



**“Responsabilidad con pensamiento positivo”**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: PLANIFICACIÓN DE UN NODO 3G PARA COBERTURA CELULAR EN  
EL CANTÓN MEJÍA, ALOAG – SANTO DOMINGO – BARRIO OBELISCO**

**AUTOR/ A: Henry Eduardo Flores Laguate**

**TUTOR/ A: Ing. Luis Hernán Montoya Lara, Mgs.**

**QUITO - ECUADOR**

**AÑO: 2018**

## DECLARACIÓN

Yo, Henry Eduardo Flores Laguate, con C.I. 172085833-9, hago constar que el Proyecto Integrador Fin de Carrera, Titulado: **“PLANIFICACIÓN DE UN NODO 3G PARA COBERTURA CELULAR EN EL CANTÓN MEJÍA, ALOAG – SANTO DOMINGO – BARRIO OBELISCO”**, el cual es de una elaboración personal realizada únicamente con la dirección de mi tutor, de dicho trabajo Ing. Luis Hernán Montoya Lara, Mgs.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de mi trabajo, interpretación de datos, la elaboración de las conclusiones y recomendaciones, dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referido debidamente en el texto de dicho trabajo.

Quito, D.M., Agosto del 2018

---

Henry Eduardo Flores Laguate  
C.I 172085833-9

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación **“PLANIFICACIÓN DE UN NODO 3G PARA COBERTURA CELULAR EN EL CANTÓN MEJÍA, ALOAG – SANTO DOMINGO – BARRIO OBELISCO.”**, presentado por el **Sr. Henry Eduardo Flores Laguate**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficiente para ser sometido a la evaluación del tribunal de Grado, que se digne, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, D.M., Agosto del 2018

TUTOR

.....  
Ing. Luis Hernán Montoya Lara, Mgs

## **AGRADECIMIENTO**

A mis hermanas, por guiarme en mi vida y brindarme su respaldo y su fortaleza en los momentos más difíciles.

## **DEDICATORIA**

A la Sra. María Elena Laguate Nacimba mi madre,  
Por creer en mí, su apoyo y amor incondicional  
que me brindo en toda su vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>I</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>XII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO</b> .....	<b>2</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
Objetivo General.....	<b>2</b>
Objetivos específicos .....	<b>2</b>
<b>ALCANCE</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 Evolución de los sistemas celulares. ....	<b>4</b>
<b>1.2 PRIMERA GENERACIÓN (1G)</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3 SEGUNDA GENERACIÓN (2G)</b> .....	<b>7</b>
1.3.1 Principales elementos y funciones de la red GSM. (Sauter, 2011).....	<b>10</b>
<b>1.4 TERCERA GENERACIÓN (3G)</b> .....	<b>13</b>
1.4.1 UMTS .....	<b>13</b>

1.4.2	Arquitectura de la red UMTS. (Sauter, 2011) .....	14
1.4.3	Acceso a la Red. (Flores, 2018) .....	16
1.4.4	Canales en la Interfaz Aire. (Huawei, 2018) .....	18
<b>CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA .....</b>		<b>23</b>
3.1	RECEPCIÓN DE QUEJAS Y REQUERIMIENTOS .....	24
3.2	FACTORES Y CAUSAS DE COBERTURA BAJA O NULA .....	25
3.2.1	Geografía Irregular de la zona. ....	25
3.2.2	Sitios 3G sin Optimizar. ....	25
3.2.3	Interferencias. ....	26
3.2.4	Zona sin cobertura 3G. ....	26
3.3	POLÍGONO DE COBERTURA Y OBJETIVOS PRIMORDIALES. ....	26
3.4	INITIAL TUNING (IT).....	28
3.4.1	Software de medición RF. ....	28
3.4.2	Equipos de medición RF. ....	28
3.4.3	Drive test (D.T).....	29
3.4.4	Parámetros .....	31
3.4.5	Recorrido .....	33
3.4.6	Levantamiento de información .....	34
3.5	POST - PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS.....	35
3.5.1	Análisis general en las herramientas <i>NQDI-MAPINFO PROFESSIONAL</i> .....	35
3.5.2	Análisis general de las tareas <i>Modo IDLE UMTS vs. Modo DOWNLINK</i> .....	38
3.6	SOLUCIÓN RF .....	42
3.6.1	Solución para una Nueva estación 3G.....	43
3.6.2	Área de interés. ....	43

<b>3.7 PUNTO NOMINAL Y ZONA DE BÚSQUEDA .....</b>	<b>44</b>
3.7.1 Polígonos de cobertura, cumplimiento y objetivos primordiales.....	44
<b>3.8 BÚSQUEDA DE CANDIDATOS .....</b>	<b>47</b>
3.8.1 Información de Sitios candidatos.....	47
<b>3.9 PREDICCIONES DE CANDIDATOS Y POLÍGONO DE CUMPLIMIENTO .....</b>	<b>50</b>
<b>3.9.1 PIRE: Potencia irradiada isotrópica.....</b>	<b>50</b>
3.9.2 Candidato 1 - DESVIO_ALOAG1W08.....	51
3.9.3 Candidato 2 - DESVIO_ALOAG2W08.....	53
3.9.4 Candidato 3 - DESVIO_ALOAG3W08.....	54
<b>3.10 ELECCIÓN DEL MEJOR CANDIDATO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.11 VALIDACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>3.12 MONTAJES .....</b>	<b>57</b>
3.12.1 Descripción del candidato ganador.....	57
3.12.2 Montaje de equipos y Monopolo.....	58
3.12.3 Fotos Panorámicas del candidato ganador.....	60
<b>3.13 PREDICCIONES SECTORIALES DEL MEJOR CANDIDATO Y RESULTADOS.....</b>	<b>61</b>
3.13.1 Resultados.....	62
<b>3.14 ÚLTIMA MILLA .....</b>	<b>64</b>
3.14.1 Recorrido de Fibra Óptica .....	65
<b>CAPITULO 4. IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1 DESARROLLO.....</b>	<b>66</b>
<b>4.2 IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>66</b>
<b>4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>66</b>
<b>4.3.1 Cálculos GSM, UMTS y LTE.....</b>	<b>66</b>
<b>4.3.2 Validación candidato ganador .....</b>	<b>71</b>
<b>4.4.1 Parámetros RSCP y ECIO en el DRIVE TEST.....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.2 Resultados de las predicciones del candidato ganador .....</b>	<b>75</b>



<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO 1. MANUAL DE FORMULARIOS ARCOTEL.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO 2. FORMULARIOS DE LA ARCOTEL PARA EL SISTEMA SMA .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO.3. CRONOGRAMA DE LAS TAREAS REALIZADAS .....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Evolución de las redes celulares .....	4
Figura. 1.2. Velocidades de datos de cada generación .....	5
Figura. 1.3. Operador del servicio analógico .....	5
Figura. 1.4. Transmisión – recepción (Tx-Rx) .....	7
Figura. 1.5. Estándar 3GPP .....	7
Figura. 1.6. Conexión en un sistema de conmutación de circuitos .....	9
Figura. 1.7. Arquitectura específica GSM y GPRS .....	10
Figura. 1.8. Método de acceso de radio GSM .....	13
Figura. 1.9. Arquitectura UMTS .....	14
Figura. 1.10. Acceso UMTS .....	17
Figura. 1.11. Canales de interfaz Aire .....	18
Figura. 3.1. Fases para una planificación de un nuevo nodo .....	24
Figura. 3.2. Polígono de cobertura en la zona seleccionada .....	27
Figura. 3.3. Objetivos primordiales a cubrir .....	27
Figura. 3.4. Equipos RF .....	29
Figura. 3.5. Qualipoc – RF .....	30
Figura. 3.6. Rscp sobre puestos .....	33
Figura. 3.7. Handover .....	34
Figura. 3.8. Log .sqz .....	34
Figura. 3.9. Ventadas equipo qualipoc .....	35
Figura. 3.10. Base de datos – NQDI .....	36
Figura. 3.11. Selección de parámetros - NQDI .....	36
Figura. 3.12. Extensión “.TAB” .....	36
Figura. 3.13. Herramienta MAPINFO y niveles de cobertura .....	37
Figura. 3.14. Análisis de cobertura – RSCP y ubicación .....	37
Figura. 3.15. Velocidades de descarga THROUGHPUT – UMTS .....	42
Figura. 3.16. Área de interés .....	43
Figura. 3.17. Punto Nominal – PN .....	44
Figura. 3.18. Polígonos y objetivos .....	45
Figura. 3.19. Objetivos y vías principales .....	46

Figura. 3.20. Mapa de ubicación de la zona en estudio .....	47
Figura. 3.21. Candidatos seleccionados .....	48
Figura. 3.22. Rangos de niveles RSCP – Atoll .....	50
Figura. 3.23. Diagrama Bifilar .....	50
Figura. 3.24. Predicciones del sistema radiante .....	52
Figura. 3.25. Configuración de los parámetros para la predicción.....	52
Figura. 3.26. Cumplimiento de polígono .....	53
Figura. 3.27. Predicciones del sistema radiante .....	53
Figura. 3.28. Configuración de los parámetros para la predicción.....	54
Figura. 3.29. Cumplimiento de polígono .....	54
Figura. 3.30. Predicciones del sistema radiante .....	55
Figura. 3.31. Configuración de los parámetros para la predicción.....	55
Figura. 3.32. Cumplimiento de polígono .....	56
Figura. 3.33. Ubicación exacta del candidato .....	57
Figura. 3.34. Ubicación exacta del candidato .....	58
Figura. 3.35. Lóbulos horizontal vs lóbulos verticales .....	59
Figura. 3.36. Polígono y Tabla de cumplimiento .....	63
Figura. 3.37. Predicción de distribución de Best Server del Candidato .....	63
Figura. 3.38. Predicción de distribución de Best Server del Candidato y primer anillo.....	64
Figura. 3.39. Recorrido de Fibra Óptica .....	65
Figura. 4.1. Parámetro de calidad con interferencia de usuarios (tráfico) .....	69
Figura. 4.2. Candidato Ganador vs. Polígono de cumplimiento .....	71
Figura. 4.3. Candidato Ganador vs. Polígono de cumplimiento .....	72
Figura. 4.4. Parámetro de cobertura RSCP .....	73
Figura. 4.5. Parámetro de cobertura RSCP vs. Tiempo .....	73
Figura. 4.6. Parámetro de calidad ECIO .....	74
Figura. 4.7. Parámetro de calidad ECIO vs Tiempo.....	75
Figura. 4.8. RSCP vs. Área cubierta y superficie en Km2.....	76
Figura. 4.9. RSCP vs. Superficie en Km2 y RSCP vs. Área cubierta .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Tecnologías en la Primera Generación Móvil .....	6
Tabla. 1.2. Bandas de operación en GSM.....	8
Tabla. 1.3. Cambio de nomenclaturas.....	13
Tabla. 3.1. Parámetros de medición en campo.....	32
Tabla. 3.2. Cobertura RSCP en IDLE vs. DL – UMTS.....	38
Tabla. 3.3. Cobertura Ec/Io en IDLE vs. DL – UMTS.....	39
Tabla. 3.4. PSC en IDLE vs. DL – UMTS.....	39
Tabla. 3.5. Tecnología en IDLE vs. DL – UMTS .....	40
Tabla. 3.6. BLER VS. UL INTERFERENCE – UMTS .....	40
Tabla. 3.7. THROUGHPUT (Velocidad de descarga) vs. CQI (Calidad de canal) .....	41
Tabla. 3.8. Lista Coordenadas objetivos primordiales.....	45
Tabla. 3.9. Lista y Ubicación de los candidatos .....	49
Tabla. 3.10. Prioridades .....	56
Tabla. 3.11. Fotos panorámicas – Tomadas a nivel de suelo .....	60
Tabla. 3.12. Predicciones de los sectores X,Y,Z.....	61
Tabla. 3.13. Predicciones ATOLL vs. Google Earth mas DT.....	62
Tabla. 4.1. RxQual vs. BER .....	67
Tabla. 4.2. Mapeo propagación en cada posición.....	70
Tabla. 4.3. Reporte predicción .....	75

