



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE SERVICIOS MÓVILES  
AVANZADOS EN LA PARROQUIA TARIFA, CANTÓN  
SAMBORONDÓN, PROVINCIA DEL GUAYAS”

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

ÁNGEL FERNANDO BONIFAZ JÁTIVA

DAVID ANDRÉS LEÓN PEÑAFIEL

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos en primer lugar a Dios por la salud, por darnos la fuerza de voluntad para concluir nuestros estudios, por permitirnos compartir este momento con las personas que más amamos en la vida.

Un infinito agradecimiento a nuestros padres por su apoyo incondicional, sin ellos no hubiésemos cumplido este objetivo, les agradecemos por sus desvelos, por sus regaños, por estar siempre pendiente de nuestro bienestar.

A nuestros hermanos y amigos por animarnos a concluir los estudios.

A la ESPOL y los profesores de cada materia que tomamos en nuestra carrera por cultivar en nosotros el deseo de superación y excelencia.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Ángel y Annabell por ser los pilares fundamentales en mi vida, sin su presencia no hubiese llegado a cumplir este objetivo. Por sus valores inculcados, por su apoyo, por sus consejos, para ustedes va este trabajo.

Daniel y Pamela hermanos míos, a ustedes también se los dedico por sacarme una sonrisa en los peores momentos, por verme como su ejemplo y hacerme mejor persona, les digo que no se rindan, que van a lograr sus objetivos mejor que yo.

A todos mis familiares que siempre me tienen presente, pero especialmente a mi tía María Isabel, por ser una segunda madre para mí, a pesar de que estos últimos años no hemos podido estar juntos, siempre me tiene presente en sus oraciones y siento su amor y su fe en Dios que me permiten seguir a pesar de todas las adversidades.

Finalmente y no menos importante a ti Kenia, por acompañarme todos estos años, por tu amor, tu comprensión, por apoyarme y levantarme en los peores momentos.

### **Ángel Fernando Bonifaz Játiva**

Dedico este trabajo a las personas más importantes en mi vida, mi mamá, por siempre preocuparse y estar pendiente de mí. A mis hermanos, ya que cada uno a su forma contribuyó a que esto sea posible, y a mi novia Lissete, con quien compartí todo este tiempo de estudio.

Por lo cual puedo decir sin dudas que, mi familia me dio las herramientas y mi novia la inspiración para convertirme en ingeniero.

### **David Andrés León Peñafiel**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

---

**Ing. Edison Del Rosario, MSc.**

PROFESOR EVALUADOR

---

**Ing. José Miguel Menéndez, MSc.**

PROFESOR EVALUADOR

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

---

**Ángel Fernando Bonifaz Játiva**

---

**David Andrés León Peñafiel**

## GLOSARIO

<b>ABREVIATURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project
<b>AGCH</b>	Access Grant Channel
<b>AICH</b>	Access Indication Channel
<b>AMPS</b>	Advanced Mobile Phone System
<b>ARPU</b>	Average Revenue Per User
<b>AuC</b>	Autentification Center
<b>BBU</b>	Band Base Unit
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BCH</b>	Broadcast Channels
<b>BCH</b>	Broadcast Channel
<b>BSC</b>	Base Station Controller
<b>BSIC</b>	Base Station Identity Code
<b>BSS</b>	Base Station Subsystem
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station
<b>C/I</b>	Carrier over Interference
<b>CCCH</b>	<i>Common Control Channels</i>
<b>CCCH</b>	Common Control Channel

<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>CNT</b>	Coorporacion Nacional de Telecomunicaciones
<b>CPICH</b>	Common Pilot Channel
<b>CTCH</b>	Common Traffic Channel
<b>DCCH</b>	Dedicated Control Channels
<b>DCCH</b>	Dedicated Control Channel
<b>DCH</b>	Dedicated Channel
<b>DPCCH</b>	Dedicated Physical Control Channel
<b>DPDCH</b>	Dedicated Physical Data Channel
<b>DT</b>	Drive Test
<b>DTCH</b>	Dedicated Traffic Channel
<b><math>E_c/I_o</math></b>	Chip Energy over Interference Overall
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
<b>EIR</b>	Equipment Identification Register
<b>ETACS</b>	Extended Total Access Comunication System
<b>FACCH</b>	Fast Associated Control Channel
<b>FACH</b>	Forward Access Channel
<b>FCCH</b>	Frequency Correction Channel
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access
<b>GAD</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado

<b>GMSK</b>	Gaussian Minimum Shift Keying
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GPS</b>	Global Position System
<b>GSM</b>	Global System for Mobile communication
<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>HSDPA</b>	High-Speed Downlink Packet Access
<b>HSPA+</b>	Evolved High-Speed Packet
<b>HSUPA</b>	High-Speed Uplink Packet Access
<b>IMEI</b>	<i>International Mobile System Equipment Identity</i>
<b>IMSI</b>	International Mobile Subscriber Identity
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>Kbps</b>	Kilo bytes per second
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>Mbps</b>	Mega bytes per second
<b>mm</b>	milímetros
<b>MMS</b>	Multimedia Messaging Service
<b>MSC</b>	Mobile Switching Centre
<b>NSS</b>	Network Switching Subsystem



<b>PCCH</b>	Paging Channel
<b>P-CCPCH</b>	Primary Common Control Physical Channel
<b>PCH</b>	Paging Channel
<b>PCH</b>	Paging Channel
<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant
<b>PICH</b>	Paging Indication Channel
<b>PIN</b>	Personal Identification Number
<b>PSC</b>	Primary Scrambling Code
<b>RACH</b>	Random Access Channel
<b>RACH</b>	Random Access Channel
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>RNC</b>	Radio Network Controller
<b>RRU</b>	Radio Remote Unit
<b>RSCP</b>	Received Signal Code Power
<b>RxLev</b>	Reception Level
<b>RxQual</b>	Reception Quality
<b>SACCH</b>	Slow Associated Control Channel
<b>SCCH</b>	Synchronization Control Channel
<b>S-CCPCH</b>	Secondary Common Control Physical Channel
<b>SCH</b>	Synchronization Channel

<b>SDCCH</b>	Stand Alone Dedicated Control Channel
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module
<b>SMA</b>	Servicios Móviles Avanzados
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>TACS</b>	Total Access Communication System
<b>TCH</b>	Traffic Channels
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>TSS</b>	Technical Site Survey
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>VLR</b>	Visitor Location register
<b>WCDMA</b>	Wideband Code Division Multiple Access
<b>WiMax</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access
<b>ZTE</b>	Zhong Xing Telecommunication Equipment Company Limited

## RESUMEN

El presente proyecto analiza la calidad de los Servicios Móviles Avanzados en la parroquia Tarifa del cantón Samborondón.

En el capítulo 1 se menciona la situación social y económica del lugar escogido, los antecedentes del mismo, el alcance de nuestro estudio y otros aspectos relevantes que justifican la viabilidad tecnológica y económica de proyecto en la parroquia Tarifa.

En el capítulo 2 se describe la evolución de las distintas tecnologías celulares, sus estándares y características más relevantes. De forma breve se detalla la tecnología existente en el sitio escogido; para poder entender la situación actual y proponer una solución eficiente. Posteriormente, se explica la optimización de redes celulares y las herramientas necesarias para cumplir con los objetivos planteados.

En el capítulo 3 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, analizando los principales parámetros de cobertura y calidad tanto en 2G como 3G con la finalidad de conocer el desempeño actual del servicio y ofrecer una solución.

Posteriormente se simula la mejor ubicación posible de la radio base y mediante un software especializado, variar los principales indicadores en equipos UMTS que mejoren el servicio y la cobertura.

En el capítulo 4 se realiza un análisis financiero del proyecto que nos permita conocer la factibilidad del mismo, analizando los ingresos y gastos; así como la tasa interna de retorno y el valor actual neto para tener una idea del tiempo en que tomaría la recuperación de las inversiones realizadas.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA .....	II
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
GLOSARIO.....	V
RESUMEN.....	X
ÍNDICE GENERAL.....	XI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. SITUACIÓN DE LA PARROQUIA TARIFA.....	1
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Justificación</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Alcance</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4 Limitaciones</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 Ingresos Proyectados</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6 Ingreso Promedio por Usuario (ARPU)</b> .....	<b>8</b>
<b>1.7 Descripción del proyecto</b> .....	<b>8</b>
<b>1.8 Objetivos</b> .....	<b>10</b>
<b>1.8.1 Objetivo General</b> .....	<b>10</b>
<b>1.8.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
CAPÍTULO 2 .....	12
2. REFERENCIAS TÉCNICAS Y MARCO TEÓRICO DE LOS SERVICIOS MÓVILES AVANZADOS .....	12
<b>2.1 Tecnología Celular</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.1 Primera Generación Celular 1G</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.2 Segunda Generación Celular 2G</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.3 Avances de la Segunda Generación Celular</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.4 Tercera Generación Celular 3G</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1.5 Avances de la Tercera Generación Celular</b> .....	<b>29</b>

2.1.6 Cuarta Generación Celular .....	30
2.2 Planificación, Análisis y métodos de Optimización.....	30
2.2.1 Planificación.....	31
2.2.2 Análisis .....	35
2.2.3 Optimización .....	40
CAPÍTULO 3 .....	44
3. DESEMPEÑO ACTUAL DE LOS SMA Y DISEÑO DE UNA ESTACIÓN UMTS	44
3.1 Objetivo de la prueba.....	44
3.2 Valores esperados en 2G y 3G .....	45
3.3 Muestras obtenidas en GSM .....	45
3.3.1 RxLevel. Calidad de Cobertura .....	45
3.3.2 RxQual. Calidad de Voz .....	47
3.3.3 C/I. Relación entre la Potencia de Portadora y Potencia de Interferencia .....	49
3.3.4 BSIC. Sector Servidor Predominante.....	51
3.3.5 Throughput. Velocidad de descarga efectiva .....	53
3.4 Muestra obtenidas en UMTS .....	55
3.4.1 RSCP. Cobertura de la Red .....	55
3.4.2 EC/IO. Calidad de servicio.....	57
3.4.3 PSC. Código de Sector Servidor .....	59
3.4.4 Throughput. Velocidad de descarga efectiva .....	61
3.5 Resultados de las pruebas.....	62
3.6 Escenario previo a la implementación .....	63
3.6.1 Ubicación de estaciones cercanas previas a la implementación.....	64
3.7 Escenario posterior a la solución UMTS .....	66
3.7.1 Configuración de antenas .....	66
3.7.2 Resultados de las simulaciones.....	67
3.7.3 Localización geográfica de la solución UMTS.....	71
3.7.4 Equipos para implantación UMTS.....	72
CAPÍTULO 4 .....	75

4. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO.....	75
<b>4.1 Evaluación general.....</b>	<b>75</b>
<b>4.2 Inversión inicial de actualización .....</b>	<b>75</b>
<b>4.3 Ingresos.....</b>	<b>76</b>
<b>4.4 Gastos generales .....</b>	<b>77</b>
<b>4.5 Flujo neto.....</b>	<b>78</b>
<b>4.6 Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN).....</b>	<b>79</b>
<b>4.7 Tiempo estimado de recuperación de la inversión.....</b>	<b>79</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS.....	88
ANEXO A: Tablas.....	88



# CAPÍTULO 1

## 1. SITUACIÓN DE LA PARROQUIA TARIFA

### 1.1 Antecedentes

La parroquia Tarifa perteneciente al cantón Samborondón es una parroquia rural en donde sus tierras son generalmente empleadas para el cultivo ya que su población se dedica casi en su totalidad a la agricultura y en menor proporción a la ganadería.

El sector de la parroquia Tarifa se encuentra incluido en recorrido turístico conocido como la Ruta del Arroz, promocionado por el Ministerio de Turismo y Prefectura. Esto genera una demanda de servicio que es temporal durante los recorridos, debido al aumento de usuarios en el sector.

La parroquia Tarifa cuenta con aproximadamente 15956 habitantes, una superficie promedio de 71.11 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional por km<sup>2</sup> de 224.38 personas; según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC, 2010). [1]

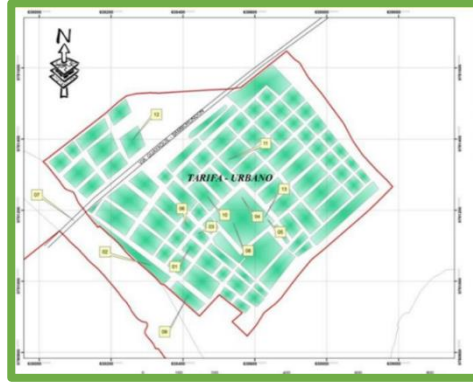
La cabecera parroquial, Tarifa, es el sector de mayor densidad poblacional y es donde se puede observar un creciente desarrollo y mejor calidad de vida en comparación con los recintos aledaños y el resto de la parroquia.

La zona de mayor densidad de la parroquia cuenta con aproximadamente 7048 personas según proyecciones realizadas por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la parroquia Tarifa luego del censo nacional realizado por el INEC en el año 2010.

Actualmente, el desarrollo urbano en la cabecera parroquial de Tarifa es visible, cuenta con dos grandes escuelas, un centro médico del Ministerio de Salud Pública, un centro de desarrollo infantil, inclusive con su propio estadio. Cuenta con pavimentación de calles en donde también se han beneficiado los recintos más cercanos como Boca de



caña, Santa Martha, recintos en donde también ha habido un desarrollo urbano visible; pero en otras áreas el desarrollo urbano, de comunicación y el bienestar social no ha sido un aspecto cubierto.



Fuente: Informativo GAD parroquia Tarifa (pdf)  
**Figura 1.1 Mapa de la parroquia Tarifa**

Uno de los aspectos considerados hoy en día como un servicio básico es el de poder comunicarse e informarse a través del servicio de internet.

Es por esto, que se ha hecho énfasis con especial atención en ofrecer una solución de calidad y amplia cobertura en el servicio móvil avanzado que se suscitan en la zona de mayor población de la parroquia Tarifa, del cantón Samborondón, en provincia del Guayas.



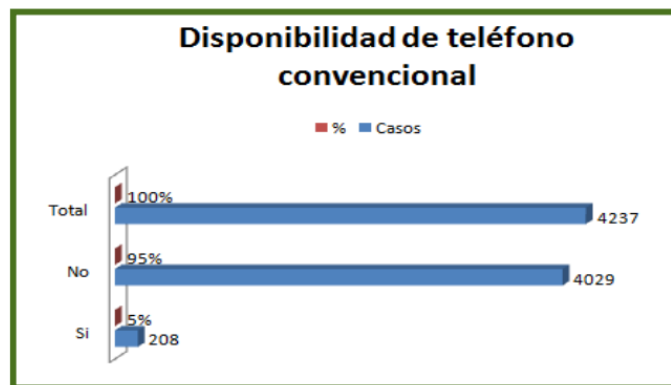
Fuente: google earth (-1.978339, -79.754121)  
**Figura 1.2 Vista superior de la cabecera parroquial de Tarifa**

## 1.2 Justificación

En la actualidad a nivel nacional, el sector de las telecomunicaciones ha tenido un desarrollo notable, tanto en sus políticas de gobierno referente al tema, como en la implementación de la tecnología para mejorar el servicio existente. Ampliando en unos casos la cobertura y en otros casos migrando a una tecnología superior para proveer nuevos servicios.

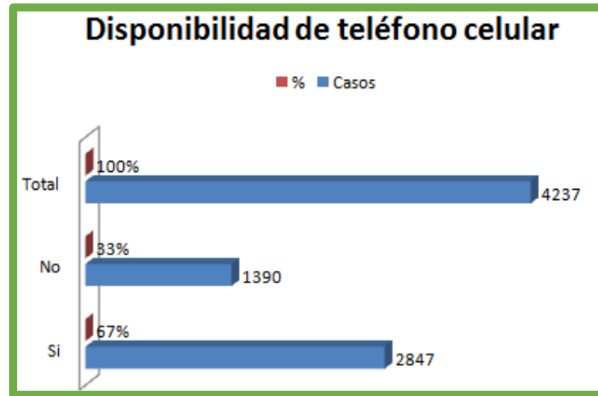
Los proveedores ofrecen servicios con plataformas tecnológicas de cuarta generación en las ciudades más importantes del Ecuador, sin embargo hay lugares suficientemente poblados en donde el servicio básico de comunicación es muy limitado e insuficiente, como es el caso de la parroquia Tarifa.

La parroquia Tarifa se encuentra a 28 kilómetros de la parroquia urbana La Puntilla y la calidad del servicio de internet móvil se encuentra que es muy diferente entre sectores. En la Puntilla podemos encontrar servicio de cuarta generación mientras que en Tarifa el servicio disponible es de segunda generación y con intermitencia en la conectividad y corte en las llamadas celulares.



Fuente: Imagen tomada del INEC (censo 2010)  
**Figura 1.3 Porcentaje de servicio de telefonía fija en Tarifa.**

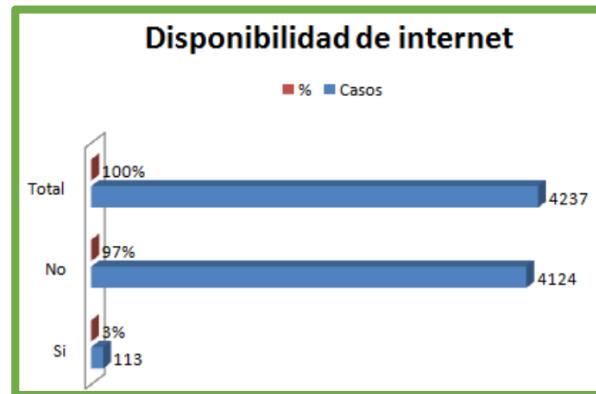
Como podemos observar en la imagen, solamente el 5% de la población de Tarifa posee servicio de telefonía fija prestada por la operadora CNT (Cooperación Nacional de Telecomunicaciones).



Fuente: Imagen tomada del INEC (censo 2010)

**Figura 1.4 Porcentaje de servicio de telefonía móvil.**

Por otra parte, el 67% de la población usa el servicio de telefonía celular, pero de este porcentaje, solamente el 3% tiene servicio de internet en sus equipos.



Fuente: Imagen tomada del INEC (2010)

**Figura 1.5 Porcentaje de consumo de servicio de internet móvil en Tarifa.**

En la parroquia Tarifa la conexión a internet en dispositivos móviles es con velocidades de segunda generación, cuyas velocidades de conexión en la actualidad son insuficientes.

En sectores rurales y zonas pobladas alejadas de las ciudades, el servicio de telefonía móvil se vuelve bastante viable comparado con telefonía fija por diferentes factores como: los costos por las instalaciones, cortes en el servicio por instalaciones deficientes. Y sobre todo por la movilidad del equipo lo que les permite a las personas mantenerse en contacto sin importar su ubicación, ya que al ser zonas campestres desempeñan sus trabajos fuera de sus domicilios.

### **1.3 Alcance**

El estudio para la implementación de nuestro proyecto tiene como finalidad proveer del servicio de internet móvil en el estándar de tercera generación y mejorar los parámetros de calidad y cobertura de la telefonía móvil a la zona de mayor densidad poblacional de la parroquia Tarifa; ya que de esta manera sería más óptimo el despliegue de esta red y las zonas aledañas rurales podrían beneficiarse por sobre propagación.

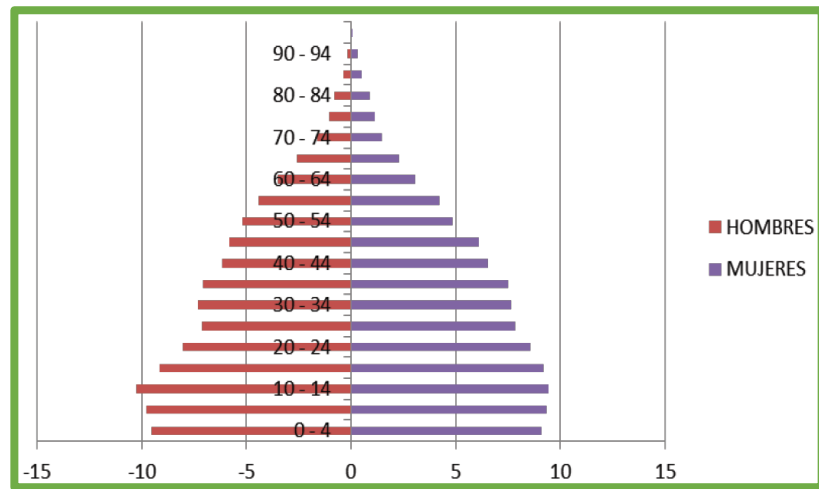
### **1.4 Limitaciones**

La implementación de este proyecto se enfoca principalmente en proveer el servicio de telefonía e internet móvil al sector urbano sin considerar la zona rural de la parroquia Tarifa, proponiendo un servicio de tercera generación, sin analizar dimensionamiento del enlace microondas ni diseño lógico del servicio. Tampoco se analizan gastos por salarios de personal de asistencia.

Se considera el despliegue de este estudio dentro de la mayor zona poblada de la parroquia para así cumplir con los objetivos y que la implementación sea más eficiente.

## 1.5 Ingresos Projectados

El sector al cual se pretende proveer el servicio es a la población entre 15 y 64 años que representa el 60% de los habitantes de la cabecera parroquial de Tarifa; ya que estudios realizados por el INEC indican que en sectores rurales, la tenencia de teléfonos celulares activos oscila entre usuarios con edades ya mencionadas anteriormente. [2]



Fuente: INEC - Censo Población y Vivienda 2010

**Figura 1.6 Pirámide poblacional por sexo y edades del cantón Samborondón**

A nivel nacional el segmento de telefonía móvil por tipo de servicio está distribuido así:

- 12.096.000 abonados tienen servicio prepago que representa el 75% del total de abonados nacionales.
- 4.079.000 abonados tienen servicio pospago que representa el 25% del total de abonados nacionales.

