situaciones. En este ámbito es importante determinar cuál es la manera de llevar un mejor servicio a un menor costo a los lugares que tienen poca cobertura en el país, específicamente a las zonas rurales.

Teniendo en cuenta lo anterior Zipaquirá posee una extensión aproximada de 197 kilómetros cuadrados donde 8 kilómetros cuadrados corresponden a la zona urbana y 189 kilómetros cuadrados a la zona rural, lo que indica que la mayor parte de su extensión es de zona rural, convirtiendo a este municipio en ideal para realizar un estudio de viabilidad para la implementación de una nueva tecnología que permita el acceso a internet a todos los habitantes incluso los que están más apartados de la cabecera municipal.

De igual forma es importante apoyar el plan de la alcaldía municipal “Zipaquirá Moderna, Competitiva e Incluyente”, debido a que al realizar un estudio de viabilidad le permitirá al municipio estar a la vanguardia con tecnologías de acceso a Internet como lo es 4G LTE, por otra parte al tener un mayor número de habitantes conectados el municipio, éste estaría a la cabeza de los municipios competitivos del país y al ser este proyecto específicamente dirigido a las zonas rurales se incluiría a todos los habitantes del municipio.

## **ALCANCES**

El proyecto culminara con la realización de la simulación del acceso a internet de forma móvil planteado en el diseño para Zipaquirá.

## **LIMITACIONES**

La cartografía del municipio no se encuentra actualizada.

Se escogerá el software adecuado para realizar la simulación, puesto que con la variedad del mismo, se debe ser riguroso y escoger el que mejor satisfaga la necesidad de este proyecto.

## **METODOLOGÍA**

La investigación conlleva una serie de procedimientos de estudios y pruebas para así llevar a cabo un desarrollo de un diseño de viabilidad de internet 4g LTE para zonas rurales.

Para el desarrollo del proyecto se recopilara la información de la tecnología en el ámbito internacional y nacional teniendo como fuentes de información bases de datos libros artículos y fuentes web; además se recopilara información sobre la ubicación de los habitantes en Zipaquirá, y de las estaciones base ubicada en el municipio realizando visitas al mismo.

En la segunda fase se necesita obtener información de la zona geográfica de las zonas rurales del municipio de Zipaquirá para lo cual es necesario recolectar la cartografía del municipio y la infraestructura eléctrica del mismo.

Posteriormente se realizara una dimensión del tráfico de la red de acuerdo a un número de habitantes que se tiene en el municipio con esto se analizara y escogerá el método estadístico pertinente para el análisis de la influencia de la conexión a la red de acuerdo ellos se determinara la cantidad de equipos y estaciones base a ubicar.

Después de obtenido estos resultados se empezara a definir la simulación que permita validar el sistema diseñado.

Por último se realizara un análisis de costos que permitirá analizar qué presupuesto se requerirá para la implementación del diseño de acuerdo esto se determinara como se recuperara la inversión y se dará a conocer que beneficios de costos tendrá el proyecto.

# **CAPITULO 1**

# **MARCO TEORICO**

## **1. Antecedentes**

### **1.1. Antecedentes tesis**

#### **Universidad**

Pontificia Universidad Católica Del Perú

#### **Autor**

José Alejandro Milla Cazana

#### **Tesis**

1.1.1 Diseño de una red LTE para el distrito del callao

#### **Resumen**

“En la presente tesis se plantea el diseño de una red LTE para el distrito del Callao para una nueva operadora que quiere ofrecer sus servicios con dicha red. En este diseño se toma en cuenta no sólo a la población que habita el distrito del Callao, sino también a aquellas que visitan con frecuencia el mismo y aquél grupo de personas que concurren diariamente al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez que se encuentra en dicho distrito”. (Cazana, 2012)

#### **Universidad**

Universidad De Cuenca

#### **Autoras**

Andrea Patricia Guevara Toledo

Viviana Gabriela Vásquez Alarcón

#### **Tesis**

1.1.2 Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica

#### **Resumen**

El presente trabajo de investigación procura entregar al lector una síntesis de la arquitectura, características y otros métodos utilizados por las redes LTE para la entrega de servicios, los beneficios que esta presenta frente a las tecnologías anteriores, la oferta y demanda por parte de las operadoras y los usuarios, las tasas de consumo que han impulsado el desarrollo de LTE, los planes de cobertura mediante la operación en distintas bandas de frecuencia, los aspectos que deben ser considerados al momento de elegir las bandas de operación, y el estado actual de las redes LTE en Colombia, Brasil, Chile y Ecuador especificando sus inicios en las telecomunicaciones, los procesos llevados a cabo en cada país, las reglas y condiciones impuestas por los reguladores, el estado de competencia en el que se encuentran, y los futuros Progresos. (A., 2013)

## 1.2. Antecedentes en el mundo

### 1.2.1 BRASIL

El servicio de 4g LTE, en Brasil ya se encuentra adjudicado con lo que se busca llegar a las zonas urbanas ya que tienen a cargo los eventos deportivos que se llevaran a cabo en próximos años lo que busca que para el término de diciembre del 2014 se lleguen a los municipios superiores a 500.000 habitantes. El establecimiento de la banda 2.5 GHz por el gobierno de Brasil para prestar los servicios de internet de 4 G LTE permitirá incrementar calidad y la velocidad de transmisión mientras que la banda de 450mhz se busca llegar a las zonas rurales del país ofreciendo datos, voz e internet de banda ancha (A., 2013) a continuación como se muestra en la tabla 1 encontraremos como fue asignada la banda de los 2.5 GHz y que operadores ganaron en la subasta.

*Tabla 1: Asignación De Banda Brasil*

<b>Brasil</b>	Sky Brasil	2.5 GHZ
<b>Brasil</b>	Claro	2.5 GHZ
<b>Brasil</b>	On	2.5 GHZ
<b>Brasil</b>	TIM	2.5 GHZ
<b>Brasil</b>	Vivo	2.5 GHZ

Fuente: (A., 2013)

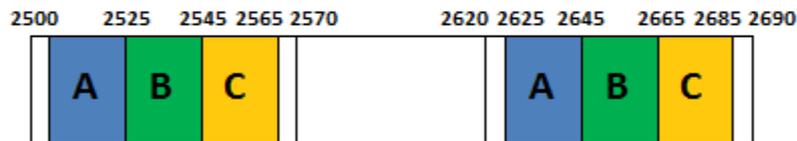
El mundial de Brasil que se desarrollara a principios de junio permitirá medir la tecnología de 4g LTE ya implementada en ciudades capitales desplegado por los operadores Claro y Movistar, permitido un mayor rendimiento en los Smartphone de los usuarios. Se prevé que para el mundial aumente la demanda de este servicio y se genere un aumento en las ventas de Smartphone que permitan que la tecnología de 4g LTE llegue a más usuarios. Los operadores que han adquirido las bandas en Brasil se han preocupado por hacer que el sistema de LTE centrado en datos sea fundamental para el desarrollo de la sociedad.

### 1.2.2 CHILE

El gobierno de Chile observando el incremento de internet móvil y banda ancha decidió vender el espectro en la banda 2,6 GHz con el que se espera llegar a 543 localidades rurales aisladas con servicios de voz e internet. La subasta se empezó a realizar en diciembre del 2011 dividiendo la banda en tres bloques de 40Mhz con un esquema FDD 20-20 cada una denominada bloque a, sombreada con color azul, bloque b sombreada con color verde y bloque c sombreada con amarillo como se muestra en la Ilustración 1 (A., 2013).

*Ilustración 1: Canalización de banda de 2.6ghz*

## Banda de 2,6 GHz



Fuente: (A., 2013)

Las compañías que se les asignó las diferentes frecuencias de 4G LTE que fueron Movistar, Claro y Entel que actualmente ofrecen ya sus servicios de 4g LTE el primero en lanzarlo fue claro que empezó a ofrecer su servicio desde 27 de junio del 2013.

Actualmente se ofrecen los siguientes planes en movistar teniendo este como referencia de precios en Chile a continuación se muestra una ilustración mostrando los precios de los planes.

*Ilustración 2: Precios Movistar 4G LTE*

Parrilla de Planes				
VALORES	Minutos	SMS	Umbral Gb	Tecnología
29.990	300	ilimitados	2	3g/4g
39.990	500	ilimitados	3,5	3g/4g
49.990	770	ilimitados	5	3g/4g
59.990	990	ilimitados	6,5	3g/4g
69.990	1,100	ilimitados	10	3g/4g

**MÁS MEGAS, MÁS MINUTOS & SMS ILIMITADOS**

Fuente: Movistar Chile (Chile, 2014)

El último en ofrecer es la compañía de telefonía móvil Entel quien empezó a ofrecer su servicio el 16 de diciembre del 2013.

Se recomienda Generar diferentes planes para tener una variedad de clientes para los servicios de 4 G LTE teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las opciones de mercado generadas por este servicio.

Así mismo se necesita realizar constantes estudios del tráfico de la red, debido al aumento paulatino de clientes y no ocasionar una saturación del sistema.

Igualmente se debe considerar las construcciones futuras debido a posibles obstrucciones por edificaciones.

A los operadores de telefonía móvil, establecer un plan de negocios que permita establecer valores exequibles al usuario a planes y equipos de tecnología LTE, permitiendo así la penetración al mercado de esta tecnología.

Se considera que se deben ir actualizando los equipos debido a posibles mejoras de los mismos que permitan manejar mayor velocidad y menor cantidad para los diseños.

### **1.2.3 Colombia**

En Colombia actualmente ya se subastó una parte del espectro, de los cuales 90 MHz de la banda 4 de entre 1700 MHz y 2.100 MHz, o AWS, 130 MHz en la banda de 2.500 MHz, o la banda 7, y 5 MHz en 3G. Además, el Ministerio reservó dos bloques de espectro para los operadores entrantes, es decir que esperan que lleguen nuevas empresas a competir por el mercado móvil colombiano. Es importante recordar que Claro, por ser operador dominante, no pudo optar a la banda 4 o AWS, (Espinoza, 2013) las empresas que participaron en la subasta por el espectro para 4G Claro, Unión temporal Tigo-ETB, Movistar, DIRECTV, Avantel, promesa de sociedad Azteca 4g (Radio, Caracol Radio, 2013). El Ministerio recolectó 770.000 millones de pesos con el proceso. El 18 de junio se definió cuáles de los participantes quedaron finalmente habilitados para participar en la subasta y la subasta se realizó el 26 de junio. (Roa, 2013).

La asignación de la banda 4 donde se repartían 90 MHz de espectro fue asignada de la siguiente manera 30mhz para Avantel, 30 MHz para movistar y 30mhz unión entre Tigo/Epm y ETB, en la banda 7 también se repartieron 3 bloques donde claro quedo con un bloque de 30 MHz y DIRECTV con dos bloques uno de 30 MHz y uno de 40 MHz con un total de 70 MHz.

Con el resultado de la subasta, Colombia queda con seis operadores de datos móviles en 4G: los cinco adjudicatarios de la subasta y UNE quien ya posee 4 G LTE.

El operador mexicano, Azteca comunicaciones, no recibió espectro en la subasta, quien durante la realización de la subasta se retiró pues reconoció que el precio de la puja resulto muy alto, quien no descarta estar en las próximas subasta que se llevaran a cabo en las frecuencias para 4g en la banda de los 700 MHz. En la siguiente tabla que se muestra a continuación permite ver el bloque adjudicado el costo del bloque de la banda asignada y a las obligaciones a las que se someten.

**Tabla 2: Asignación de Banda de 4G LTE**

Resultados subasta de 4G					
Empresa	Bloque adjudicado	Valor TOTAL COP \$ 770.530.882.800	Obligación de tabletas 556.374	Cobertura en Cabeceras Municipales	Migración
	Banda 2.500 MHz Bloque abierto de 30MHz	COP \$ 119.995.866.000	309.630	660	Armada Nacional
	Banda 2.500 MHz Bloque abierto de 30MHz y reservado de 40MHz	COP \$ 71.856.366.000 COP \$ 77.565.288.000	30.000	57	
	Banda AWS Bloque Reservado	COP \$ 107.464.140.000	30.000	57	
	Banda AWS Bloque abierto	COP \$ 195.749.940.000	67.426	144	Policia Nacional
	Banda AWS Bloque abierto	COP \$ 197.899.222.800	119.317	255	
	Sin asignación				

La migración de la red del Comando General de las Fuerzas Militares la realizan entre todos los asignatarios

Fuente: Ministerio Tics (Tic, 2013)

DIRECTV quiere ser un nuevo operador de internet para el futuro pues piensa ofrecer este servicio como lo está brindando en Brasil como la compañía rival colombiana UNE con el mifi, la compañía de comunicaciones bogotana ETB con su asignación en esa frecuencia piensa arrancar a ofrecer telefonía móvil a sus clientes y extender su servicio a nivel nacional.

El reto para claro va a hacer grande pues es el operador dominante en el mercado quien cuenta con la mayor cantidad de clientes y un problema es que la mayoría de celulares no son compatibles en la banda que se le fue asignada.

Avantel quien ha dicho que es un gran avance para el complemento de servicio que brinda a sus clientes pues ofrecerá a los clientes conexiones y aplicaciones todo esto destinado a las empresas.

Para el Ministro Molano es una gran noticia pues el dinero recolectado se re invertirá en programas sociales del Ministerio de las Tics, también se determinó que todos los operadores deben de garantizar el servicio en 3g, quien no cumpla no podrá ofrecer 4G, según esto, se espera que la competencia se refleje en los precios por telefonía y servicios de datos móviles.

La prestación de 4G LTE permitirán servicios que actualmente no se pueden ofrecer ,uno de ellos es el servicio en zonas donde no se puede acceder por medio de fibra óptica pues la zona es de difícil acceso, es por esto que actualmente en estos lugares se ofrecen servicios de internet satelital demasiado costosos donde el ministerio de las tics abre conectividad a estos sitios con el proyecto llamado “ Kioscos Vive Digital” que se prestan por medio de servicio satelital que fueron adjudicados el 16 de diciembre del 2013 con un total para construir 5524 Kioscos Vive Digital, donde 4 operadores fueron adjudicados de la siguiente manera como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3: Adjudicación Kioscos Vive Digital**

Región	Departamentos	Total KVD	Operador	Integrantes	Inversión
1	Atlántico, Caquetá, Huila, Magdalena, Tolima	941	Unión Temporal KVD	TV Azteca Sucursal Colombia Total Play Sucursal Colombia	\$ 91.643.959.951
2	Cesar, La Guajira, Nariño, Norte de Santander y Putumayo	1.220	Unión Temporal Internet para Kioscos - IPK	Anditel Acción S.A	\$105.272.025.270
3	Bolívar, Córdoba, Guaviare, Meta, San Andrés y Sucre	1.006	Unión Temporal K2 Colombia	Gilat Colombia Gilat Networks Colombia Gilat Satellite Networks Colombia	\$101.383.206.713
4	Antioquia, Arauca, Casanare, Chocó, Santander y Vichada	812	Unión Temporal KVD	TV Azteca Sucursal Colombia Total Play Sucursal Colombia	\$87.385.393.346
5	Amazonas, Boyacá, Caldas, Cundinamarca, Guanía, Quindío, Risaralda y Vaupés	648	Unión Temporal Nec de Colombia Hispasat S.A.	Nec de Colombia Hispasat S.A.	\$77.858.878.846
6	Cauca y Valle del Cauca	897	Unión Temporal K2 Colombia	Gilat Colombia Gilat Networks Colombia Gilat Satellite Networks Colombia	\$ 87.984.025.572

Fuente Ministerio Tic (Tic, 2013)

En futuro las conexiones de 4G LTE permitirá llegar a estos sitios de difícil acceso con lo que en la actualidad solo llegan por medio satelital.

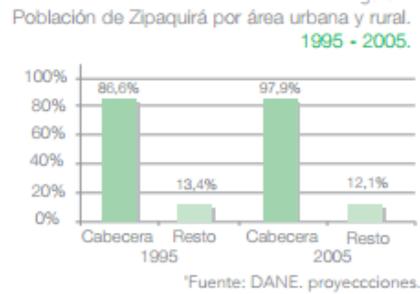
### 1.3. Actualidad

Hoy en día existen 259 redes de 4G LTE que operan en la actualidad, en solo Latinoamérica hay 36 y se encuentran en 17 diferentes países entre los cuales se encuentran con mayor cantidad de redes los países como: Puerto Rico, Brasil y Colombia.