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. 3.1. PIRE.....	50
Ecuación. 4.1. RxLev.....	67
Ecuación. 4.2. BER.....	67
Ecuación. 4.3. Ec/Io.....	68
Ecuación. 4.4. RSCP.....	69
Ecuación. 4.5. RSRP.....	70
Ecuación. 4.6. SINR.....	71

## Resumen

El presente proyecto de titulación, indica las directrices para el mejoramiento de cobertura celular y la correcta planificación de las fases para la instalación de un nuevo nodo 3G, beneficiando a todos los moradores del sector Desvío Alóag – Santo Domingo en el barrio Obelisco; mejorando la experiencia de los servicios de voz y datos continuamente de sur a norte y sentido contrario.

Para facilitar la comprensión sobre la planificación de un nuevo nodo 3G, se realiza un breve resumen de las redes actuales del país. Inicia con el levantamiento de información a través de un *Drive Test*, el cual indicó huecos de cobertura en el sector, que se lo analizó para buscar la zona más acertada para la ubicación de la nueva estación 3G.

Con la información levantada y analizada se procedió a elegir la zona óptima para ubicar la estación celular, mediante la búsqueda de terrenos o casas con espacio físico para la instalación de equipos, los cuales se denominó como candidatos y se procedió a realizar predicciones de cobertura, con el fin de elegir al mejor candidato para el cumplimiento de objetivos primordiales.

**PALABRAS CLAVES:** Nodo 3G, búsqueda, validación, drive test, predicción, red celular.

## **Abstract**

The present titling project, indicates the guidelines for the improvement of cellular coverage and the correct planning of the phases for the installation of a new 3G node, benefiting all the residents of the sector Desvio Alóag - Santo Domingo in the Obelisco neighborhood; improving the experience of voice and data services continuously from south to north and the opposite direction.

To facilitate the understanding of the planning for a new 3G node, a brief summary of the current networks in the country is made. It starts with the lifting of information through a Drive Test, which indicated gaps in coverage in the sector, which was analyzed to find the most appropriate area for the location of the new 3G station.

With the information collected and analyzed, we proceeded to choose the most optimal area to locate the cell station and to search for land or houses with physical space for the installation of equipment, which is called as candidates and proceed to make predictions of coverage, in order to look for the best candidate for the fulfillment of primary objectives.

**KEYWORDS:** 3G node, search, validation, drive test, prediction, cellular network.

## INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de las redes móviles, como la 802.11 o las redes celulares, unido a una gran demanda de servicios audiovisuales por parte de los usuarios, está impulsado a ofrecer servir contenidos multimedia adaptándose a los diferentes dispositivos. (Mendoza, 2005)

Las redes móviles en el país, han dado un gran impulso al desarrollo de nuevas aplicaciones que facilitan la vida cotidiana de los usuarios. Por lo que las operadoras móviles trabajan todo los días para que él usuario tenga conectividad a la red las 24 horas del día, los 365 días del año y en cualquier lugar del país, con los servicios de voz y datos de alta calidad.

Los principales parámetros de medición en GSM, UMTS y LTE son:

- Calidad
- Cobertura
- Capacidad

### **Antecedentes de la situación objeto de estudio**

La continua expansión urbana demanda de nuevas estaciones celulares, a fin de satisfacer la necesidad de los usuarios de estar permanentemente conectados. Es por ello que continuamente es necesario realizar una evaluación de la red, a fin de conocer las zonas en donde se necesita ampliar o mejorar la cobertura celular; para ello es necesario realizar un estudio previo mediante un *DRIVE TEST DE RADIO FRECUENCIA (Drive Test RF)* con la finalidad de ubicar estratégicamente una o varias estaciones celulares, y de esta forma ampliar o mejorar la cobertura celular para beneficio de los usuarios.

La búsqueda y validación RF que se realizará para la ampliación y mejoramiento de la cobertura, demanda muchas de las veces de un gran desplazamiento de recursos, ya que este consta de diversas fases, en donde en cada una de ellas se deberán aplicar distintos criterios de Ingeniería en Telecomunicaciones, dando como resultado final un servicio de calidad a los usuarios.



## **Justificación**

Con el fin de dar un mejor servicio de voz y datos móviles permanente se busca las mejores alternativas para solucionar las problemáticas de cobertura, y una correcta planificación para una nueva estación 2G (GSM), 3G (UMTS) y 4G (LTE), solventa puntos de alto flujo de acceso a la red, zonas lejanas con cobertura residual y/o clientes prioritarios los cuales solicitan a las compañías telefónicas móviles CLARO, MOVISTAR y CNT un servicio al 100% de disponibilidad.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Planificar el mejoramiento de cobertura móvil mediante un nodo 3G para cobertura celular en el cantón Mejía Aloag – Santo Domingo– barrio Obelisco.

### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos de este estudio técnico son:

- ✓ Calcular los principales parámetros de red involucrados en la red móvil 2G, 3G y 4G.
- ✓ Realizar un *INITIAL TUNING* (Inicio de la sincronización) “*Drive Test D.T.*” en la zona escogida, en la tecnología 3G.
- ✓ Definir un punto referencial de búsquedas de posibles ubicaciones de las nuevas estaciones celulares con su respectivo cumplimiento RF en base a predicciones de cobertura y conexión de última milla.
- ✓ Montaje de una radio base en función a las predicciones de cobertura.
- ✓ Desarrollar el instructivo SMA (Sistema de movilidad avanzada) de la ARCOTEL de nuevas estaciones celulares.

### **Alcance**

El presente proyecto presenta las diferentes fases de una adecuada planificación para un correcto despliegue e implementación de un nuevo nodo 3G. El cual abarca los

---

principales conceptos de las diferentes tecnologías móviles, hasta el montaje de la nueva estación móvil.

### **Descripción de los capítulos**

En el primer capítulo se presenta los conceptos básicos de las tecnologías GSM, WCDMA y LTE. Se desarrolló los cálculos de los principales parámetros de medición de propagación involucrados en las 3 tecnologías.

En el segundo capítulo se realizó la evaluación de la cobertura 3G mediante un *DRIVE TEST*, en el cual se levantó información para determinar las causas de falta de cobertura 3G, mediante un software de medición y post procesamiento de información, y se determinó un punto referencial para el cumplimiento del polígono de cobertura RF para el desarrollo y análisis de la búsqueda y validación, basadas en los objetivos primordiales de usuarios. Además se presenta las predicciones de cobertura y montajes.

En el tercer capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones.

En el cuarto capítulo se desarrolló principales parámetros de medición, análisis de drives test y predicciones del candidato ganador.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1 Marco Teórico

#### 1.1.1 Evolución de los sistemas celulares.

El avance tecnológico en las redes informáticas ha revolucionado nuestras vidas cotidianas, facilitando la forma en que intercambiamos información mediante servicios de voz e Internet. Las redes inalámbricas facilitaron a un más la experiencia de accesibilidad del usuarios, dando la sensación de disponibilidad en cualquier lugar y momento.

Las tecnologías inalámbricas de telefonía móvil, *Advanced Mobile Phone System* (AMPS), más conocidas actualmente son: *Global System for Mobile communications* (GSM), *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) y *Long-Term Evolution* (LTE). Los altos requerimientos de los usuarios han dado un gran impulso para el desarrollo de las redes celular para el futuro, siendo así, que la próxima generación celular móvil, tiene como base a la anterior tecnología, dando un mejor enfoque a mejoras de nuevas tecnologías móviles. En la Figura. 1.1., se muestra la evolución de las redes celulares. (Redes, 2015)

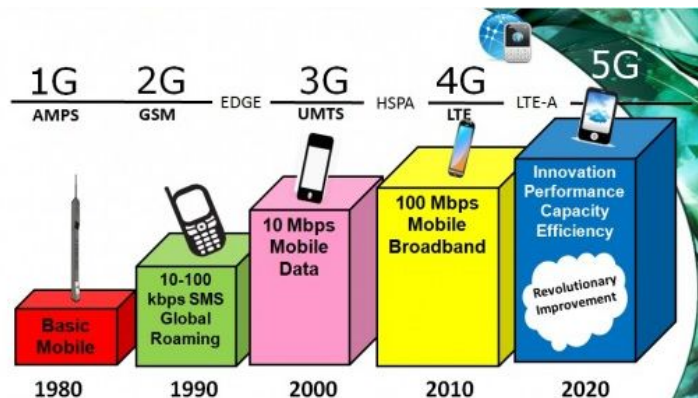
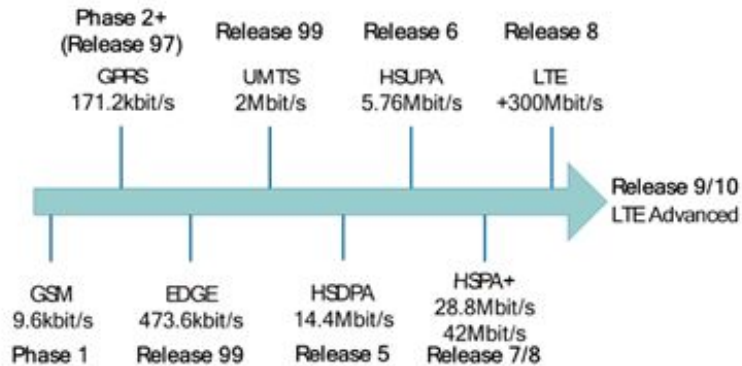


Figura. 1.1. Evolución de las redes celulares

Fuente: (Redes, 2015)

El desarrollo de cada generación celular, conllevaba el uso de datos para diferentes aplicaciones de cada época, excepta en la primera generación AMPS, y en el inicio de GSM, las cuales fueron de uso exclusivo de voz. En la actualidad las aplicaciones y los requerimientos del usuario son altos, por lo que cada vez las redes móviles mejoran continuamente este requerimiento de uso de datos móviles.