Información que fue tomada de la página web de la ARCOTEL con fecha de corte en marzo del 2015.

En el caso de Tarifa por la economía y calidad de vida de la población similar a otros sectores rurales, se detalla la distribución de telefonía móvil por tipo de servicio de la siguiente manera:

	Porcentaje
Prepago	95%
Pospago	5%

**Tabla 1: Distribución de clientes según el tipo de servicio**

Para el servicio prepago en Tarifa, se realizó una segmentación de mercado, que se diferencia en 3 categorías: Prepago A, Prepago B y Prepago C.

El servicio de prepago A abarcará el 50% del total de usuarios, prepago B con el 20% de los usuarios y prepago C el 15%.

Los valores de cada categoría salen en función de lo que se prevé que se consuma mensualmente en promedio dadas las condiciones económicas y calidad de vida de los potenciales usuarios.

	Minutos Incluidos	Mbps Incluidos	Dólares Acreditados por Mes	Precio Final (Dólares)
Prepago A	0	0	6	3
Prepago B	0	0	10	5
Prepago C	0	0	20	10
Pospago (Minutos e Internet)	25	1000	0	15

**Tabla 2: Tarifas basadas en planes prepago y pospago prestados por CNT E.P.**

Los clientes prepago recibirán el doble en dólares de los valores que recarguen una vez por mes.

En el caso de los clientes pospago tendrán el beneficio de Mbps (Mega bits por segundo) y minutos incluidos en el plan.

Servicio	Ingresos por servicio
Prepago	\$ 228.300,00
Pospago	\$ 38.160,00
<b>Total de ingresos</b>	<b>\$ 266.460,00</b>

**Tabla 3: Ingresos totales durante el primer año**

En la tabla 3 podemos ver la proyección esperada de ingresos luego del primer año de ejecución del proyecto, que se explica con mayor detenimiento en el capítulo 4.

### 1.6 Ingreso Promedio por Usuario (ARPU)

El número de personas a las cuales se pretende proveer con nuestro servicio serían 4229 personas que representa el 60% de la población total y en edades las comprendidas entre 15 y 64 años.

Período de tiempo del servicio	Prepago	Pospago
Mensual	\$ 4,48	\$ 15,00
Anual	\$ 53,98	\$ 180,00

**Tabla 4: Ingreso percibido por usuario de forma mensual y anual**

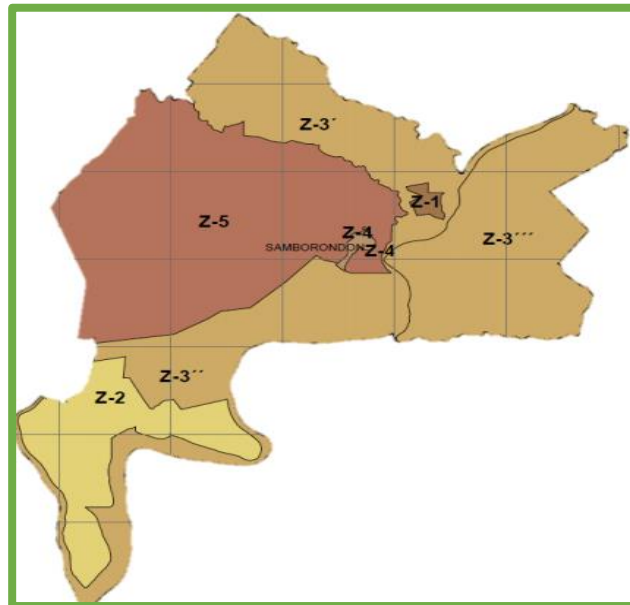
### 1.7 Descripción del proyecto

Las resoluciones mundiales por parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), indican que el acceso a la información y los servicios de telecomunicaciones se basan en tres principios fundamentales: universalidad, igualdad y continuidad; debido a esto, toda población, sin importar donde esta se encuentre, tiene derecho a un servicio de comunicación permanente y que cumpla con los niveles de calidad mínimos que exige el ente regulador a un precio accesible para los usuarios.

El cantón Samborondón posee tres parroquias La Puntilla, Samborondón y Tarifa, siendo Tarifa la última designada como parroquia. Sin embargo, Tarifa tiene servicios insuficientes y de baja calidad en comunicación a través de internet sea fijo o móvil.

La zona con mayor concentración de personas y viviendas, con mayor desarrollo de infraestructura urbana es la cabecera parroquial de Tarifa.

En la zona urbana hay alrededor de 7000 personas que se dedican principalmente al trabajo agrícola y ganadero; es por esto que su economía se basa en el cultivo y venta principalmente de arroz y en menor medida de la crianza de ganado.



Fuente: GAD municipal de Samborondón

**Figura 1.7 Zonificación del cantón Samborondón**

En la figura 1.7 podemos observar con la simbología Z-5 el área de la parroquia Tarifa y con Z-4 la zona amanzanada de Tarifa y su recinto Boca de caña.

La cabecera parroquial es el sector de mayor desarrollo dentro de la parroquia, hay obras en ejecución como pavimentación de calles,



construcción de escuelas, centros médicos, pero en cuanto al servicio de comunicación se observa muy poco desarrollo.

Es por eso que mediante un estudio para su posterior implementación se pretende proveer y mejorar el servicio ya existente de Servicios Móviles Avanzados (SMA) a la parroquia Tarifa, enfocándonos prioritariamente en cubrir la zona de la cabecera parroquial.



Fuente: Google Earth (-1.978339, -79.754121)

**Figura 1.6 Área de la cabecera parroquial de Tarifa**

## 1.8 Objetivos

### 1.8.1 Objetivo General

Realizar el análisis y diseño de la red para la implementación de servicios móviles avanzados en la zona urbana de la parroquia Tarifa, cantón Samborondón en la provincia del Guayas.

### **1.8.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar un análisis con el que se pueda proporcionar la prestación del servicio de internet móvil dentro la parroquia Tarifa.
- A través del estudio, mejorar la calidad de las llamadas telefónicas realizadas y recibidas, tratando de minimizar bloqueo y corte de las mismas.
- Escoger una tecnología que en base a las características del lugar y requerimientos de la población resulte más conveniente y eficiente.
- Elaborar el estudio económico y financiero del proyecto para analizar la viabilidad del mismo.

## CAPÍTULO 2

### 2. REFERENCIAS TÉCNICAS Y MARCO TEÓRICO DE LOS SERVICIOS MÓVILES AVANZADOS

En este capítulo se describirá la evolución de la tecnología celular, sus prestaciones y características más relevantes. Además, se detallará de manera general las tecnologías existentes en la parroquia Tarifa con el propósito de comprender la situación actual del sitio. Finalmente, se especificará el concepto de optimización de redes celulares y las herramientas de trabajo para la recolección de datos.

#### 2.1 Tecnología Celular

En este punto se detallara la evolución de la tecnología móvil, el desarrollo y crecimiento de la misma.

##### 2.1.1 Primera Generación Celular 1G

La primera generación de teléfonos celulares se caracterizó por ser analógica y exclusivamente para llamadas de voz. Esta generación utilizaba principalmente los siguientes estándares:

**AMPS** (Sistema telefónico móvil avanzado): Utiliza diferentes portadoras de frecuencia para crear canales de comunicaciones en una técnica conocida como acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) con un ancho de banda de 30kHz para 832 canales dúplex: 21 para el establecimiento de llamada y el resto para la comunicación de voz. Contaba con mecanismos de seguridad débiles que permitían ser fácilmente vulnerados. [3]

**TACS** (Sistema de comunicaciones de acceso total): Es la versión europea del modelo AMPS. Este sistema fue muy usado en Inglaterra y luego en Asia (Hong-Kong y Japón) y utilizaba la banda de frecuencia de 900 MHz.

**ETACS** (Sistema de comunicaciones de acceso total extendido): Es una versión mejorada del estándar TACS desarrollado en el Reino Unido que utiliza una gran cantidad de canales de comunicación.

La estándar predominante de esta generación es AMPS.

### 2.1.2 Segunda Generación Celular 2G

La segunda generación de redes móviles (2G) totalmente digital, la primera generación de redes celulares se volvió obsoleta y marcó un quiebre con la primera generación de teléfonos celulares al pasar de tecnología analógica a digital.

Los principales estándares de telefonía móvil de 2G son:

- **GSM** (Sistema global para las comunicaciones móviles): Este estándar utiliza las bandas de frecuencia de 900 MHz y de 1800 MHz en Europa. Sin embargo, en Estados Unidos la banda de frecuencia utilizada es la de 1900 MHz. Por lo tanto, los teléfonos móviles que pueden funcionar tanto en Europa como en Estados Unidos se denominan teléfonos de tribanda.
- **CDMA** (Acceso múltiple por división de código): Utiliza una tecnología de espectro ensanchado que permite transmitir una señal de radio a través de un rango de frecuencia amplio.
- **TDMA** (Acceso múltiple por división de tiempo): Emplea una técnica de división de tiempo de los canales de comunicación para aumentar el volumen de los datos que se transmiten simultáneamente. [4]

El estándar GSM es aquel que ha logrado imponerse sobre los otros y se ha universalizado su uso en las redes celulares tanto en el Ecuador como fuera de él. Por tal motivo, se especificara con más detalle las características y prestaciones del mismo.

### **2.1.2.1 Sistema global para las comunicaciones móviles, GSM**

Hasta los comienzos del siglo XXI, la red GSM (fue el estándar más usado en el mundo. Se denomina estándar “de segunda generación” (2G) porque, a diferencia de la primera generación de teléfonos portátiles, las comunicaciones se producen de un modo completamente digital.

Este estándar utiliza las bandas de frecuencia de 900 MHz y de 1800 MHz en Europa. Sin embargo, en Estados Unidos la banda de frecuencia utilizada es la de 850 MHz y de 1900 MHz. En Ecuador la banda de frecuencia utilizada es la misma que en Estados Unidos, es decir, podemos encontrar el estándar GSM tanto en 850MHz como en 1900MHz.

Un usuario GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía (red local/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto.

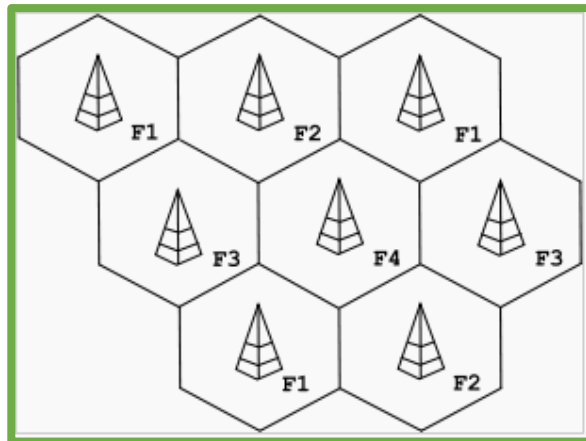
El estándar GSM permite un rendimiento máximo de 9,6 kbps, que permite transmisiones de voz y de datos digitales de volumen bajo, por ejemplo, mensajes de texto (SMS, Servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia (MMS, Servicio de mensajes multimedia).

Utiliza un ancho de banda entre canales 200 kHz, velocidad canal 272 kbps, modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), divide cada banda de 200 KHz en 8 canales TDMA de 33.8 kbps, cada uno de los cuales soporta llamadas de voz a 13 kbps. [5]

### **2.1.2.2 Concepto de Red Celular GSM**

Las redes de telefonía móvil se basan en el concepto de celdas, es decir zonas circulares que se superponen para cubrir un área geográfica. Se aplica el concepto de reutilización de frecuencias, la

cual proporciona un incremento en la capacidad de una red celular, comparando con una red con un solo transmisor, viene con el hecho de que la misma frecuencia puede ser usada en un área diferente para una transmisión completamente diferente.



Fuente: The Communications Handbook. Segunda Edición

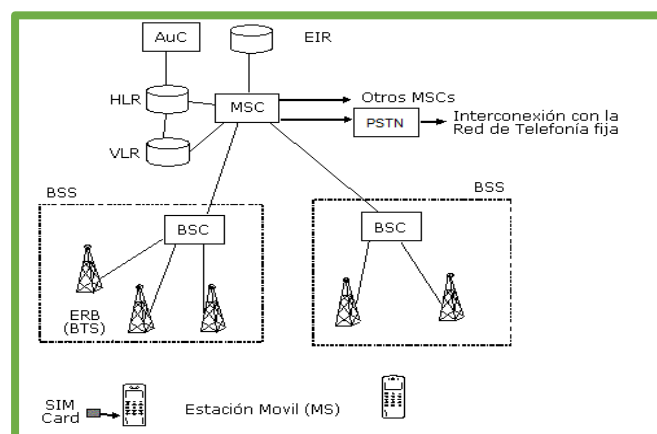
**Figura 2.1: Esquema de reutilización de frecuencias en una red celular.**

Las redes celulares se basan en el uso de un transmisor-receptor central en cada celda, denominado “estación base” (o Estación base transceptora, BTS). Cuanto menor sea el radio de una celda, mayor será el ancho de banda disponible. Por lo tanto, en zonas urbanas muy pobladas, hay celdas con un radio de unos cientos de metros mientras que en zonas rurales hay celdas enormes de hasta 30 kilómetros que proporcionan cobertura. En una red celular, cada celda está rodeada por 6 celdas contiguas (por esto las celdas generalmente se dibujan como un hexágono). Para evitar interferencia, las celdas adyacentes no pueden usar la misma frecuencia. En la práctica, dos celdas que usan el mismo rango de frecuencia deben estar separadas por una distancia equivalente a dos o tres veces el diámetro de la celda.

### 2.1.2.3 Arquitectura de la red GSM

En una red GSM, la terminal del usuario se llama estación móvil. Una estación móvil está constituida por una tarjeta SIM (Módulo de identificación de abonado), que permite identificar de manera única al usuario y a la terminal móvil, o sea, al dispositivo del usuario (normalmente un teléfono portátil).

Las terminales (dispositivos) se identifican por medio de un número único de identificación de 15 dígitos denominado IMEI (Identificador internacional de equipos móviles). Cada tarjeta SIM posee un número de identificación único denominado IMSI (Identificador internacional de abonados móviles). Este código se puede proteger con una clave de 4 dígitos llamada código PIN. Por lo tanto, la tarjeta SIM permite identificar a cada usuario independientemente de la terminal utilizada durante la comunicación con la estación base. Las comunicaciones entre una estación móvil y una estación base se producen a través de un vínculo de radio, por lo general denominado interfaz de aire. [6]



Fuente: The Communications Handbook. Segunda Edición

**Figura 2.2: Arquitectura de la una Red GSM**

Todas las estaciones base de una red celular están conectadas a un controlador de estaciones base (BSC), que administra la

distribución de los recursos. El sistema compuesto del controlador de estaciones base y sus estaciones base conectadas es el Subsistema de estaciones base (BSS).

Por último, los controladores de estaciones base están físicamente conectados al Centro de conmutación móvil (MSC) que los conecta con la red de telefonía pública y con Internet; lo administra el operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS) que gestiona las identidades de los usuarios, su ubicación y el establecimiento de comunicaciones con otros usuarios.

Generalmente, el MSC se conecta a bases de datos que proporcionan funciones adicionales:

- El Registro de ubicación de origen (HLR): es una base de datos que contiene información (posición geográfica, información administrativa, etc.) de los abonados registrados dentro de la zona del conmutador (MSC).
- El Registro de ubicación de visitante (VLR): es una base de datos que contiene información de usuarios que no son abonados locales. El VLR recupera los datos de un usuario nuevo del HLR de la zona de abonado del usuario. Los datos se conservan mientras el usuario está dentro de la zona y se eliminan en cuanto abandona la zona o después de un período de inactividad prolongado (terminal apagada).
- El Registro de identificación del equipo (EIR): es una base de datos que contiene la lista de terminales móviles.
- El Centro de autenticación (AuC): verifica las identidades de los usuarios.

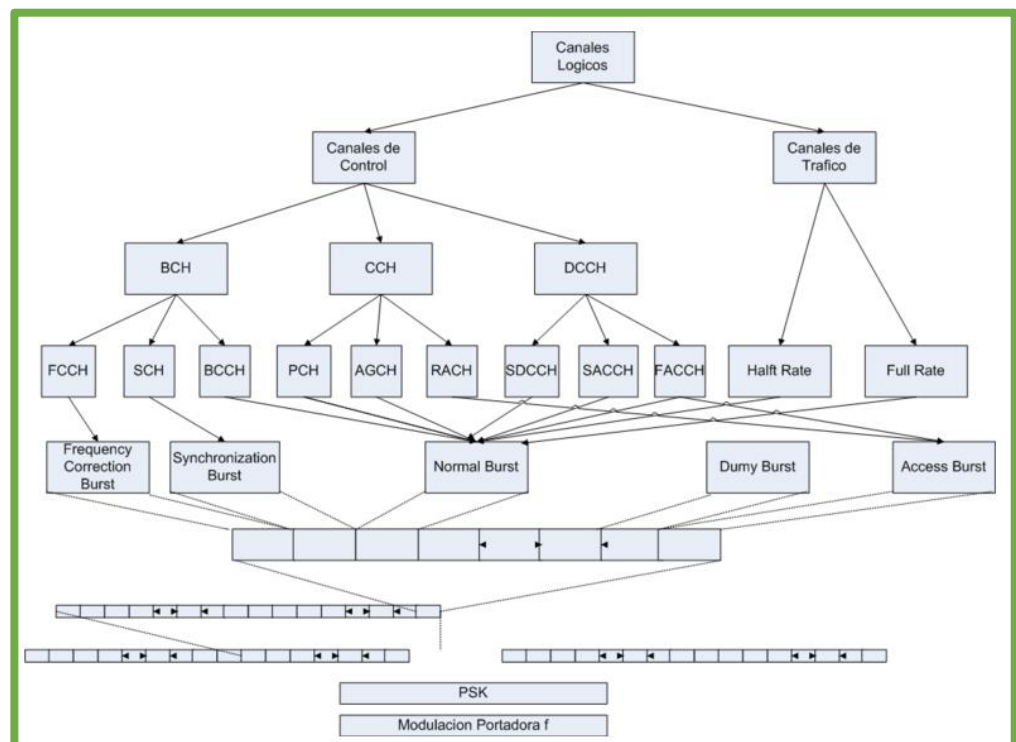


La red celular compuesta de esta manera está diseñada para admitir movilidad a través de la gestión de handovers (movimientos que se realizan de una celda a otra).

Finalmente, las redes GSM admiten el concepto de roaming: el movimiento desde la red de un operador a otra.

#### 2.1.2.4 Interfaz de Aire

Una ventaja del sistema GSM es la implementación de canales físicos y lógicos para la mejor utilización de los recursos de interfaz de aire sobre todo en señalización y datos. Los canales físicos son los encargados de transportar los mensajes que contiene la información y estos tipos de mensajes se les llama canales lógicos



Fuente: <http://www.technored.com.ar/GSM.php>

**Figura 2.3: Canales Lógicos GSM**

Los canales lógicos se dividen en dos tipos fundamentales:

- Canales de Control
- Canales de Trafico

Los canales de control son un recurso por donde van las instrucciones para el manejo del tráfico. Hay recursos compartidos y dedicados. Básicamente se dividen en tres grupos:

- Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH).
  1. Canal de control difusión (Broadcast Control Channel, BCCH): comunica desde la estación base al móvil la información básica y los parámetros del sistema.
  2. Canal de control de frecuencia (Frequency Control Channel, FCCH): comunica al móvil (desde la BS) la frecuencia portadora de la BS.
  3. Canal de control de sincronización (Synchronization Control Channel, SCCH): informa al móvil sobre la secuencia de entrenamiento (training) vigente en la BS, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas.
- Canales de control común (Common Control Channels, CCCH).
  4. Canal de aviso de llamadas (Paging Channel, PCH): permite a la BS avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.
  5. Canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH): alberga las peticiones de acceso a la red del móvil a la BS.
  6. Canal de reconocimiento de acceso (Access-Grant Channel, AGCH): procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.
- Canales de control dedicado (Dedicated Control Channels, DCCH).

7. Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel, SACCH).
8. Canal de control asociado rápido (Fast Associated Control Channel, FACCH).
9. Canal de control dedicado entre BS y móvil (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH).

Los canales de tráfico (Traffic Channels, TCH): albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.

Los canales físicos constan como dijimos de canales de radio de ancho de banda de 200KHz que multiplexan 8 time slots. En estos canales físicos se mapean los lógicos. Los 8 time slots son generados por una trama para formar tramas más complejas. [7]

### **2.1.3 Avances de la Segunda Generación Celular**

Una vez que la segunda generación se estableció, las limitantes de algunos sistemas en lo referente al envío de información se hicieron evidentes. Muchas aplicaciones para transferencia de información eran vistas a medida que el uso de laptops y del propio Internet se fue popularizando. Si bien la tercera generación estaba en el horizonte, algunos servicios tuvieron demanda previa a su llegada.

Formalmente no existe ningún estándar ni tecnología a la que se pueda llamar 2.5G, pero suelen ser denominados así a algunos teléfonos móviles 2G que incorporan algunas mejoras e implementan nuevas tecnologías como es el caso de GPRS y EDGE en redes 2G y con tasas de transferencia de datos superiores a los teléfonos 2G regulares pero inferiores a la siguiente generación de celular.

### **2.1.3.1 Servicio de Radio transmisión de Paquetes Generales (General Packet Radio Service GPRS)**

Es una evolución del estándar GSM y es por eso que en algunos casos se denomina GSM++. Dado que es un estándar de telefonía de segunda generación que permite una transición hacia la tercera generación (3G), el estándar GPRS por lo general se clasifica como 2.5G.

GPRS extiende la arquitectura del estándar GSM para permitir la transferencia de datos del paquete con una tasa de datos teóricos de alrededor de 171,2 Kbps (hasta 114 Kbps en la práctica). Gracias a su modo de transferencia en paquetes, las transmisiones de datos sólo usan la red cuando es necesario.