Esto se ha llevado a cabo gracias a la implementación de 4G LTE en los diferentes países que buscan llegar tecnológicamente a un mundo competitivo donde la velocidad de 4G LTE llamada Open Signal ha permitido que en todo el mundo haya una velocidad promedio de 7, 9 Mbps lo que supera a la conexión Wi-Fi promedio, que es de 6,1 Mbps. En futuro abra mayor velocidad que no solo se verá reflejada en las ciudades principales de cada país si no que en la áreas rurales, como Zipaquirá en Colombia.

Zipaquirá es un municipio que se encuentra al norte de la capital colombiana, que limita con los municipios de Cajica y Tabio al sur, al norte con los municipios de Pacho y Cogua, al occidente con Subachoque y Pacho, al oriente con Cogua, Nemocon y Tocancipa. Posee una extensión de 197 kilómetros donde solo 8 kilómetros son de área urbana y 189 de área rural, con más de 110.000 habitantes, su población se concentra en el área urbana donde el casco urbano se divide en barrios y urbanizaciones estas se dividen en estratos del 1 al 6, la ciudad en la parte urbana se concentra en el área turística, el centro de la ciudad y la mina de sal; en el área rural existen más de 25 veredas donde se concentra su gran extensión de tierra. En la siguiente Ilustración se muestra la población que se encuentra en la cabecera del municipio y las diferentes zonas rurales en los años de 1995 y 2005 donde se realiza el último censo del Dane.

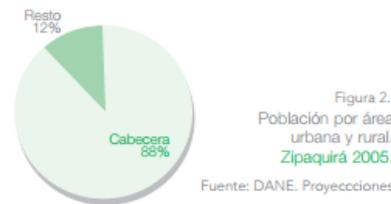
### ***Ilustración 3: Población de Zipaquirá***



Fuente (Zipaquirá, Información General, 2013)

Actualmente es la tercera ciudad más poblada de Cundinamarca donde se espera un incremento comercial y en extensión en barrios y Veredas, la economía de Zipaquirá se basa en el área agrícola, minera y ganadera. En la Ilustración 4 observamos como esta en porcentaje la división de población del municipio.

### ***Ilustración 4 : Población de Zipaquirá***



Fuente (Zipaquirá, Información General, 2013)

En Zipaquirá existen estaciones base, donde se encuentra una gran concentración de ellas es en el cerro más alto, ubicado en la Vereda de San Jorge, llamado el alto de San Roque donde existen estaciones base de todos los operadores ya que desde allí se tiene línea de vista hacia todos los puntos cardinales de Zipaquirá, hacia el sur con Bogotá al norte con Cogua y Pácho al oriente con Tocancipa y al occidente con Subachoque la que encontramos en la siguiente ilustración.

***Ilustración 5: Estación Base Vereda San Jorge***



Fuente: Autor del Proyecto

De igual manera en la cabecera municipal se encuentra la estación base principal que se encuentra ubicada en centro del municipio en la planta de Telefónica de Telecom, a una cuadra del parque principal del municipio, la cual se muestra en la Ilustración 6.

***Ilustración 6: Estación Base Telefónica Telecom***



Fuente Autor del Proyecto

Las demás torres o estaciones base se encuentran distribuidas en los diferentes barrios del municipio, teniendo una distancia entre ellas de uno a dos kilómetros en línea recta, la distribución de las mismas torres depende de la concentración de población y los cambios geográficos o de obstrucción que se presentan en el municipio.

El barrio donde se encuentra la mayor concentración de torres es el barrio San Pablo que se encuentra más cercano en línea de vista al cerro de San Roque, y es el Barrio que se encuentra al ingreso del municipio llegando desde Bogotá y concentra los barrios de San Pablo y Julio Caro que es la salida del municipio hacia Sopo y Tocancipa. Otra concentración está en el barrio Algarra que distribuye a todo el centro del barrio y a los barrios de alrededor como son: San Carlos y Santa Mónica; otra agrupación de estaciones base se encuentran en el Barrio San Rafael desde el que se distribuye a los barrios la Esmeralda comuneros la paz y la salida al municipio de Nemocon.

Otra torre principal se encuentra ubicada en el barrio San Juanito parte alta del municipio que da cubrimiento a los barrios Terraplén y la Concepción que es la salida hacia el municipio de Pacho y enlace con San Rafael en la salida hacia el municipio de Cogua.

En general se observa un buen cubrimiento de la zona urbana y rural ya que las veredas ubicadas hacia las afueras del municipio están cubiertas por aquellas estaciones base que están ubicadas en los límites del municipio y que son enlaces de línea de vista de transmisión de enlace entre municipios y se han colocado antenas sectoriales para el cubrimiento celular.

Las estaciones Base en su mayoría están ubicadas en terrenos privados, incluidas la del cerro de San Roque en la Vereda de San Jorge, lo que no facilita la investigación, sin obtener permiso por parte de los operadores quienes se abstienen de darlo por la protección de su tecnología, la mayoría de infraestructura está sobre las torres y monopolos, la única que se encuentra ubicada en una terraza de un edificio es la que se muestra en la siguiente ilustración.

***Ilustración 7: Celdas Base Terraza de Edificio***

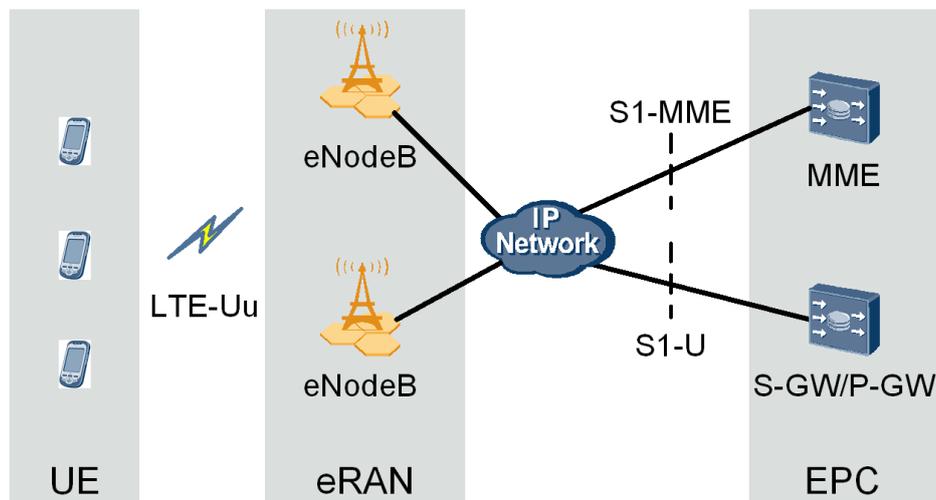


Fuente: Autor del Proyecto

## 1.4. Arquitectura 4 G LTE

La arquitectura general de LTE es una evolución de la arquitectura general de 3GPP, así que comenzaremos hablando sobre esta última la cual observamos en la siguiente Ilustración.

*Ilustración 8: Arquitectura LTE*



Fuente Huawei Technologies (LTDA, 2014)

El servicio de 4G LTE está integrado por cuatro grandes dominios: UE, E-UTRAN, EPC y el Dominio de Servicios, se caracteriza por la capa de conectividad IP; su rol principal es suministrar conectividad IP, es por ello que es optimizada. Todos los servicios que se ofrecen se buscan que sean en IP. En este sentido IMS es una excelente alternativa para ofrecer estos servicios. Con IMS se ofrecen toda clase de servicios. Sin embargo, IMS debe tener los Gateway para comunicarse con las redes públicas basadas en conmutación de servicios, como la PSTN (Public Switched Telephone Network, Red de Telefonía Pública) o la PLMN (Public Land Mobile Network, Red Pública de Datos).

## 1.5 Antenas MIMO

Es el uso de múltiples antenas tanto en el transmisor y el receptor para mejorar el rendimiento de la comunicación. Es una de varias formas de antena inteligente de la tecnología 4 G LTE.

Tecnología MIMO ha permitido la atención de los sistemas inalámbricos de comunicaciones, ya que ofrece un aumento significativo en el rendimiento de datos y rango de enlace sin un ancho de banda adicional que genere mayor gasto o aumento de la potencia de transmisión. Un ejemplo de las antenas MIMO es la que se encuentra a continuación en la Ilustración 9.

### *Ilustración 9: Antena MIMO*



Fuente (BAZ Antennen)

#### **1.5.1. Tecnología MIMO**

La tecnología mimo se consigue gracias al desfase de señal, de tal forma que los rebotes de la señal WiFi (reflexiones) en lugar de ser destructivas, sean constructivas y proporcionen mayor velocidad ya que al haber menor pérdida de datos, hacen falta menos retransmisiones.

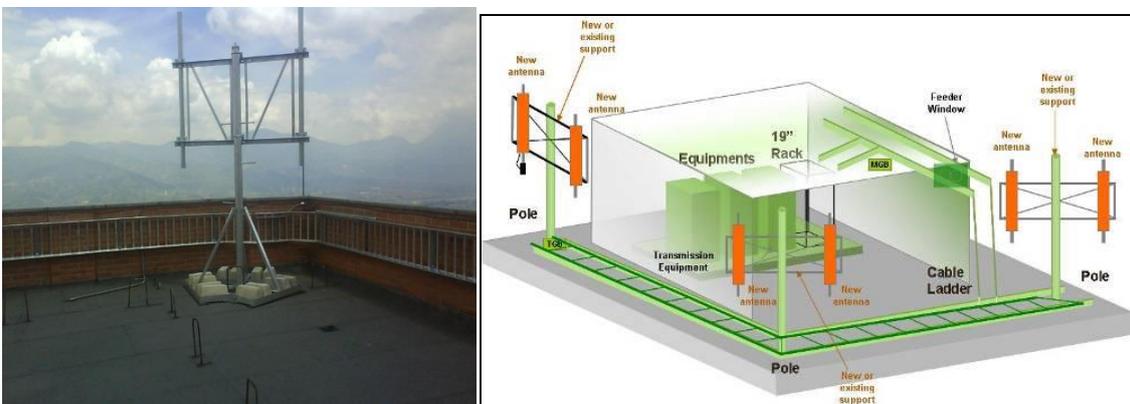
Gracias a este desfase, la señal inalámbrica puede llegar por varias rutas y se puede utilizar para aumentar el rendimiento. En las redes 802.11b/g en lugar de aprovechar el rebote de la señal en beneficio de la velocidad y cobertura, la señal se destruye y se obtiene menos rendimiento. El MIMO apareció junto con el estándar 802.11N.

Una característica de MIMO, es el conocido Three-Stream, que usa tres flujos espaciales para incrementar de manera notable la velocidad inalámbrica. También es muy importante el ancho de canal, normalmente son de 20MHz, pero 802.11N permite anchos de canal de 40MHz usando dos canales separados para conseguir mayor velocidad. (Luz, 2012).

#### **1.6. Escenarios de Instalación**

##### **Escenario 1**

### *Ilustración 10: Escenario de Una Instalación Indoor*

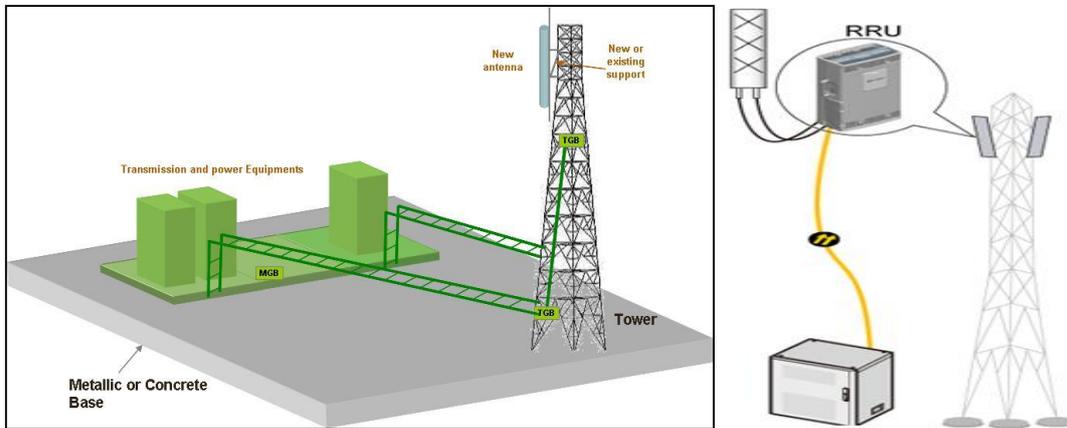


Fuente Huawei Technologies (LTDA, 2014)

El escenario 1. Permite que las antenas se instalen en lo alto de un edificio en las esquinas del mismo, en mástiles nuevos con contrapeso que el espacio permita. El rack de conexiones es de modo Indoor. Como se muestra en la Ilustración 10.

## Escenario 2

### *Ilustración 11: Escenario de una Instalacion Outdoor*



Fuente: Huawei Technologies (LTDA, 2014)

Permite una instalación de modo Outdoor que proporciona unos equipos en el rack al exterior, lo mismo que antenas instaladas en lo alto de una torre que permite una mayor cobertura con menos posibilidad de obstáculos, tal como se muestra en la Ilustración 11, que se puedan encontrar interrumpiendo la señal produciendo interferencia como podía pasar en el escenario 1.

## 1.7. Ventajas de 4G LTE

- Con la tecnología de 4 G LTE será posible llegar a velocidades de hasta 200 Mbps.
- el retardo en la respuesta desde la red, será menor a 10 milisegundos.
- Se contará con una arquitectura de red basada en protocolo IP que permite a los operadores reducir el costo de los servicios que ofrecen, y a su vez permitirá a los usuarios contar con nuevas posibilidades de servicios interactivos.
- Se generará una alta eficiencia en lo que respecta a los costos de operación de las redes, lo cual permitirá reducir el impacto ambiental en la zona donde esta se implemente. (Cazana, 2012).

## 1.8. Servicios en 4G LTE

- Push to talk Over Cellular (PoC): se trata básicamente de los servicios de comunicación punto-punto o punto-multipunto que se ofrecen en las redes móviles.
- Presence: servicio que hace posible que los usuarios compartan información de sus actividades, ubicación actual, zona horaria donde se encuentran, etc.
- Multimedia Broadcast y Multicast Service (MBMS): son aquellos servicios como: Transmisión de audio y/o video: publicidad, suscripción de ciertos servicios o Descargas de audio y/o video, Descarga de archivos: actualización de aplicaciones.
- Telefonía Multimedia: VoIP y IPTV.
- Servicio de comunicaciones a hogares.

# **CAPITULO 2**

# **DESARROLLO**

# **INGENIERIL**

## 2. ITEM 1: EQUIPOS

Para el análisis de equipos se contempla los diferentes beneficios que traen los fabricantes del mercado, pero al determinar las marcas se decidió los equipos Huawei debido a que son los tienen mayor prestaciones, son los más económicos y que operan actualmente en Colombia.

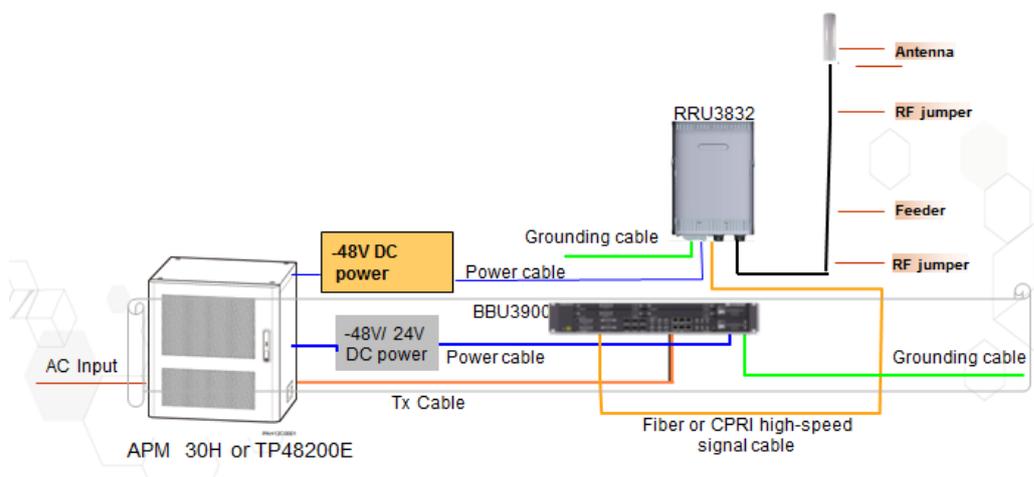
A continuación se muestran los equipos necesarios para la implementación.