En la Figura. 1.2., se representa las generación de las redes móviles y respectivas velocidades.



**Figura. 1.2. Velocidades de datos de cada generación**

Fuente: (Huawei, 2015)

## 1.2 Primera generación (1G)

En los años 40, Estados Unidos registra su primera red celular móvil, no obstante en los años 50 Europa introduce su primera inmersión telefonía móvil. Los procesos a la época no eran automáticos como hoy en día los conocemos, al contrario Figura. 1.3., indica cómo se necesitaba de personas para que se realicen las enrutaciones analógicas de abonados, semejante a la red telefónica fija. (TELECOM, 2016)



**Figura. 1.3. Operador del servicio analógico**

Fuente: (TELECOM, 2016)

Las redes de la época, operaban con un alto uso de potencia y baja capacidad, en áreas específicas dentro de las ciudades y con número de usuarios muy reducido, debido a los altos costo que este servicio de voz contraía.

A finales de los años 70 e inicios de los 80, cuando la era celular empezó, las redes móviles empezaron su expansión a nivel mundial. En la misma instancia, Japón tomó

ventaja en el desarrollo de la tecnología celular, AMPS en Estados Unidos de Norte América, y el sistema *Total Access Communication System* (TACS) en Reino Unido, formaron lo que se conoció como la Primera Generación de Sistemas Móviles. La técnica de transmisión utilizada, era mediante una transmisión *Frecuency Modulation* (FM), metodo de acceso *Frequency Division Multiple Access* (FDMA), utilizando la técnica de Duplexación *Frequency Division Duplexing* (FDD), esto significa que opera en bandas de frecuencias diferentes; es decir, unas frecuencias para el enlace de subida (*uplink*) y otras para el enlace de bajada (*downlink*). (Flores, 2018, p12)

Así mismo, este tipo de Duplexación permitía soportar un total de 832 canales de voz de 30 KHz para cada usuario. La Tabla. 1.1., presenta 1G con sus diferentes características y año de aparición. (Flores, 2018, p17)

**Tabla. 1.1. Tecnologías en la Primera Generación Móvil**

	AMPS	ETACS	NTACS
Año de introducción	1981	1985	1988
Bandas de frecuencias	D/L: 869-894 MHz U/L: 824-849 MHz	D/L: 916-949 MHz U/L: 871-904 MHz	D/L: 869-894 MHz U/L: 824-849 MHz
Ancho del canal	30 KHz	30 KHz	30 KHz
Acceso Múltiple	FDMA	FDMA	FDMA
Duplexación	FDD	FDD	FDD
Modulación	FM	FM	FM
Número de canales	832	1240	400

Fuente: (Villota, 2016)

La arquitectura más básica que se manejó en 1G, se muestra en la Figura. 1.4., un sistema radiante de poco alcance. (Huawei, 2018, p23)

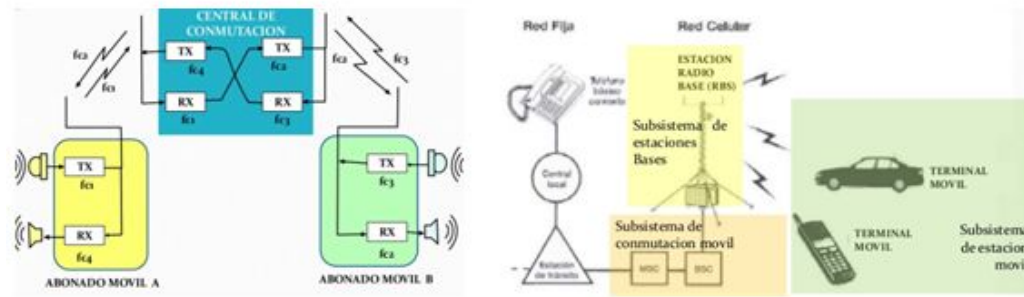


Figura. 1.4. Transmisión – recepción (Tx-Rx)

Fuente: (Huawei, 2018)

En esta generación, cada sistema poseía su propio estándar, dificultando compatibilidad con redes de otros países o redes futuras.

### 1.3 Segunda generación (2G)

El nacimiento de la era digital a comienzos de los años 90, aparece la segunda generación, también conocida como GSM. En la primera generación, inicialmente los sistemas celulares no contaban con una estandarización internacional, es así que, solo a partir de la segunda generación, aparecen los comités *The Third Generation Partnership Project (3GPP)*, y actualmente contamos con el *INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (IEEE)*, como desarrolladores de los estándares a nivel mundial. En la Figura. 1.5., se aprecia la evolución vivida por las redes celulares hasta la actualidad. (Sauter, 2011, p277)



Figura. 1.5. Estándar 3GPP

Fuente: (Huawei, 2018)

Por otro lado, la capacidad disponible por los primeros sistemas de comunicación de primera generación no supero la demandada de requerimientos de los nuevos usuarios, y la consecuencia de ello, nace la segunda generación para comunicaciones móviles.

El inconveniente vivido por la Primera Generación fue la incompatibilidad entre los sistemas que aparecieron, al no existir un ente o estándar que los regule. El impulso a la

estandarización regional en Europa se dio por motivos de usos de datos en diferentes países de esa región, los cuales no se podían usar los datos móviles, si viajaban de un país a otro; Por lo tanto, GSM estandariza todas las redes celulares, lo cual permite al usuario viajar por cualquier país Europeo usando su plan de datos móviles en modo *ROAMING*<sup>1</sup>. (Flores, 2018, p4)

Este sistema nace con el fin de superar los problemas de capacidad de usuarios, consiguiendo logros que los sistemas celulares anteriores no se podían realizar, convirtiendo a GSM, ser una nueva tecnología celular predominante a nivel mundial. Así mismo, un nuevo sistema aparece, que realiza una duplexación mediante FDD o *time-division duplexing* (TDD). (Flores, 2018, p8)

Al mismo tiempo, este sistema realiza el acceso de usuarios mediante *Time Division Multiple Access* (TDMA), esta técnica permite asignar un periodo de tiempo dentro de la frecuencia asignada, de esto modo incrementa la capacidad de usuarios a los cuales consigue servir. En la Tabla. 1.2, se presenta las bandas de operación presentes en GSM. (Flores, 2018, p8)

**Tabla. 1.2. Bandas de operación en GSM**

Bandas	ARFCN <sup>2</sup>	Enlace de operación subida (MHZ)	Enlace de operación bajada (MHZ)
GSM 900 (primaria)	0-124	890-915	935-960
GSM 900 (extendida)	975-1023, 0-124	880-915	925-960
GSM 1800	512-885	1710-1785	1805-1880
GSM 850 (Norte América)	128-251	824-849	869-894

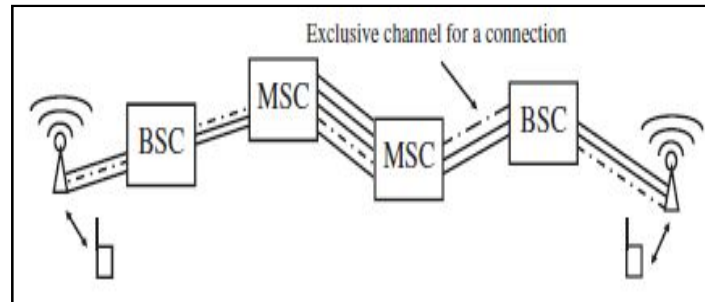
Fuente: (Villota, 2016)

El sistema GSM reserva recursos mediante la técnica convencional de conmutación de circuitos, es decir, para una sesión de voz o datos se configuran al principio de la

<sup>1</sup> *Itinerancia de datos o Roaming*: Cobertura celular en el extranjero y uso de datos móviles, lo cual tienen un costo adicional a su plan personal, dependiendo el país en el que sea adquirido.

<sup>2</sup> *Absolute Radio Frequency Channel Number* (ARFCN) o Números de Canales de Radio Frecuencia Absoluto: este parámetro denota un par de canales tanto al enlace de subida como de bajada, los cuales se encuentran separados 45 MHz.

llamada y están reservados para el usuario hasta el final de la llamada. Por esta razón, los recursos no eran aprovechados y no se conseguía maximizar el recurso de radio frecuencia asignado a cada uno de los sistemas, como se puede observar en la Figura. 1.6. (Villota, 2016, p29)



**Figura. 1.6. Conexión en un sistema de conmutación de circuitos**

Fuente: (Huawei, 2018)

Para esta misma generación, empezó el requerimiento de conexión a internet mediante aplicaciones que requieran enviar datos, por lo que mediante conmutación de paquetes a través de la red GSM existente, *General Packet Radio Service* (GPRS) fue diseñado junto con la red GSM. De esta manera, el tráfico de voz es por conmutación de circuitos mientras que el tráfico de datos es mediante conmutación de paquetes. La máxima velocidad teórica alcanzada en este sistema es sobre los 171.2 *Kilobits per second* (kbps). (Villota, 2016, p33)

La cantidad de datos que pueden ser transferidos depende del número de usuarios que se encuentren utilizando el servicio de datos en ese momento. Para ilustrar mejor este hecho, en la Figura. 1.7., se presenta la arquitectura entre la red GSM y GPRS. (Villota, 2016, p34)