Para el transporte de voz, el estándar GPRS emplea la arquitectura de red GSM y provee acceso a la red de datos (especialmente Internet) por medio del protocolo IP o del protocolo X.25.

### **2.1.3.2 Tasa de Datos Mejorada para GSM evolucionada (Enhanced Data Rates for GSM Evolution EDGE)**

Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

EDGE puede alcanzar una velocidad de transmisión de 384 Kbps en modo de paquetes, con lo cual cumple los requisitos de la ITU para una red 3G. Para la implementación de EDGE por parte de un operador, la red

principal, no necesita ser modificada, sin embargo, las estaciones base, BTS, sí deben serlo. Se deben instalar trancceptores compatibles con EDGE, además de nuevos terminales (teléfonos) y un software que pueda decodificar/codificar los nuevos esquemas de modulación.

Provee hasta 3 veces la capacidad de GPRS en servicios avanzados móviles como: descarga de video, video clips, musicales, mensajes multimedia, acceso rápido a internet y e-mail.

#### **2.1.4 Tercera Generación Celular 3G**

3G es la abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o servicio universal de telecomunicaciones móviles).

Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir tanto voz como datos (una llamada telefónica o una video-llamada) y datos no-voz (como la descarga de programas, intercambio de correos electrónicos, y mensajería instantánea).

Aunque esta tecnología estaba orientada a la telefonía móvil, desde hace unos años las operadoras de telefonía móvil ofrecen servicios exclusivos de conexión a Internet mediante módem USB (Universal Serial Bus), sin necesidad de adquirir un teléfono móvil, por lo que cualquier computadora puede disponer de acceso a Internet. Existen otros dispositivos como algunos ultra portátiles (netbooks) y tablets que incorporan el módem integrado en el propio equipo.

En este punto, nos encargaremos de especificar sobre las características y ventajas de la tecnología de tercera generación celular con la pretensión de encontrar una solución al problema de baja calidad de servicio de comunicaciones en la parroquia Tarifa.

#### **2.1.4.1 Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (Universal Mobile Telecommunications System UMTS)**

Es una tecnología inalámbrica de voz y datos a alta velocidad que integra la familia de normas inalámbricas de tercera generación (3G) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. La tecnología radial utilizada en UMTS es la WCDMA, o CDMA en banda amplia. Como resultado de esto, las siglas “UMTS” y “WCDMA” a menudo se utilizan de manera intercambiable.

Aunque inicialmente esté pensada para su uso en teléfonos móviles, la red UMTS no está limitada a estos dispositivos, pudiendo ser utilizada por otros.

UMTS es una tecnología basada en Protocolo de Internet (IP) que da soporte a voz y datos en paquetes con un ancho de banda entre portadoras de 5 MHz con el cual alcanza una tasa de transferencia de datos con velocidades pico de hasta 2 Mbps y velocidades promedio de 220 a 320 Kbps cuando el usuario se encuentra caminando o conduciendo. UMTS está diseñada para entregar servicios ávidos de ancho de banda tales como transmisión multimedia, transferencias de archivos pesados y videoconferencia a una gran variedad de dispositivos, entre ellos teléfonos celulares, PDAs y computadoras portátiles. UMTS utiliza una combinación de las tecnologías Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) para hacer un uso altamente eficiente del espectro. [8]

#### **2.1.4.2 Arquitectura de la red UMTS**

El equipo UMTS debe ser compatible con el de GSM ya que el cambio de una tecnología a otra ha de ser paulatino.

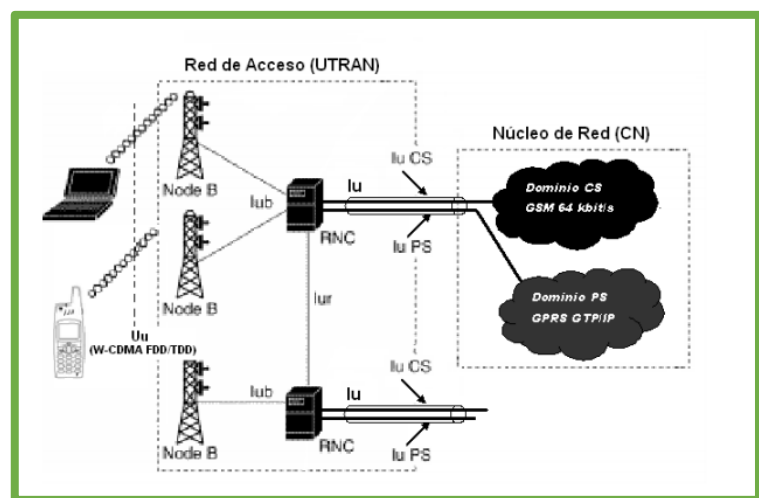
Se divide en tres partes:

Los equipos de usuario (UE)

El UTRAN

La red principal (Core Network)

El UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y el Core Network (Red principal) son consideradas la parte principal de la tecnología UMTS. Estos dos elementos están formados por todos los protocolos y modos físicos.



Fuente: [bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo3](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo3)

**Figura 2.4: Arquitectura de una Red UMTS**

El equipo de usuario o UE, también llamado terminal móvil, es el equipo que el usuario trae para lograr la comunicación con una estación base en el momento que lo desee y en el lugar donde exista cobertura. Este puede variar su tamaño y forma, sin embargo debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para que los que fue diseñado. Si un móvil trabaja bajo el sistema UMTS, debe ser capaz de acceder a la red UTRAN mediante la tecnología WCDMA para lograr la comunicación con otro móvil, con la PSNT o con un sistema diferente.

La interfaz Uu se encuentra entre el equipo del usuario y la red UTRAN.

La Red de Acceso de Radio UMTS (UTRAN) es el nombre de la red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS. Tiene dos interfaces que lo conectan con la red central y con el equipo de usuario. La interfaz lu y la interfaz Uu respectivamente.

La red UTRAN consiste en varios elementos, entre los que se encuentran los RNC (Radio Network Controller) y los Nodos B (en UTRAN las estaciones base tienen el nombre de Nodos B). Ambos elementos forman el RNS (Radio Network Subsystem).

RNC (Radio Network Controller) controla uno o varios Nodos B. EL RNC se conecta con el MSC mediante la interfaz luSC o con un SGSN mediante la interfaz luPS. La interfaz entre dos RNC's es lógica, por lo tanto no es necesario que exista una conexión directa entre ellas.

Una RNC es comparable con las funciones de una BTS en una red GSM.

Nodo B es el equivalente en UMTS del BTS de GSM. El Nodo B puede dar servicio a una o más celdas y es el encargado de comunicar los UE de una célula UMTS vía radio, mediante la interfaz WCDMA. El Nodo B se encuentra en la capa física de la interfaz aérea, es por ello que debe ejecutar funciones de codificación de canal, modulación, "*spreading*".

La interfaz lu puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de una red central, todo dependiendo de si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basada en conmutación de



paquetes. Para el primer caso, la interfaz Iu-CS es la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz Iu-PS la encargada de conectar la red de acceso de radio con el SGSN de la red central.

Red CENTRAL (Core Network) se encuentra formada por varios elementos, pero solo se explicaran los de mayor interés. El MSC (pieza central en una red basada por conmutación de circuitos) y el SGSN (pieza central basada en una red basada en conmutación de paquetes).

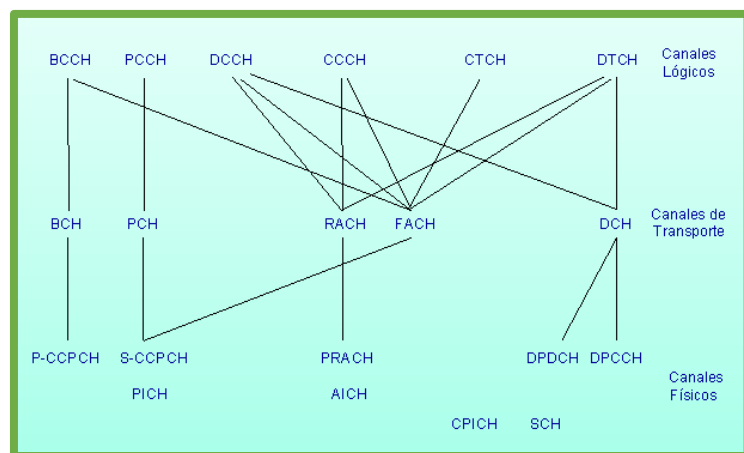
MSC (Mobile Switching Center) es el mismo usado en una red GSM como por UMTS, es decir la BSS de GSM y el RNS de UTRAN se pueden conectar por el mismo MSC. Como principales funciones está encargado de la coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC y de los manejos de proceso de handover.

SGSN (Serving GPRS Support Node) se conecta con el UTRAN mediante la interfaz Iu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz Gb. Además, contiene información como ubicación de los UE, identificaciones temporales, etc.

#### **2.1.4.3 Interfaz Radio**

Desde la implementación del sistema UMTS hasta la actualidad, este ha pasado por constantes avances y mejoras tanto en velocidades de transmisión de datos, como en eficiencia. Esto ha sido posible debido a los cambios significativos en la arquitectura de red, interfaces de aire entre el equipo de usuario y el Nodo B.

En UMTS los canales lógicos son los que engloban la información dependiendo de su finalidad, esto es, si son de control o de tráfico, y, a su vez, si son de tráfico se separan de acuerdo a si es tráfico de voz o tráfico de paquetes de datos. Los canales de transporte se usan para proteger a los canales lógicos mientras son transmitidos y el canal físico es el espacio por donde el canal de transporte viajará mientras llega a su destino.



Fuente: <http://www.umtsworld.com/technology/UMTSChannels.htm>

**Figura 2.5: Correspondencia de canales en una red UMTS**

- Canales Lógicos de control

BCCH (Broadcast Control Channel, DL): información general de configuración de la red

PCCH (Paging Channel, DL): aviso a móviles

CCCH (Common Control Channel, DL y UL): otros tipos de señalización común

DCCH (Dedicated Control Channel, DL y UL): señalización dedicada

- Canales Lógicos de tráfico

DTCH (Dedicated Traffic Channel, DL y UL): información dedicada

CTCH (Common Traffic Channel, DL): información punto-multipunto Canales lógicos

- Canales de Transporte comunes

BCH (Broadcast Channel, DL)

PCH (Paging Channel, DL)

RACH (Random Access Channel, UL)

FACH (Forward Access Channel, DL)

- Canales de Transporte dedicados

DCH (Dedicated Channel, DL y UL) Canales de transporte

- Canales Físicos asociados a canales de transporte

P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel): transmite el BCH

S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel): FACH y PCH

DPDCH (Dedicated Physical Data Channel): DCH, parte de tráfico

DPCCH (Dedicated Physical Control Channel): DCH, parte de señalización (de nivel físico)

- Canales Físicos No asociados a canales de transporte

CPICH (Common Pilot Channel): piloto

SCH (Synchronization Channel): primario (P-SCH) y secundario (S-SCH): sincronización

PICH (Paging Indication Channel): se usa junto con PCH

AICH (Access Indication Channel): se usa junto con RACH

### **2.1.5 Avances de la Tercera Generación Celular**

Tras la implantación del sistema UMTS, el concepto de teléfono móvil ha cambiado radicalmente pasando de ser un simple instrumento de comunicación para convertirse en un terminal multimedia con múltiples capacidades para la comunicación y el entretenimiento, gracias a la gran cantidad de servicios disponibles que crecen día a día. Como la capacidad de conectarse a Internet, transferencia y reproducción de audio y video, videoconferencias y demás.

Además, para zonas a las que la telefonía fija no llega o lo hace de una manera deficiente, como zonas apartadas de las ciudades, pueblos alejados de grandes las grandes metrópolis o países en vías de desarrollo; la tecnología UMTS habilita la posibilidad de llevar servicios de telecomunicaciones avanzados a todas las personas que se encuentran en esas zonas de poca cobertura a nivel de telecomunicaciones. Por poner un ejemplo, la tecnología UMTS permite administrar un negocio desde un lugar carente de telefonía fija ya que el propietario puede mantenerse en contacto con los clientes y proveedores mediante la red UMTS.

Debido a estos factores, los sistemas de tercera generación se actualizan/mejoran a través de "releases" por parte de la 3GPP, el cual es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones con el fin principal de asentar las especificaciones de un sistema global de comunicaciones de tercera generación 3G para teléfonos móviles basándose en las especificaciones del sistema evolucionado GSM dentro del marco del proyecto internacional de telecomunicaciones móviles 2000 de la ITU.[9]

En la Release 5 se incluye HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access). Optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, puede alcanzar tasas de hasta 14 Mbps.

En la Release 6 se incluye HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access). Evolución de HSDPA con alta tasa de transferencia de subida (de hasta 7.2 Mbit/s).

En la Release 7 se incluye HSPA+, también conocida como Evolved High-Speed Packet. Velocidades de hasta 56 Mbit/s de bajada y 22 Mbit/s de subida usando tecnología MIMO y modulación 64QAM. [10]

### **2.1.6 Cuarta Generación Celular**

Como hemos visto durante este capítulo, la tecnología celular está en constante evolución. Ya que es la única forma en la que puede estar a la par de la demanda de tecnológica por parte de la población. Debido a esta demanda tecnológica, nace la tecnología LTE (Long Term Evolution) que mejora significativamente al último lanzamiento UMTS (HSPA+).

Puede alcanzar velocidades pico de subida de datos de 50Mbps y de bajada de datos de 100Mbps teóricos. Posee un ancho de banda entre 20-100MHz y opera completamente con el protocolo IP.

En el Ecuador, actualmente las operadoras que ofrecen servicios LTE son la empresa estatal CNT y las empresas privada Claro y Movistar. CNT ofrece LTE en las bandas de frecuencia de 1700MHz y 2100MHZ. Claro opera LTE en la banda de 1700 y 1900MHz y Movistar en la banda de 1900MHz. [11]

Aunque la implementación de esta tecnología en nuestro país está recién empezando, no es muy difícil imaginar que en un futuro no muy lejano todo el territorio nacional este cubierto con esta tecnología.

## **2.2 Planificación, Análisis y métodos de Optimización**

En esta sección mencionaremos los procedimientos para determinar el mejor sitio con el propósito de seleccionar el mejor lugar para una

estación UMTS, además de los métodos de recolección de datos en Tarifa y los principales parámetros para mejorar el servicio actual en dichollugar.

### **2.2.1 Planificación**

Como todo proyecto de ingeniería, la implementación de una nueva tecnología UMTS en un sitio el cual está limitado a una tecnología anterior como lo es GSM, no está exento de una planificación previa. Por lo tanto, es oportuno mencionar la forma en la que se deberá proceder al momento de desplegar un nuevo sistema en un sitio determinado.

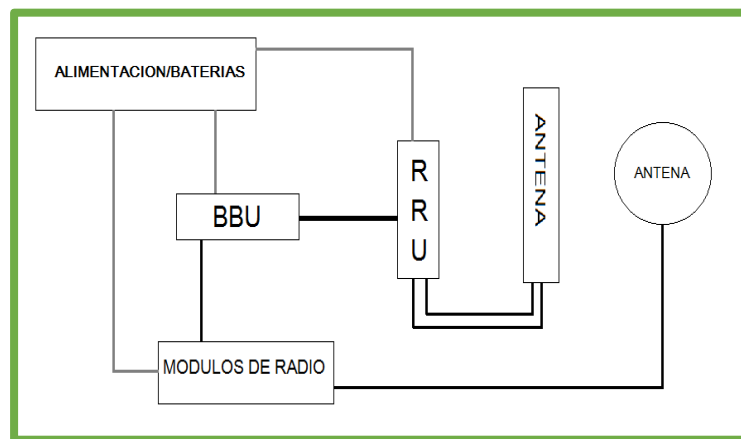
Dentro de dicha planificación, se deben considerar algunos factores como el terreno y geografía donde se podría instalar los equipos para una estación UMTS, además, inspeccionar el lugar para observar si es viable usar infraestructura propia del sitio, tales como edificios, casas de varios pisos de altura, o cualquier lugar que pueda brindar un ambiente idóneo para la propagación sin mayores obstáculos con el fin de minimizar el impacto sobre la comunidad al no tener que colocar torres auto soportadas o estructuras de mayor envergadura.

Este procedimiento tiene un nombre dentro de planificación de proyectos. Inspección técnica del lugar o TSS (Technical Site Survey) el cual consiste en una serie de pasos los cuales verifican tanto la viabilidad técnica como la económica para determinar si un sitio en particular goza del potencial para comenzar un proyecto en el.

Luego de seleccionar el mejor sitio para la implementación de los equipos de telecomunicaciones debemos considerar otros aspectos relacionados con el servicio de telefonía. Se deberá dimensionar la red para un número de usuarios máximos de esta forma evitar eventos indeseables en el servicio como llamadas caídas o no establecidas. De igual forma se debe considerar los

handovers necesarios para que el servicio sea ininterrumpido y escoger una topología de la red para que sea tanto eficiente como económicamente viable.

Por esta razón, se debe seleccionar equipos de telecomunicaciones que cumplan con los requerimientos de la red propuesta.



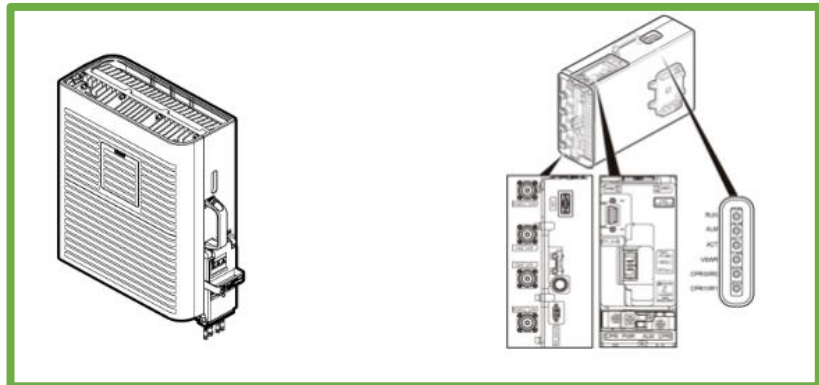
Fuente: Diseño propio

**Figura 2.6: Diagramas de Conexiones Físicas de Equipos de Telecomunicaciones**

En la figura mostrada se explica de manera general las conexiones físicas de los equipos de telecomunicaciones en una estación UMTS. A continuación detallaremos los bloques involucrados.

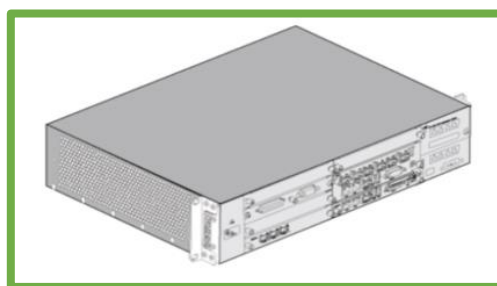
- **RRU** (Unidad de Radio Remota). Es la encargada de recibir la señal óptica proveniente de la fibra que se interconecta a la BBU y realizar la modulación de esta señal sobre la frecuencia de operación del sistema para que esta a su vez sea transmitida por el sistema radiante. Las capacidades de este varía dependiendo del fabricante y el uso para el que se requiera. Usualmente estos se colocan cerca de las antenas para que la distancia entre ellos sea pequeña y no existan pérdidas considerables en el cable RF que conecta a este con la antena.

[12]



Fuente: Lineamientos de Proyectos 2G/3G/4G Claro 2015  
**Figura 2.7: Distribución de espacios en un RRU**

- **BBU** (Unidad de Banda Base). la cual es la Unidad de Banda Base que convertirá la señal de transmisión que llega al nodo vía microonda y procesa la información para traslado al siguiente bloque el cual es la RRU, además brindara funciones de control y señalización del NodoB, también realiza la conexión del sitio a la RNC correspondiente para el proceso de autenticación y servicios disponibles para el usuario final. Con el propósito de simplificar la explicación sólo se tomará en cuenta el equipo principal y no las tarjetas que deben colocarse en la unidad. [13]



Fuente: Lineamientos de Proyectos 2G/3G/4G Claro 2015  
**Figura 2.8: BBU y su distribución de tarjetas**

- **Antenas Tipo Panel.** Para la propagación de ondas en telefonía celular se usan las antenas tipo panel puesto que son muy direccionales ya que la mayoría de su potencia radiada es



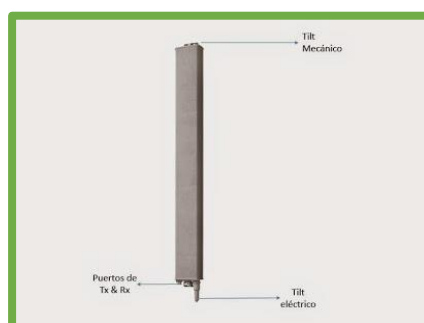
una sola dirección ya sea en el plano horizontal o vertical. Las antenas Flat Panel pueden ser fabricadas en diferentes valores de ganancia de acuerdo a su construcción. Esto puede proveer excelente directividad y considerable ganancia. Las antenas tipo panel tienen partes fundamentales para el funcionamiento. Se debe considerar que la antena tiene un ángulo horizontal conocido como el Azimut y un ángulo vertical o ángulo de inclinación conocido como Tilt, en las antenas paneles existen 2 tipos de Tilt.

#### 1. Tilt Eléctrico.

El tilt eléctrico es básicamente una herramienta útil de radio frecuencia para regular la dimensión del lóbulo de radiación emitido por la antena. Es el que se encarga que el área de cobertura sufra una reducción o aumento uniforme del lóbulo en la dirección del azimut de la antena.

#### 2. Tilt Mecánico.

Es el Angulo de inclinación que se encarga de variar el patrón de cobertura de la antena, Cuando la antena está inclinada hacia abajo, lo llamamos *DownTilt*, que es el uso más común en las zonas de cobertura. Si el inclinación es hacia arriba (zonas de relieve montañoso u edificios que superen la altura de la torres), se denomina *UpTilt*.