### 2.1. Nodo

Para el diseño de la red se ha determinado utilizar un Nodo DBS3900 eNodeB De Huawei

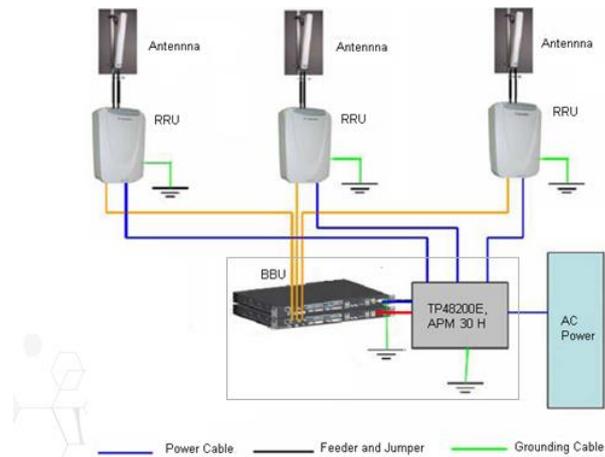
- DBS3900 es un Nodo Distribuido de 4ta Generación eNodeB.
- DBS3900 esta compuesto de:
  - › BBU3900, instalada en gabinete TP48200E o APM 30H
  - › RRU3832
  - › Antena y sistema feeder o jumper

*Ilustración 12: eNode B Huawei*



Fuente: (LTDA, 2014)

**Ilustración 13: EnodoB**

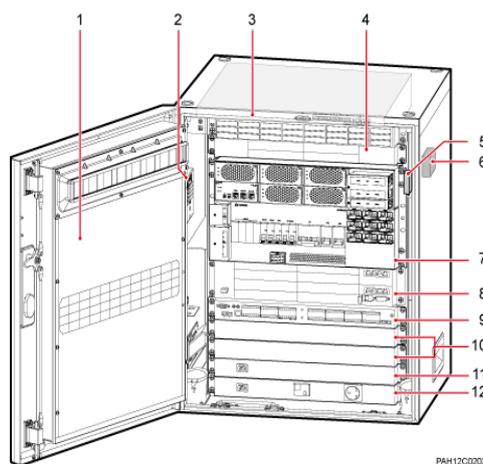


Fuente: (LTDA, 2014)

## 2.2. Gabinete

**APM 30H:** Es un gabinete Outdoor de poder que transforma corriente alterna a corriente directa (AC-DC). El sistema AC/DC convierte 110 V/220 V AC a -48 V DC. Este módulo provee espacio para la BBU y equipos de transmisión. El APM30H usa una estructura modular e integrada la cual mejora su operatividad y mantenimiento. Las dimensiones del gabinete son (H x W x D) 700 mm x 600 mm x 480 mm.

**Ilustración 14: Gabinete**



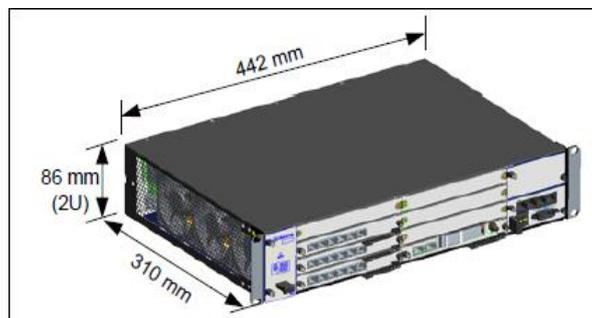
(LTDA, 2014)

## 2.4. Unidad de Procesamiento

**BBU3900** Es una unidad de procesamiento de banda base, realiza las siguientes funciones:

- La transferencia de señales entre el DBS3900 y el EPC
- Procesamiento de las señales banda base de enlace descendente y ascendente
- Proporcionar el reloj de referencia
- Gestión de la DBS3900; todo de forma centralizada en términos de operación y mantenimiento (OM) y la señalización de procesamiento
- Proporcionar el canal de OM para la conexión a el LMT o M2000
- El throughput pico es de 380Mbps en el downlink por sector 2x2 MIMO

*Ilustración 15: Unidad de Procesamiento*

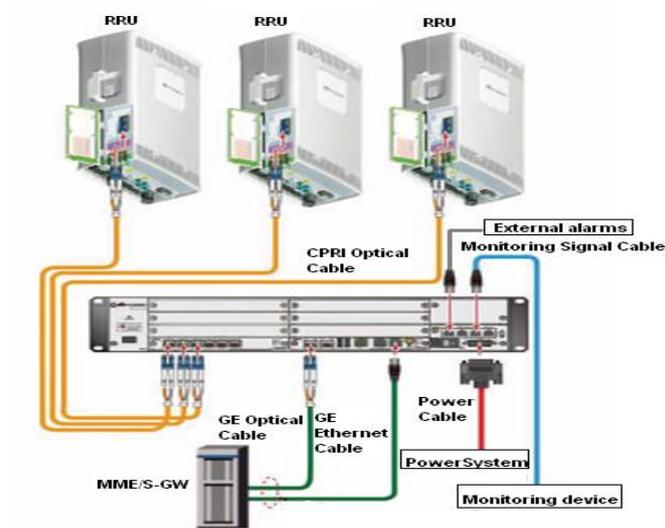


**Fuente:** (LTDA, 2014)

## 2.5. Unidad Remota de Radio

La unidad remota de radio, permite estar en un medio outdoor y es instalada lo más cerca de la antena.

**Ilustración 16: Unidad Remota de Radio**



Fuente: (LTDA, 2014)

**ANTENA**

Se usara Antena ADU451819

**Ilustración 17: Adu 451819**

**Mechanical properties**

Unit: mm

Antenna dimensions (H x W x D) (mm)	1311 x 323 x 89
Packing dimensions (H x W x D) (mm)	1737 x 422 x 200
Antenna net weight (kg)	12.8
Bracket weight (kg)	4.6
Packing weight (kg)	21.5
Mechanical downtilt (°)	0 - 16
Mast diameter (mm)	50 - 115
Radome material	Fiberglass
Radome colour	Light grey
Operational temperature (°C)	-55 .. +65
Wind load (N)	Frontal: 565 (at 150 km/h) Lateral: 105 (at 150 km/h) Rear side: 640 (at 150 km/h)
Max. operational wind speed (km/h)	150
Survival wind speed (km/h)	200
Connector	4 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom

Fuente: (LTDA, 2014)

***Ilustración 18: Instalación de 4G LTE UNE***



Fuente: (Une, 2012)

### 3. ITEM 2: GEOGRAFIA

En el siguiente ítem se determina un análisis geográfico del municipio de Zipaquirá, con la que se demuestra la verificación de la implantación de 4G LTE en las zonas rurales de Colombia.

#### 3.1. Cartografía Municipio de Zipaquirá

Zipaquirá es un municipio de Cundinamarca que se encuentra cerca de la ciudad de Bogotá, que limita con los municipios de Cogua al norte, al sur los municipios de Cajica y Tabio, al occidente con Subachoque y Pacho y al oriente con Tocancipa, Nemocon y Cogua.

Su topografía está dividida notoriamente por dos secciones territoriales bien definidas, en la siguiente imagen se muestra una foto panorámica de municipio.

*Ilustración 19: Foto Panorámica Del Municipio*



Fuente: Autor del Proyecto

**Región plana:** se encuentra ubicada en el centro y oriente del municipio.

**Región Montañosa:** se encuentra en la parte noroccidental y sur del municipio en donde se destacan los cerros del Zipa, el páramo del Guerrero, Ventalarga, Pantano redondo y San Roque.

### 3.2. Topografía

#### *Ilustración 20: Topografía Municipio de Zipaquirá*



Fuente Google Maps

Analizando la topografía del municipio de Zipaquirá como se muestra en la Ilustración 13 podemos obtener un buen diseño para el desarrollo de una red de 4G LTE, por su característica combinada de sector montañoso y parte plana del municipio y poder dar buen cubrimiento a las zonas urbanas y rurales que lo conforman.

En la parte sur occidental encontramos el Cerro Pantano Redondo y San Roque ubicados sobre la vereda de San Jorge (Ilustración 14), donde están ubicadas la mayor cantidad de celdas de los distintos operadores, ya que por su ubicación geográfica y por su altura ofrecen línea vista con diferentes puntos cardinales del municipio, por esta razón es el ideal como base principal del servicio que se quiere prestar. La ubicación de estas torres permite generar el servicio a la parte sur del municipio, donde se encuentra ubicada la zona industrial de Zipaquirá y Norte de Cajica, contando con empresas nacionales, como: Familia (que encontramos en la Ilustración 15) y Refisal (Ilustración 16) entre otras, e igual manera esta la vereda Portochuelo que cuenta con un buen número de viviendas, como también la empresa de gas ZipaGas.

#### *Ilustración 21: Cerró San Roque*



Fuente: Autor del Proyecto

***Ilustración 22: Fabrica Familia***



Fuente: Autor del Proyecto

***Ilustración 23: Fábrica de Refisal***



Fuente: Autor del Proyecto

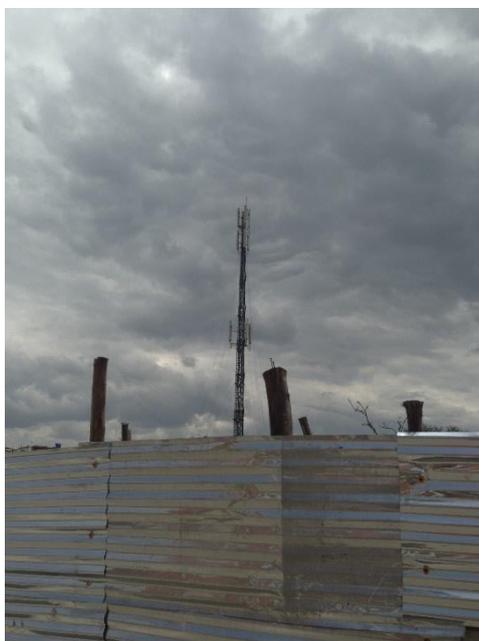
Esta zona montañosa también genera servicio a la vereda San Jorge, que se destaca por el desarrollo agropecuario y ganadero. También obtiene línea de vista con el páramo de guerrero, límites con el municipio de pacho y centro poblado de pueblo viejo, zona rica en minerales como la sal y el carbón también en la zona turística del municipio donde se encuentra la mina de sal de Zipaquirá, que presta el servicio de recorrido de la mina, en donde solo existe el servicio de señal de celular del operador Tigo, que además daría cubrimiento a esta zona industrial y habitacional antes mencionada.

En la zona montañosa del norte se encuentra Coclies y San Juanito, parte alta que genera servicio al sector que limita con el municipio de Cogua por su facilidad de línea de vista y cubrimiento a una vasta cantidad de barrios como son los de la concepción, Terraplén, San Juanito y los comuneros.

Esta cadena montañosa del municipio tiene una perfecta línea de vista para enlaces por el oriente con municipios como Sopo, Tocancipa y Gachancipa; saliendo por este punto cardinal se encuentra la planta de procesamiento de agua de Tibito, donde se ubican otra concentración de torres y antenas que generan servicios de enlaces sectoriales para el área rural circundante, como son la vereda de Rosamontal, donde hay desarrollo de ganadería y turismo pues allí se encuentran el parque Panaca y el parque Jaime Duque en límites con sopo.

Para el área urbana del municipio que es una zona plana, donde se encuentran diferentes barrios de mayor densidad de viviendas, genera colocar más torres y antenas sectoriales de acuerdo con los cálculos sectoriales para el servicio como muestra la ilustración 17.

#### ***Ilustración 24: Antena Sectorial***



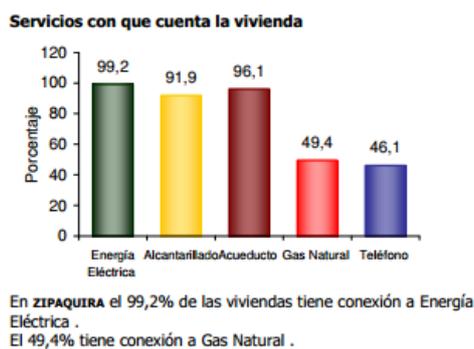
Fuente: Autor del Proyecto

En el anexo 1 se encuentra la cartografía del municipio

### 3.3. Zonas Con Servicio Eléctrico De Zipaquirá

El servicio eléctrico del municipio de Zipaquirá se encuentra en la mayor parte del municipio, solo cierta región de los páramos del municipio no cuenta con servicio eléctrico, debido al difícil acceso de los mismos, Como se muestra en la siguiente imagen.

*Ilustración 25: Servicios Municipio de Zipaquirá*



Fuente: (Dane)

## 4. ITEM 3: DISEÑO

En el siguiente Item se determina los parámetros de tráfico para un análisis que permita el dimensionamiento de la red y así plantear un diseño.

### 4.1. Población y Capital Humano

El recurso humano es uno de los más importantes factores productivos, una mano de obra joven y calificada facilita el crecimiento económico. Además si la población en edad de trabajar representa una proporción importante de la población total, el monto de ingresos requeridos por trabajador podrá mantener a la población dependiente y garantizar un estándar de vida básico.

Tomando esto se han realizado diferentes censos de población y vivienda, el último se realizó en el 2005 donde se obtuvo una población total del país de 42.888.592. Bogotá capital colombiana fue la ciudad con mayor población con 8.971.365 habitantes. Cundinamarca departamento de Colombia ubicado en el área Andina obtuvo una población de 2.298.245 donde se encontró que la población está ubicada en su mayoría en las cabeceras municipales con 1.701.018 de habitantes y en las áreas rurales con 856.605 habitantes.

Zipaquirá, Municipio del Departamento de Cundinamarca localizado en el norte de Cundinamarca fue uno de los municipios con mayor población de acuerdo al censo del Dane con un total de 100.038 habitantes para el año de 2005, el cual determinó que la población de hombres es menor que la de mujeres obteniendo un resultado de que 48.626 son hombres y 51.412 son mujeres, actualmente se cree que la población de Zipaquirá es mayor de los 113.000 habitantes. En la siguiente Ilustración se muestran los resultados del Dane del 2005 del municipio de Zipaquirá.

*Ilustración 26: Censo General de Zipaquirá 2005*

<b>RESULTADOS CENSO GENERAL 2005</b>	
Población censada después de compensada por omisiones de cobertura geográfica y contingencia de transferencia	
Zipaquirá (Cundinamarca)	
<b>Población</b>	<b>100,038</b>
Cabecera	87,232
Resto	12,806
Hombres	48,626
Mujeres	51,412
<b>Hogares</b>	<b>26,730</b>
<b>Viviendas</b>	<b>25,741</b>
<b>Unidades Económicas</b>	<b>4,181</b>
<b>Unidades Agropecuarias<sup>1</sup></b>	<b>2,162</b>

<sup>1</sup> Unidades asociadas a vivienda rural

Fuente: (Dane)

Según la Gobernación de Cundinamarca se calcula que ha existido un crecimiento de la población de Zipaquirá en los siguientes años de un 12% .Como se muestra en la siguiente tabla.

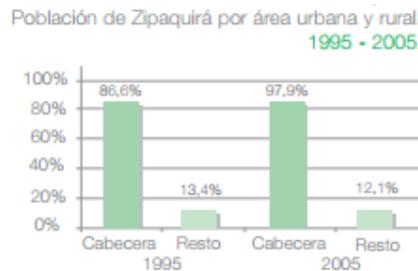
**Tabla 4: Población Estimada de Habitantes**

Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	22.561	23.530	87.232	97.925
Resto	3.180	3.200	12.806	14.144
Total	25.741	26.730	100.038	112.069

Fuente (Dane)

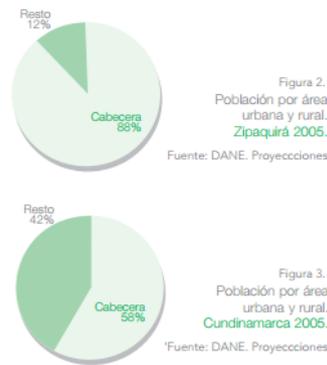
El recurso humano de Zipaquirá se concentra en el área urbana, en este sentido puede afirmarse que, Zipaquirá es más urbana que el promedio departamental y además presenta un proceso de urbanización que se refleja en el crecimiento negativo de la población rural en el periodo inter censal como se muestra en la siguiente Ilustración, que muestra estadísticas tomadas del Dane en el Censo del 2005.

**Ilustración 27: Población de Zipaquirá Por Área Urbana Y Rural**



Fuente: (Zipaquirá, Información General, 2013)

En la siguiente ilustración se muestra un análisis entre la población urbana y rural del municipio con una comparación del promedio del departamento de Cundinamarca.