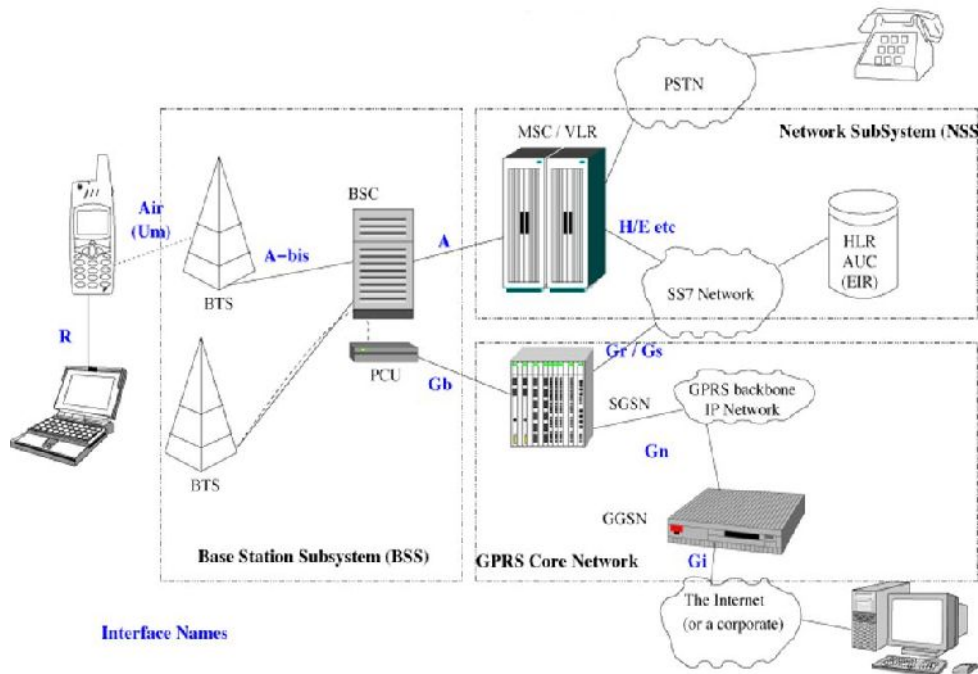


Figura. 1.7. Arquitectura específica GSM y GPRS

Fuente: (Huawei, 2018)

### 1.3.1 Principales elementos y funciones de la red GSM. (Sauter, 2011)

La arquitectura del sistema GSM, presenta diversas fases que complementan el sistema de segunda generación, por lo que a continuación se presenta los principales elementos de red GSM:

- ✓ **Base Station Subsystem (BSS):** Elemento que está conformado por la BTS y BSC.
- ✓ **Base Transceiver Station (BTS):** Elemento que permite la señalización Air, cifrado, procesamiento de la voz, entre otros.
- ✓ **Base Station Controller (BSC):** Elemento de control de la red, que establece conexión entre la *Mobile Station (MS)* y la *Network Switching Subsystem (NSS)*, *Handover* (Trasposos de celda) y estadísticas de tráfico.
- ✓ **Home Location Register (HLR):** Localizar un dispositivo en un área determinada dentro revisando de sus registros de conexiones pasadas, si en caso no se reconoce, se le asigna un registro.
- ✓ **Visited Location Register (VLR):** Almacena información temporal de un usuario, lo cual, si el usuario se mueve a otra área, este automáticamente borra el registro, y la nueva VLR almacena nuevamente la información temporalmente.

- ✓ **Mobile Switching Center (MSC):** Elemento que en ruta la voz digitalizada Origen – Destino, que se da soporte en el elemento VLR, con el fin de ubicar al usuario dentro de un área determinada. También se encarga de procesar las llamadas, soporte de operación y mantenimiento, el manejo de las interfaces y la facturación. (Flores, 2018, p9)
- ✓ **Gateway MSC (GMSC):** Elemento que permite la conexión entre una red fija y una red móvil.
- ✓ **Mobile Station (MS):** Equipo móvil que recibe y envía información del usuario a la red móvil. Combinación MS = ME + SIM. ME (*Mobile Equipment*).
- ✓ **Equipment Identity Register (EIR):** Contiene datos de registro como el IMEI de todos los equipos homologados, así como los equipos que no están permitidos, equipos perdidos o robados.
- ✓ **Public Switched Telephone Network (PSTN):** Es las compilaciones mundiales de redes telefónicas públicas interconectadas por cable orientadas a voz, tanto comerciales como públicas.
- ✓ **Network Subsystem (NSS):** Es el conjunto de elementos de red que se encarga del servicio de voz. Compuesto por la *Mobile Service Switching Center – Visitor Location Register (MSC/VLR)* a la que se conectan todas las BSCs que componen la red a través de la interfaz A. Se encarga del servicio móvil voz y localización del registro de visitantes. Se conecta a la *Public Switching Telephone Network / Integrated Services Digital Network (PSTN/ISDN)* para tener interoperabilidad con la red de telefonía fija. (Flores, 2018, p9)
- ✓ **GPRS Core Network:** Es el conjunto de elementos de red que se encarga del servicio de datos. Compuesto por el SGSN (*Serving GPRS Support Node*) a la que se conectan todas las BSCs a través del *Packet Control Unit (PCU)* y la interfaz Gb. (Flores, 2018, p9)
- ✓ **Serving GPRS Support Node (SGSN):** el nodo de soporte para servicios GPRS permite enrutar el tráfico de paquetes intranet, es decir, la información que no sale de la red interna; por otra parte, almacena información de suscripción y ubicación de los MS.

- ✓ **Gateway GPRS Support Node (GGSN):** dispone de funciones similares al SGSN, pero este sirve de interfaz para las redes de datos fijas externas; además, puede acelerar el proceso en la transmisión de paquetes al conectarse directamente con la RNC sin entrar por el SGSN.

### Técnicas de Acceso

- ✓ **Time Division Multiple Access (TDMA).**

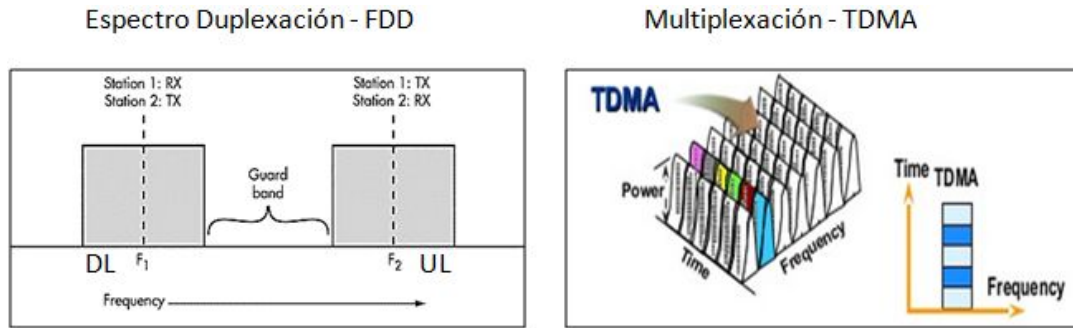
Técnica de acceso TDMA, en la actualidad es la más utilizada en nuestro país en la red GSM. Esta técnica de comunicación, la capacidad total de un canal de transmisión, se comparte entre múltiples usuarios al asignar a cada uno un intervalo de tiempo único. (Flores, 2018)

Para esta técnica, no solo basta emplear TDMA, por lo que necesario ser combinada con protocolos de radio FDD y TDD. (Flores, 2018)

- ✓ **FDD Full Dúplex** - (Transmite y Recibe simultáneamente), logrando mejorar el tiempo de latencia y alta eficiencia. Teniendo como resultado una llamada celular establecida, donde se puede escuchar y responder al mismo tiempo. (Flores, 2018)
- ✓ **TDD Half Dúplex**, - (Transmite y luego Recibe, no simultáneamente), bidireccional, en otras palabras significa que uno transmite y luego el otro responde pero no las dos cosas en el mismo tiempo, teniendo un alto tiempo de latencia y baja eficiencia en largas distancias. (Flores, 2018)

Cabe mencionar, que la tecnología GSM de las operadoras móviles del Ecuador, aún son muy utilizadas; basándose en la técnica de acceso TDMA, en combinación con el protocolo FDD. (Flores, 2018)

Aunque en muchos países esta tecnología está desaparecido, la tendencia en nuestro país sobre esta tecnología, también se está aplicando en menor escala, y dejando en despliegue nuevas tecnologías más avanzadas, con nuevas técnicas de acceso, y con mejor eficiencia en la red general. En la Figura. 1.8., se resumen el método de radio acceso GSM. (Flores, 2018)



**Figura. 1.8. Método de acceso de radio GSM**

Fuente: (Flores, 2018)Tercera Generación (3G)

La convergencia en los servicios de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, como pilar fundamental en esta generación, es el mejoramiento de aspectos técnicos que GSM no permitía. En otras palabras, esta tecnología es apropiada para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

### 1.3.2 UMTS

Hoy en día, la arquitectura UMTS está siendo reemplazada por *High Speed Packet Access* (HSPA) o *High Speed Packet Access plus* (HSPA+), sin embargo, es la base para comprender al sistema *Wideband Code Division Multiple Access* W-CDMA. Por esta razón, se revisó los conceptos más básicos de esta arquitectura, dando especial énfasis al interfaz aire. La Tabla. 1.3, se muestra el cambio de nomenclatura para renombrar a los algunos elementos para 3G. (Villota, 2016, p37)

**Tabla. 1.3. Cambio de nomenclaturas**

GSM		3G
MS	->	UE – User Equipment
BTS	->	NODO B
BSC	->	RNC
SIM	->	USIM - (Universal Subscriber Identity Module)
BSS	->	RNS – Radio Network System

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 1.3.3 Arquitectura de la red UMTS. (Sauter, 2011)

Esta red dispone de tres partes dentro de su arquitectura, estas son: UE (*User Equipment*), UMTS *Terristrial Radio Access Network* (UTRAN) y la red central; para ejemplificar esto, en la Figura. 1.9., se presenta la arquitectura UMTS.