Fuente: [https://www.academia.edu/TILT\\_ELECTRICO/TILT\\_MECANICO](https://www.academia.edu/TILT_ELECTRICO/TILT_MECANICO)

**Figura 2.9: Localización de los Tilt en una antena Tipo Panel**

Adicionalmente, los puertos de Tx y Rx son los encargados de recibir la información y transmitirla desde la unidad de control conocida como RRU. [14]

Los demás bloques que se debería analizar para obtener un concepto integral sobre las conexiones físicas en una estación no entrarán en nuestro estudio con el propósito de agilizar la comprensión de nuestro proyecto y enfocarnos en las áreas de mayor relevancia como la obtención de la información, análisis del mismo y la optimización de los principales indicadores.

### **2.2.2 Análisis**

Luego de planificar el reconocimiento físico del lugar, dimensionar los parámetros necesarios para tener un servicio continuo y adecuado, además de identificar los componentes tanto de control como del sistema radiante, es momento de analizar el servicio de telefonía existente en Tarifa.

Para esto, usaremos equipos de medición y recolección de información, así como recorrer el lugar con el fin de obtener datos reales del sitio. Como se trata de una prueba *outdoor* (en exteriores), mediante pruebas móviles podremos comenzar con el análisis.

El proceso de Drive Test (DT) es un recorrido en un vehículo con un equipo de recolección de datos el cual almacenará una gran cantidad de información para luego ser procesada por un software denominado de post procesamiento el mismo que generará reportes, gráficas y muchos más elementos para que el técnico que se encuentre analizándolos pueda interpretarlos y emitir criterios para solucionar o mejorar el nivel de rendimiento de una red GSM/UMTS. [15]

#### **2.2.2.1 Equipos y Conexiones**

Para realizar un DT es necesario contar con ciertos equipos que se detallan a continuación.

- Laptop: este equipo requiere ser muy rápido en su procesamiento de datos, tener una gran capacidad de disco y suficiente memoria RAM para poder cargar mapas y gráficas sin problemas, puertos USB, batería en buen estado, y con un sistema operativo compatible con el software de medición y post procesamiento.
- Teléfonos móviles: estos pueden ser de varias tecnologías y marcas las mismas que serán soportadas por el equipo de DT. Los teléfonos deben tener instalados un software de ingeniería y drivers propietarios compatibles con el equipo de DT, este será el encargado de recolectar toda la información de una llamada, un proceso de datos o un proceso de modo en espera entre la BTS y el móvil es decir el interface aire. En muchas ocasiones los terminales están dentro de una caja de aislamiento con antenas externas o en soportes vehiculares. En nuestro caso, usamos el Sony Ericsson W995.



**Figura 2.10: Sony Ericsson W995**

- GPS: se encargará de recolectar las coordenadas de todos los puntos del DT para poder adjudicarle a cada una la información correspondiente. En nuestro caso usamos el GARMIN GPS18x USB.



**Figura 2.11: GPS GARMIN**

- Modem: Este equipo nos servirá para recolectar información sobre el servicio de paquete de datos en el sitio. Usamos el Sierra Wireless AirCard 313U.



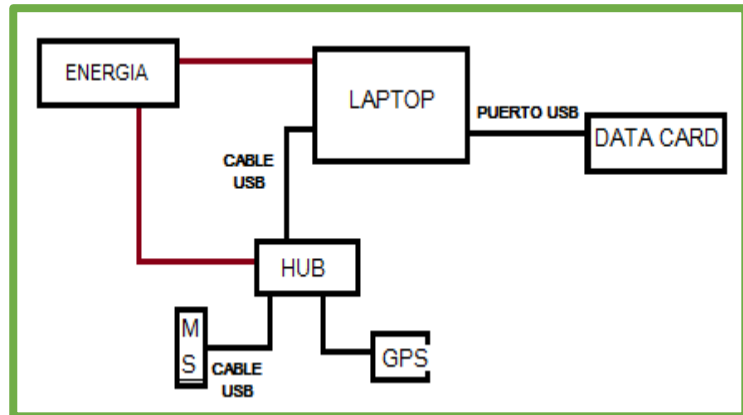
**Figura 2.12: Data Card SIERRA WIRELESS**

- Equipo adicional: Equipos de alimentación como Inversores de voltaje para proporcionar energía a los equipos dentro del vehículo, así como extensiones para mayor cantidad de puertos USB, cables para conectar los celulares a la laptop son de igual manera importantes al momento de realizar un DT, sin olvidar las tarjetas SIM correspondientes al momento de efectuar las pruebas de voz y datos requeridas.



**Figura 2.13: Cables USB, Hub e Inversor de Voltaje**

Luego de identificar los equipos que se usaran, debemos detallar la forma de conectarlos.



Fuente: Diseño propio

**Figura 2.14: Diagrama de Conexiones de equipos para DT**

#### 2.2.2.2 Procedimiento para realizar el DT

Una vez que se encuentre conectado el equipo de DT se inicia la recolección de los datos, existen dos modalidades usadas para realizar DT.

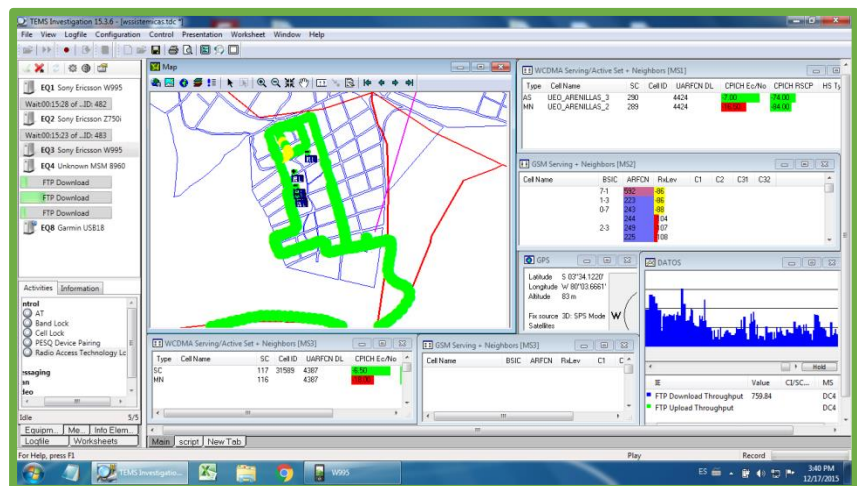
1.- Tratar de realizar el DT evitando pasar muchas veces sobre la misma calle es decir no repetir la ruta o sobre escribir la misma varias veces.

2.- Colocar en pausa la recolección cuando ya se ha pasado por una ruta determinada.

Es necesario realizar una ruta previa para el DT o en su caso delimitar la zona donde se realizará la evaluación. Cuando se realiza el DT en cualquier lugar primero se debe escoger las avenidas largas en un sentido, luego en otro sentido para posteriormente ir tejiendo las zonas que se han creado con las avenidas largas.

Los archivos que serán grabados no deberán ser mayores a los 8 Mbytes ya que si se almacenan archivos de mayor tamaño y estos se pierden por desconexión o falla del equipo la repetición de la ruta será mayor. Verificar cada 5 minutos el estado de las conexiones para no tener sorpresas posteriores.

Existen varias pantallas y parámetros que deben ser considerados en un DT, los mismos que serán revisados periódicamente durante la toma de datos para verificar que todo marcha correctamente.



Fuente: TEMS INVESTIGATION 15.3.4

**Figura 2.15: Interfaz al momento de realizar un DT en TEMS INVESTIGATION**

En la figura anterior, observamos lo siguiente: de lado izquierdo la cantidad de equipos conectados a la laptop. En la parte central, un mapa con el recorrido realizado en el momento. En la parte central inferior parámetros de WCDMA y GSM. También, se observa un cuadro con la latitud y longitud del lugar donde se encuentra el equipo de medición. Finalmente, en el costado derecho una pantalla con parámetros WCDMA y GSM y otra pantalla que

muestra la velocidad de carga y descarga de paquetes en kbps. Es importante mencionar que cada equipo se destina para una labor, ya sea para recopilar información en una banda determinada (850MHz/1900MHz), como en una tecnología en particular (WCDMA/GSM).

### **2.2.2.3 Post Procesamiento**

Revisando un poco la parte de post procesamiento con las herramientas especializadas para cada equipo de DT, es decir cada marca propietaria de un equipo de recolección de datos de DT posee una herramienta de post procesamiento la cual tiene muchas cosas en las que se puede realizar un análisis más exhaustivo de un DT, considerando la información de eventos, recreación del DT en un momento dado, visibilidad del scanner al mismo tiempo, así como los parámetros de la red en ese punto y las estaciones vecinas que reconoce el móvil en un punto dado y la capacidad de presentar reportes y en algunos casos posibilidad de crear los propios reportes del usuario.

Para el presente proyecto se usó la herramienta de procesamiento complementaria TEMS Discovery y Atoll de Forsk para la obtención de gráficas luego de la simulación.

Atoll es un software multi-tecnológico de red inalámbrica para diseño y optimización que es compatible con los operadores inalámbricos en todo el ciclo de vida de la red, desde el diseño inicial hasta el despliegue y optimización.

### **2.2.3 Optimización**

En el caso de la optimización, esta es posible cuando ya existe una red desplegada. Este proceso se ejecuta en dos circunstancias: inmediatamente después de que la red ha sido implementada, o cuando se desea mejorar la capacidad de la red debido al incremento de usuarios en la zona de afectación o

cuando se desea cubrir mayor terreno, es decir, ampliar la cobertura del servicio. Este proceso debe mejorar el desempeño de la red, reducir costos de operación, aumentar las prestaciones del servicio ya sea cambiando equipos con mejores características para de esta forma ofrecer una mejor calidad y rendimiento de la red y mantener satisfechos a los usuarios de la misma.

Para optimizar debemos conocer el concepto de KPI (Key Performance Indicator) o Indicadores Clave de Desempeño. Pero antes, es necesario mencionar que la cantidad de KPI's es muy variado tanto para una red GSM como para una UMTS, así que se han escogido solo algunos de estos pero que, se determinaron como los más relevantes para nuestro análisis.

De forma general, Los KPI's son métricas que se utilizan para cuantificar los resultados de una determinada acción o estrategia en función de unos objetivos predeterminados. En telecomunicaciones, específicamente, en telefonía celular, los KPI's nos ayudan a monitorear la red, encontrar problemas y resolver los mismos.

Para el desarrollo del presente proyecto, tomaremos en cuenta los siguientes indicadores para GSM:

- RxLevel. Es la potencia de señal percibida por el MS. Es la forma de medir la calidad de cobertura de la red. Se mide en dBm. Se considera valores alrededor de -70dBm como óptimos; por el contrario, valores por sobre los -90dBm son considerados malos.
- RxQual. Representa la calidad de voz de una llamada. Se miden en valores entre 0-7. Entre más bajo mejor.
- C/I. Siglas que representan la potencia de la portadora con respecto al ruido. Si este valor es muy bajo se perderá la cobertura ya que los terminales no podrán reconocer la señal



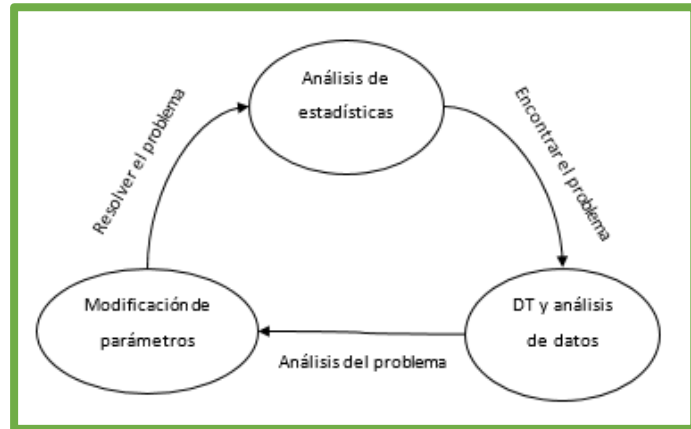
del ruido. Es la relación entre la intensidad de señal de la celda que ofrece el servicio y la intensidad de la señal de interferencia no deseada.

- BSIC. Es el parámetro que indica que sector está brindando el servicio donde sea que se encuentre el terminal.

Para el desarrollo del presente proyecto, tomaremos en cuenta los siguientes indicadores para UMTS:

- RSCP (Received Signal Code Power). Es el nivel de potencia del CPICH (dBm). Este indicador nos permite conocer como es la cobertura de la red en el lugar donde se esté. Valores alrededor de -83dBm son considerados buenos. Por sobre los -90dBm se consideran malos.
- $E_c/I_o$  (Energy chip Over all the Noise). Es la energía por chip recibida dividida por la densidad de potencia de ruido. Este indicador nos ayuda a conocer como es la calidad del servicio en un área determinada. Entre más cercano al 0dBm mejor. Se diferencia del C/I ya que este considera la interferencia de banda ancha, la interferencia co-canal incluyendo la del sector.
- PSC (Primary Scrambling Code). Es el indicador que muestra la identificación de cada NodoB. Es decir, que estación está dando el servicio y que domina en un punto y sirve para identificar el origen de la celda que da cobertura.
- Throughput. Mide la velocidad de carga y descarga en una sesión de datos en UMTS. Este indicador es muy relevante cuando se trata de 3G, ya que en este es donde se nota con claridad las prestaciones de la tecnología 3G en comparación con 2G. [13]

Entonces, podemos resumir el proceso de optimización de la siguiente forma:



Fuente: Diseño Propio

**Figura 2.16: Diagrama resumido del proceso de optimización celular**

## CAPÍTULO 3

### 3. DESEMPEÑO ACTUAL DE LOS SMA Y DISEÑO DE UNA ESTACIÓN UMTS

En el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de las pruebas realizadas mediante la descarga de archivos de un servidor determinado para obtener muestras de velocidades en UMTS y GSM, además, de las mediciones de los KPI's mencionados mediante llamadas con duración de 30 segundos en la parroquia de Tarifa con el fin de conocer el estado actual de las tecnologías en el sitio y ofrecer una solución para mejorar el servicio presente.

#### 3.1 Objetivo de la prueba

El principal objetivo es mostrar los resultados de cobertura y calidad que están presentes en la parroquia de Tarifa. Así como, comparar el desempeño de la red entre los operadores privados y el operador estatal mediante el análisis de los principales indicadores tanto en 2G y 3G, los cuales se definieron en el capítulo anterior.

Esta comparación ayudará a entender de mejor manera los aspectos técnicos de arquitectura e infraestructura de la red que se mencionaron previamente. Además de comprender el servicio de voz y datos existentes en Tarifa.

Adicionalmente, debemos realizar un análisis comparativo con valores óptimos de desempeño y en caso de que no se cumpla con ellos, ofrecer una solución que tenga como propósito al menos alcanzar valores mínimos para un servicio óptimo.

### 3.2 Valores esperados en 2G y 3G

TECNOLOGIA	KPI	VALORES ESPERADOS	
		UMBRAL	AREA RECORRIDA
2G	RxLevel	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 92\%$
	RxQual	$\leq 4$	$\geq 92\%$
	C/I	$\geq 16$	$\geq 92\%$
	Best Server	S/M	$\geq 92\%$
	Throughput	$\geq 100\text{Kbps}$	promedio
3G	RSCP	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 92\%$
	EC/IO	$\geq -12$	$\geq 92\%$
	Best Server	S/M	$\geq 92\%$
	Throughput	$\geq 2\text{Mbps}$	promedio

Fuente: FORMATO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE SMA NOVIEMBRE 2014

**Tabla 5: Umbrales de desempeño óptimo**

### 3.3 Muestras obtenidas en GSM

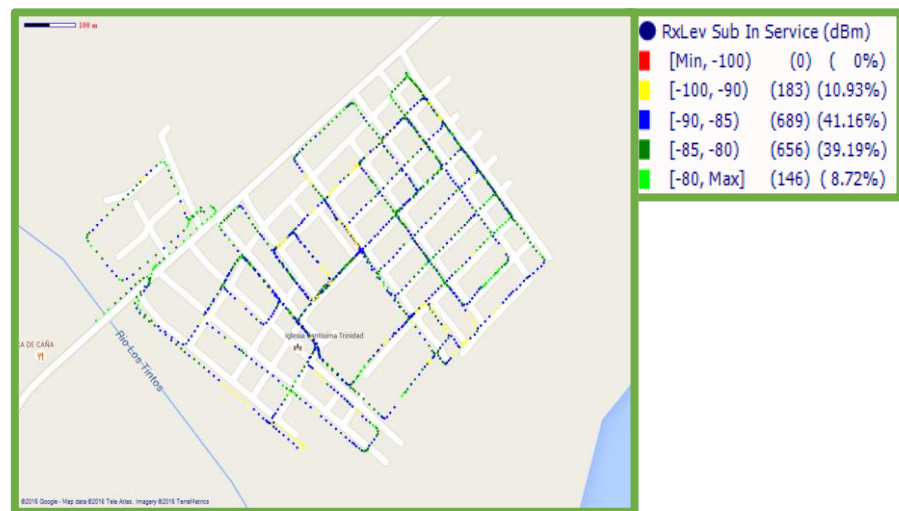
#### 3.3.1 RxLevel. Calidad de Cobertura

En la figura 3.1 se muestra los niveles de RxLevel de la operadora Movistar, el cual muestra que solo el 8.72% del recorrido tiene niveles óptimos de calidad de cobertura sobre  $-80\text{ dBm}$ . En cambio la mayor parte de la zona analizada, el 80.35% muestra niveles regulares de calidad de cobertura. Con el 10.93% se muestran niveles bajos de calidad los cuales están por debajo de  $-90\text{dBm}$ . Este último porcentaje es muy alto, ya que se aconseja que al menos el 95% de una zona determinada se encuentre por encima del  $-85\text{dBm}$ .

En la figura 3.2 tenemos los niveles mostrados de la operadora Claro en Tarifa. Se nota que el servicio es muy bueno, ya que con el 67.89% se perciben niveles por sobre los  $-80\text{dBm}$ . Esto es

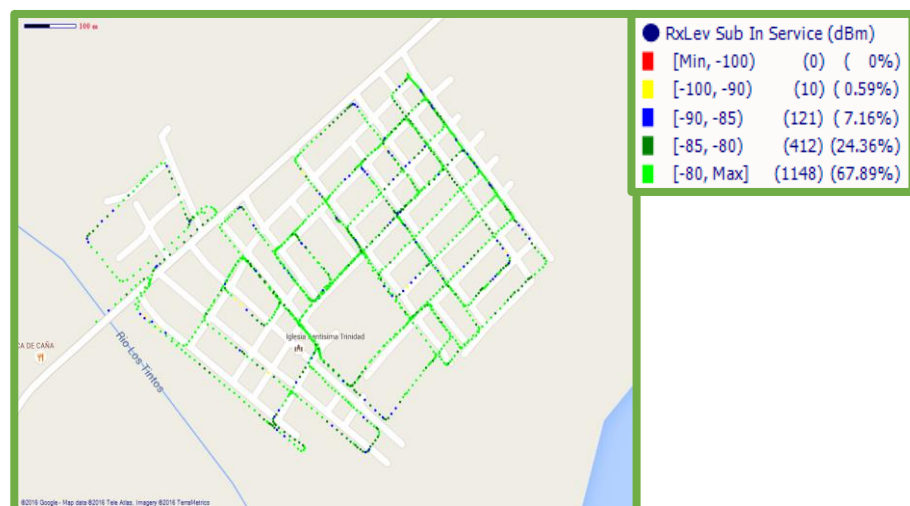
predecible debido a que en el sitio se encuentra una estación de dicha operadora.

Finalmente, en la figura 3.3 tenemos los niveles de calidad de cobertura por parte de la operadora estatal CNT, podemos notar que el servicio es deficiente ya que el 56.77% del sector censado está por debajo de -85dBm.



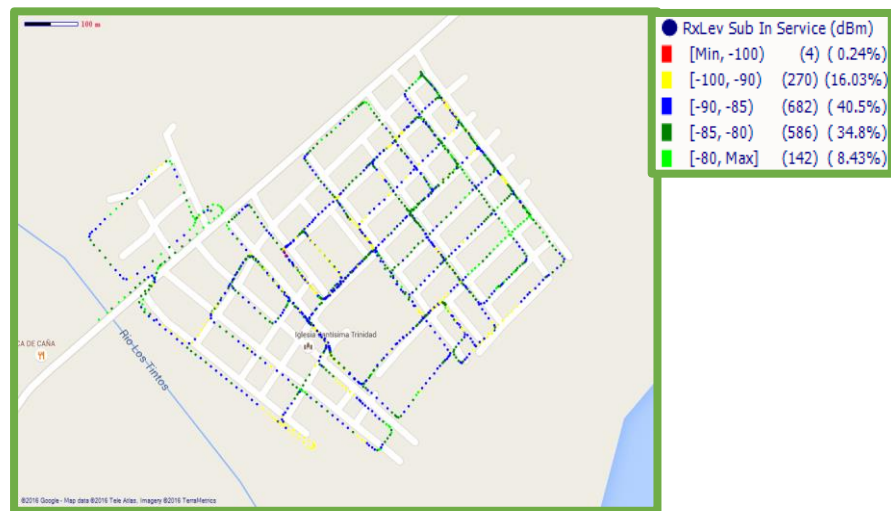
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.1: Niveles de RxLevel. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.2: Niveles de RxLevel. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

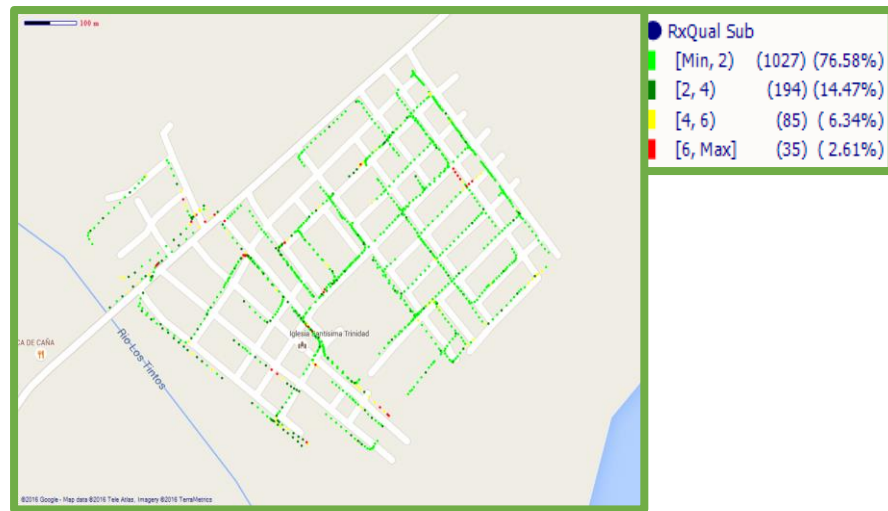
**Figura 3.3: Niveles de RxLevel. Operadora CNT**

### 3.3.2 RxQual. Calidad de Voz

Como definimos anteriormente, el RxQual representa la calidad de voz de una llamada en un sitio determinado de cobertura. Con esto en mente, observamos en la figura 3.4 los niveles de calidad de voz de la operadora Movistar los cuales muestran niveles menores a 4 en el 91.05% del recorrido lo cual es bueno en cuanto a calidad de voz.