**Ilustración 28: Población Por Área Urbana, Rural de Zipaquirá y de Cundinamarca**

Fuente: (Zipaquirá, Información General, 2013)

De acuerdo con los datos obtenidos en el censo del 2005 y con una proyección a 2010 del Dane se determinó pensando en futuro una proyección lineal de población del 12% para los años 2015 y 2020. En la tabla 5 se muestra la proyección de población en los próximos años.

**Tabla 5: Proyección de Población En los Próximos Años**

AÑO	2005	2010	2015	2020
Población de Zipaquirá	100.038	112.069	125.518	134.980

Fuente: (Dane)

De acuerdo a esto se determinó una población en grupos de edades, que posiblemente aprovecharan los servicios de banda ancha que ofrece la tecnología de 4 G LTE teniendo en cuenta que la edad en la que los niños empiezan a interactuar con los computadores y tecnología es de los 7 años. El Dane determinó un crecimiento en los rangos de 10 años para 2010 de 1,35; para el 2015 del 1,41; y para el año 2020 de 1,45 como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 6: Población en Edades y Crecimiento**

POBLACION EN EDADES	AÑOS			
	CRECIMIENTO	1,35%	1,41%	1,45%
	2005	2010	2015	2020
7 A 17 AÑOS	22.054	25.031	28.560	32.721
18 A 28 AÑOS	19.281	21.883	24.968	28.605
29 A 39 AÑOS	16.829	19.100	21.771	24.943
40 A 50 AÑOS	14.081	15.981	18.234	20.890
51 A 61 AÑOS	7.561	8.581	9.790	11.216
62 A 72 AÑOS	4.219	4.788	5.463	6.258
TOTAL DE EDADES	80.025	95.364	108.786	114.543
TOTAL DE POBLACION SEGÚN DANE Y PROYECCION	100.038	112.069	125.518	134.980

Fuente: Autor del Proyecto

En la siguiente tabla dinámica se muestra gráficamente la población en sus respectivos crecimientos en los años determinados en la tabla anterior.

**Ilustración 29: Población Promedio en Próximos Años**

Fuente: Autor del Proyecto

Como se observa en la ilustración anterior, la población crecerá paulatinamente pero las edades que mayor demanda generaran son las edades tempranas, donde hay mayor población, que concentrara el mercado de 4G LTE, suponiendo esto se tiene un rango de edades durante los años anteriores, el crecimiento de la población determinada para el servicio fue para el 2005 del 80% y para el 2010 tuvo un crecimiento del 5% con un total de 85% de población según el Dane la población como se muestra en la siguiente grafica donde se observa los porcentajes en los años de 2005 y 2010.

**Ilustración 30: Grafica de Población 2005 y 2010**

Fuente: Autor del Proyecto

Para los siguientes años se estima que la población crezca pero que mantenga un porcentaje de edad determinado para la demanda del servicio que se ofrecerá con 4 G LTE, se toman como referencia los años de 2015 y 2020 pensando en los próximos años en los que el servicio se explotara con mayor demanda debido a que es donde habrá más demanda de celulares, tabletas y demás equipos que se podrán conectar a los servicios de datos que ofrece 4G LTE; teniendo en cuenta esto la referencia de crecimiento de las personas que más utilizaran estos servicios se ve reflejado en la siguiente grafica porcentual que se observa a continuación.

**Ilustración 31: Grafica de Población 2015 y 2020**



Fuente: Autor del Proyecto

#### 4.2. Mina De Sal de Zipaquirá, Catedral De Sal

La Catedral de Sal se encuentra en la Ciudad de Zipaquirá, población del Departamento de Cundinamarca, a 49 kilómetros al norte del Distrito Capital de Bogotá y a una altitud de 2.652 msnm. Por vía férrea la Catedral de sal está a unos 48 kilómetros de Bogotá, el recorrido es realizado por el Tren de la Sabana. La población no es sólo célebre por la explotación de sal, sino también por uno de los hallazgos de restos humanos más antiguos de Colombia en el Valle de El Abra.

La mina de Zipaquirá o también llamada catedral de sal es un recinto que está construido dentro de una mina de sal, es un sitio turístico que tiene gran afluencia de personas en el transcurso del año debido a que contiene un diseño arquitectónico y artístico, la importancia de la catedral radica en que es un patrimonio cultural, arquitectónico religioso y ambiental.

La Catedral es una de las maravillas de Colombia teniendo una iglesia subterránea que hace parte del complejo cultural. En la siguiente imagen se mostrara la misma.

### ***Ilustración 32: Iglesia Catedral de Sal***



Fuente (Catedral de Sal)

La mina de sal de Zipaquirá es parte importante para la determinación de la demanda del servicio de 4G LTE, ya que concentra gran cantidad de personas a las que se les podrá ofrecer el servicio. Teniendo en cuenta que es un recinto religioso su mayor afluencia se lleva a cabo en la semana santa debido a las festividades que se llevan en estas fechas.

En la siguiente imagen se observa la cantidad de visitantes que atrae la mina y su crecimiento a través de los años.

### ***Ilustración 33: Cantidad Anual de Visitantes***



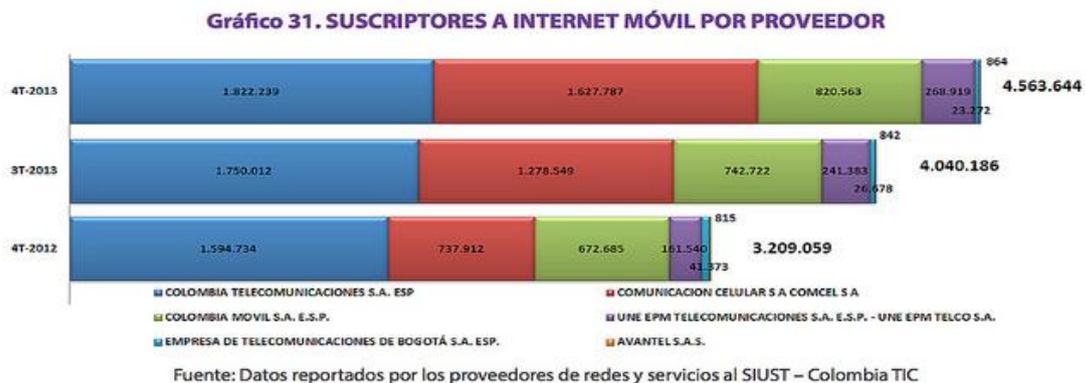
Fuente (Catedral de Sal)

### 4.3. Determinación de la Demanda

#### 4.3.1. Internet móvil

La entrada a internet móvil se realiza de dos maneras, por suscripción o por demanda. Por suscripción, hace referencia a los usuarios que pagan un cargo fijo mensual por el servicio de acceso a Internet; y por demanda hace referencia a cualquier tipo de modalidad de servicio de acceso a Internet; en la que no se paga un cargo fijo mensual. En la siguiente imagen se observa la demanda de usuarios que tiene el internet móvil en el país.

*Ilustración 34: Suscriptores a Internet Móvil*



Fuente (MINTIC)

El número total de suscriptores a Internet móvil a diciembre de 2013, que fue de 4.563.644, cifra compuesta principalmente por suscriptores de tercera generación 3G con 3.645.928, seguido por los suscriptores de segunda generación 2G (759.598) y por suscriptores de cuarta generación 4G.

Los tres proveedores con mayor número de suscriptores al finalizar el cuarto trimestre de 2013 fueron Colombia Telecomunicaciones S.A. con 1.822.239 suscriptores; Comunicación Celular S.A. COMCEL S.A., con 1.627.787 suscriptores; Colombia Móvil S.A. E.S.P con 820.563 suscriptores, y los demás proveedores 293.055 suscriptores. (MINTIC)

Teniendo en cuenta la gráfica anterior Colombia tiene una penetración de internet móvil de entre 45% , teniendo en cuenta en que el crecimiento anual de este servicio es del 5%, es decir que para este año el servicio de internet será del 50% de la población colombiana esto significa que la mitad de la población en Colombia no posee de servicios de internet móvil.

Teniendo un escenario optimista se puede determinar que el 50% de la población de Zipaquirá no posee servicios de internet móvil.

En la siguiente tabla se observa la posible penetración del servicio de internet móvil 4G LTE para el 2015. Teniendo un crecimiento de 55%.

**Tabla 7: Personas con Internet Móvil Zipaquirá**

PERSONAS CON INTERNET MOVIL 2015 ZIPAQUIRA		
	Población determinada	Porcentaje
Personas con internet móvil	69.034	55%
Personas sin internet móvil	56.183	45%
TOTAL	125.217	100%

Fuente: Autor del Proyecto

Aparte de la población que se encuentra allí se debe tener en cuenta las personas que visitan la mina de sal pues es un punto de gran demanda del servicio debido a la cantidad de visitantes.

La mayoría de personas que visitan la mina de sal, un 70% posee servicios de internet móvil, de acuerdo a lo anterior se elabora la siguiente tabla.

**Tabla 8: Internet Móvil Mina de Sal**

Demanda Mina de Sal		
Visitantes 2013	578.851	100%
Visitantes con internet móvil	405.199	70%

Fuente: Autor del Proyecto

#### 4.4. Posibles Escenarios

Teniendo en cuenta lo anterior se han elaborado 3 escenarios

##### 4.4.1. Escenario Optimista

Como su nombre lo indica es el más optimista de los 3 escenarios donde se piensa apuntar a que el 80% de la población opte por obtener el servicio de internet móvil 4G LTE. En la siguiente tabla se observa las personas con internet móvil.

**Tabla 9: Personas Con Internet Móvil (Escenario Optimista)**

PERSONAS CON INTERNET MOVIL 2015 ZIPAQUIRA		
	Población determinada	Porcentaje
Personas con internet móvil	100.173	80%
Personas sin internet móvil	25.044	20%
TOTAL	125.217	100%

Fuente: Autor del Proyecto

**4.4.2. Escenario Moderado**

Es el escenario más real de los 3, donde se considera una población aproximada de un 55%. En la siguiente tabla se observa la población que obtendrá en servicio.

**Tabla 10: Personas Con Internet Móvil (Escenario Moderado)**

PERSONAS CON INTERNET MOVIL 2015 ZIPAQUIRA		
	Población determinada	Porcentaje
Personas con internet móvil	69.034	55%
Personas sin internet móvil	56.183	45%
TOTAL	125.217	100%

Fuente: Autor del Proyecto

**4.4.3. Escenario Pesimista**

Es el peor de los escenarios pues es en el cual las personas no quieren este servicio, en donde aproximadamente un 25% de la población será la que tendrá el servicio de 4G LTE. En la siguiente tabla se observa la población que obtendrá en servicio.

**Tabla 11: Personas Con Internet Móvil (Escenario Pesimista)**

PERSONAS CON INTERNET MOVIL 2015 ZIPAQUIRA		
	Población determinada	Porcentaje
Personas con internet móvil	31.304	25%
Personas sin internet móvil	90.913	75%
TOTAL	125.217	100%

Fuente: Autor del Proyecto

#### 4.5. Servicios a Ofrecer

De acuerdo a lo analizado anteriormente se piensa establecer 3 planes de servicio para las personas interesadas en los servicios de 4G LTE.

Básicamente lo que se busca con estos planes es llegar a los usuarios que normalmente están interesados en adquirir planes de internet móvil, pero también con la posibilidad de llegar a la población de menos recursos dándole la posibilidad de adquirir planes determinados para esta población.

Es por esto que se han diseñado los siguientes planes, que incluyen minutos y navegación, debido a las aplicaciones que permiten mensajes instantáneos en celulares inteligentes, no se incluirá el servicio de mensajes de texto pues es un servicio que ya no se usa con frecuencia.

##### 4.5.1. Plan Básico

Es un plan que busca la facilidad de usuarios donde no requieren mayores servicios si no, como su nombre lo indica un Plan Básico o sencillo que es un plan inicial para adquirir el mismo.

En la siguiente tabla se muestra los planes básicos para celulares.

**Tabla 12: Plan Básico Celular**

PLAN BASICO			
Tipo de Plan	Velocidad de Carga (Mbps)	Velocidad de Descarga (Mbps)	Minutos
PLAN 1GB	1	2	30
PLAN 3GB	2	4	50

Fuente: Autor del Proyecto

Teniendo en cuenta que los servicios de 4G LTE no solo son para celular se ha planteado un servicio para 4G LTE hogar el cual solo ofrece servicios de datos.

**Tabla 13: Plan Básico Hogar**

PLAN BASICO		
Tipo de Plan	Velocidad de Carga (Mbps)	Velocidad de Descarga (Mbps)
PLAN 1GB	1	2
PLAN 3GB	2	4

Fuente: Autor del Proyecto

### 3.5.2. Plan Intermedio

Es un plan diseñado para las personas que buscan mayor velocidad y están navegando frecuentemente y que necesitan mayor tamaño de descarga.

**Tabla 14: Plan Intermedio**

PLAN INTERMEDIO			
Tipo de Plan	Velocidad de Carga (Mbps)	Velocidad de Descarga (Mbps)	Minutos
PLAN 5GB	2,5	5	300
PLAN 10 GB	5	10	500

Fuente: Autor del Proyecto

En la siguiente tabla se muestran los planes hogar para el plan intermedio.

**Tabla 15: Plan Intermedio Hogar**

PLAN INTERMEDIO		
Tipo de Plan	Velocidad de Carga (Mbps)	Velocidad de Descarga (Mbps)
PLAN 5GB	2,5	5
PLAN 10 GB	5	10

Fuente: Autor del Proyecto

### 3.5.3. Plan Empresarial

Como su nombre lo indica es un plan diseñado para las empresas que son las de mayor demanda del servicio de internet debido a la cantidad de datos que manejan.

**Tabla 16: Plan Empresarial**

PLAN EMPRESARIAL			
Tipo de Plan	Velocidad de Carga (Mbps)	Velocidad de Descarga (Mbps)	Minutos
PLAN 15GB	5	10	1000
PLAN 20 GB	6	12	3000

Fuente: Autor del Proyecto

En la siguiente tabla se muestra los planes solamente con navegación.

**Tabla 17: Plan Empresarial 2**

PLAN EMPRESARIAL		
Tipo de Plan	Velocidad de Carga (Mbps)	Velocidad de Descarga (Mbps)
PLAN 15GB	5	10
PLAN 20 GB	6	12

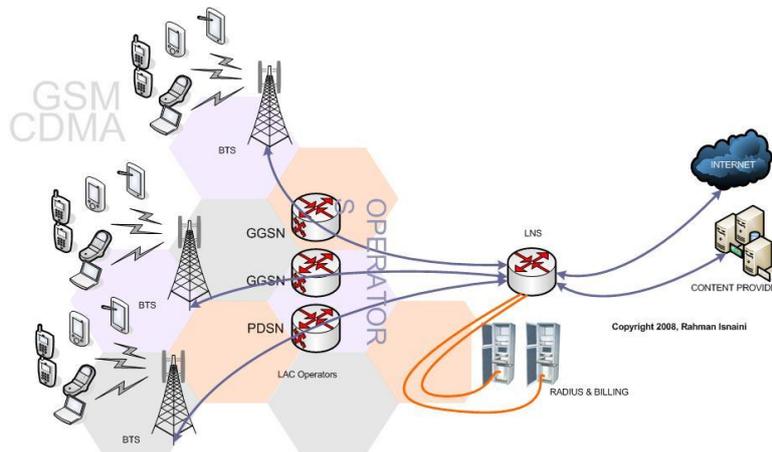
Fuente: Autor del Proyecto

Una vez realizado el estudio de mercado, así como los tipos de servicios a ofrecer. Se mostrará el diseño de la red para el municipio de Zipaquirá en lo que respecta al cálculo y las consideraciones que involucra diseñar una red de acceso y una red de transporte.

#### 4.6. Planeación de la Red

Las redes de acceso hoy en día han evolucionado a un punto en el que la tecnología móvil permite conexiones de alta velocidad sin la necesidad de un punto al cual debe de estar conectado permanentemente, la evolución no solo ha sido hacia dispositivos móviles si no que ahora permite conectar computadores a la red. Pensando en la construcción de esta red, teniendo en cuenta ya un análisis de usuarios vista anteriormente, en donde se hizo un análisis de un posible mercado de los servicios de 4G LTE, se necesita ahora de una planeación de la red que permita llegar a los usuarios con una calidad de servicio aceptable. En la siguiente figura se ve cómo funciona una red móvil.