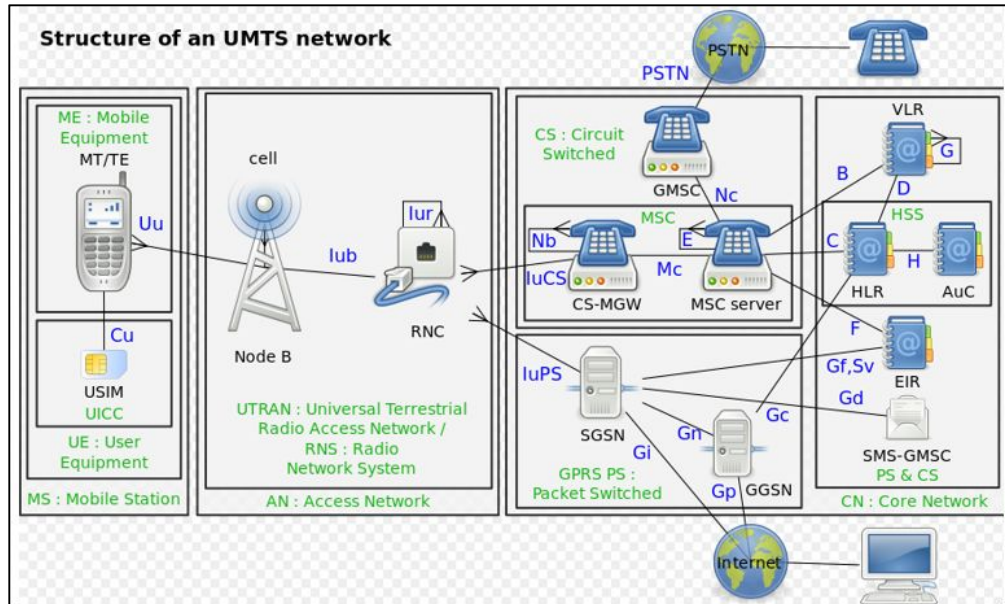


Figura. 1.9. Arquitectura UMTS

Fuente: (Sestel, 2017)

#### Interfaces

Un enlace es una vía de comunicación, por la cual se comunica dos puntos, elementos o dos equipos.

- ✓ Iu : La interfaz entre la red core y el RNC.
- ✓ Iur: La interfaz entre dos RNCs.
- ✓ Iub: La interfaz entre un RNC y un Nodo B.
- ✓ Uu: La interfaz radio o aire (entre un Nodo B y un móvil).

#### Equipo del usuario UE

El equipo del usuario es comúnmente conocido como UE, este dispone de dos elementos como son: UMTS-*Suscriber Identity Module* (U-SIM), es similar al SIM utilizado por la tecnología 2G pero la USIM cuenta con aspectos mejorados en cuanto a seguridad; finalmente se encuentra el *Mobile Equipment* (ME) o, (equipo móvil) es el

equipo móvil que porta el usuario y este equipo consigue comunicarse con la red mediante los módulos incorporados para realizar esta función.

## UTRAN

Comprende un conjunto de elementos e interfaces que permiten comunicar al UE con la red central. Dentro de las funciones que tienen estos elementos son:

- ✓ Administrar la movilidad.
- ✓ Control de potencia.
- ✓ Informar a la red central el estado de los servicios.

## Nodo B

Elemento que enlaza la UE y la red central, con el UE se comunica utilizando el interfaz aire conocido como Uu utilizando las antenas y módulos transceptores, mientras que para comunicarse con la *Radio Network Controller* (RNC) lo hace mediante la interfaz Iub. Además, estima la calidad del enlace mediante mediciones constante de la interfaz Uu y transmitiendo estas mediciones hacia la RNC.

### *Radio Network Controller* (RNC)

Este elemento consigue controlar varios nodos B, por otra parte tiene las siguientes funciones: administrar los niveles de potencia y carga de tráfico de los nodos B; habría que decir también que es la responsable de mantener la señalización entre *UTRAN* y el UE. Al mismo tiempo, comunica *UTRAN* con la red central, puesto que envía datos recibidos al *Mobile Switching Center* (MSC) o al *Serving GPRS Support Node* (SGSN) dependiendo de la naturaleza de los datos.

- ✓ **Nombre de Celda:** Nombre que identifica a la celda.
- ✓ **Identificador de NodeB (NodeBID):** Número que identifica al *NodeB*.
- ✓ **Identificador de Celda:** Número que identifica a la celda en toda la red.
- ✓ **Identificador de Locación de Área (LAC):** es un número que identifica el área en la que está situada la celda. Este es usado para el servicio de voz.
- ✓ **Identificador de Ruteado Área (RAC):** es un número que identifica el área a la que pertenece la celda. A diferencia del LAC, el RAC es usado para el servicio de datos.

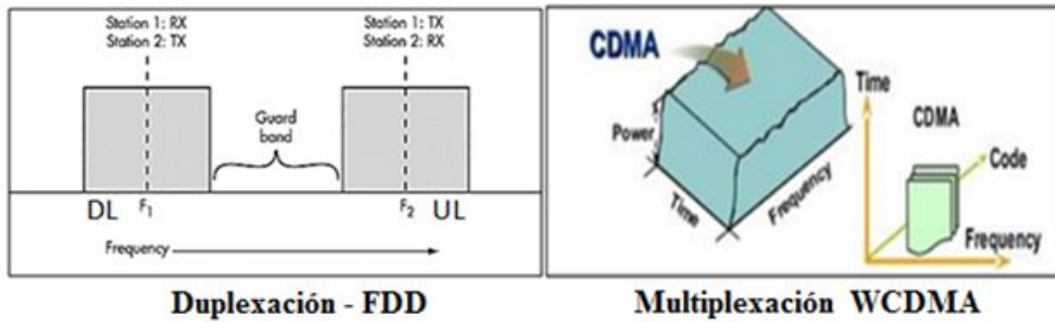
- ✓ **Identificador de Registro de UTRAN (URA):** Número que identifica el área a la que pertenece la celda en modo conectado cuando el UE se encuentra en estado URA\_PCH. A diferencia del LAC, el RAC es usado para el servicio de datos.
- ✓ **Código Primario de Scrambling (PSC):** Con el PSC la celda pueda diferenciar la señal de diferentes UEs y los UEs puedan diferenciar la señal de diferentes celdas.
- ✓ **Código Móvil de País (MCC):** Número que identifica la red móvil de un país.
- ✓ **Código Móvil de Red (MNC):** Número que identifica la red móvil de cada operador.
- ✓ **UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number (UARFCN):** Frecuencia que identifica la portadora de la celda UMTS.
- ✓ **Longitud:** Locación geográfica de la celda en longitud.
- ✓ **Latitud:** Locación geográfica de la celda en latitud.
- ✓ **Azimuth:** Representa la dirección en grados de la antena respecto al Norte Geográfico.
- ✓ **Tilt Mecánico:** Representa la inclinación mecánica de la antena.
- ✓ **Tilt Eléctrico:** Representa la inclinación eléctrica de la antena.

### **Descripción Red Central**

Esta red central permite distinguir dos maneras de comunicarse que realizan los usuarios al utilizar la red UMTS, conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Para ser más específicos, los datos que le llegan a los nodos B son transmitidos por los RNCs.

#### **1.3.4 Acceso a la Red. (Flores, 2018)**

Permiten que varios usuarios transmitan al mismo tiempo y en la misma frecuencia y, la manera de reconocer a cada usuario es mediante códigos. Esta tecnología, utiliza la técnica de acceso múltiple y tecnología *dúplex*. Operando en modo FDD, teniendo un eficiente uso de espectro disponible. La Figura. 1.10., ilustra la técnica FDD y la multiplicación CDMA.



**Figura. 1.10.** Acceso UMTS

Fuente: (Flores, 2018)

### **Code División Multiple Access (CDMA)**

A continuación se presentan las principales características del sistema CDMA:

- ✓ Alta Eficiencia Espectral.
- ✓ El coeficiente múltiplex de frecuencia es 1.
- ✓ Capacidad flexible.
- ✓ Calidad.
- ✓ Cobertura.
- ✓ Interferencia.
- ✓ Sistema de auto interferencia.
- ✓ Una potencia de transmisión UE es interferencia para otro UE.

### **FDD**

Protocolo realiza la transmisión DL y UL en bandas de frecuencia separadas.

- ✓ Enlace ascendente UL (*Uplink*) 1920 MHz – 1980 MhZ.
- ✓ Enlace descendente DL (*Downlink* ) 2110 MHz - 2170 MHz.
- ✓ Ancho de banda: 5 MHz.
- ✓ Separación de canales: valor nominal de 5 MHz que se puede ajustar.

Recordar, la transmisión de las diferentes tecnologías tiene diferente método de uso de recurso para realizar la división de canales individuales.



### Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA)

W-CDMA es el método que utiliza una sola frecuencia con diferentes códigos de acceso, y generalmente usa FDMA para dividir la banda de frecuencia en más pequeña canales de frecuencia, que luego se dividen en una división de código. Un canal es un conjunto único de códigos y una portadora de frecuencia específica. Las características principales WCDMA - FDD son:

- ✓ Ancho de banda del canal: 5MHz.
- ✓ Tasa de chips: 3.84Mcps.
- ✓ Longitud de trama: 10 ms.
- ✓ Codificación de voz: *Adaptive Multi-Rate (AMR)*.
- ✓ Modulación de enlace ascendente y enlace descendente: QPSK / QPSK .
- ✓ Demodulación de coherencia ayudada con piloto.
- ✓ *Handover* (traspaso de celdas): transferencia suave / difícil.
- ✓ Compatible con la red central GSM.

#### 1.3.5 Canales en la Interfaz Aire. (Huawei, 2018)

Los canales de la interfaz Aire, son los primordiales para el establecimiento de las llamadas, en la Figura. 1.11., se realiza una vista general de las conexiones entre los canales en esta interfaz.

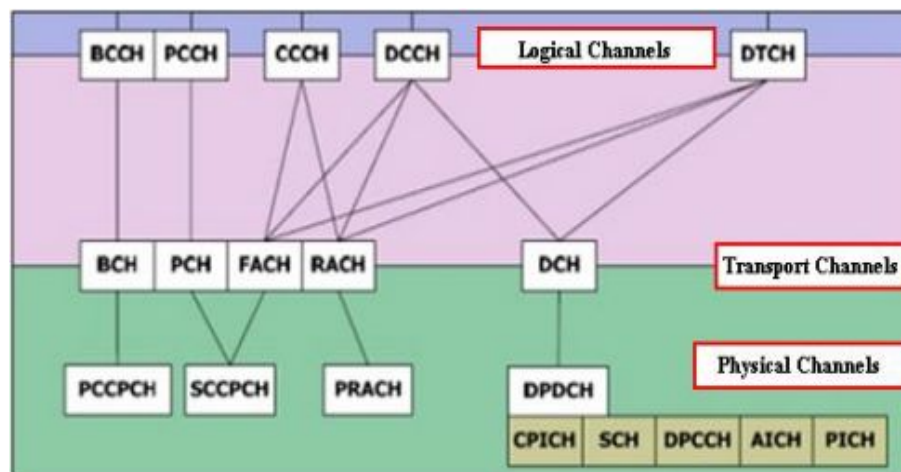


Figura. 1.11. Canales de interfaz Aire

Fuente: (Flores, 2018)

Los canales se dividen en 3 grandes grupos, los cuales siguen una correcta secuencia desde el momento que se empieza a establecer la conexión entre el nodo 3G y el equipo móvil.