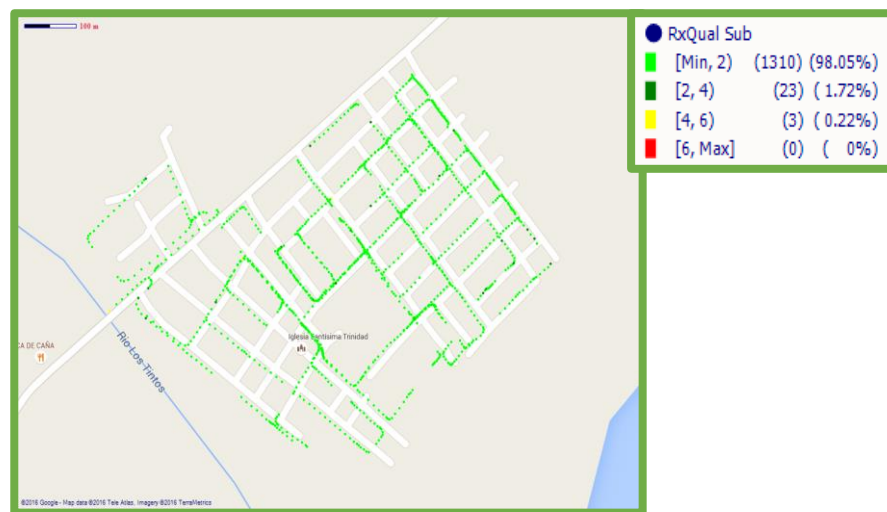
En la figura 3.5, tenemos los niveles de calidad de voz de la operadora Claro la cual presenta excelentes niveles de RxQual con un 98.05% del área censado con valores menores a 2. Esto es claramente esperado debido a la localización de una estación GSM en Tarifa.

Adicionalmente, la figura 3.6 muestra los valores obtenidos de RxQual por parte de la operadora CNT con valores menores a 4 en un 92.56% del área recorrida. Valores muy similares a los de la operadora Movistar.



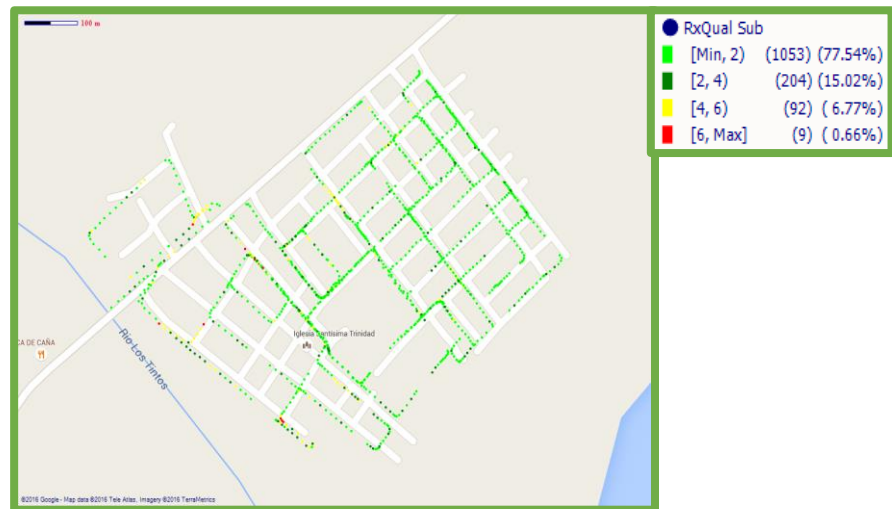
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.4: Niveles de RxQual. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.5: Niveles de RxQual. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.6: Niveles de RxQual. Operadora CNT**

### 3.3.3 C/I. Relación entre la Potencia de Portadora y Potencia de Interferencia

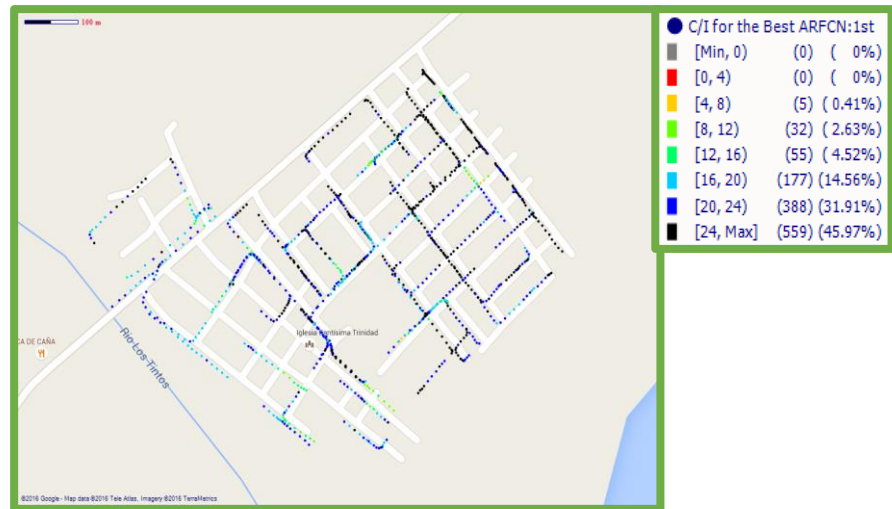
La relación de la potencia de la portadora y la potencia de la interferencia o ruido no es más que el valor que nos indica cuanto puede estar un MS antes de que este pierda la conexión con la BTS. En otras palabras, entre más bajo, el servicio tanto de calidad como de cobertura será deficiente. Dicho esto, en la figura 3.7 tenemos los valores de C/I de Tarifa por parte de la operadora Movistar, en el cual notamos mucha diversificación en cuanto al valor se refiere. Quiere decir que, en diferentes puntos de Tarifa no tendremos el mismo C/I, lo que nos indica que el servicio es irregular y muy propenso a fallar.

Por otro lugar, la operadora Claro, la cual está representada en la figura 3.8, tenemos valores de C/I de casi el 100%, lo cual nos indica que sin importar el lugar donde nos encontremos, tendremos acceso a la red y podremos usar el servicio GSM.

Finalmente, la figura 3.9 nos muestra los valores proporcionados por la operadora CNT, los cuales son parecidos a los de Movistar.

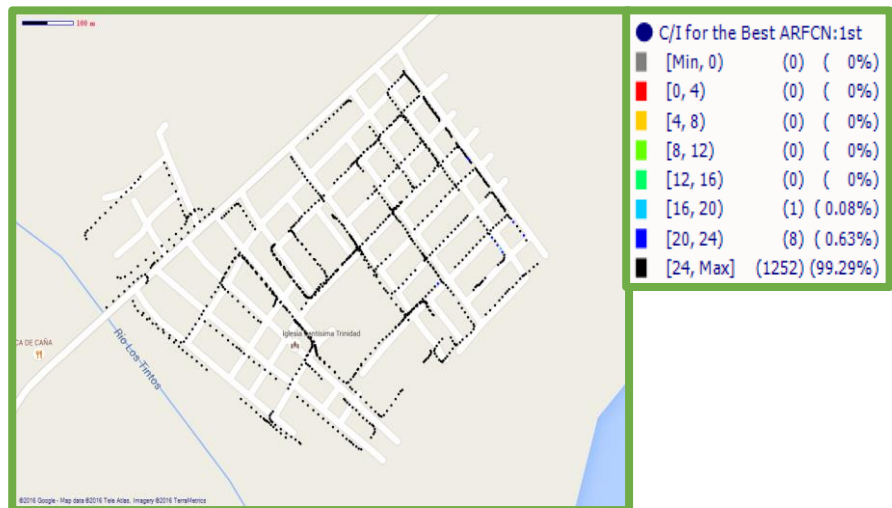


Por lo tanto, el servicio se verá afectado debido a los bajos niveles de C/I.



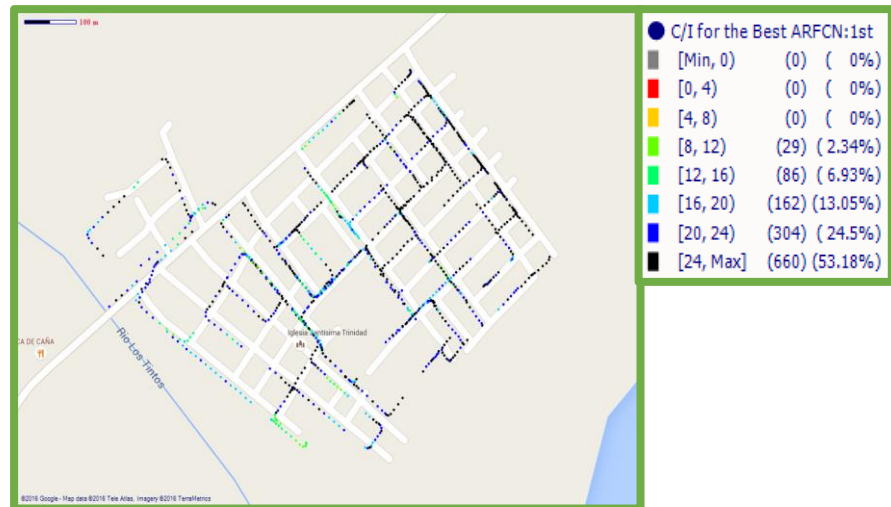
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.7: Niveles de C/I. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.8: Niveles de C/I. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.9: Niveles de C/I. Operadora CNT**

### 3.3.4 BSIC. Sector Servidor Predominante

El BSIC es un código que indica la frecuencia central a la que opera un sector y es de gran relevancia al analizar servicios de voz, ya que si en un sitio determinada existen mucho BSIC, o sectores servidores, el terminal tendrá problemas al reconocer uno en particular y estará propenso a fallar al momento de establecer una conexión con la BTS; por lo tanto, el servicio requerido fallará. Debido a esto, es de gran importancia que no haya solapes de un sector con otro, de esta forma siempre habrá uno predominante.

En la figura 3.10, la operadora Movistar tiene 3 sectores que sirven al sitio, pero son de diferentes estaciones. Esto es fácilmente reconocible ya que la numeración de los sectores no tiene cercanía numérica entre sí y existen solape entre los sectores debido a que no se encuentra una estación definida en el sitio.

Por el contrario, en la figura 3.11, la operadora Claro tiene 4 sectores que están claramente demarcados y separados entre sí. Adicionalmente, debido a la clara separación de sectores es predecible la localización física de la BTS.

Finalmente, la figura 3.12 de la operadora CNT presenta problemas similares a Movistar, pero con la adición de que existen mayores servidores en el lugar, lo cual podría ocasionar fallos en el servicio.



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.10: Sector servidor predominante. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.11: Sector servidor predominante. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.12: Sector servidor predominante. Operadora CNT**

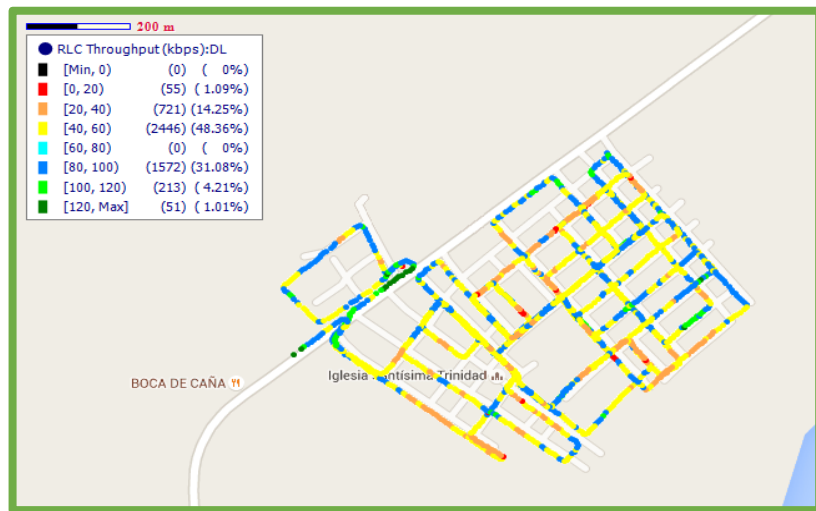
### 3.3.5 Throughput. Velocidad de descarga efectiva

*Throughput* o velocidad de descarga de datos en la capa de enlace. Esta métrica es de gran prioridad ya que esta nos dice que tan rápido estamos descargando información de la nube lo cual lo hace imprescindible para la vida actual. Como mencionamos en el capítulo anterior, GSM es limitado en cuanto a datos se refiere, por lo tanto las velocidades de descarga serán consideradas bajas a pesar de que esta se encuentre en una zona de optima de desempeño.

La figura 3.13 nos muestra a la operadora Movistar, con un rendimiento muy irregular en toda el área recorrida, con solo 1.01% de Tarifa cubierta con velocidades mayores a 120 kbps.

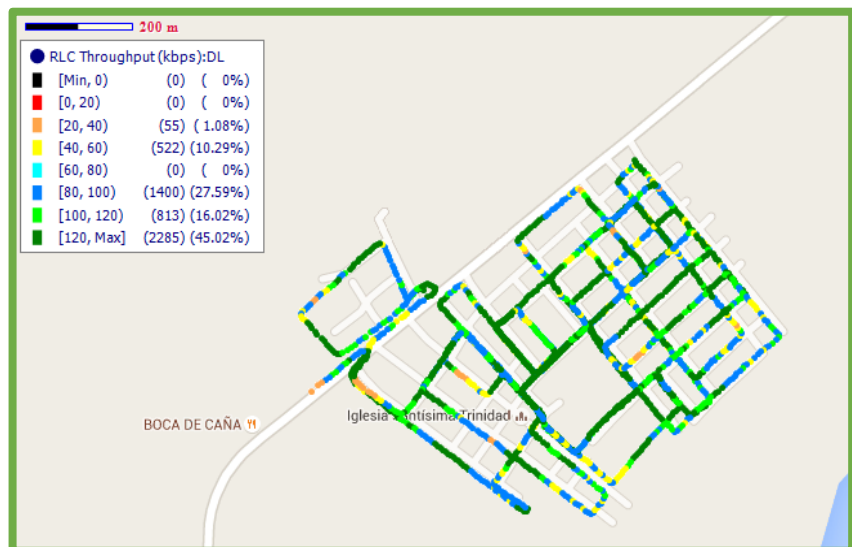
La figura 3.14 de la operadora Claro, por el contrario opera con velocidades mayores a 120kbps en el 45.02% del área recorrida y otro 43.61% con velocidades mayores a 80kbps.

Finalmente, la figura 3.15 de la operado CNT con velocidades entre 20 y 60kbps en el 65.27% del área recorrida.



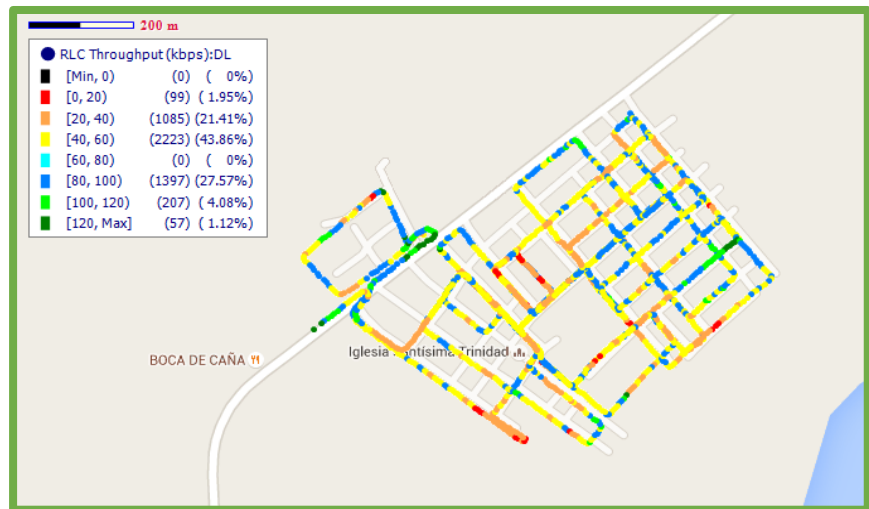
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.13: Velocidad de descarga. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.14: Velocidad de descarga. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.15: Velocidad de descarga. Operadora CNT**

### 3.4 Muestra obtenidas en UMTS

#### 3.4.1 RSCP. Cobertura de la Red

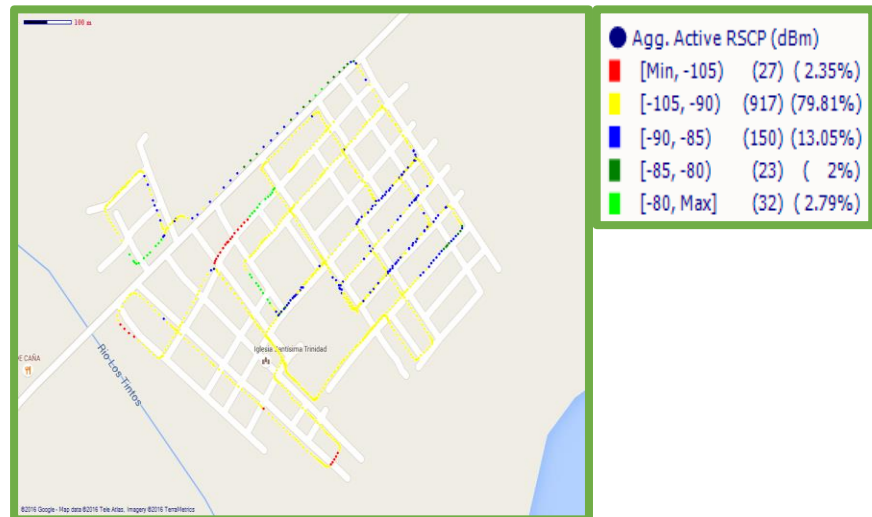
Análogamente con RxLevel en GSM, este parámetro nos brinda una idea de que tan buena es la cobertura de la red en un lugar determinado.

La figura 3.16 nos muestra valores de RSCP de la operadora Movistar muy malos con el 82.16% del área recorrida con valores menores a -90dBm. Claramente, se necesita una mejora en el servicio, ya sea re direccionando sectores para cubrir Tarifa o implementando una estación en el lugar.

En la figura 3.17, correspondiente a la operadora Claro se puede observar el contraste debido a que en el lugar se encuentra una NodoB, por esta razón observamos valores de RSCP mayores a -85dBm en el 98.14% de la parroquia Tarifa.

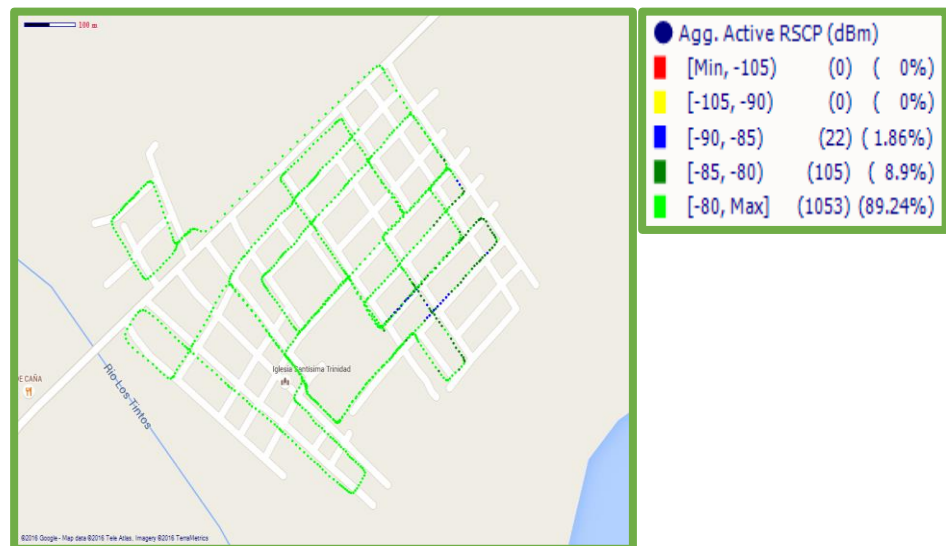
La figura 3.18, proveniente de la operadora CNT nos muestra valores de RSCP pésimos menores a -90dBm en el 87.98% del sitio.

Por valores como estos es la finalidad de nuestro proyecto, ofrecer una solución para mejorar el servicio de voz en Tarifa.