*Ilustración 35: Red Móvil*



Fuente: (MOBILECONFIGURE)

Durante la planeación de la red tenemos que tener en cuenta los siguientes puntos

- Área de Cobertura en Km a los que queremos llegar con el servicio
- Consumo de usuarios de Mbps
- Capacidad de BS (Estaciones Base)

Teniendo en cuenta esto y siguiendo con el punto anterior del consumo de usuarios de Mbps se establece lo siguiente:

El municipio de Zipaquirá es un municipio de 197 kilómetros cuadrados, también de acuerdo a un estudio realizado en campo se tiene conocimiento que se encuentran 13 Estaciones base en el municipio ubicadas en los diferentes barrios del municipio, aunque no se conoce si se tengan que construir más debido a la cantidad de usuarios que tenga el servicio, es decir a la cantidad de tráfico.

Es por esto que se ha determinado la siguiente información de acuerdo a un porcentaje que se tiene debido a la cantidad de personas que posiblemente adquieran el servicio, el cual anteriormente se nombró como un escenario moderado en donde queremos que el servicio lo adquiera el 55% que es igual a 69.034 personas del municipio.

Teniendo en cuenta esto se ha determinado un porcentaje aproximado de los planes, los cuales se han sugerido anteriormente.

En donde el plan básico se aspira que tenga un consumo de alrededor de un 45% un plan intermedio del 35% y un empresarial del 20%, donde el total de 100% sean 69.034 como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 18: Consumo Porcentual**

TOTAL DE CLIENTES	PLANES	PORCENTAJE	CLIENTES
69,034	BASICO	45%	31,065.3
	INTERMEDIO	35%	24,161.9
	EMPRESARIAL	20%	13,806.8
TOTAL			69.034

Fuente: Autor del Proyecto

De acuerdo a lo determinado en la tabla anterior se establecen los siguientes planes anteriormente establecidos. Es por ello que en el plan básico sugiere que es plan que tendrá más consumo. El siguiente cuadro muestra específicamente como funcionara el plan Básico.

**Tabla 19: Plan Básico de Consumo**

CLIENTES	PLAN BASICO CELULAR	PORCENTAJE	CLIENTES
31,065.3	Básico Celular 1	40%	12,406.12
	Básico Celular 2	30%	9,319.59
	PLAN BASICO HOGAR	PORCENTAJE	CLIENTES
	Básico Hogar 1	10%	3,106.53
	Básico Hogar 2	25%	7,765.32

Fuente: Autor del Proyecto

Otro plan de servicio que se ha determinado es un plan intermedio de servicio moderado que se muestra siguiente tabla.

**Tabla 20: Plan Intermedio de Consumo**

CLIENTES	PLAN INTERMEDIO CELULAR	PORCENTAJE	CLIENTES
24,161.9	Intermedio Celular 1	40%	9,654.76
	Intermedio Celular 2	20%	4,802.38
	PLAN INTERMEDIO HOGAR	PORCENTAJE	CLIENTES
	Intermedio Hogar 1	30%	7,218.57
	Intermedio Hogar 2	10%	2,416.19

Fuente: Autor del Proyecto

Un plan de servicio pensado en las grandes empresas que existen en el municipio de Zipaquirá como son Familia, Refisal y Gas Zipa entre otras.

**Tabla 21: Plan Empresarial de Consumo**

CLIENTES	PLAN EMPRESARIAL CELULAR	PORCENTAJE	CLIENTES
13,806.8	Empresarial Celular 1	40%	5,522.72
	Empresarial Celular 2	10%	1,380.68
	PLAN EMPRESARIAL HOGAR	PORCENTAJE	CLIENTES
	Empresarial 1	30%	4,142.04
	Empresarial 2	20%	2,751.36

Fuente: Autor del Proyecto

#### 4.7. Consumo de Datos

Teniendo en cuenta este servicio se va a contar con un factor de simultaneidad de un 50% en donde se aspira a que la mitad de los clientes siempre esté conectado y un factor de Overbooking o de sobresuscripción de 10.

$$\text{Consumo (Mbps)} = \frac{[\text{N}^{\circ}\text{clientes} * \text{Factor de Simult.} * \text{Velocidad (Mbps)}]}{\text{Factor de Overb.}}$$

#### 3.7.1. Plan Básico

En la siguiente tabla se muestra el consumo total de Mbps para el Plan Básico de consumo.

**Tabla 22: Consumo de Megs Plan Básico**

Básico Plan	Clientes	Factor de Simultaneidad	Simultaneidad	Velocidad (Mbps)	Factor de Overbooking	Consumo (Mbps)
<b>Básico Celular</b>						
Básico Celular 1	12,406.12	50%	6,203.06	2	10	1,240.612
Básico Celular 2	9,319.59		4,650.795	4		1,860.318
<b>Básico Hogar</b>						
Básico Hogar 1	3,106.53	50%	1,550.265	2	10	310.053
Básico Hogar 2	7,765.32		3,802.66	4		1,521.064
TOTAL (Mbps)						4,932.047

Fuente: Autor del Proyecto

### 3.7.2. Plan Intermedio

En la siguiente tabla se muestra el consumo total de Mbps para el Intermedio de consumo.

**Tabla 23: Consumo de Megas Plan Intermedio**

Básico Plan	Clientes	Factor de Simultaneidad	Simultaneidad	Velocidad (Mbps)	Factor de Overbooking	Consumo (Mbps)
<b>Intermedio Celular</b>						
Intermedio Celular 1	9,654.76	50%	4,827.38	5	10	2,413.69
Intermedio Celular 2	4,802.38		2,401.19	10		2,401.19
<b>Intermedio Hogar</b>						
Intermedio Hogar 1	7,218.57	50%	3,600.85	5	10	1,800.425
Intermedio Hogar 2	2,416.19		1,200.095	10		1,200.095
TOTAL (Mbps)						7,015.4

Fuente: Autor del Proyecto

### 3.7.3. Plan Empresarial

En la siguiente tabla se muestra el consumo total de Mbps para el Intermedio de consumo.

**Tabla 24: Consumo de Megas Plan Empresarial**

Básico Plan	Clientes	Factor de Simultaneidad	Simultaneidad	Velocidad (Mbps)	Factor de Overbooking	Consumo (Mbps)
Empresarial Celular						
Empresarial Celular 1	5,522.72	50%	2,761.36	10	10	2,731.36
Empresarial Celular 2	1,380.68		600.34	12		720.408
Empresarial						
Empresarial 1	4,142.04	50%	2,071.02	10	10	2,071.02
Empresarial 2	2,751.36		1,375.68	12		1,650.816
TOTAL (Mbps)						7,170.604

Fuente: Autor del Proyecto

### 4.8. Consumo de Voz

La intensidad de Tráfico por definición es el promedio que normalmente proceden las llamadas realizadas simultáneamente durante un promedio particular de tiempo para obtener el tráfico de Erlang o en CCS se utiliza una fórmula similar solo cambia el periodo T siendo Erlang 3600 y para CCS 100.

Volumen de Tráfico.

$$Erlang = \frac{\text{Número de llamadas} \times ACHT(seg.)}{3600}$$

$$CCS = \frac{\text{Número de llamadas} \times ACHT(seg.)}{100}$$

Teniendo en cuenta esto se tiene que normalmente una llamada tiene una duración de entre 2 minutos a 3 minutos respectivamente siendo equivalente a 120 segundos a 180

segundos. Otro parámetro que se analiza es el número de llamadas procesadas al mismo tiempo.

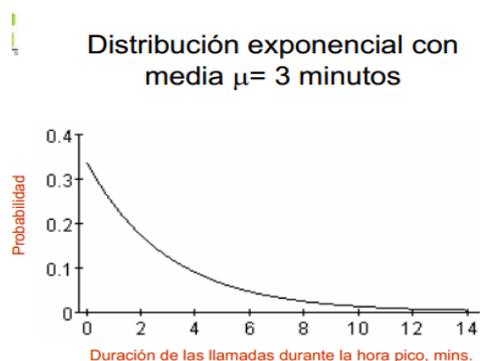
**Tabla 25: Promedio de Llamadas**

TIEMPO DE DURACIÓN PROMEDIO DE LA LLAMADA	
ACHT mas frecuentes	120 a 180 segundos
ACHT inusuales	10 minutos o 600 seg.

Fuente: (Calculos de Trafico)

Para el consumo de voz se tiene que hallar un promedio de llamadas que ayude a considerar un promedio de simultaneidad, y a su vez determinar la cantidad de llamadas. Donde un promedio de duración de llamadas es de 3 minutos que estadísticamente es el promedio de las llamadas actuales.

**Ilustración 36: Promedio de Llamadas**



Fuente: (ITU)

Un ejemplo para calcular el valor de Erlang es el siguiente

**Ilustración 37: Ejemplo de Calculo Erlang**

$$A = \frac{\text{Cantidad de llamadas} \times \text{Duración en s de cada llamada}}{3600} = \frac{100 \times 3 \times 60}{3600} = \frac{100 \times 180}{3600} = 5 \text{ erlang}$$

Fuente (ITU)

Tomando la Calculadora de Erlang B, con un promedio de consumo por cliente de 45.0 mErl, teniendo en cuenta que en promedio se gastan 3 minutos por llamada, calculando el tráfico durante una hora y con factor de Overbooking de 1 y un factor de simultanead de 30%.

**Ilustración 38: Calculo Erlang B**

Fuente: Autor del Proyecto

Teniendo en cuenta esto se tomara la siguiente fórmula para calcular el consumo de voz

$$\text{Consumo (mErl)} = \frac{\text{N}^{\circ}\text{clientes} * \text{Fac.Simult.} * \text{Cons.Prom.Cliente (mErl)}}{\text{Fac.Overb.}}$$

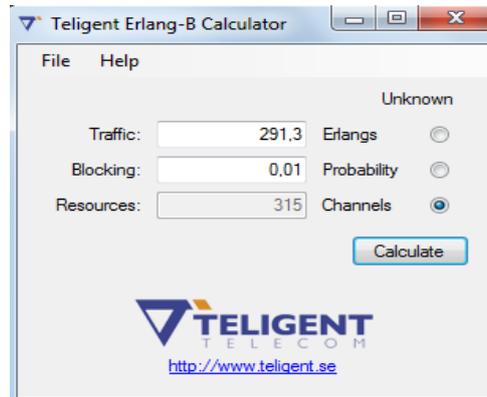
Para el Plan Básico se obtiene la siguiente tabla de acuerdo a que solo existirá plan de voz para el servicio de celular.

**Tabla 26: Consumo de Voz Plan Básico**

PLAN	Número de clientes	Factor de simultanead	Factor Overbooking	Consumo Por cliente	Consumo Total
Básico Celular 1	12,406.12	30%	1	45.0	167,481
Básico Celular 2	9,319.59				123,82
Total					291,301

Fuente: Autor del Proyecto

Con ello se calcula el número de líneas necesarias con la calculadora Erlang B como se observa en la siguiente Ilustración.

**Ilustración 39: Número de Líneas Plan Básico**

Fuente: Autor del Proyecto

Se tiene que por cada canal de voz debo tener 0.064 Mbps de velocidad de acuerdo al estándar de la UIT.

$$\text{Consumo Total (Mbps)} = N^{\circ} \text{ líneas} * \text{Velocidad (Mbps)}$$

En la siguiente tabla se muestra el consumo de voz del plan Básico.

**Tabla 27: Consumo De Voz Plan Básico**

Líneas	Velocidad	Consumo Total Mbps
315	0.064	20.16

Fuente: Autor del Proyecto

Para el Plan Intermedio se tiene la siguiente tabla.

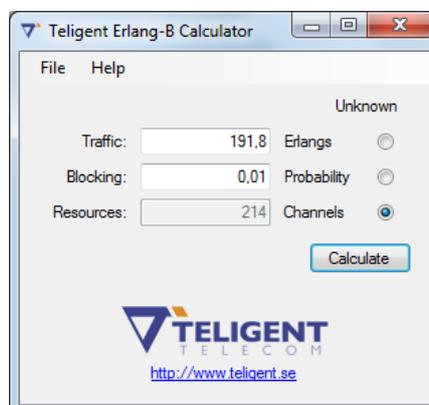
**Tabla 28: Consumo de Voz Plan Intermedio**

PLAN	Número de clientes	Factor de simultaneidad	Factor Overbooking	Consumo Por cliente	Consumo Total
Intermedio Celular 1	9,654.76	30%	1	45.0	130,042
Intermedio Celular 2	4,802.38				61,827
Total					191,869

Fuente: Autor del Proyecto

Con ello se calcula el número de líneas necesarias con la calculadora Erlang B como se observa en la siguiente Ilustración.

**Ilustración 40: Número de Líneas Plan Intermedio**



Fuente: Autor del Proyecto

En la siguiente tabla se muestra el consumo de voz del Plan Intermedio.

**Tabla 29: Consumo de Voz Plan Intermedio**

Líneas	Velocidad	Consumo Total Mbps
214	0.064	10.6

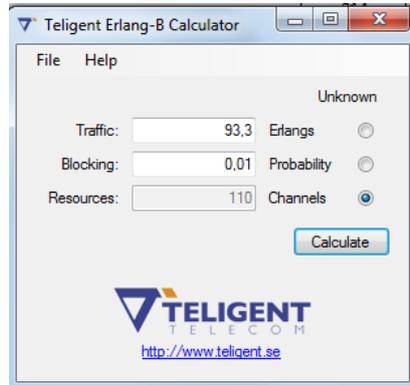
Fuente: Autor del Proyecto

Para el Plan Empresarial se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 30: Consumo de Voz Plan Empresarial**

PLAN	Número de clientes	Factor de simultanead	Factor Overbooking	Consumo Por cliente	Consumo Total
Empresarial Celular 1	5,522.72	30%	1	45.0	74,560.
Empresarial Celular 2	1,380.68				18,830.
Total					93,390.

Fuente: Autor del Proyecto

**Ilustración 41: Números de Líneas Plan Empresarial**

Fuente: Autor del Proyecto

En la siguiente tabla se muestra el consumo de voz del Plan Empresarial.

**Tabla 31: Consumo de Voz Plan Empresarial**

Líneas	Velocidad	Consumo Total Mbps
110	0.064	7.04

Fuente: Autor del Proyecto

#### 4.9. Especificación Técnicas

Para calcular de la cantidad de eNodos B, teniendo en cuenta que el consumo por eNodo B en el DL para el equipo Huawei BBU3900 es 380Mbps (LTDA, 2014). Por lo que se emplea la siguiente fórmula para el cálculo del número total de eNodos B requeridos.

$$N^{\circ} \text{ eNodos B requeridos} = \frac{\text{Consumo Total (Mbps)}}{\text{Consumo por eNodo B (Mbps)}}$$

Teniendo en cuenta que tenemos un consumo de 19.154 Mbps y teniendo un equipo Huawei BBU 3900 de un consumo de 380 Mbps se tiene el siguiente resultado.

$$\frac{19.154}{380 \text{ Mbps}} = 50.4$$

Inicialmente el primer año se tendrá un consumo del 20% de las megas propuestas anteriormente y su crecimiento se generara de forma lineal hasta llegar a las megas 19.154

**Tabla 32: Crecimiento en los próximos años**

AÑOS									
2015		2016		2017		2018		2019	
Mbps	Antenas	Mbps	Antenas	Mbps	Antenas	Mbps	Antenas	Mbps	Antenas
3.830	10	7.660	20	11.490	30	15.320	40	19.154	50

Fuente: Autor del Proyecto

## ITEM 4: SIMULACION

En este Item se simula el diseño planteado anteriormente

### 5.1. Diseño De La Red

Para el análisis de la red de acceso, es importante hacer uso de los diferentes modelos de propagación. Los modelos de propagación nos permiten conocer cuál es la atenuación de la onda de radios tras atravesar diversos obstáculos entre la antena transmisora y la antena receptora. Estos modelos permiten determinar diferentes factores que pueden estar en una ciudad, en este caso en el municipio de Zipaquirá.

Para el tipo de propagación del proyecto, se opta por el modelo **COST 231** que permite identificar las pérdidas del trayecto como son:

- Altura de los edificio
- Ancho de las calles
- separación entre edificios
- orientación de la calle respecto a la dirección de propagación.