### **Canales Lógicos**

Canales dedicados a los servicios de usuario y dependiendo del tipo de servicio, se clasifican canales de tráfico o canales de control.

- ✓ *Dedicated Traffic Channel (DTCH).*
- ✓ *Broadcast Control Channel (BCCH).*
- ✓ *Paging Control Channel (PCCH).*
- ✓ *Dedicated Control Channel (DCCH).*
- ✓ *Common Control Channel CCCH.*

### **Canales de Transporte**

Lleva información dedicada para un usuario o común para todos los usuarios entre la capa 2 y la capa MAC.

- ✓ *Dedicated Channel (DCH).*
- ✓ *Broadcast Channel (BCH).*
- ✓ *Forward Access Channel (FACH).*
- ✓ *Paging Channel (PCH).*
- ✓ *Random Access Channel (RACH).*

### **Canales Físicos**

Contienen la última parte de la información antes de ser enviada a la interfaz de radio, información como: frecuencia de portadora, fase de la portadora y pueden ser requeridos como canales dedicados.

- ✓ *Dedicated Physical Data Channel (DPDCH).*
- ✓ *Common Control Physical Channel (CCPCH).*
- ✓ *Synchronization Channel (SCH).*
- ✓ *Paging Indicator Channel (PICH).*
- ✓ *Acquisition Indicator Channel (AICH).*
- ✓ *Common Pilot Channel (CPICH).*

**Canales físicos en el enlace de subida:**

- ✓ *Dedicated Physical Data Channel (DPDCH).*
- ✓ *Dedicated Physical Control Channel (DPCCH).*
- ✓ *Physical Random Access Channel (PRACH).*

Para los canales de datos, la estructura es la misma a la mencionada, con la única diferencia que se debe incluir una “P” de *packet* al inicio de cada canal mencionado anteriormente.

## CAPÍTULO 2

### MARCO METODOLÓGICO

En el presente proyecto se desarrolló el método teórico de los principales conceptos y evolución en las tecnologías 2G (GSM), 3G (UMTS).

El método empírico, mediante recolección de datos y medición través del *DRIVE TEST* UMTS con la herramienta de medición *Qualipoc* de *Swissqual*, e indicara los problemas de la red celular, que nos reflejará las causas de bajos niveles de cobertura en diferentes zonas del Ecuador. Posteriormente la información levantada se pos procesará y analizará el *DRIVE TEST* con las herramientas NQDI de *Swissqual*. Este punto es primordial, ya que se toma la decisión de realizar una busque y validación para nuestro nuevo nodo 3G.

Una vez determinado estos puntos con el método teórico, se debe realizar la respectiva búsqueda y validaciones en el punto referencial con el uso de un GPS y BRÚJULA. En la búsqueda se debe tener un mínimo de 3 candidatos y un máximo de 5, los cuales se realizaran sus respectivas predicciones. Con la ayuda de la herramienta *GOOGLE EARTH* se coloca un nuevo polígono de cobertura el cual debe ser cubierto un mínimo del 80% de su totalidad con cada uno de los candidatos seleccionados.

Todos los candidatos y el polígono de cobertura se deben exportar a la herramienta *ATOLL*, la cual indica predicciones de cada candidato y de estaciones del primer anillo así como el cumplimiento del polígono de cobertura del 80% de cumplimiento. Para las diferentes predicciones de los candidatos se debe detallar las alturas, tipos de antenas y parámetros RF en base a la teoría y experiencia obtenida en el campo laboral. Si uno o varios candidatos cumplen con los requerimientos RF, se procede a realizar la validación de los candidatos más opcionados en conjunto a personal especializado en áreas de infraestructura civil, calidad, coordinación, financiero e instaladores. En esta parte se tomará todas las sugerencias de los presentes para el cumplimiento de los objetivos y normativas regulatoria ecuatoriana para la posible implementación de nuevo sitio UMTS.

---

Además se desarrolla el instructivo SMA del a ARCOTEL para nuevas estaciones celulares.

Finalmente con el método matemático se calculó los principales parámetros de red involucrados en las redes móviles.

## CAPÍTULO 3

### PROPUESTA

El crecimiento de la población en las ciudades ha producido la expansión de la población a lugares alejados provocado la necesidad de un gran despliegue de la red telefónica móvil en las zonas urbanas o rurales, con el fin de brindar al usuario un excelente servicio de comunicación permanente. Por lo cual las operadoras de telefonía móvil en la actualidad, para superar estos requerimientos o quejas de sus usuarios por falta de cobertura celular o deficiencia del servicio móvil en zonas urbanas o rurales se ven en la necesidad de evaluar la red en un periodo de un año, con el objetivo de optimizar y mejorar la cobertura en las zonas con problemas en los servicios de voz y datos móviles.

El análisis de este proyecto está enfocado únicamente en la red móvil de la operadora CLARO, pues las constantes quejas que se reciben de los clientes hacia la operadora en mención, con respecto a la calidad de los servicios, conlleva a una pronta solución. Los costos elevados que tiene el realizar un *drive test* (recorrido), limitó el desarrollo de un *drive test* para las otras operadoras, pues supera los \$1.500 dólares. Por lo que no se analizará en este proyecto la cobertura de las otras operadoras del ECUADOR.

Para el despliegue de nuevas estaciones, se debe tomar muy en cuenta los requerimientos de los usuarios, objetivos de alto flujo de personas y quejas por servicios deficientes por parte de los usuarios. No obstante, existen empresas dedicadas a despliegues de infraestructuras de alquiler, para nuevos sitios para cualquier operadora. Este despliegue brusco sin referencias pasadas, contrarían a futuro problemas de optimización y huecos de cobertura.

La Figura. 3.1, se presenta el proceso adecuado para la planificación de una nueva estación móvil, el mismo que se ha perfeccionado con el método de prueba y error.

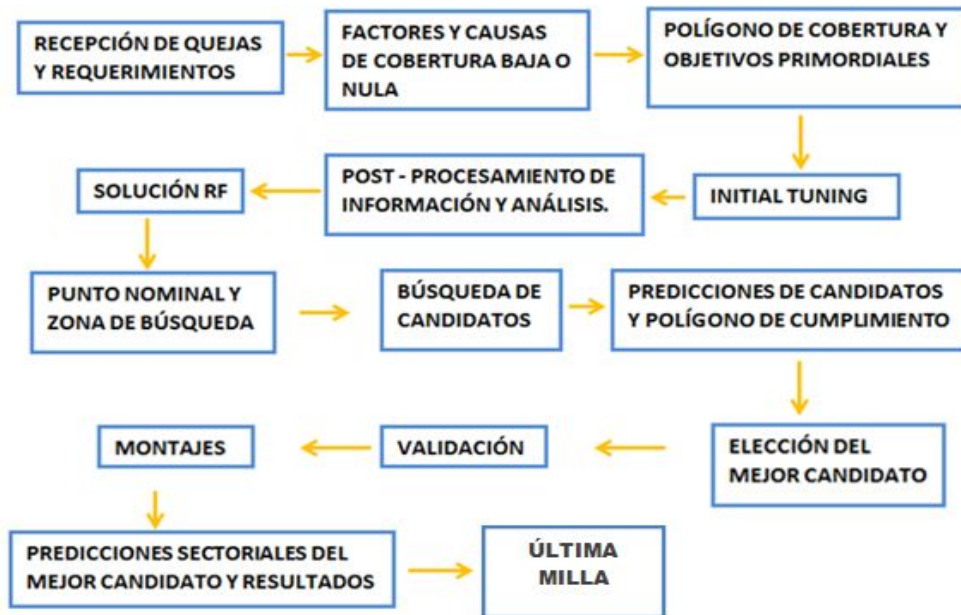


Figura. 3.1. Fases para una planificación de un nuevo nodo

Fuente: (Elaborado por el autor)

La selección de zonas de baja cobertura, es primordial para un punto referencial único, en base a un recorrido de Radio Frecuencia (RF), esto determina diversos factores que se debe tomar en cuenta en el momento de escoger un punto referencial único.

### 3.1 Recepción de quejas y requerimientos

Las operadoras móviles reciben cada día requerimientos de mejoras de cobertura celular, las cuales son recogidas por servicio al cliente de cada una de las operadores y por medio de entidades de regularización las cuales son de alta prioridad.

Las recepciones se clasifican en diferentes prioridades:

- ✓ Normal: Prioridad baja.
- ✓ VIP: Prioridad media.
- ✓ Insignia: Prioridad alta.
- ✓ Arcotel: Prioridad muy alta.

Las operadoras están en la obligación de brindar un buen servicio de comunicación celular, por lo que en muchos casos la falta de cobertura o problemas en la red producen a sus clientes poner quejas (también llamado *TICKET*) de formales directo a la operadora o a nivel de instituciones de control (ARCOTEL).

Según el número de quejas o denuncias hacia la operadora por bajas prestaciones en sus servicios de voz y datos en una zona determinada, los clientes y las autoridades de control, presionan a las operadoras, dar una solución temporal o una solución a largo plazo en un tiempo determinado. No obstante, todos los gastos en equipos e instalación, para cada caso para solucionar los problemas de cobertura corren por cuenta de cada operadora.

### 3.2 Factores y causas de cobertura baja o nula

Para el despliegue de una nueva radio base celular, se debe tomar en cuenta los antecedentes y problemas de cobertura de la zona seleccionada. Los principales antecedentes y problema pueden ser:

- ✓ Geografía irregular de la zona.
- ✓ Sitios 3G sin Optimizar.
- ✓ Interferencias.
- ✓ Zona sin cobertura 3G.

#### 3.2.1 Geografía Irregular de la zona.

La Geografía, juega un papel muy importante en las telecomunicaciones, esto debido a fenómenos que producen directa o indirectamente en el momento de irradiar una celda. Los fenómenos más comunes:

- ✓ **Sombra:** Esto debido a cualquier tipo de obstáculo (montañas, edificios, entre otros) entre la antena sectorial y los objetivos primordiales.
- ✓ **Dispersión:** Esto debido al choque de las ondas con obstáculos (montañas, edificios, entre otros) que producen que la onda RF se disperse en varias direcciones.
- ✓ **Absorción:** Este fenómeno es producido por una alta vegetación en la zona, lo que produce una alta pérdida de potencia en la señal.

#### 3.2.2 Sitios 3G sin Optimizar.

La optimización de la red celular de cualquier operadora, es primordial en cualquier zona, ya sea ciudad o campo; la optimización puede mejorar la falta de cobertura en algunas zonas sustancialmente, por lo que las operadoras móviles cada año están en la obligación de realizar recorridos RF, con el fin de garantizar un buen servicio a una gran cantidad de usuarios.