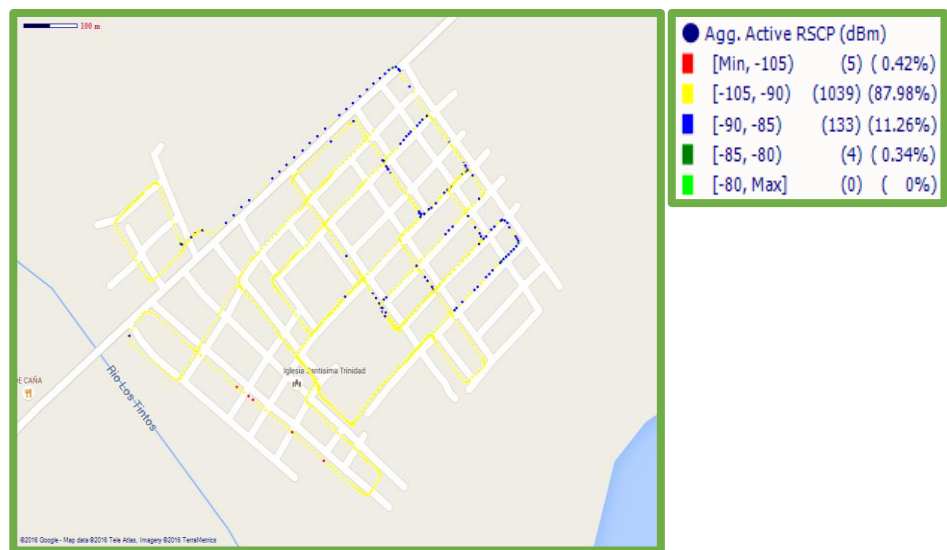
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.16: Niveles de RSCP. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.17: Niveles de RSCP. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.18: Niveles de RSCP. Operadora CNT**

### 3.4.2 EC/IO. Calidad de servicio

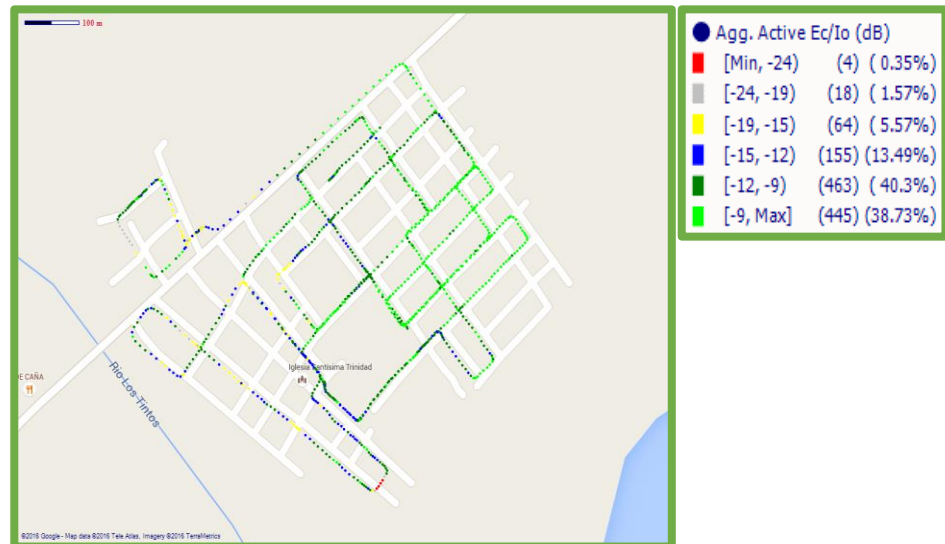
Como pudimos notar en el punto anterior, tanto GSM como UMTS tienen parámetros similares, lo cual no es de extrañar ya que la arquitectura de ellos es similar en varios aspectos. Dicho esto, el  $E_c/I_0$  es la relación de la potencia de la portadora con respecto a todo el ruido presente. Explicado de otra forma, esto nos dirá los valores máximos y mínimos los cuales puede recibir el terminal antes de que este no distinga entre la señal y el ruido.

Empezando con la figura 3.19, la operadora Movistar presenta en Tarifa valores de  $E_c/I_0$  muy dispersos ya que solo el 38.73% del área recorrida tiene valores por sobre  $-9$ dB.

La figura 3.20, de la operadora Claro, al contrario que la primera muestra valores por encima de  $-9$ dB en 85.61% del área censada. Esto nos dice que, no afecta de manera significativa el lugar donde nos encontremos para hacer uso de la red y sus servicios.

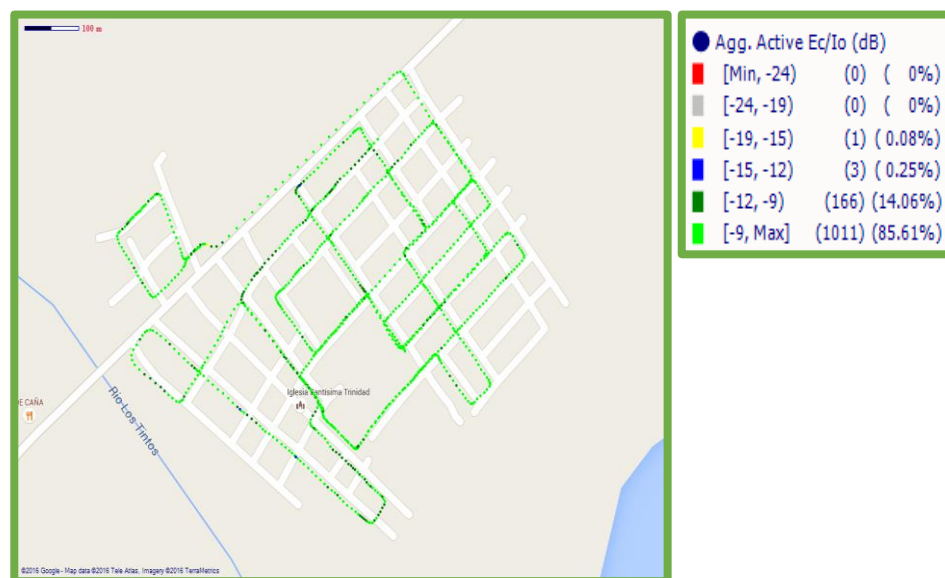


En último lugar, figura 3.21 proveniente de la operadora CNT, de forma similar a Movistar, presenta deficiencias en este aspecto, ya que solo el 32.12% arroja valores superiores a los -9dB.



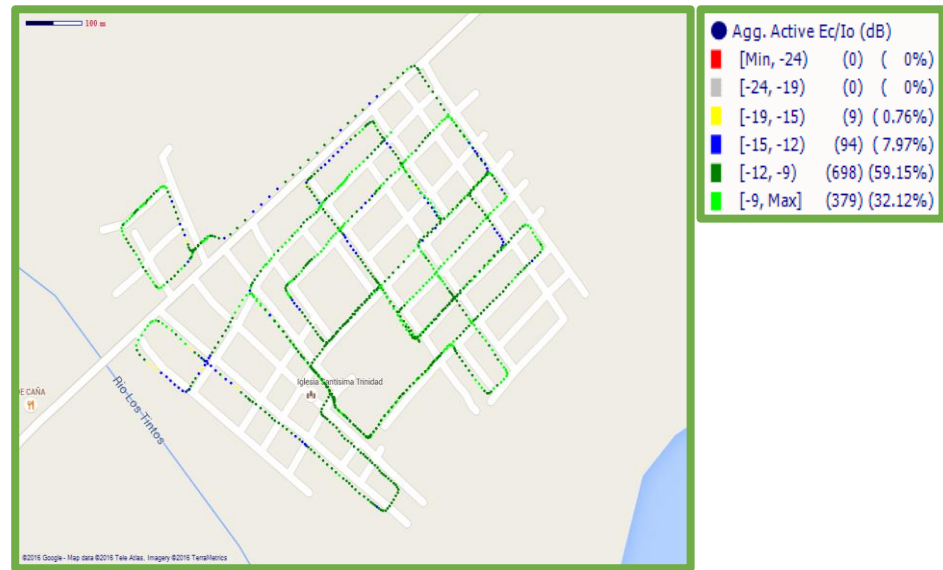
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.19: Niveles de Ec/Io. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.20: Niveles de Ec/Io. Operadora Claro**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.21: Niveles de Ec/Io. Operadora CNT**

### 3.4.3 PSC. Código de Sector Servidor

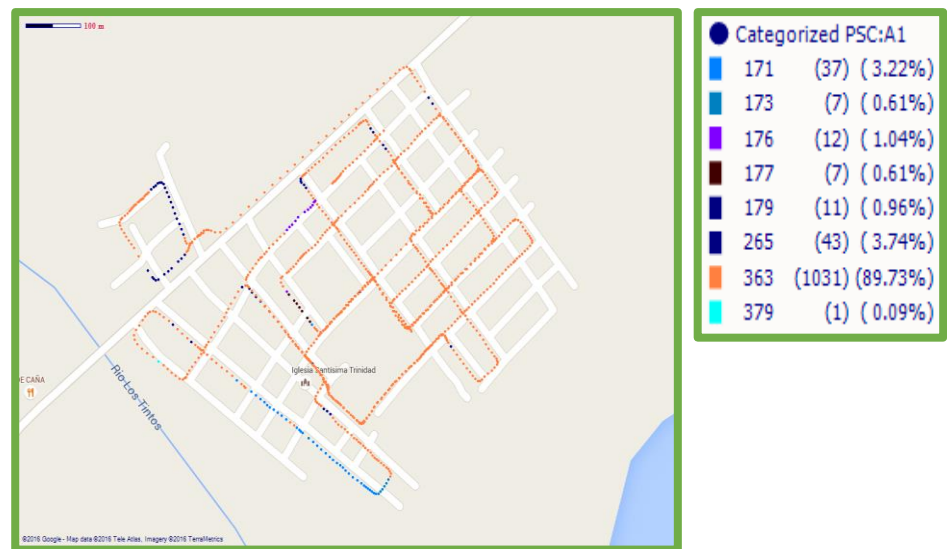
Nuevamente tenemos un parámetro similar en UMTS a uno mostrado en GSM. El PSC sirve para identificar el origen de la celda que da cobertura. Muchos PCS diferentes incrementa la probabilidad de generar fallos en el servicio.

La operadora Movistar, en la figura 3.22, a pesar de predominar un PSC con el 89.73% de área cubierta, también se encuentran varios PCS de otras celdas, lo cual aumenta el riesgo de eventos en el sitio, ya sean llamadas caídas o bloqueadas.

La operadora Claro, en la figura 3.23, tiene bien definido los sectores que proveen el servicio en Tarifa, los cuales se reparten el área total de acuerdo a la posición y configuración física de las antenas localizadas en el nodo.

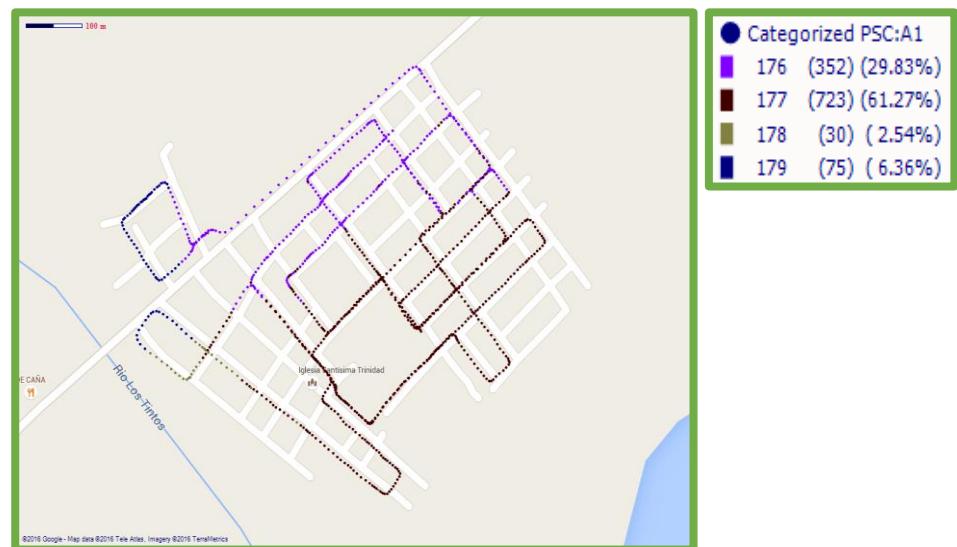
Finalmente, la figura 3.24 de la operadora CNT, tiene casi el 100% del territorio cubierto por un solo PSC. Cabe mencionar que la cantidad alta o baja de PSC en un lugar determinado no garantiza

la calidad de servicio. Simplemente nos muestra los sectores que existen en dicho lugar.



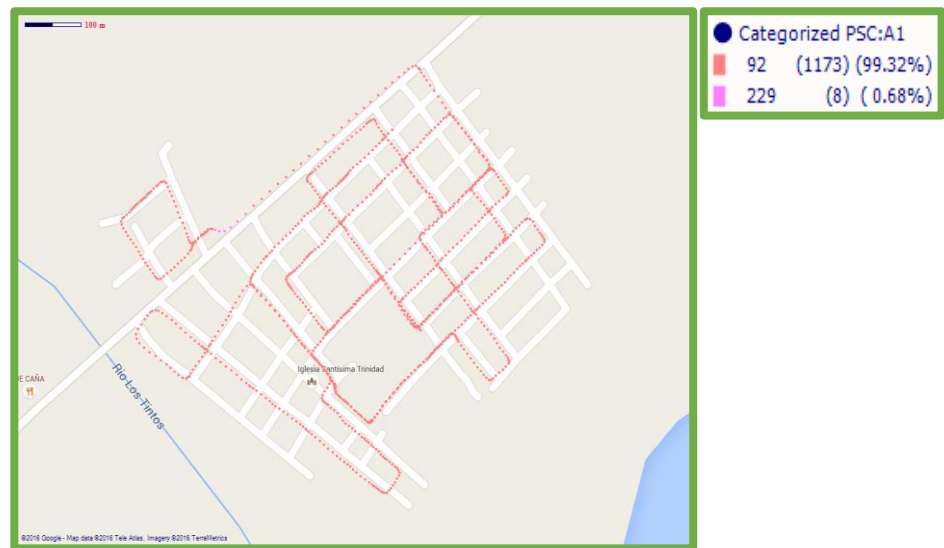
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.22: Sector Servidor Primario. Operadora Movistar**



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.23: Sector Servidor Primario. Operadora Claro**



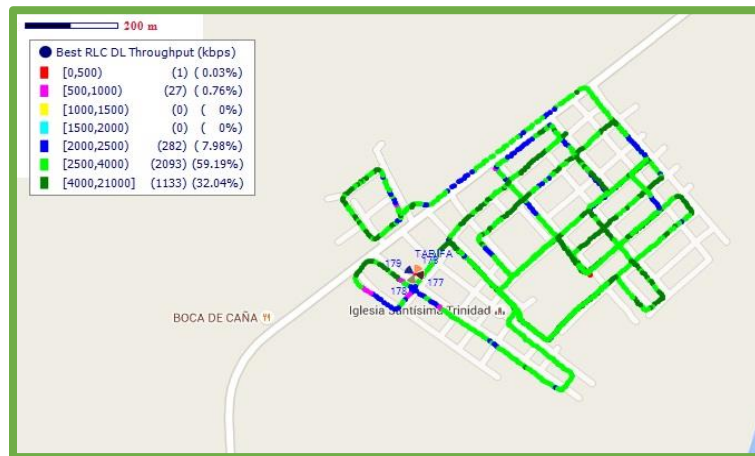
Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.24: Sector Servidor Primario. Operadora CNT**

#### 3.4.4 Throughput. Velocidad de descarga efectiva

Paralelamente, el *throughput* en UMTS deberá ser mayor a GSM con velocidades teóricas de 14Mbps, pero conociendo las limitaciones tanto tecnológicas, ambientales y de equipos, esta deberá ser de al menos 1Mbps ya que, en nuestro país, esto se considera como velocidades de “banda ancha”. Además, debido a la falta de un nodo en Tarifa por parte de las operadoras CNT y Movistar, la muestra se limitará a mostrar los valores de la operadora Claro, ya que como previamente se mencionó, es la única operadora que dispone de una estación en el sitio.

Como vemos en la figura 3.25, el 99.21% del área recorrida dispone de velocidades de descarga superiores a 2Mbps, lo cual es un valor aceptable de acuerdo a los requerimiento actuales para velocidades para navegación.



Fuente: TEMS Discovery

**Figura 3.25: Velocidad de descarga. Operadora Claro**

### 3.5 Resultados de las pruebas

Luego de establecer los valores esperados y realizar las pruebas en campo mediante DT, obtuvimos el desempeño de los principales indicadores tanto en 2G como en 3G.

A continuación se mostraran los resultados obtenidos y se mostrara una tabla comparativa detallando si cumple o no los valores esperados.

TECNOLOGIA	KPI	VALORES ESPERADOS		VALORES ENCONTRADOS			CUMPLIMIENTO		
		UMBRAL	AREA RECORRIDA	MOVISTAR	CLARO	CNT	MOVISTAR	CLARO	CNT
2G	RxLevel	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 92\%$	47.84%	92.25%	43.23%	NO	SI	NO
	RxQual	$\leq 4$	$\geq 92\%$	91.05%	99.77%	92.56%	NO	SI	SI
	C/I	$\geq 16$	$\geq 92\%$	92.44%	100%	90.73%	SI	SI	NO
	Best Server	S/M	$\geq 92\%$	100%	100%	100%	SI	SI	SI
	Throughput	$\geq 100\text{Kbps}$	promedio	55Kbps	110Kbps	35Kbps	NO	SI	NO
3G	RSCP	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 92\%$	4.79%	98.14%	0.34%	NO	SI	NO
	EC/IO	$\geq -12$	$\geq 92\%$	79.03%	99.67%	91.27%	NO	SI	NO
	Best Server	S/M	$\geq 92\%$	100%	100%	100%	SI	SI	SI
	Throughput	$\geq 2\text{Mbps}$	promedio	-	3.5Mbps	-	-	SI	-

**Tabla 6: Resultados reales y cumplimiento de parámetros**

### **3.6 Escenario previo a la implementación**

Durante este capítulo se han expuesto las problemáticas que se vive en Tarifa con respecto al servicio móvil avanzado. Se han detallado las pruebas realizadas, el objetivo de las mismas y los resultados obtenidos. A su vez, se ha tratado de justificar los beneficios de este proyecto, los cuales afectarían de manera positiva a los habitantes de la localidad, ya que tendrían mayor disponibilidad al momento de escoger una operadora y no estar limitado a solo aquella que tiene una estación en el lugar.

Mediante la implementación de una estación UMTS, se llevaría a Tarifa a una época de mayor conexión no solo con el resto del Ecuador, sino con el mundo. La carencia de este tipo de tecnología, que lleva mucho tiempo en el país, perjudica significativamente el estilo de vida de los habitantes de varias formas: tecnológica, social, económica, sin mencionar la parte humanitaria, puesto que están limitados del uso de computadoras y tabletas con una baja conexión a la red. Esto también ralentiza una respuesta inmediata a una posible emergencia.

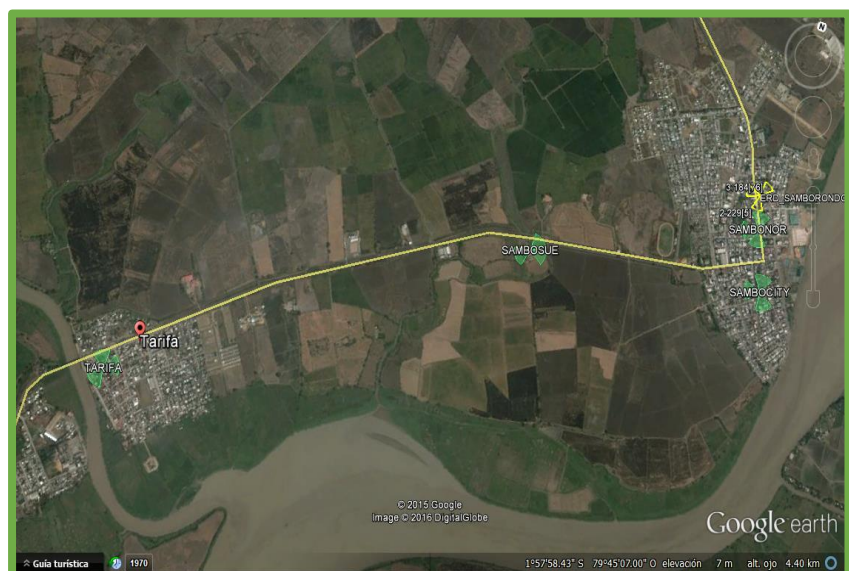
Este proyecto amplía la cobertura de una red ya existente en el país, la cual ha sido exitosamente implementada con resultados excelentes y acorde a los requerimientos de demanda de servicios. Sin disponer de una solución como esta, es muy posible caer en la obsolescencia ya que la tecnología está constantemente evolucionando con el propósito de ofrecer mejores y más recursos. Por lo tanto, la red que se desea implementar no solo debe ser eficiente y satisfacer a la población objetivo sino ser escalable. Esto quiere decir que no debería presentar mayores inconvenientes cuando el número de usuarios crezca o existan nuevos avances tecnológicos. De esta forma, siempre estar actualizados y no necesitar de grandes cambios estructurales para disponer del mejor servicio posible.

### 3.6.1 Ubicación de estaciones cercanas previas a la implementación

La problemática de calidad y cobertura en Tarifa ha sido ampliamente detallada durante este capítulo. Con el fin de probar la solución, utilizaremos una herramienta de predicción de cobertura detallando ciertos parámetros. A pesar de la gran fiabilidad del software, este es ajeno a ciertos factores que en un escenario real se deberían considerar, tales como, superficies reflectivas, edificios colocados luego de la implementación, cambios de terreno y demás factores que no se pueden predecir.