Este modelo trabaja sobre las siguientes características:

- $f = 800 - 2000$  MHz
- $h_b = 4 - 60$  m (altura de transmisor)
- $h_m = 1 - 3$  m (altura de receptor)
- $d = 0.02 - 50$  km (distancia entre transmisor y receptor)
- $\Delta h_b > 0$  m (altura relativa del transmisor respecto a los edificios)

## Desarrollo

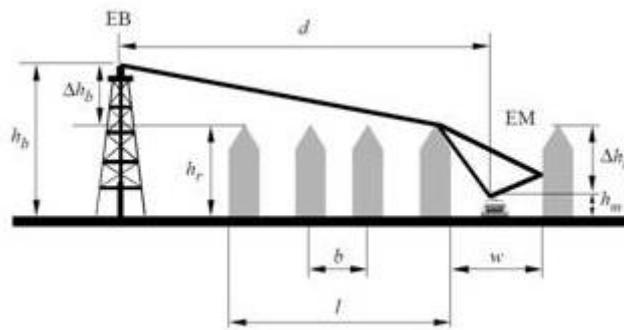
Para escenarios LOS, la pérdida de propagación considera únicamente la pérdida en espacio libre,  $L_b = L_{0(LOS)}$ , donde:

$$L_{0(LOS)} = 42.6 + 26 \log(d) + 20 \log(f)$$

- F: Frecuencia de portadora en MHz.
- d : Distancia entre transmisor y receptor (1 a 20Km)

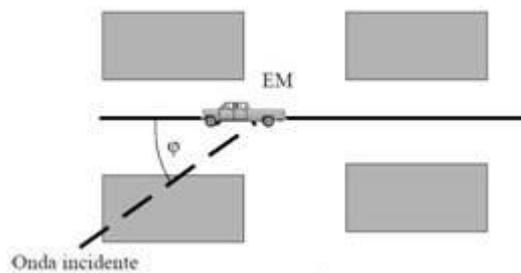
El trayecto NLOS típico descrito en el modelo COST 231, se representa en las Figuras 1a y 1b.

**Ilustración 42: Escenario típico de propagación NLOS usado en el modelo COST 231. Vista perfil.**



Fuente: (online)

**Ilustración 43: Escenario típico de propagación NLOS usado en el modelo COST 231. Vista superior.**



Fuente: (online)

Los parámetros definidos en el modelo COST 231 son los siguientes:

- $h_r$  : altura media de los edificios (m)
- $w$  : anchura de la calle (m)
- $b$  : separación media entre edificios (m)
- $\varphi$  : ángulo formado por la dirección de propagación y el eje la calle (grados)
- $h_b$  : altura de la antena de la estación base (m)
- $h_m$  : altura de la antena del dispositivo móvil (m)
- $\Delta h_m = h_r - h_m$  (m)
- $\Delta h_b = h_b - h_r$  (m)
- $l$  : distancia total entre el primer y el último edificio del trayecto (m)
- $d$  : distancia entre estación base y dispositivo móvil (km)
- $f$  : frecuencia (MHz)

La pérdida básica de propagación para el escenario NLOS viene dada por:

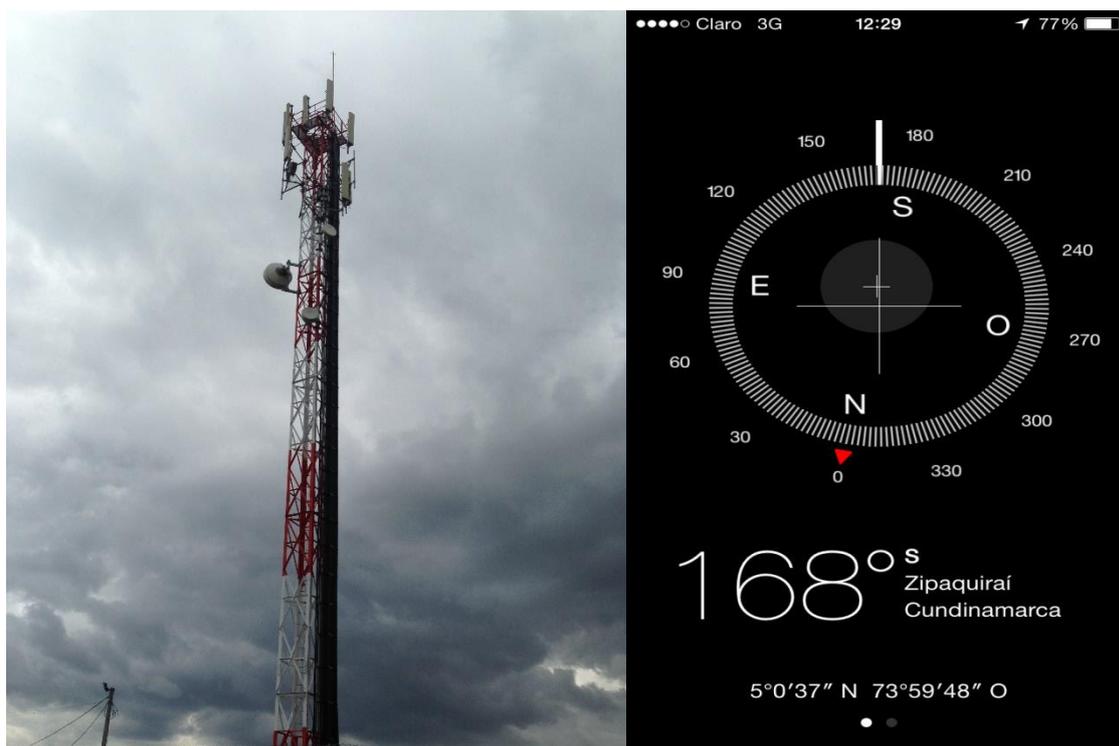
$$L_b = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} & \text{para } L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_0 & \text{para } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases}$$

La pérdida de propagación en condiciones de espacio libre,  $L_0$ , se obtiene según la expresión:

$$L_0 = 32.4 + 20 \log (d) + 20 \log (f)$$

## 5.2. Topología.

Inicialmente para el diseño de la red se tomaron en cuenta las torres existentes que se encuentran en el municipio de Zipaquirá, para ello se realizó un trabajo de campo en el cual se tomaron coordenadas de GPS de latitud y longitud como se muestra en la siguiente ilustración.

**Ilustración 44: Estación Base Coordenadas**

Fuente: Autor del Proyecto

En la siguiente tabla, se muestran las estaciones base que se encontraron en la visita de campo, con sus respectivas coordenadas, inicialmente se toman las estaciones base existente pero sin conocer el operador debido a que no se conoce a quien pertenezca, teniendo en cuenta la información es confidencial y no la prestan. Es por esto que estas estaciones base no se tomaran en cuenta para este diseño a continuación en la siguiente tabla se muestran las estaciones base existentes con sus respectivas coordenadas.

**Tabla 33: Estaciones Base Existentes**

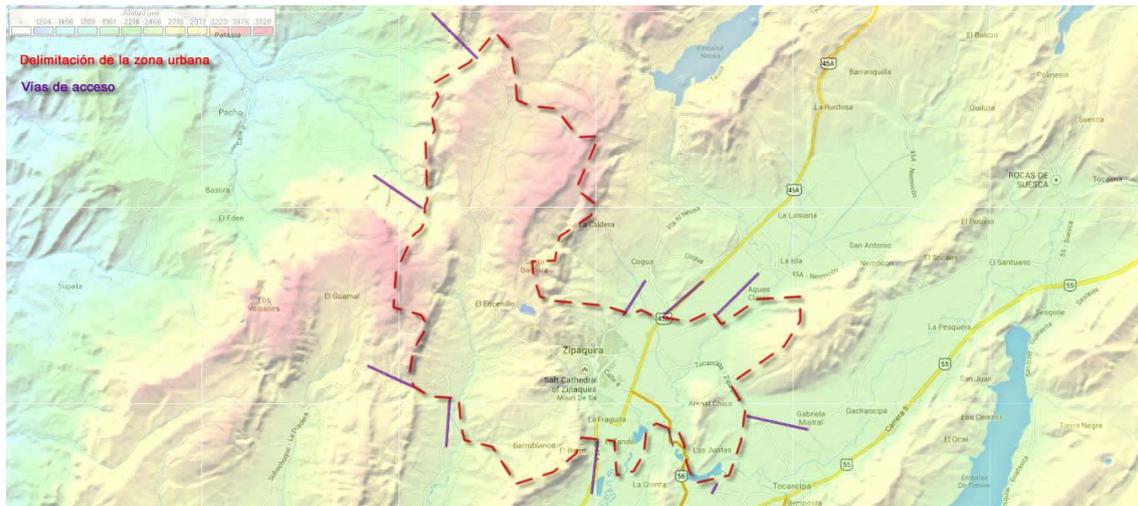
<b>Estaciones Base</b>		
<b>UBICACIÓN ESTACION BASE</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>
<b>Barrio Algarra 1</b>	5° 1' 52"	74° 0' 2"
<b>Barrio Algarra 2</b>	5° 1' 12"	73° 59' 58"
<b>Barrio La Esmeralda</b>	5° 1' 35"	74° 0' 3"
<b>Barrio San Juanito</b>	5° 1' 48"	74° 0' 18"
<b>Barrio Villas</b>	5° 0' 36"	73° 59' 34"
<b>Centro</b>	5° 1' 13"	74° 0' 13"
<b>Cerro San Jorge</b>	4° 58' 22"	74° 0' 14"
<b>Comuneros</b>	5° 1' 57"	73° 59' 28"
<b>Telecom</b>	5° 1' 30"	74° 0' 14"
<b>Vereda Portachuelo</b>	5° 0' 37"	73° 59' 48"
<b>Vía Cogua</b>	5° 2' 26"	73° 59' 20"

Fuente: Autor del Proyecto

Para el diseño de la red se decide hacerlo en Radio Mobile un programa que tiene como ventaja que no necesita licencia, y es un programa que la mayoría de la gente usa para hacer sus diseños.

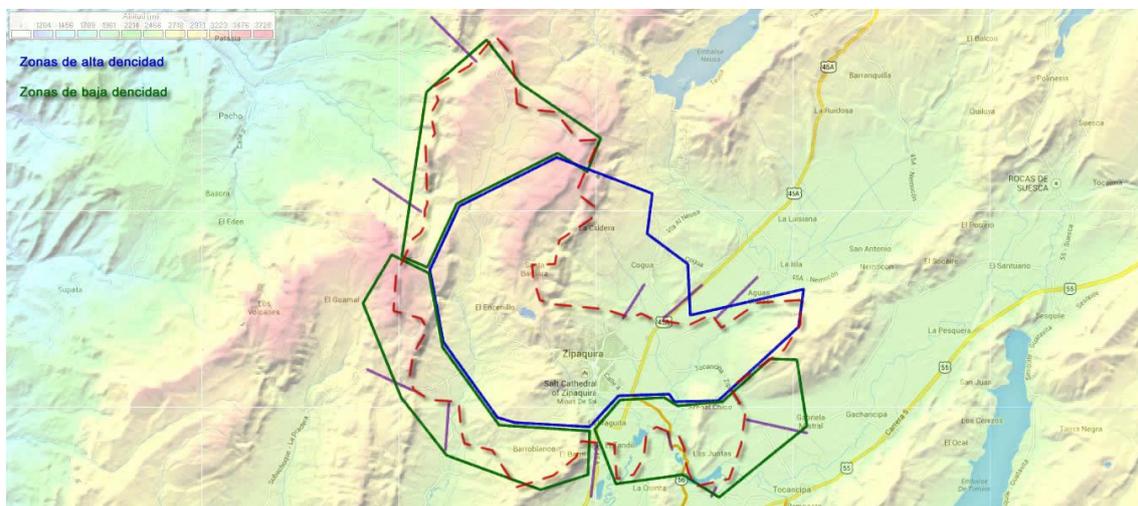
### **5.3. Simulación**

Para hacer la simulación en Radio Mobile primero se delimita la zona la cual tendrá cobertura, se limitan las vías de acceso al municipio, como se muestra en la siguiente ilustración.

**Ilustración 45: Delimitación de Zona**

Fuente: Autor del Proyecto

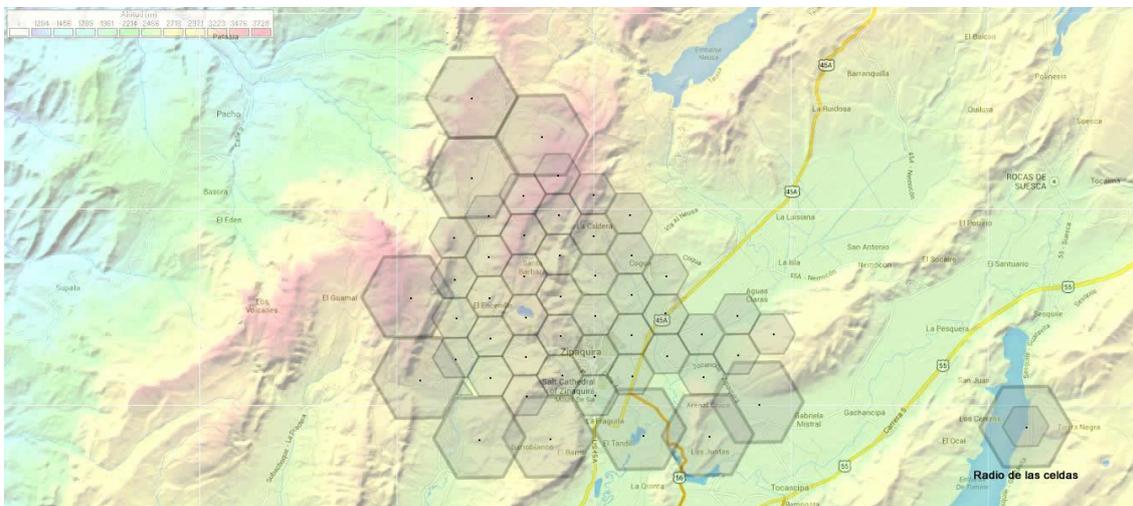
Posteriormente se realiza una observación de las zonas de alta densidad y baja densidad. La zona de alta densidad es donde existe bastante urbanización como edificaciones y las de baja densidad es donde no existen edificaciones y hay una población de menor volumen.

**Ilustración 46: Zonas de Alta Densidad y Baja Densidad**

Fuente: Autor del Proyecto

Debido a su cercanía con el municipio de Cagua se establece dar cobertura a un municipio cercano. Posteriormente se establecen las celdas necesarias para dar cobertura al municipio, se analiza la potencia del transmisor, y umbral de receptor, la pérdida de la fibra y la antena, su frecuencia Ganancia y Altura.

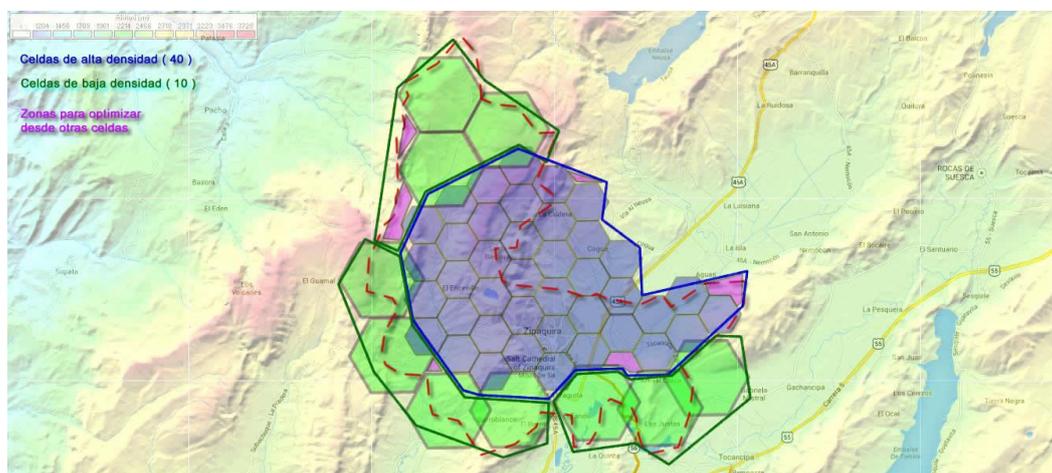
**Ilustración 47: Celdas**



Fuente: Autor del Proyecto

Se establecen las celdas baja densidad y alta densidad del municipio, para las celdas de baja densidad se tendrán 40 celdas y para las de baja densidad 10. Como se muestra en la siguiente Ilustración.

**Ilustración 48: Celdas de Alta Densidad y Baja Densidad**



Fuente: Autor del Proyecto

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

Una estación base tiene una capacidad limitada ya que solo tiene un rango permitido para recibir un determinado número de llamadas o en este caso un número determinado de datos.