Para la optimización, se puede realizar cambios a nivel lógico (*software*) o físicos (*hardware*):

- ✓ **Lógicos:** En este nivel se modifica los parámetros de la RNC, según el caso.
- ✓ **Físicos:** En este caso se realizan cambios a nivel de antenas sectoriales: *Azimuth*, MDT, EDT.

### 3.2.3 Interferencias.

Las interferencias pueden ser producto de fuentes externas como internas que se sobreponen en nuestra señal deseada. A nivel de nuestro repaso, los casos por interferencia son por multiservidores en un punto determinado. Esto también se lo llama polución, el cual es producido por diferentes servidores de la misma tecnología (GSM, UMTS, LTE) o múltiples portadoras lejanas. En sí, la polución afecta la calidad de servicio de voz y datos, en este último se ve más afectado en la carga y descarga de datos.

### 3.2.4 Zona sin cobertura 3G.

El desarrollo de nuevas tecnologías, ha llevado a que los operadores modernicen sus estaciones a nivel nacional. Esto conlleva una fuerte inversión y un exhaustivo análisis de sectores prioritarios para la implementación de nuevas bases de radio móviles.

En la actualidad encontramos diferentes panoramas en las vías, dentro y fuera de las grandes y pequeñas ciudades. Para la modernización de una estación 3G se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones: números promedio de acceso en horas pico de usuarios en los servicios de voz y datos, accesos lejanos y flujo de personas circulando en las vías a lo largo del día.

Bajo las condiciones mencionadas, se procede a una planificación de modernización de una estación GSM o a la instalación de una nueva estación 3G.

### 3.3 Polígono de cobertura y objetivos primordiales.

En el polígono de cobertura, es determinado por los múltiples factores mencionados anteriormente y el criterio del ingeniero asignado. En el polígono mencionado se realizó un *drive test* DT, en el cual se pudo determinar el problema por falta de cobertura 3G.

En este caso, el polígono se basó en la zona concurrida de flujo de usuarios y a quejas en el sector. En la Figura. 3.2., se muestra la ubicación concurrente de usuarios y de quejas de usuarios prepago, usuarios pos - pagos a nivel de planes empresariales *VIP*.

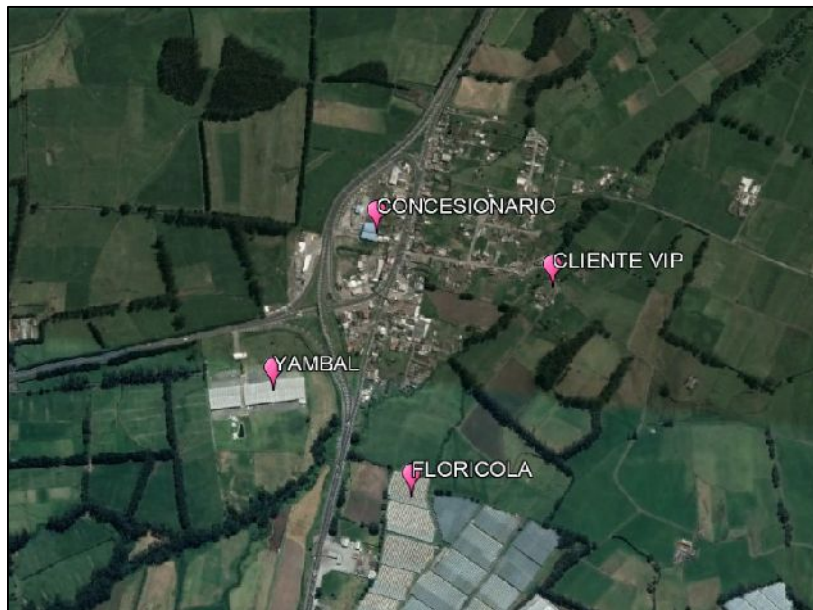


**Figura. 3.2. Polígono de cobertura en la zona seleccionada**

Fuente: (Elaborado por el autor)

El polígono de cobertura siempre será más grande que el polígono de cumplimiento, debido a que en el polígono de cobertura se realizara de DT y se determina las zonas sin cobertura, o se verifica los servidores que llegan residualmente o parcialmente.

La Figura. 3.3., se detalla los objetivos primordiales; Estos objetivos pueden ser instituciones educativas, unidades médicas, centro comercial, vías concurrentes, empresas, fábricas, etc.



**Figura. 3.3. Objetivos primordiales a cubrir**

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.4 *Initial tuning* (IT)

Es el primer recorrido de medición de cobertura o sincronización inicial (IT), es fundamental para iniciar las pruebas de *drive test* (DT). En este punto se debe poner a punto todos los equipos y software de medición RF.

#### 3.4.1 *Software de medición RF.*

En la actualidad existen diversas herramientas en el mercado, las más conocidas y utilizadas a nivel nacional:

- ✓ *PROBE – HUAWEI.*
- ✓ *XCAL-M.*
- ✓ *OPTIMAZER – SWISSQUAL.*
- ✓ *TEMS.*

#### 3.4.2 *Equipos de medición RF.*

La Figura, 3.4., se enlista los equipos requeridos según las pruebas a realizar, así como el número de dispositivos. La configuración y uso de cada uno:

1. *Laptop* con herramientas *Swissqual*, *probe*, etc. configuración de tareas y medición.
2. Celular 1.- Llamada corta, determina accesibilidad a la red.
3. Celular 2.- Llamada larga, determina continuidad en la llamada y cambios de celdas (*Handover*).
4. Celular 3.- Modo IDLE, determina cobertura de la red.
5. Modem 1.- Velocidades de descarga de datos.
6. Modem 2.- Velocidades de carga de datos.
7. *Scanner*.- Determina y visualiza la calidad y cobertura de la red de todas las frecuencias existentes, dando como relación de 1 dBm a 10 dBm en comparación de RSCP a los equipos anteriores.
8. Gps.- Determina el recorrido en la zona.
9. *Sim card*.- Las *sim card* son de voz y datos para las diferentes pruebas.
10. Inversor.- Fuente de corriente que alimenta a todos los equipos, y que va conectado a la batería del automotor.
11. Cables.



**Figura. 3.4. Equipos RF**

Fuente: (Elaborado por el autor)

Los equipos mencionados, son utilizados en un recorrido completo de sincronización (*IT FULL*) 3G.

### 3.4.3 Drive test (D.T)

El *drive test*, son pruebas de medición de cobertura que se recorrió con un automotor calle por calle en una zona determinada (polígono de cobertura). Hay ocasiones que el *drive test* no se puede recorrer calle por calle, por vías sin accesos o permisos de ingreso, lo cual se debe justificar con fotos.

### Tareas y equipos utilizados

Las tareas y equipos se configuraron de acuerdo al análisis correspondiente. Para nuestras tecnologías. Además el equipo facilita forzar a diferentes portadoras, o también filtra un solo servidor (celda) que se desee. El ingeniero o técnico puede verificar inmediatamente los parámetros y tomar acciones de optimización de red. La compatibilidad con distintos equipos hace que la aplicación *Qualipoc* sea más comercializada y más fácil de usar, los equipos utilizados son 2 *Smartphone* con la aplicación *Qualipoc* de *Swissqual*; La Figura. 3.5., indica el equipo *smartphone* que permite el monitoreo de cobertura, calidad y acceso a los servicios de voz y datos en diferentes.



**Figura. 3.5. Qualipoc – RF**

Fuente: (Elaborado por el autor)

Uno de los *Smartphone* se configuró como *modem*, para descarga de datos, el cual evito el uso de una *laptop* y emparejamiento de periféricos. El segundo *Smartphone* monitoreo la cobertura de radio en el ambiente, sin realizar ninguna tarea.

Las tareas a realizadas en el *drive test* RF son:

- ✓ **Smartphone 1:** Función de Celular 3, Modo IDLE.- Para esta configuración, el equipo se seleccionó tareas en modo IDLE, y únicamente el equipo monitoreo niveles y parámetros en el ambiente, además de disponibilidad de acceso a la red.
- ✓ **Smartphone 2:** Función de *Modem* 1, descarga de datos. Se seleccionó la tarea de datos con la siguiente configuración de tareas:
  - ✓ 9999 ciclos de descarga
  - ✓ Duración de la tarea de 8 horas
  - ✓ APN(*Access Point Networking*) [www.AAA.com.ec](http://www.AAA.com.ec)
  - ✓ Archivo descargados de 10 megas
  - ✓ Servidor, [cachafly.cachefly.net](http://cachafly.cachefly.net): En esta tarea indica las velocidades en UMTS, y conexiones a servidores *webs*.

### Verificación de parámetros en las pruebas Modo IDLE – Descarga de datos


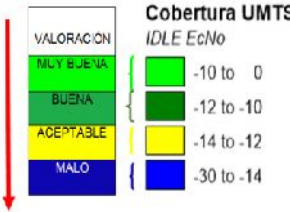
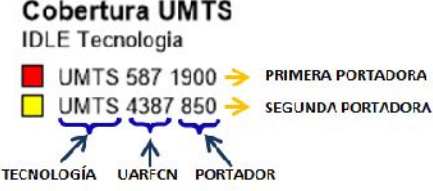
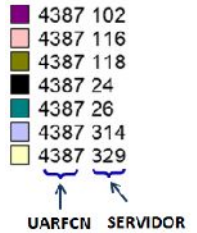

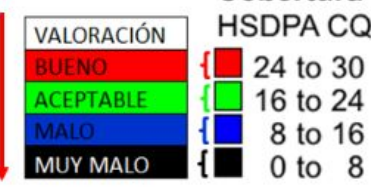

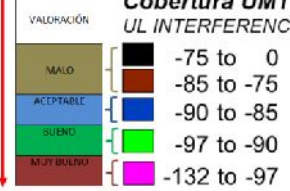
Se verificó los parámetros de medición y descartar posibles problemas de la red.

- ✓ **Modo IDLE:** Los parámetros a tomar en cuenta son:
  - ✓ Frecuencia DL: Determina la portadora.
  - ✓ Psc: Código del servidor.
  - ✓ Ec/io: Calidad.
  - ✓ Rscp: Cobertura.
  - ✓ *Cell name*: Nombre de la celda.
  - ✓ Distancia del servidor acampado.
  - ✓ *UL interference*: Capacidad del servidor.
  - ✓ *Serving / Acive Set*: Servidores disponibles.
  - ✓ *Monitor set*: Servidores vistos para posibles cambios H.O.
  - ✓ *Detected sed*: Servidores no declarado.
  