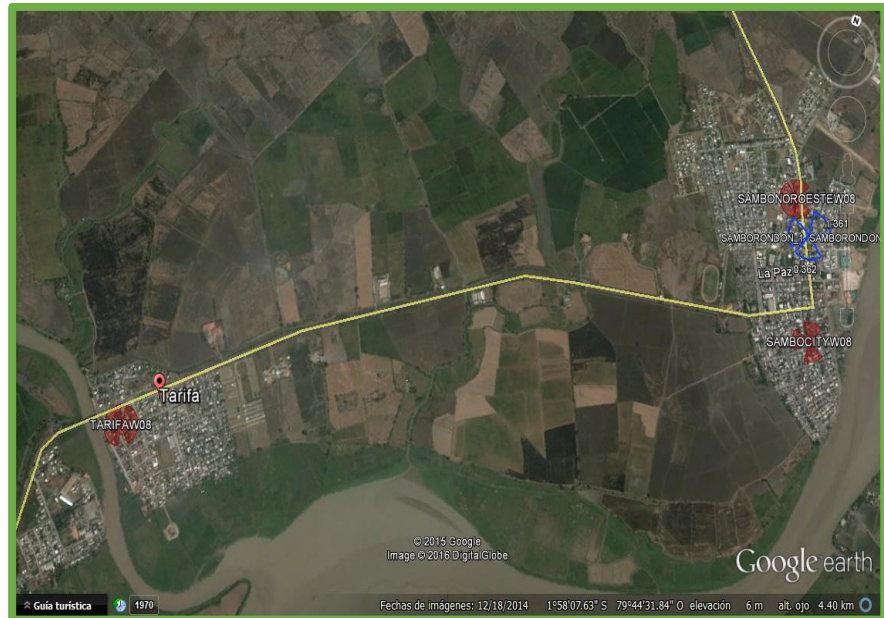
Tarifa es un lugar que se encuentra rodeada de grandes extensiones de áreas agrícolas, las cuales tienen mucha vegetación que podría causar deterioro de la señal y posibles fallos en el servicio. Por esta razón, es necesario conocer la ubicación de estaciones cercanas a Tarifa con la finalidad de prevenir inconvenientes al momento de establecer los parámetros para la predicción.

Mostraremos la ubicación de estaciones de las operadoras Claro y Movistar ya que, son las que poseen mayor cantidad de radio bases desplegadas en el país.



Fuente: Google Earth

**Figura 3.26: Sitios cercanos GSM a Tarifa**



Fuente: Google Earth

**Figura 3.27: Sitios cercanos UMTS a Tarifa**

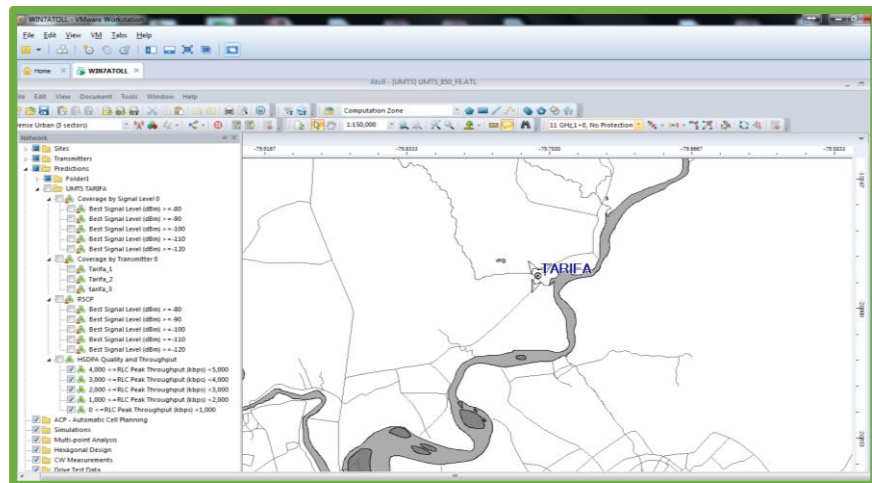
Como se ha mencionado anteriormente, estas señales podrían interferir en el desempeño del servicio introduciendo interferencia modificando los valores de  $C/I$  y  $E_c/I_0$ . A su vez debemos considerar que al momento de realizar las simulaciones respectivas no debemos de olvidar que es uno de los muchos comportamientos que podría tener la red al momento de ser implementada ya que además de las variables físicas, los equipos a usar varían su funcionamiento de acuerdo a su marca y modelo.

Consecuentemente, los parámetros a modificar en las simulaciones serán de radiofrecuencia y físicos, como orientación, altura de las antenas y demás. Pero asegurando que esto no interferirá con una solución efectiva y eficiente hasta cierto punto, puesto que, para tener una red optima, debe pasar por el proceso de optimización, el cual detallamos en el capítulo anterior.



### 3.7 Escenario posterior a la solución UMTS

Debido a la naturaleza de nuestro proyecto, que es una simulación de una solución propuesta, usaremos una herramienta de predicción de redes celulares Atoll de Forsk. La interfaz se muestra a continuación.



Fuente: Software de Simulación Atoll

**Figura 3.28: Interfaz gráfica Atoll de la pantalla principal del proyecto UMTS Tarifa**

Este software de predicción nos permite definir diferentes escenarios para simular problemas de calidad y cobertura en una región determinada, considerando su geografía, tipo de población; urbana o rural, y demás condiciones que nos dan un resultado muy acertado a la realidad.

Aquí se define el tipo de configuración que se usaran en las antenas, el modelo de las mismas, tilt mecánico, tilt eléctrico, azimut, altura y localización; con el propósito de obtener una predicción de la cobertura y calidad sobre la región geográfica de Tarifa.

#### 3.7.1 Configuración de antenas

A continuación se mostrará los valores que se establecieron para la simulación.

PARÁMETRO	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3
MODELO	DBXLH-6565C-VTM	DBXLH-6565C-VTM	DBXLH-6565C-VTM
ALTURA	21 metros	21 metros	21 metros
TILT MECÁNICO	0	0	0
TILT ELÉCTRICO	4	1	6
AZIMUT	45°	200°	330°

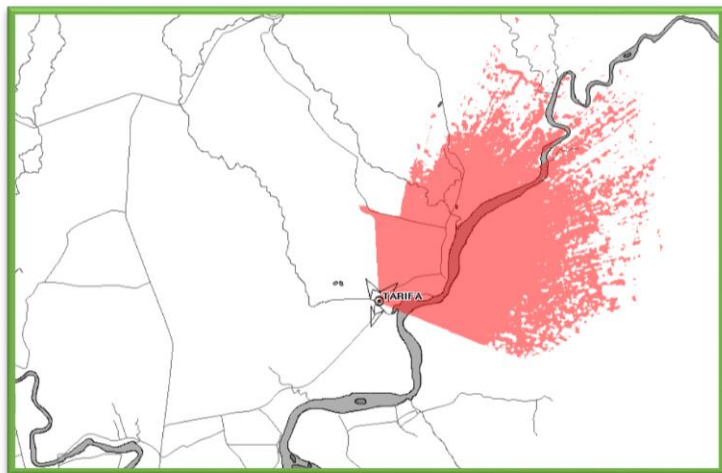
**Tabla 7: Configuración de antenas**

Estos valores han sido ampliamente probados dentro de las simulaciones realizadas.

### 3.7.2 Resultados de las simulaciones

A continuación se detallaran los resultados obtenidos en las simulaciones utilizando los parámetros RF mencionados previamente. La herramienta toma los valores y realiza los cálculos internamente para proporcionar el mejor escenario.

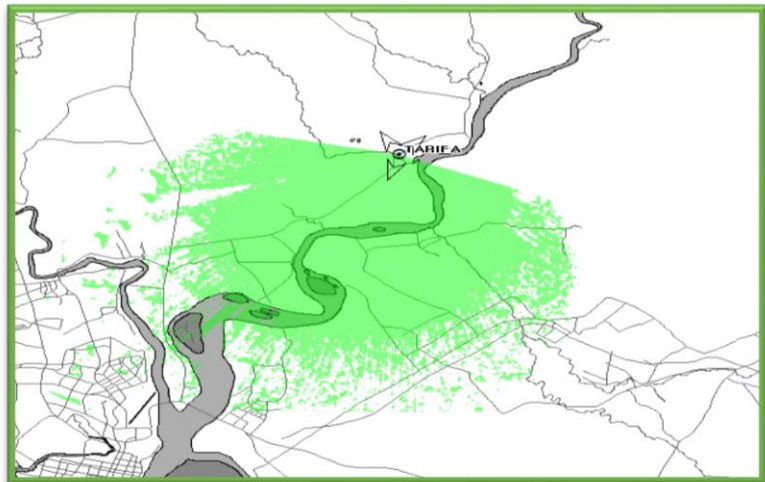
En la figura 3.29 se muestra el lóbulo de radiación del sector 1, en el cual se observa que se cubre toda el área residencial de Tarifa.



Fuente: Software de predicción Atoll

**Figura 3.29: Área de radiación Sector 1**

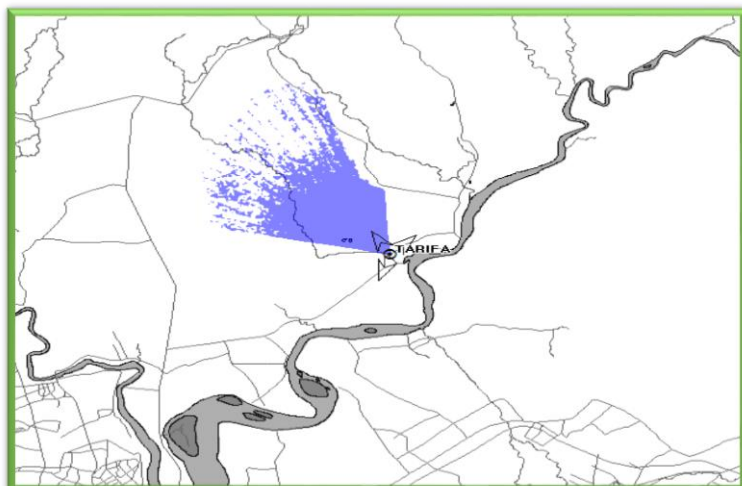
En la figura 3.30 se muestra el lóbulo de radiación del sector 2, se escogió que este cubra más área debido a que podría servir a los recintos aledaños y proporcionar un mejor servicio en dichos lugares, permitiendo ampliar objetivo del proyecto.



Fuente: Software de predicción Atoll

**Figura 3.30: Área de radiación Sector 2**

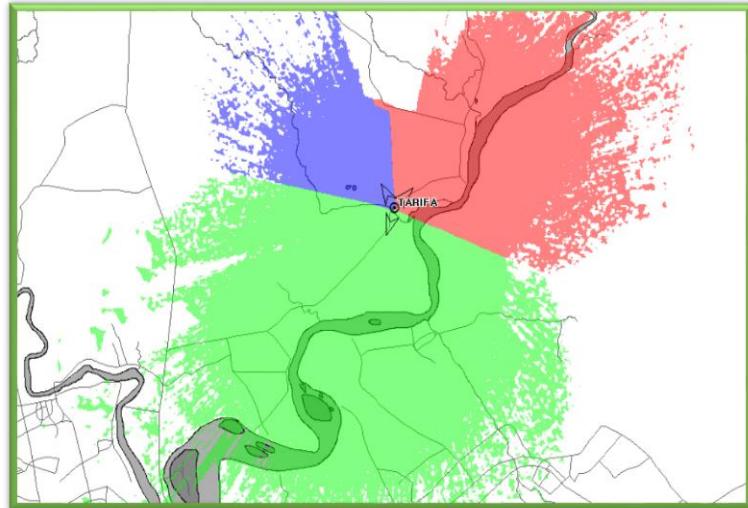
En la figura 3.31 se muestra el lóbulo de radiación del sector 3, la cual muestra un área reducida de propagación debido a que el área circundante a esta celda es su mayoría zona agrícola, por lo tanto, no se requiere mayor cobertura en esta sección.



Fuente: Software de predicción Atoll

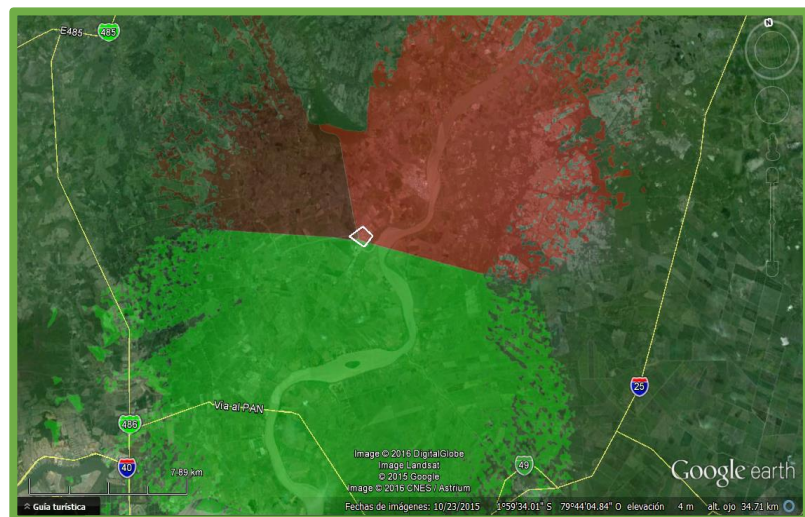
**Figura 3.31: Área de radiación Sector 3**

En las figuras 3.32 y 3.33 se observan a las tres celdas en funcionamiento conjunto, tratando de evitar el solape entre los lóbulos de cada sector, de esta forma se trata de disminuir la probabilidad de eventos en el servicio.



Fuente: Software de predicción Atoll

**Figura 3.32: Propagación de celdas UMTS en Tarifa**

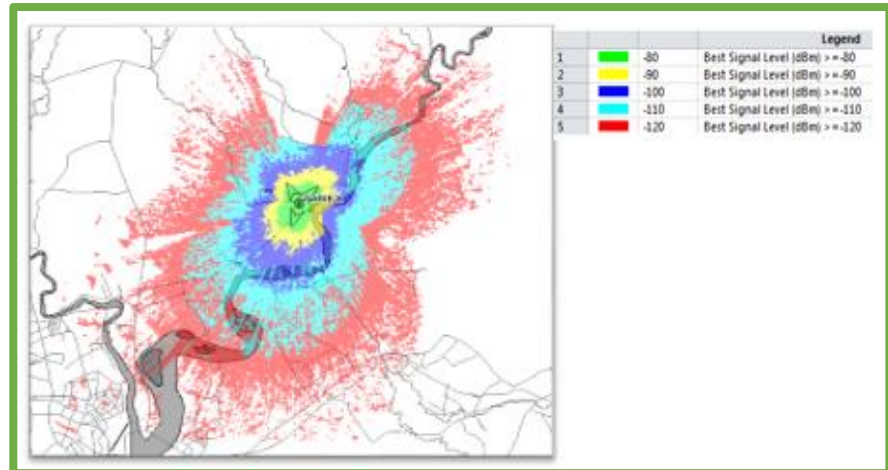


Fuente: Google Earth

**Figura 3.33: Propagación de celdas UMTS en Tarifa**

Como se había planificado, en la zona más cercana a las celdas, se encuentran los mejores valores de RSCP con resultados

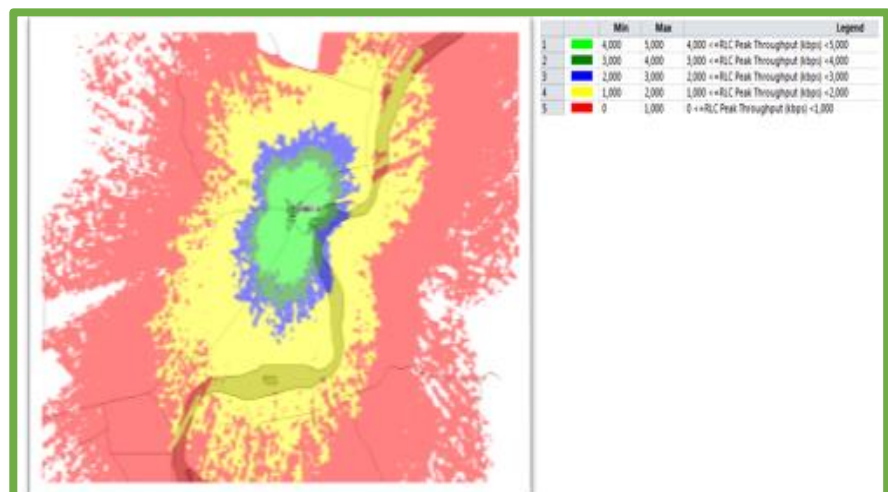
mayores a -80dBm como observamos en la figura 3.34. Valores que satisfacen a los umbrales establecidos en puntos anteriores comprenden toda la zona residencial proporcionando un servicio óptimo y minimizando problemas en la cobertura.



Fuente: Software de predicción Atoll

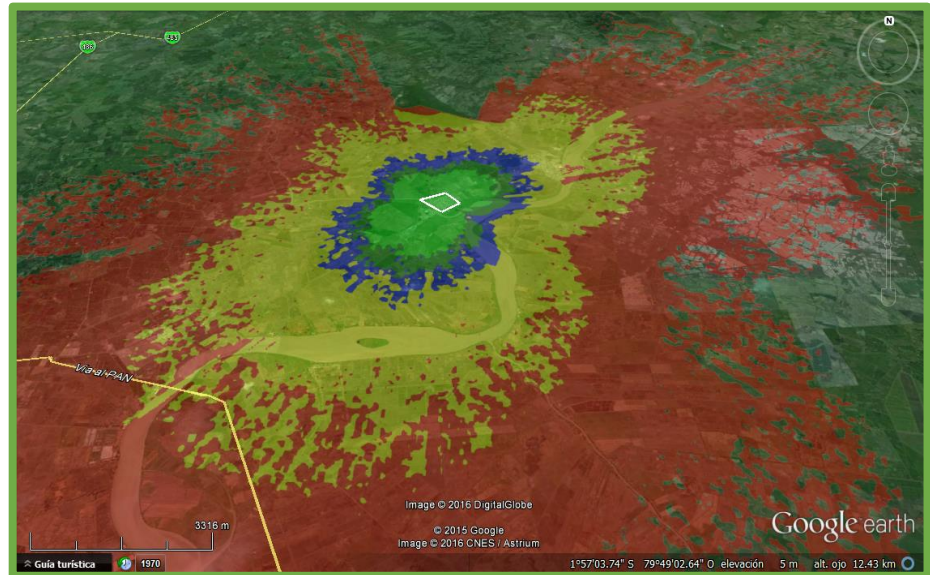
**Figura 3.34: RSCP estimado en Tarifa**

En las figuras 3.35 y 3.36, se observan valores de throughput mayores a 4Mbps cerca de la estación UMTS, lo cual supera a los umbrales establecidos anteriormente. Dicho resultado ayudaría a que los habitantes de Tarifa gocen de velocidades de conexión acorde a los requerimientos tecnológicos actuales.



Fuente: Software de predicción Atoll

**Figura 3.35: Throughput estimado en Tarifa**



Fuente: Google Earth

**Figura 3.36: Throughput estimado en Tarifa**

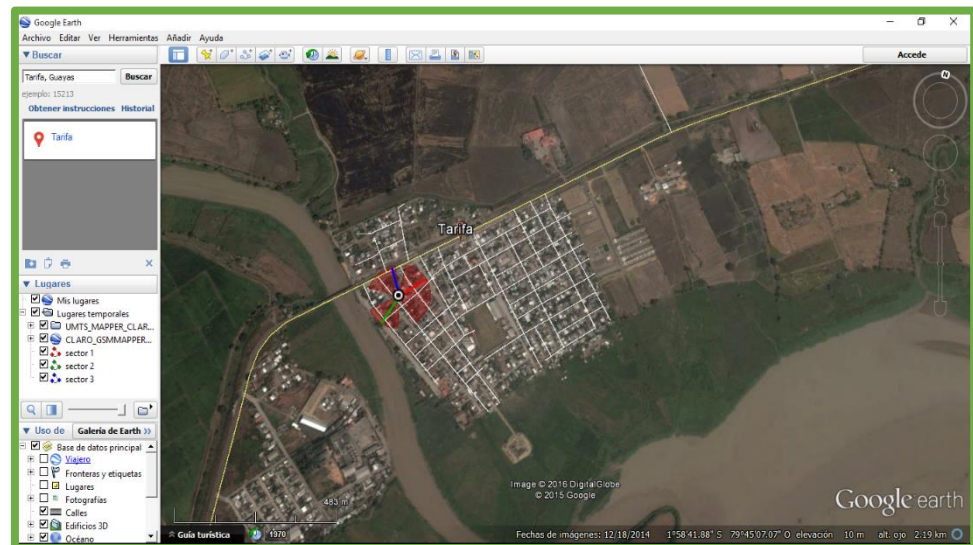
### 3.7.3 Localización geográfica de la solución UMTS

Finalmente, se estableció que con el objetivo de disminuir costos de operación y trabajo de logística, se solicitaría colocar el sistema radiante en co-ubicación con la operadora Claro, ya que de esta forma el impacto sobre la población se reduciría. Las coordenadas del sitio son:

Latitud -1.9790

Longitud -79.7566

Claro dispone de una estación al aire libre, con una torre de 25 metros de altura, que está localizada sobre una terraza de 12 metros de altura.



Fuente: Google Earth Claro  
**Figura 3.37: Estación UMTS Tarifa**

### 3.7.4 Equipos para implantación UMTS

Finalmente, debemos especificar los equipos que se utilizarán para completar la solución UMTS de una red RF outdoor, sin olvidar que la forma de conectarlos fue especificada en capítulos anteriores.

Una unidad de banda base es una unidad que procesa la banda de base en los sistemas de telecomunicaciones. Una estación celular típica consiste en la unidad de procesamiento de banda base y la unidad de procesamiento de RF (unidad de radio remota - RRU). La unidad de banda base se coloca en la sala de equipos y conectado con RRU a través de fibra óptica. El BBU es responsable de la comunicación a través de la interfaz física. Un BBU tiene las siguientes características: diseño modular, pequeño tamaño, bajo consumo de energía y se puede implementar fácilmente.