En las Zonas urbanas con gran cantidad de población se tiene un gran número de comunicaciones por lo tanto las celdas tienden a ser numerosas y pequeñas, ubicadas a cientos o incluso a solo unas decenas de metros de distancia.

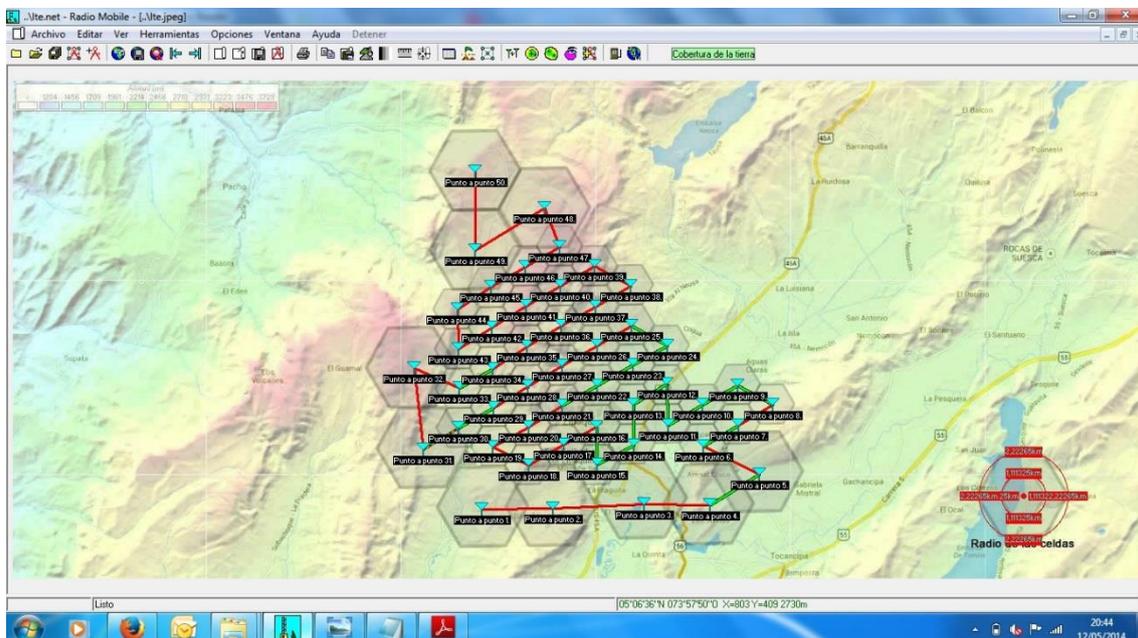
En las zonas rurales, con menor densidad de población, el tamaño de las celdas es mucho mayor, ubicadas a veces, hasta varios kilómetros, aunque rara vez a más de diez kilómetros.

Es importante subrayar que la disminución de la potencia de la señal emitida por las antenas conlleva una reducción de la cobertura de las celdas.

El incremento del número de celdas mejora la capacidad de transmisión de tráfico de voz o datos de la red pero requiere que se aumente el número de estaciones base.

Posteriormente se realiza el punto a punto del municipio

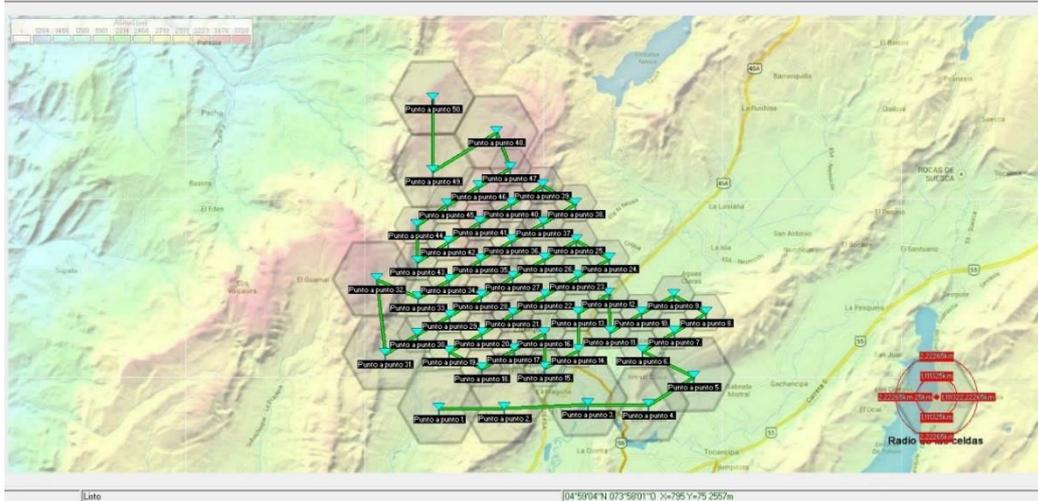
### *Ilustración 49: Punto a Punto*



Fuente: Autor del Proyecto

Luego se establece la funcionalidad del punto a punto determinando la altura de las antenas para la comunicación entre las mismas.

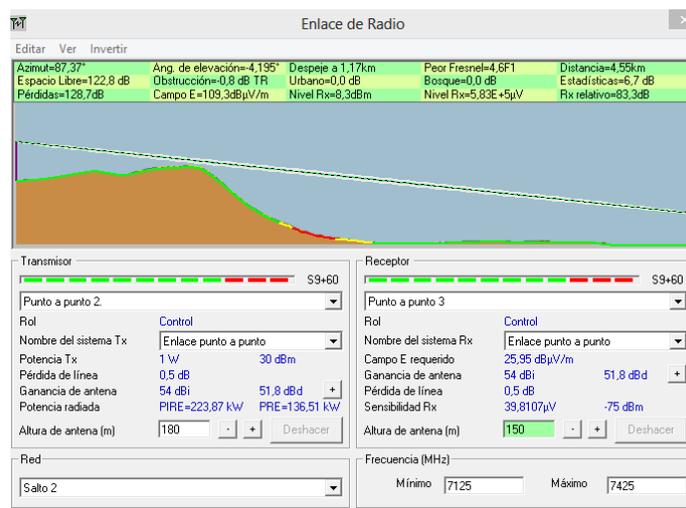
**Ilustración 50 Punto a Punto Funcionando**



Fuente: Autor del Proyecto

Los enlaces punto a punto generalmente se usan para conectarse a Internet donde dicho acceso no está disponible de otra forma. Uno de los lados del enlace punto a punto estará conectado a Internet, mientras que el otro utiliza el enlace para acceder al mismo. Con antenas apropiadas y existiendo línea visual, se pueden hacer enlaces punto a punto seguros de más de treinta kilómetros.

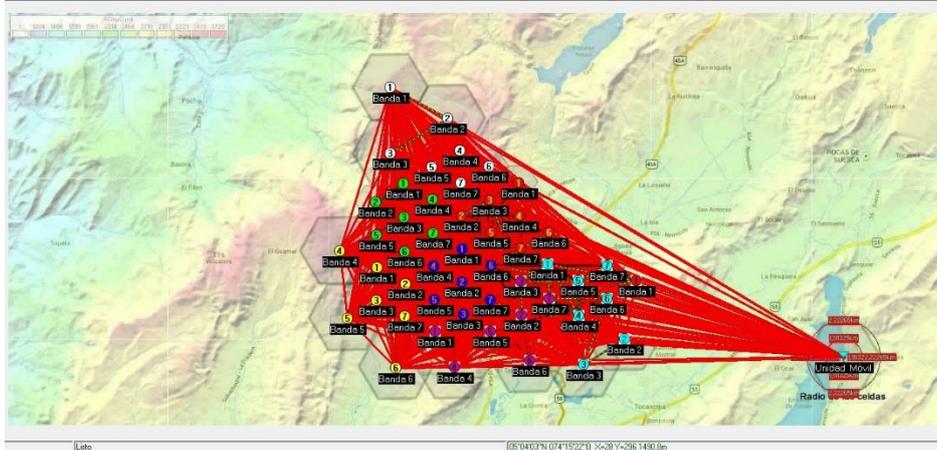
**Ilustración 51: Enlace Punto a Punto**



Fuente: Autor del Proyecto

Posteriormente en la siguiente imagen se establece un clúster de telefonía móvil como se muestra en la siguiente imagen.

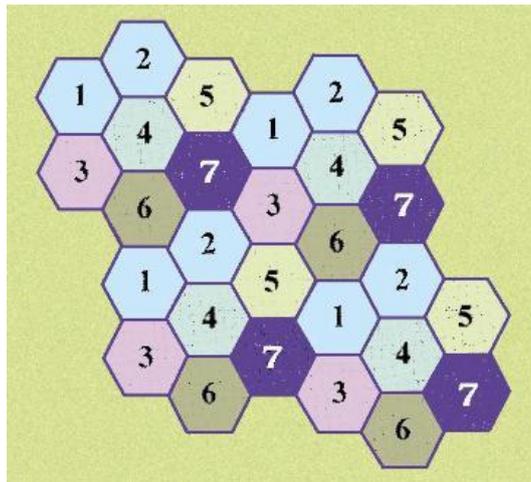
**Ilustración 52: Clúster de Red 4G LTE**



Fuente: Autor del Proyecto

Un clúster hace referencia a la cantidad total de los canales que la banda de frecuencias requiere y se distribuye entre varias celdas. A ese aglomerado número de celdas se le da el nombre de clúster, que pueden ser de distintos tipos o patrones de reutilización, un ejemplo de Clúster se muestra a continuación.

**Ilustración 53: Ejemplo Clúster**



Fuente: (ITU)



## 6. ITEM 5: ANALISIS DE GASTOS

Para analizar la viabilidad del proyecto es necesario analizar tanto los gastos o inversiones, así como los gastos de operación y mantenimiento.

### 6.1. Costos de Instalación

Para los costos de instalación se toman en cuenta la inversión de los equipos de instalación, así mismo la infraestructura, los gastos por la instalación de equipos, y los gastos por los equipos terminales.

### 6.2. Elementos de Red de Acceso

En lo que tiene que ver con la compra de equipos, se tomó la decisión de trabajar con equipos Huawei debido a su economía y a la facilidad de convergencia de equipos. También es de gran conocimiento que los demás operadores usan los mismos equipos. Es importante recalcar que los precios que se muestran en las siguientes tablas son precios estimados debido a que cada fabricante elabora su propuesta dependiendo de su implementación y cantidades necesarias para el mismo.

*Tabla 34: Costo de Red de Acceso*

Equipos	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
HSS	Servidor de Abonado	1	1,064,560,000	1,064,560,000
MME	está a cargo de todas las funciones del plano de control destinadas a abonados y gestión de sesiones	1	855,450,000	855,450,000
PCRF	El servidor PCRF gestiona la política de servicio y envía la información de ajuste QoS para cada sesión de usuario y la información de norma contable	1	171,090,000	171,090,000
PDN-GW	Es el punto de la interfaz de paquetes de datos hacia la red de paquetes de terminación es decir como el punto anclaje	1	161,583,000	161,583,000
SGW	es el punto de la interfaz de paquetes de datos hacia la E-UTRAN	1	161,583,001	161,583,000
Estación Base		50	85,545,000	4,277,250,000
Precio Total				6,691,516,000

Fuente: Autor del Proyecto - (LTE)

### 6.3. Sistema Radiante

Para el sistema radiante se necesitan de diferentes equipos que nos permitan llegar a los diferentes usuarios localizados en el municipio de Zipaquirá es por esto que en la siguiente tabla se muestra los equipos necesarios para un sistema radiante. Vale recordar que para una configuración 2x2 MIMO, se cuenta dos antenas por cada sector. Por lo tanto, se utilizan 3 sectores por estación base.

**Tabla 35: Costos de Sistema Radiante**

Equipos	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Conectores	El Sistema de empalme individual de fibra óptica	950	23,765	22,576,750
Patch Cords	se usa en una red para conectar un dispositivo electrónico	1050	14,000,	14,700,000
Feeders	Cables de alimentación	1250	80,347	100,433,750
Match Heard Amplifier	Amplificador de la señal	75	1,523,800	114,285,000
Antenas Mimo	Antenas usadas en 4G LTE vienen en pares de 2	150	1,901,000	285,150,000
Precio Total				537,145,500

Fuente: Autor del Proyecto

### 5.3.2. Infraestructura

Para los costos de la infraestructura se debe tener en cuenta que las secciones de la torre vienen de 6 metros, para un promedio por torre de 60 m. Vale recordar que todo dispositivo electrónico se debe aterrizar a tierra, tener una unidad que permita tener una potencia interrumpida.

**Tabla 36: Costos de Infraestructura**

Equipos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Torre	50	21,320,000	1,066,000,000
Pozo Tierra	50	1,200,000	60,000,000
UPS	50	4,542,600	227,130,000
Banco de Baterías	50	1,400,000	70,000,000
Refrigeración	50	1,000,000	50,000,000
Iluminación	50	30,000.	15,000,000
Total			1,488,130,000

Fuente: Autor del Proyecto

#### 6.4. Instalación de Equipos

Dependerá de la cantidad de instalaciones necesarias, del tiempo que tarde la instalación, del personal requerido para el mismo, La zona de instalación y tipo de transporte necesario para llevar los equipos. Para ello se toma los siguientes precios para el municipio de Zipaquirá.

**Tabla 37: Costos de Instalación**

Instalación Necesaria	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Instalación del eNodo	50	1,800,000	90,000,000
Instalación de Radio de Transmisión	50	1,400,000	70,000,000
Instalación de Tierra y demás sistemas eléctricos	50	800,000.	40,000,000
Total			200,000,000

Fuente: Autor del Proyecto

#### 6.5. Terminales

Es necesario establecer equipos de acceso al servicio de los usuarios, los cuales son adquiridos debido que en el primer año, como no se tiene la cantidad estimada de clientes, se tomara un rango de referencia del 20%, los clientes estimados que tendrá el servicio, es por esto que solo se contara con los terminales para el primer año. Teniendo en cuenta

que Une ofrece el servicio de hogar y es uno de los planes que se tiene anteriormente nombrado, es necesario ofrecer Terminales Hogar y por supuesto de Celular vale recordar que no todos los celulares poseen un costo igual, pero se ha tomado un promedio de costo de los mismos, así como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 38: Costos de Terminales**

Dispositivo	Cientes	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Dispositivo Hogar	27,400.	5327	119,000.	652,120,000
Celular	43,086	8750	900,000	7,665,300,000
Total				8,317,420,000

Fuente: Autor del Proyecto

## 6.6. Personal

Es importante tener en cuenta los gastos de personal para el sostenimiento de los equipos de instalación y demás.

**Tabla 39: Gastos de Operación**

Personal De Operación	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Ingeniero Jefe	1	6,000,000	6,000,000
Técnicos	2	1,200,000	2,400,000
Ingeniero de Red	3	2,300,000	6,900,000
Ingeniero de Radiofrecuencia	3	2,300,000	6,900,000
Total			22,200,000
Anual Total			266,400,000

Fuente: Autor del Proyecto

## 6.7. Mantenimiento

El mantenimiento de equipos y de infraestructura es necesario debido a que existen diferentes problemas que pueden pasar debido al tiempo, el clima, errores eléctricos y un mantenimiento preventivo para las fallas de los equipos. Por eso se analizan los costos en la siguiente tabla.

**Tabla 40: Costos de Mantenimiento**

Mantenimiento Infraestructura	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Infraestructura-torre	50	2,000,000	100,000,000
Centro de control Core	1	3,200,000	3,200,000
Antenas	30	500,000.	150,000,000
Equipos de Nodo	15	3,500,000	52,500,000
Técnicos	3	1,200,000* 12meses	43,200,000
Total			348,900,000

Fuente: Autor del Proyecto

**5.7.1. Gastos Administrativos**

Son los gastos que el local normalmente necesita como es el uso de los diferentes servicios públicos, el alquiler del local y la publicidad del producto.

**Tabla 41: Gastos Administrativos**

Gastos Administrativos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Alquiler de E nodos o Estaciones Base	50	15,000,000	750,000,000
Alquiler de oficinas Centro de control (Core)	1	10,000,000	10,000,000
Alquiler del Espectro (Canon)		40,000,000	40,000,000
Servicios Públicos		30,000,000	30,000,000
Interconexión		700,000,000	700,000,000
Administrativos		50,000,000	50,000,000
Total			1,580,000,000

Fuente: Autor del Proyecto

## 6.8. Total De Gastos

### 6.8.1. Inversión de Bienes

Para la inversión de equipos se tiene referente la siguiente tabla.