ZXSDR B8200 es una unidad de banda base que opera sobre la plataforma de Radio ZTE Software Defined. Esta unidad cuenta

con gran capacidad y puede soportar todo tipo de tecnologías de acceso inalámbrico a la vez, incluyendo GSM, UMTS, CDMA, WiMAX y LTE.

ZXSDR B8200 y unidades de radio remotas UMTS satisfacen plenamente las demandas de los operadores para la migración sin problemas por el despliegue de redes flexibles con baja inversión.



Fuente: ZTE Products and Support

**Figura 3.38: Unidad de Banda Base BBU**

Además, se debe utilizar la unidad de radio remota RRU del mismo fabricante que la BBU ya que por cuestiones de compatibilidad es recomendable que ambos equipos sean del mismo fabricante.

La RRU ZXSDR R8862A es un módulo ZTE exterior 2T4R RRU. Tiene medidas de 422 mm x 218 mm x 133 mm de alto, ancho y profundo, respectivamente y 15 Kg de peso. Debe permanecer en temperaturas menores a 55°C. Alimentación de -45V y sensibilidad en los terminales entre -112dBm y -106.4dBm. Es compatible con GSM, UMTS y los sistemas de comunicación LTE. ZXSDR R8862A admite las siguientes bandas de frecuencias: 850/1800/2100/2600MHz.





Fuente: ZTE Product and Support

**Figura 3.39: Unidad de Radio Remota RRU**

Para completar los equipos del sistema radiante, se usaron antenas Andrew DBXLH-6565C-VTM que han sido ampliamente usadas en el despliegue de la red UMTS dentro del país debido a su versatilidad, ya que posee dos antenas dual-band con capacidad tanto para frecuencias de 850MHz como de 1900MHz, las cuales pueden ser usadas simultáneamente debido a sus 4 puertos independientes. Además tiene una apertura horizontal de  $65^\circ$  y ganancia de 16.8 dBi y 18.4dBi en las frecuencias de 850MHz y 1900MHz, respectivamente. Adicionalmente, posee una impedancia de 50 Ohms y sensibilidad de -97dBm. Las dimensiones de 132.0 mm X 2574.0 mm X 269.0 mm de profundidad, largo y ancho, respectivamente y el peso de 21.7 Kg.



Fuente: Andrew Products Specifications

**Figura 3.40: Antena Flat-Panel DBXLH-6565C-VTM**

## **CAPÍTULO 4**

### **4.4. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO**

#### **4.1 Evaluación general**

En este capítulo se analizan aspectos importantes como las inversiones realizadas, la proyección de ingresos; además de todos los costos y gastos mensuales para posteriormente realizar un flujo de caja en donde se analizarán cuáles pueden ser las ganancias.

Otros parámetros de análisis muy importantes son la tasa interna de retorno y el valor actual neto, los cuales nos darán una idea del tiempo en el que se recuperará la inversión realizada y las ganancias que se podrán percibir.

También se estudian los ingresos tomando en cuenta las tarifas y demás valores que se les cobrará a los potenciales clientes.

En la evaluación del proyecto no es menos importante la factibilidad del mismo y la rentabilidad que deja la a la empresa el servicio prestado, todo esto va a depender principalmente de la inversión que se realice para poner en funcionamiento el proyecto.

#### **4.2 Inversión inicial de actualización**

Para la implementación del presente proyecto se ha establecido un valor de inversión distribuido en: adecuaciones de la estación base, equipos de interior y exterior necesarios para el despliegue de la red, incluyendo los estudios de campo realizados para la factibilidad tecnológica y económica.

La inversión también dependerá de la configuración y complejidad de los equipos, la escalabilidad y la marca de los mismos.

Por lo tanto el análisis económico de las inversiones realizadas serán valores estimados, que a pesar de no ser exactos, porque eso depende

de los valores que proporcionen los proveedores; serán referencias muy útiles y cercanas a la realidad.

A continuación se detalla de manera general la inversión necesaria para la implementación del proyecto:

Equipos	Costo
Antena (x3)	\$ 15.000
BBU	\$ 8.000
RRU(x3)	\$ 12.000
Materiales de Instalación	\$ 3.000
Transporte de Equipos (Fuera de Ciudad)	\$ 500
Implementación	\$ 3.500
Planificación y Diseño	\$ 10.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 51.000</b>

**Tabla 8: Inversiones generales del proyecto**

### 4.3 Ingresos

Para el análisis de los ingresos que genera el proyecto se estima un total de 4229 usuarios potenciales, los cuáles se segmentan por el tipo de servicio que podrían adquirir; estos servicios serán en forma general de dos tipos: prepago y pospago.

Por la economía y calidad de vida de la población de Tarifa, similar a otros sectores, el servicio prepago será el de mayor adquisición; mientras que el servicio pospago representará solamente el 5% de los usuarios.

En la siguiente tabla se explica la clasificación de los usuarios de acuerdo al tipo de servicio que consumen:

Tipo de servicio	Porcentaje
Prepago	95%
Pospago	5%

**Tabla 9: Porcentaje de usuarios por tipo de servicio**

Prepago	Porcentaje	Clientes	consumo (dólares)
Prepago A	50%	2115	\$ 3,00
Prepago B	30%	1268	\$ 5,00
Prepago C	15%	634	\$ 10,00
Pospago	5%	212	\$ 15,00

**Tabla 10: Detalle de consumo en base al número de clientes**

El total de ingresos mensuales y anuales se muestra a continuación:

Clientes	Consumo mensual (dólares)	Ingresos Mensuales	Año 1
2115	\$ 3,00	\$ 6.345,00	\$ 76.140,00
1268	\$ 5,00	\$ 6.340,00	\$ 76.080,00
634	\$ 10,00	\$ 6.340,00	\$ 76.080,00
212	\$ 15,00	\$ 3.180,00	\$ 38.160,00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 22.205,00</b>	<b>\$ 266.460,00</b>

**Tabla 11: Proyección de ingresos mensuales y anuales**

#### 4.4 Gastos generales

Es otro rubro muy importante dentro del análisis financiero; son los egresos por los costos de operación y mantenimiento de la red. Dependiendo de la calidad de los equipos, de la calidad del servicio e imprevistos, estos gastos podrían variar.

Los principales gastos son sólo los mencionados a continuación:

Costos	Mensuales	Anuales
Costos de co-ubicación	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00
Mantenimiento	\$ 500,00	\$ 6.000,00
Costos por interconexión	\$ 4.441,00	\$ 53.292,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 9.941,00</b>	<b>\$ 119.292,00</b>

**Tabla 12: Proyección de los costos mensuales**

Los gastos por co-ubicación representan valores a pagar por alquiler y cesión de espacio tanto en el cuarto de equipos, como espacio en la torre de una operadora de la competencia.

Los costos por interconexión se registran a partir de que se generen los ingresos; estos costos representarán en promedio, el 20% de las llamadas registradas hacia otras operadoras.

#### 4.5 Flujo neto

El cálculo del flujo efectivo neto resulta de la diferencia entre todos los ingresos percibidos y los gastos fijos y variables; este rubro nos permite saber cuáles serán las ganancias netas luego de un año de ejecución del proyecto.

Para nuestro proyecto se hace un análisis a 5 años en donde se evalúan ingresos por servicios, egresos por costos y gastos realizados e intereses por las inversiones realizadas. Lo que se resume en un cuadro a continuación.

FLUJO DE CAJA	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Ingresos	\$ 0	\$266.460,00	\$266.460,00	\$266.460,00	\$266.460,00	\$266.460,00
Total Inversiones	\$ 51.000,00	-	-	-	-	-
Total Costos	\$ 19.292,00	\$119.292,00	\$119.292,00	\$119.292,00	\$119.292,00	\$119.292,00
Flujo de caja neto	-\$111.000,00	\$147.168,00	\$147.168,00	\$147.168,00	\$147.168,00	\$147.168,00
Flujo de caja acumulado	-\$ 111.000,00	\$ 36.168,00	\$183.336,00	\$330.504,00	\$477.672,00	\$624.840,00

**Tabla 13: Flujo de caja para 5 años**

#### 4.6 Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN)

La tasa interna de retorno es un indicador esencial en el análisis económico de nuestro proyecto, ya que este parámetro nos permitirá saber que tan rentable puede ser la ejecución del proyecto para un determinado período de tiempo.

Mientras mayor sea nuestra tasa interna de retorno, mayor será la rentabilidad del proyecto.

Por otro parte, el valor actual neto (VAN) representa el valor del flujo neto de caja al momento de la puesta en marcha del proyecto, dependiendo del número de años en los cuales se pretenda recuperar la inversión y gastos iniciales en el año 0.

A continuación se muestra el TIR y VAN a 5 años del inicio del proyecto:

Años de evaluación	5
Tasa de descuento	12%
VAN	\$ 419.507,70
TIR 5 años	131%

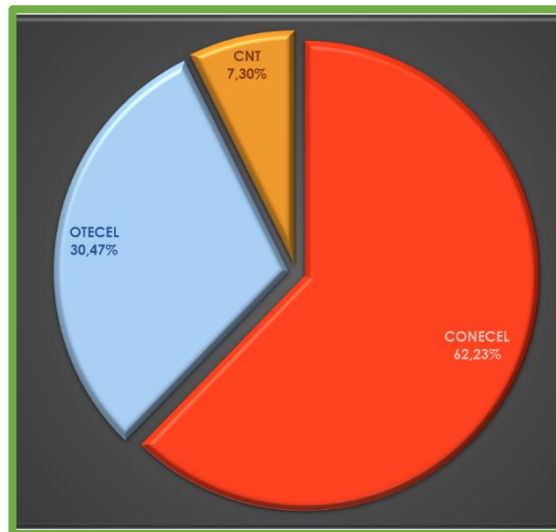
**Tabla 14: TIR y VAN a 5 años**

Como se puede observar los valores obtenidos en el cálculo del VAN y el TIR son positivos y muy altos, lo que quiere decir que el proyecto es sumamente rentable.

Pero este análisis está basado de forma ideal, en donde una sola operadora sea la que abarque la totalidad del mercado local (Tarifa).

#### 4.7 Tiempo estimado de recuperación de la inversión

Para calcular el tiempo en el cual se pueda recuperar toda la inversión realizada, analizaremos la segmentación del mercado por la participación de cada operadora a nivel nacional; y estimaremos el TIR y VAN para cada operadora.



Fuente: página web ARCOTEL (sección: información técnica, marzo 2015)  
**Figura 4.1 Distribución de operadoras de SMA en el Ecuador**

La gráfica nos muestra la distribución por operadoras móviles, siendo CLARO la de mayor participación y por ende la que recupere su inversión en menor tiempo en comparación con las operadoras MOVISTAR y CNT a quienes les tomará mayor tiempo hacerlo.

CLARO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja neto	-\$111.000,00	\$91.582,64	\$95.291,28	\$95.291,28	\$ 95.291,28	\$ 95.291,28
Flujo de caja acumulado	-\$111.000,00	-\$19.417,35	\$75.873,93	\$171.165,21	\$266.456,49	\$361.747,77
Años de evaluación	Tasa de descuento		VAN		TIR 5 años	
5	12%		\$ 46.735,84		80%	

**Tabla 15: TIR y VAN para la operadora CLARO en 5 años**

Como se puede observar en la tabla anterior, para la operadora CLARO resulta muy rentable la implementación de este proyecto ya que el tiempo para recuperar su inversión y obtener ganancias es en el año 1.

MOVISTAR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja neto	-\$111.000,00	\$44.842,09	\$42.546,27	\$ 42.546,27	\$ 42.546,27	\$ 42.546,27
Flujo de caja acumulado	-\$111.000,00	-\$66.157,91	-\$23.611,64	\$ 18.934,63	\$ 61.480,90	\$104.027,16
Años de evaluación	Tasa de descuento			VAN		TIR 5 años
5	12%			-\$ 87.139,74		27%

**Tabla 16: TIR y VAN para la operadora MOVISTAR en 5 años**

Para el caso de la operadora MOVISTAR también tiene un tiempo relativamente corto para recuperar su inversión ya que su TIR es del 27% y para el tercer año ya tendrían valores positivos del flujo acumulado.

CNT	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja neto	-\$111.000,00	\$10.743,26	\$10.743,26	\$ 10.743,26	\$ 10.743,26	\$10.743,26
Flujo de caja acumulado	-\$111.000,00	-\$100.256,74	-\$89.513,47	-\$ 78.770,21	-\$68.026,94	-\$57.283,68
Años de evaluación	Tasa de descuento			VAN		TIR
5 años	12%			-\$ 92.843,34		-20%
10 años	12%			-\$ 50.298,16		-1%
11 años	12%			-\$ 47.209,73		1%
12 años	12%			-\$ 44.452,20		2%

**Tabla 17: TIR y VAN para la operadora CNT en 5 y 10 años**

En la caso de la operadora CNT la situación es totalmente diferente a las otras dos operadoras ya mencionadas ya que al cabo de 10 años aun tendría un TIR negativo, lo que quiere decir que su inversión aún no ha sido recuperada.



Al finalizar el décimo primer año recién su TIR empezaría a ser positivo lo que quiere decir que para el caso de esta operadora no es muy rentable entrar a competir en este mercado de la forma en que se analiza en este proyecto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Luego de presentar los antecedentes, mencionar las tecnologías existentes y disponibles en el país, realizar el análisis de los SMA en Tarifa y ofrecer una solución a los problemas de cobertura y calidad para finalizar con el estudio económico del proyecto, se han llegado a las siguientes conclusiones:

1. La inserción de un nodo en una red UMTS conlleva problemas técnicos y económicos como se ha demostrado, pero esto no debería ser impedimento para que los responsables de su implementación lleven a cabo una ampliación, optimización y mejoras en general de la red y el servicio que los más 16,9 millones de líneas celulares que actualmente existen en el Ecuador según la ARCOTEL. Esto trae consigo grandes oportunidades para mejorar, ya sea usando nuevos métodos de uso de frecuencias, nuevos diseños en la arquitectura de red o simplemente usando equipos que posean mejores características con el propósito de brindar más y mejores servicios a los usuarios de la telefonía celular.

2. Localidades como Tarifa, aunque sin ser un gran mercado para las Telecomunicaciones, no está exento de ser una población que demande servicios tecnológicos actuales como una estación celular de tercera generación. Por lo tanto, el servicio prestado por las operadoras puede ser mejorado tanto en calidad como en cobertura, mediante el análisis y modificación de los parámetros que intervienen en una red GSM y UMTS y de ser necesario, la implementación de un nodoB que requiere la instalación de equipos para el sistema radiante como para los demás requerimientos con la finalidad de tener una mejora en el desempeño del servicio y un funcionamiento integral.

3. El análisis financiero realizado para este proyecto, arrojó resultados que demuestran la factibilidad del mismo sin analizar en primera instancia la segmentación del mercado por parte de las operadoras, lo que no nos da un resultado tan real como debería ser. Así que realizado el estudio económico pero segmentando las ganancias en base al porcentaje de participación de las operadoras; podemos ver como para las empresas de telefonía privada resulta muy factible la implementación de este proyecto, ya que el tiempo de recuperación de la inversión no va más allá de los 4 años; mientras que para la operadora estatal no le resulta nada factible puesto que su tiempo de recuperación es superior a los 11 años.

4. A pesar de que el despliegue de la tecnología celular de tercera generación en nuestro país no es nuevo, nos hemos dado cuenta que zonas rurales y alejadas de las grandes ciudades poseen servicios deficientes e insuficientes y esto va en contra de las políticas estatales de promover la universalidad del servicio de comunicación y acceso a las tecnologías de información. Debido a esto, el análisis y diseño de una red UMTS no debería estar limitado a un sitio determinado como es el caso de Tarifa, por el contrario, tendría que ser una obligación por parte de las operadoras tanto privadas como estatales llevarlo a cabo, puesto que gozar de un servicio óptimo y altas velocidades de conexión a la red es un privilegio que todo habitante debería poseer, para de esta forma mejorar la calidad de vida de cada uno de ellos.

### **Recomendaciones**

Para mejorar o extender el alcance en todos los aspectos del presente proyecto, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda una expansión del alcance del proyecto en cuanto a cobertura, debido a que los equipos que se sugieren para el sistema radiante poseen características que sobrepasan los requerimientos mínimos para un servicio óptimo en Tarifa, de esta forma las localidades cercanas podrían beneficiarse y con esto aumentar tanto el número de usuarios beneficiados como los ingresos.

2. Es de mucha utilidad que se investiguen otros tipos de tecnologías con el objetivo de poder servir a más usuarios y disminuir el costo de implementación de un sistema alternativo. Ya que la optimización, como se ha mencionado, consiste en disminuir costos de operación, pero sin disminuir la calidad del servicio, por el contrario, aumentar la capacidad de la red y proporcionar mejores prestaciones a los usuarios.

3. Se recomienda utilizar un software de predicción que requiera la mayor cantidad de datos, puesto que esto determinara la precisión y realismo de la simulación y nos ayudará a encontrar rápidamente una solución al problema propuesto. Se sugiere una herramienta de predicción diseñada específicamente para problemas de telecomunicaciones como: cobertura celular, enlaces, propagación de señale y demás.

4. Debido a que el proyecto es dirigido a solucionar un problema tanto tecnológico como social, se recomienda realizar el exhaustivo estudio económico. Con esto se logrará verificar la viabilidad de la solución propuesta y facilitara la obtención de recursos mediante el detalle de los valores requeridos en cada uno de los pasos necesarios para llevar a la realidad el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GAD Parroquia Tarifa, FASE DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIAL RURAL DE TARIFA, Octubre, 2015. Disponible: [http://app.sni.gob.ec/DESARROLLO\\_TERRITORIAL.pdf](http://app.sni.gob.ec/DESARROLLO_TERRITORIAL.pdf)
- [2] <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/Telecomunicaciones.pdf>
- [3] José Manuel Huidobro Moya, Manual de Telefonía. Telefonía Fija y Móvil. Ed. Paraninfo. Agosto, 1998
- [4] Siegmund M. Redl, Matthias K. Weber, Malcolm W. Oliphant: "An Introduction to GSM", Artech House, March, 1995
- [5] kioskea.net, Estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles). Enero, 2014. Disponible: <http://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>.
- [6] Celeste Campo, Carlos García Rubio, Arquitecturas y tecnologías inalámbricas. Aplicaciones Móviles. Universidad Carlos III de Madrid. Febrero, 2012. Disponible: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-telematica/aplicaciones-moviles/material-de-clase-2/inalambricos>.
- [7] William Stallings, "Data and Computer Communications", 8ª Ed., Prentice Hall capítulo 14 "Cellular Wireless Networks". Marzo, 2007,
- [8] UMTS World, Arquitectura de una Red UMTS, "RAN Planning". Octubre, 2012. Disponible: <http://www.umtsworld.com/technology/randesign.htm>.
- [9] Ing. Edgar Velarde, Introducción a UMTS Universal Mobile Telecommunications System, Departamento de Ingeniería. Abril 2013. Disponible: [http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/Telecomunicaciones/ing\\_com\\_in\\_alam/modulo3/Introduccion%20a%20UMTS.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/Telecomunicaciones/ing_com_in_alam/modulo3/Introduccion%20a%20UMTS.pdf)

- [10] Review of the Work Plan at Plenaries #31, 3GPP, SP-060232 3GPP TSG SA#31 Sanya, March 13–16, 2006. Summary of all Release 5 Features, ETSI Mobile Competence Centre, and Version 9 September 2003
- [11] “4G LTE ya está disponible en las operadoras a nivel“, Diario El Universo. Sección Tecnología. Febrero, 2015
- [12] Saulky Cáceres, “LINEAMIENTOS DE INSTALACION DEL PROYECTO 2G / 3G / 4G“. CONECEL, Guayaquil. Proc. BTS System (GSM/UMTS/LTE). Marzo, 2015.
- [13] Ruben Bee Mangue. (2014). RF Planning and Optimization. [Online]. Disponible:  
[https://www.academia.edu/11481696/TILT\\_EL%89CTRICO\\_Y\\_MEC%81NICO](https://www.academia.edu/11481696/TILT_EL%89CTRICO_Y_MEC%81NICO)
- [14] Ascom Enterprise (2000, Noviembre 4), *Interpreting the Information Element C/I Measurements in TEMS™ Investigation*. [Online]. Disponible:  
<http://www.ascom.fr/cn/interpreting-information-element.pdf>
- [15] Luis Parreno. “Radio Parameter Setting and Adjusting“. ZTE, Guayaquil. Tech Paper. Mobile Radio Network Planning & Optimization Dept. Mayo, 2014.

## ANEXOS

### ANEXO A: Tablas

Tarifas

Llamadas de Móvil CNT a Móvil CNT	Llamadas de Móvil CNT a Fijo CNT	Llamadas de Móvil CNT a otras operadoras
<b>\$ 0,08*</b>	<b>\$ 0,12*</b>	<b>\$ 0,22*</b>
\$ 0,0896	\$ 0,1344	\$ 0,2464
INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP

Tabla A.1: Tarifas de llamadas por minuto de la operadora CNT E.P.

Tarifas

Tarifa	Total de Megas por siempre	Facebook y Whatsapp	Minutos gratis a todas las operadoras	SMS gratis a todas las operadoras	Llamadas Libres a Fijos	Llamadas Libres a Móviles CNT
<b>\$12,99*</b>	1000 MB	LIBRES	25	0		
<b>\$15,99*</b>	1400 MB	LIBRES	50	100		
<b>\$22,99*</b>	2000 MB	LIBRES	100	500	Todos los Fijos	2 móviles
<b>\$31,99*</b>	3000 MB	LIBRES	120	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles
<b>\$44,99*</b>	4000 MB	LIBRES	150	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles
<b>\$59,99*</b>	5000 MB	LIBRES	200	LIBRES	Todos los Fijos	2 móviles

Tabla A.2: Tarifas de planes pospago prestado por la operadora CNT E.P.