**Tabla 42: Inversión de Bienes**

Instalación de infraestructura	Costo
Terminales	8,317,420,000
Instalación de Equipos	200,000,000
Infraestructura	1,488,130,000
sistema Radiante	537,145,500
Costos de Red de Acceso	6,691,510,000
Total	17,234,205,500

Fuente: Autor del Proyecto

### 6.8.2. Operación

Son los gastos que se generan por el mantenimiento y sostenimiento del servicio.

**Tabla 43: Costos de Operación**

Gastos de Operación	Costo
Gastos Administrativos	1,580,000,000
Mantenimiento	348,900,000
Personal	266,400,000
Total	2,195,300,000

Fuente: Autor del Proyecto

### 5.8.3. Gastos Totales

En la siguiente tabla se muestran los costos de la implementación del servicio.

**Tabla 44: Gastos Totales**

Gastos Totales	Costo
Gastos de Inversión	17,234,205,500
Gastos de Operación	2,195,300,000
Total	19,429,505,000

Fuente: Autor del Proyecto

**6.9. Ingresos****6.9.1. Ingresos de Planes**

Analizando mercado se determinó costos similares a los planes existentes en los diferentes operadores y estos serían los ingresos para el primer año por planes como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 45: Ingresos Por Planes**

Total de clientes	Planes	Clientes	Costo de planes	Ingresos de dinero	Ingresos por Plan
13,997	Plan Básico				
	Básico Celular 1	2520	30,000	75,600,000	270,900,000
	Básico Celular 2	1890	50,000	94,500,000	
	Básico Hogar 1	630	40,000	25,200,000	
	Básico Hogar 2	1260	60,000	75,600,000	
	Plan Intermedio				
	Intermedio Celular 1	1960	60,000	117,600,000	364,760,000
	Intermedio Celular 2	980	80,000	78,400,000	
	Intermedio Hogar 1	1497	80,000	119,760,000	
	Intermedio Hogar 2	490	100,000	49,000,000	
	Plan Empresarial				
	Empresarial Celular 1	1120	120,000	134,400,000	392,000,000
	Empresarial Celular 1	280	170,000	47,600,000	
	Empresarial 1	840	130,000	109,200,000	
	Empresarial 2	560	180,000	100,800,000	
	Total	14027			

Fuente: Autor del Proyecto

### 5.9.2. Ingresos por Terminales

La venta de equipos es un ítem de los ingresos. Así como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 46: Ingresos Por Terminales**

Dispositivo	Cantidad De dispositivos	Precio Unitario	Precio Total
Dispositivo Hogar	5327	135,000.	1,181,250.000
Celular	8750	1,200,000	10,500,000,000
		Total	11,681,250,000

Fuente: Autor del Proyecto

### 5.9.3. Ingresos Totales

**Tabla 47: Ingresos Totales**

Ingresos	
Venta de Planes	1,027,660,000
Venta de Equipos	11,689,250,000
Total	12,716,910,000

Fuente: Autor del Proyecto

### 6.10. Evaluación Administrativa

Se considera que los ingresos incrementarían un 10% anual debido al incremento de acuerdo a los clientes potenciales, Y los gastos de operación se incrementarían un 3% debido a la inflación anual.

**Tabla 48: Matriz Costos Beneficio**

Item	Años	0	1	2	3	4
Ingresos			12,716,910,000	13,988,601,000	15,387,461,100	16,926,207,210
Egresos				8,317,420,000	8,317,420,000	8,317,420,000
Gastos De Operación			2,195,300,000	2,853,890,000	3,710,057,000	4,823,074,100
Gastos De Infraestructura		17,234,205,500				
Ganancias			10,521,610,000	2,817,291,000	3,359,984,000	3,785,713,110
					Total de Ingresos	20,484,598,110

Fuente: Autor del Proyecto

Por lo que se puede observar el proyecto es rentable considerando un periodo de 4 años.

## CONCLUSIONES

- La viabilidad de 4G LTE en el municipio de Zipaquirá no tiene mayores problemas, debido a que su geografía que permite un buen acceso a las redes de servicio. Sin embargo es necesario tener en cuenta que debido a su geografía montañosa se necesita más repetidores, mayor cantidad de amplificadores y picos de celdas.
- A partir del análisis de costos de la implementación se concluyó que el proyecto es rentable, tomando en cuenta que está diseñado para una empresa operadora nueva, lo que significa que para un operador existente es menor el costo debido a la menor inversión de infraestructura en donde la productividad será mayor.
- El tamaño de las celdas depende de diferentes factores como el tipo de antenas utilizado, el terreno: llanuras, montañas, valles; La ubicación de la instalación: área rural; urbana; y la densidad de población el alcance del teléfono móvil o del dispositivo móvil.
- Los costos de la implementación puede variar de acuerdo a la cantidad de equipos necesarios, y del fabricante.
- El tráfico puede variar debido al tamaño de población donde se vaya a hacer la implantación, debido a su cultura, a la zona geográfica y a sus costumbres.
- Debido a la diferentes Bandas que se utilizan en 4G LTE puede variar las antenas usadas en este estudio y la cantidad de las mismas en los diferentes municipios.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda Generar diferentes planes para tener una variedad de clientes para los servicios de 4 G LTE teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las opciones de mercado generadas por este servicio.

Así mismo se necesita realizar constantes estudios del tráfico de la red, debido al aumento paulatino de clientes y no ocasionar una saturación del sistema.

Igualmente se debe considerar las construcciones futuras debido a posibles obstrucciones por edificaciones.

A los operadores de telefonía móvil, establecer un plan de negocios que permita establecer valores exequibles al usuario a planes y equipos de tecnología LTE, permitiendo así la penetración al mercado de esta tecnología.

Se considera que se deben ir actualizando los equipos debido a posibles mejoras de los mismos que permitan manejar mayor velocidad y menor cantidad para los diseños.

## REFERENCIAS

---

- 2005, D. C. (13 de 09 de 2010). Obtenido de [http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL\\_PDF\\_CG2005/25899T7T000.PDF](http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25899T7T000.PDF)
- A., A. G. (2013). *Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica*. Quito: Universidad Cuenca Ecuador.
- Americas, 4. (2012). *Mobile Broadband Explosion - The 3GPP Wireless Evolution*. New York: Organización 4G Americas.
- Association, G. m. (2013). *GSA Evolution to LTE*. USA: Global mobile Suppliers Association.
- Bravo, A. M. (2009). *Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN*. Leganés: Universidad Carlos Iii De Madrid.
- Calculos de Trafico. (s.f.). Obtenido de <http://prezi.com/nufqrv74eh4/copy-of-calculos-de-trafico/>
- Canada., I. (12 de Octubre de 2012). *Industry Canada*. Obtenido de <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf09960.html>
- Carrasco, F. (17 de Marzo de 2013). *CLARO CHILE INICIA MARCHA BLANCA DE SU RED 4G LTE EN SANTIAGO CON PRIMERA LLAMADA DE VOZ*. Obtenido de <http://www.cioal.com/2013/03/08/claro-chile-inicia-marcha-blanca-de-su-red-4g-lteen-santiago-con-primera-llamada-de-voz-y-friendly-users/>
- Catedral de Sal. (s.f.). *Catedral de sal*. Obtenido de pagina oficial catedral de sal: <http://www.catedraldesal.gov.co/>
- Cazana, J. A. (2012). *Diseño De Una Red Lte Para El Distrito Del Callao*. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Chile, M. (2014). Obtenido de [http://www.movistar.cl/PortalMovistarWeb/appmanager/PortalMovistar/portal?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1000190501270682270315](http://www.movistar.cl/PortalMovistarWeb/appmanager/PortalMovistar/portal?_nfpb=true&_pageLabel=P1000190501270682270315)
- Ciencias, M. d. (2013). *Metas estratégicas, impacto económico*. scanferla: Ministerio de Ciencias, Tecnología y Telecomunicaciones.
- COMERICO, A. D. (Junio de 2005). Obtenido de [http://zipaquira-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/3338356465633533966393533336464/plan\\_economico\\_cadeco\\_zipaquira.pdf](http://zipaquira-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/3338356465633533966393533336464/plan_economico_cadeco_zipaquira.pdf)
- Comunicaciones, M. d. (11 de Agosto de 2012). *Decreto Numero 002980*. Obtenido de Presidencia de la Republica de Colombia:

[http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2011/Documents/Agosto/19/dec2\\_98019082011.pdf](http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2011/Documents/Agosto/19/dec2_98019082011.pdf)

- Cundinamarca, G. d. (Mayo de 2012). Obtenido de <http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/Inicio.homegc>
- Dane. (s.f.). *Dane*. Obtenido de Censo 2005: <http://www.dane.gov.co/files/censo2005/regiones/cundinamarca/zipaquira.pdf>
- Emilio Tissato Nakamura, J. A. (2012). *Mobile Telecommunications Networks for the 2014 World Cup*. Sao PAULO: GSMA.
- Espinoza, J. L. (9 de Mayo de 2013). *Enter*. Obtenido de Estas son las empresas que quieren pujar por el espectro 4g: <http://www.enter.co/colombiadigital/estas-son-las-empresas-que-quieren-pujar-por-el-espectro-4g-en-colombia/>
- Fabián Montealegre Alfaro, M. S. (2009). *Propuesta de requerimientos técnicos para la implementación de redes móviles con la tecnología*. Costa Rica.
- Ferreira, F. X. (2003). *Presencia de Telefonica en Brasil*. Brasilia: ICE Brasil.
- Flores-Roux, R. K. (2012). Análisis Económicos del Dividendo para América Latina. *ACHIET*.
- ITU, A. A. (s.f.). Obtenido de [http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion\\_telecomunicaciones/Capitulo%205%20Modelos%20de%20Tráfico.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/Capitulo%205%20Modelos%20de%20Tráfico.pdf)
- Juan Paul Inga Ortega, A. O. (2010). *Análisis técnico de los servicios adicionales de la tecnología Long Term Evolution sobre sistemas móviles de 4G*. Cuenca, Ecuador: UPS.
- KENDE, M. (Junio de 2007). *TELEDENSITY IN 2050: AN UNNECESSARY INDICATOR*. Obtenido de <http://www.analysismason.com/About-Us/News/Newsletter/Newsletter-article-archive/Teledensity-in-2050-anunnecessary-indicator/#.UVZciBx63NI>
- LTDA, H. T. (2014). *LTE PRODUCT SOLUTION*. Bogota: HUWAI.
- LTE, E. (s.f.). Obtenido de <https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/lte-network-infrastructure-and-elements>
- Luz, S. D. (10 de septiembre de 2012). *Mimo que es y para que sirve*. Obtenido de <http://www.redeszone.net/2012/09/10/mimo-que-es-para-que-sirve-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- manson, a. (9 de Diciembre de 2012). *2013 Telecoms Predictions from Analysys Mason*. Obtenido de <http://4g-portal.com/2013-telecoms-predictions-from-analysismason>

- Mason, A. (2012). *Smartphone markets: worldwide trends, forecasts and strategies 2012-2017*. New York: Analysys Mason, Market Research 2012.
- Meters., C. (Diciembre de 2012). *Country Meters*. Obtenido de <http://countrymeters.info/es/Colombia>
- MINTIC, C. s. (s.f.). *Suscripcion de internet movil*. Obtenido de <http://cableservicios.com/blog/blog/mintic-en-colombia-hay-mas-suscriptores-en-internet-movil-que-fijo/>
- Mobile, T. (7 de Junio de 2012). *TyN Mobile*. Obtenido de <http://www.tynmobile.com/362985-Brasil-Claro-y-Vivo-se-quedaron-con-40-MHz-en-la-subasta-de-25-GHz.note.aspx>
- MOBILECONFIGURE. (s.f.). Obtenido de [www.ipbook.info](http://www.ipbook.info)
- Montserrat Termes, J. R. (2009). *El Impacto Económico y Social de la Banda Ancha*. Barcelona.
- Morales, H. (13 de julio de 2012). *Se entregaron resultados de la licitación 4G en 2.6 GHz*. Obtenido de <http://www.wayerless.com/2012/07/chile-hoy-habra-resultadosde-la-licitacion-4g-en-2-6-ghz/>
- Movilion. (20 de Septiembre de 2012). *Cifras del mercado móvil en América Latina*. Obtenido de <http://www.movilion.com/cifras-del-mercado-movil-en-america-latina/>
- Muñoz, N. A. (2011). *Efecto de las redes de cuarta generación (lte) en los servicios móviles en Chile*. Santiago de Chile: Universidad De Chile.
- Neira., J. (10 de Febrero de 2013). *Movistar revela detalles de su plan de lanzamiento de LTE en Chile*. Obtenido de <http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2013/02/26/585828/movistar-revelaalgunos-detalles-de-su-plan-de-lanzamiento-de-lte-en-chile.html>
- Networks, N. S. (2010). *Mobile Broadband with HSPA and LTE – Capacity and*. Nokia.
- Nixon, P. (Julio de 2012). *Entel, Claro y Movistar compran espectro 4G con*. Obtenido de <http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/entel-claro-y-movistar>
- online, x. ., (s.f.). Obtenido de <https://www.xirio-online.com/help/es/cost231.html>
- Radio, C. (6 de Marzo de 2013). *Caracol Radio*. Obtenido de En Colombia el 4G LTE aún está en desarrollo por sus altos costos : <http://www.caracol.com.co/noticias/tecnologia/en-colombia-el-4g-lte-aun-esta-en-desarrollo-por-sus-altos-costos/20130313/nota/1858098.aspx>
- Radio, C. (10 de Mayo de 2013). *Caracol Radio*. Obtenido de Desde el congreso piden al presidente santos detener subasta de 4G: <http://www.caracol.com.co/noticias/tecnologia/desde-el-congreso-piden-al>

presidente-santos-detener-subasta-de-internet-4g/20130510/nota/1896597.aspx

- Radio, C. (10 de Mayo de 2013). *Caracol Radio*. Obtenido de La ETB, TIGO, UNE y Movistar trabajarán conjuntamente para participar en la subasta 4g: <http://www.caracol.com.co/noticias/tecnologia/la-etb-tigo-une-y-movistar-trabajaran-conjuntamente-para-participar-en-la-subasta-4g/20130510/nota/1896372.aspx>
- Radio, C. (9 de Mayo de 2013). *Caracol Radio*. Obtenido de seis firmas pujaran en la subasta internet 4g : <http://www.caracol.com.co/noticias/tecnologia/seis-firmas-pujaran-en-la-subasta-para-internet-4g/20130509/nota/1895767.aspx>
- Ramirez, D. (12 de Julio de 2012). *Proyecto Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://proytelecomunicacionespoli.blogspot.com/>
- Ribeiro, T. (2012). *Focused on our customers' success*. Tellabs Insight.
- Roa, E. D. (12 de Marzo de 2013). *Enter*. Obtenido de la subasta de la banda de 4g tendra lugar el 26 de junio: <http://www.enter.co/colombiadigital/la-subasta-de-la-banda-4g-tendra-lugar-el-26-de-junio/>
- Scanferla, D. (03 de Junio de 2010). *3GPP LTE - Long Term Evolution*. Obtenido de [www.3gpplte-longtermevolution.blogspot.com](http://www.3gpplte-longtermevolution.blogspot.com)
- Soto, K. E. (2009). *Evolución a largo plazo para el acceso inalámbrico de banda ancha móvil*. Valdivia: Universidad Austral De Chile.
- Subsecretaria de Telecomunicaciones, G. d. (2012). *El Desafío Económico, Impulso a la "Banda Ancha"*,. Barcelona .
- Tic, M. (20 de Mayo de 2013). *Ministerio Tic*. Obtenido de Ministerio tic publica prepliegos del proyecto nacional de fibra óptica que conectara a 700 municipios del país: <http://www.mintic.gov.co/index.php/fibra-inicio/53-sitio-fibra-optica/sitio-fibra-noticias/540-201104700municipios>
- tiempo, E. (15 de Abril de 2013). El mundial de brasil se queda sin señal de 4g . Obtenido de El mundial de brasil se queda sin señal de 4g: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12742057>
- Une (Dirección). (2012). *Instalacion Une* [Película].
- Vivo. (13 de Marzo de 2013). *4G plus Da Vivo*. Obtenido de Vivo: <http://vivo4gplus.clientes.ananke.com.br/#>
- Zipaquira, A. d. (20 de Mayo de 2013). Obtenido de Fomentar una asociación mundial para el desarrollo, con metas para la asistencia, el comercio, el buen gobierno y el alivio a la deuda: <http://www.zipaquira-cundinamarca.gov.co/odm.shtml?apc=alxx-1-&m=d>

Zipaquira, A. d. (20 de Mayo de 2013). *Informacion General* .