- ✓ **Descarga de datos:** Los parámetros son los mismas que en el modo IDLE, pero adicional se debe revisar:
  - ✓ *Throughput*: Velocidades de descarga.
  - ✓ *Bler*: Error de transmisión por bloque.

#### 3.4.4 Parámetros

La Tabla. 3.1., indica el análisis de los parámetros, son primordial en el estudio, para iniciar con la planificación de un nodo 3G. En esta tecnología (3G) los parámetros en un *DRIVE TEST* más importantes a considerar al realizar un recorrido: *Received Signal Code Power* (RSCP), *Ratio of Received power of the carrier to the all over Noise* (EC/IO), *Primary Scrambling Codes* (PSC), rendimiento de la red medido en bps (*THROUGPUT*), portadora o banda (TECNOLOGÍA), *Block Error Rate* (BLER), *Coverage by Quality Indicator* (CQI) y *UL INTERFERENCE*.

Tabla. 3.1. Parámetros de medición en campo

 <p><b>VALORACIÓN</b></p> <p>MUY BUENA BUENA ACEPTABLE MALO</p> <p><b>Cobertura UMTS IDLE RSCP</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-55 to 0</li> <li>-65 to -55</li> <li>-75 to -65</li> <li>-85 to -75</li> <li>-97 to -85</li> <li>-112 to -97</li> </ul>	 <p><b>VALORACIÓN</b></p> <p>MUY BUENA BUENA ACEPTABLE MALO</p> <p><b>Cobertura UMTS IDLE Ec/Io</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-10 to 0</li> <li>-12 to -10</li> <li>-14 to -12</li> <li>-30 to -14</li> </ul>
<p><b>RSCP, Cobertura</b></p>	<p><b>EC/IO, Calidad</b></p>
 <p><b>Cobertura UMTS IDLE Tecnología</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>UMTS 587 1900 → PRIMERA PORTADORA</li> <li>UMTS 4387 850 → SEGUNDA PORTADORA</li> </ul> <p>TECNOLOGÍA UARFCN PORTADOR</p>	 <p><b>Cobertura UMTS PSC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4387 102</li> <li>4387 116</li> <li>4387 118</li> <li>4387 24</li> <li>4387 26</li> <li>4387 314</li> <li>4387 329</li> </ul> <p>UARFCN SERVIDOR</p>
<p><b>TECNOLOGÍA, Portadora</b></p>	<p><b>PSC, Servidores</b></p>
 <p><b>VALORACIÓN</b></p> <p>MUY BUENA BUENA ACEPTABLE MALO</p> <p><b>THROUGHPUT HSDPA DOWNLINK (Kbps)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5,200 to 16,000</li> <li>2,100 to 5,000</li> <li>1,200 to 2,100</li> <li>384 to 1,200</li> <li>256 to 384</li> <li>128 to 256</li> <li>0 to 128</li> </ul>	 <p><b>VALORACIÓN</b></p> <p>BUENO ACEPTABLE MALO MUY MALO</p> <p><b>Cobertura UMTS HSDPA CQI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>24 to 30</li> <li>16 to 24</li> <li>8 to 16</li> <li>0 to 8</li> </ul>
<p><b>THROUGHPUT, Velocidades de descarga</b></p>	<p><b>CQI, Calidad de canal</b></p>
 <p><b>VALORACIÓN</b></p> <p>MUY BUENA BUENO MALO</p> <p><b>Tasa de errores UMTS BLER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0 to 2</li> <li>2 to 5</li> <li>5 to 100</li> </ul>	 <p><b>VALORACIÓN</b></p> <p>MALO ACEPTABLE BUENO MUY BUENA</p> <p><b>Cobertura UMTS UL INTERFERENCE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-75 to 0</li> <li>-85 to -75</li> <li>-90 to -85</li> <li>-97 to -90</li> <li>-132 to -97</li> </ul>
<p><b>BLER, Error por bloque</b></p>	<p><b>UL INTERFERENCE, Interferencia interna, externa o capacidad de portadora</b></p>

Fuente: (Elaborado por el autor)

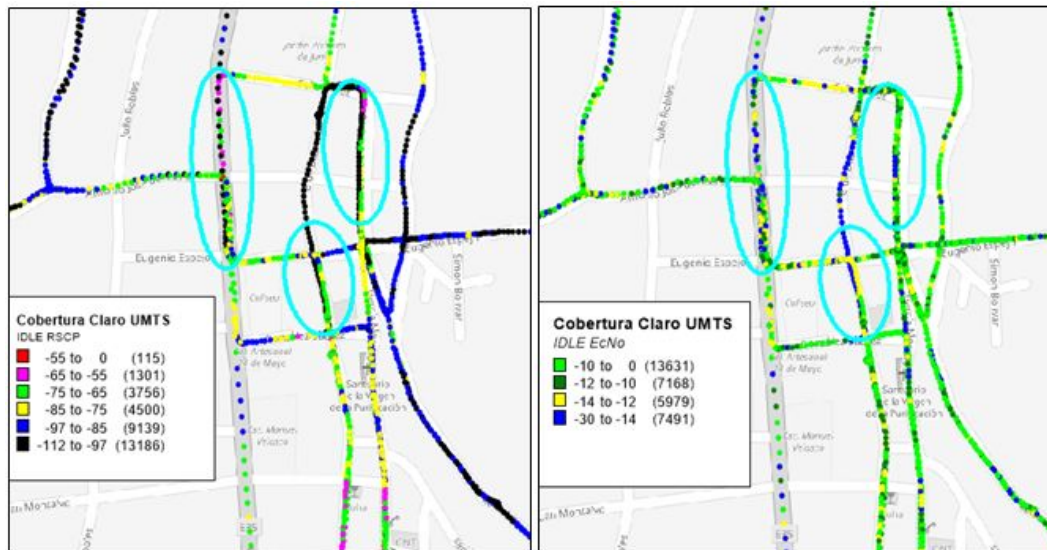
Con estos parámetros mencionados, el ingeniero de campo puede identificar fácilmente el problema por falta de cobertura, interferencia, entre otras, en la zona donde se realizó el recorrido.

### 3.4.5 Recorrido

Para realizar el recorrido se seleccionó adecuadamente el tipo de automotor, por motivos de las condiciones de las vías. Normalmente en campo, el automotor debe ser alto para evitar dificultades al transitar. Mientras que en la ciudad se puede hacer uso del automotor alto o bajo ya que las vías son de mejor calidad.

Durante el recorrido no se puede sobre pasar la velocidad de 60 km/h, con esto se evita tener niveles bajos de cobertura en el levantamiento de información. Las altas velocidades producen errores de *Block Error Rate (BLER)* y pérdidas de información por metros. Para aclarar esta última parte, se debe tener al menos una muestra cada 10 metros. Si es posible tener mayor información cada 10 metros, las estadísticas de los niveles son más reales y exactas.

En un recorrido se evitó pasar varias veces por una misma calle, esto debido a que si en la primera pasada por una calle; en la Figura. 3.6., el móvil pasa enganchado (acampamiento de un celular) a un servidor con buenos niveles, y al regreso en una segunda pasada por la misma calle, el móvil puede pasar enganchado a un servidor lejano con bajos niveles de calidad – cobertura, y en el momento del procesamiento de la información de nuestro recorrido se observara que la cobertura es muy baja, y además está sobre puesta a un recorrido con buenos niveles.



**Figura. 3.6. Rscp sobre puestos**

Fuente: (Elaborado por el autor)



Esto sucede muchas veces debido a *los handover*, ya que en ocasiones los umbrales para el cambio de celda son diferentes de ida a los de vuelta. La Figura. 3.7, representa los retardos que produce los cambios de celda.

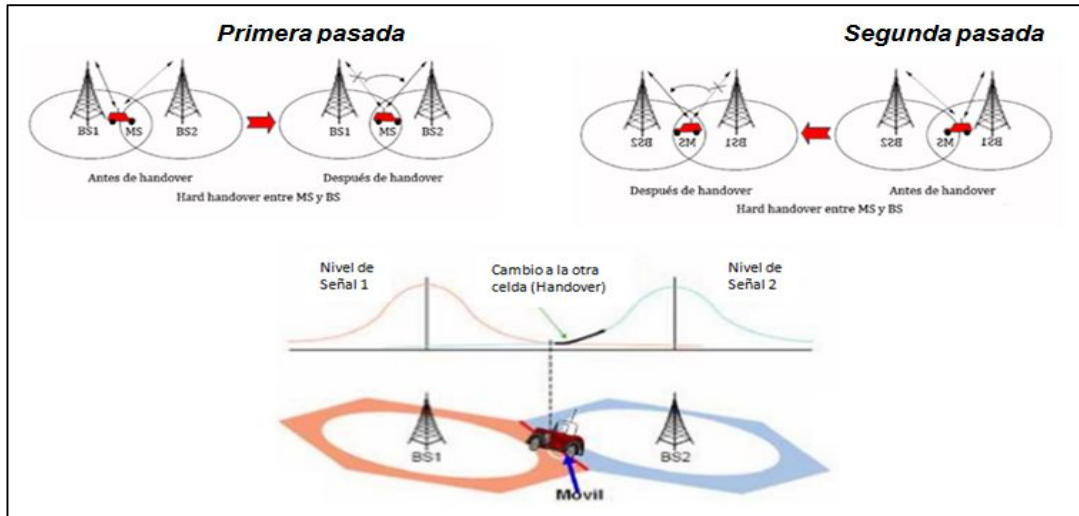


Figura. 3.7. Handover

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.4.6 Levantamiento de información

La Figura. 3.8., se observa la información levantada con el equipo de medición de radio frecuencia, que se grabó un LOG con la extensión .SQZ.

Name	Date modified	Type	Size
2018-05-04-13-49-48-0000-6237-6908-0004-S.sqz	04-May-18 1:54 PM	SQZ File	1,311 KB
2018-05-04-13-55-06-0000-6237-6908-0004-S.sqz	04-May-18 2:11 PM	SQZ File	4,222 KB
2018-05-04-17-23-07-0000-6237-6908-0004-S.sqz	04-May-18 5:41 PM	SQZ File	3,300 KB

Figura. 3.8. Log .sqz

Fuente: (Elaborado por el autor)

En campo, el ingeniero de radio frecuencia verificó los siguientes niveles y parámetros de cumplimiento y umbrales, La Figura. 3.9, presenta las diferentes ventanas del equipo *Qualipoc* de *SWISSQUAL* que él ingeniero de campo verificó, durante todo el recorrido continuo del *drive test* los diferentes parámetros.

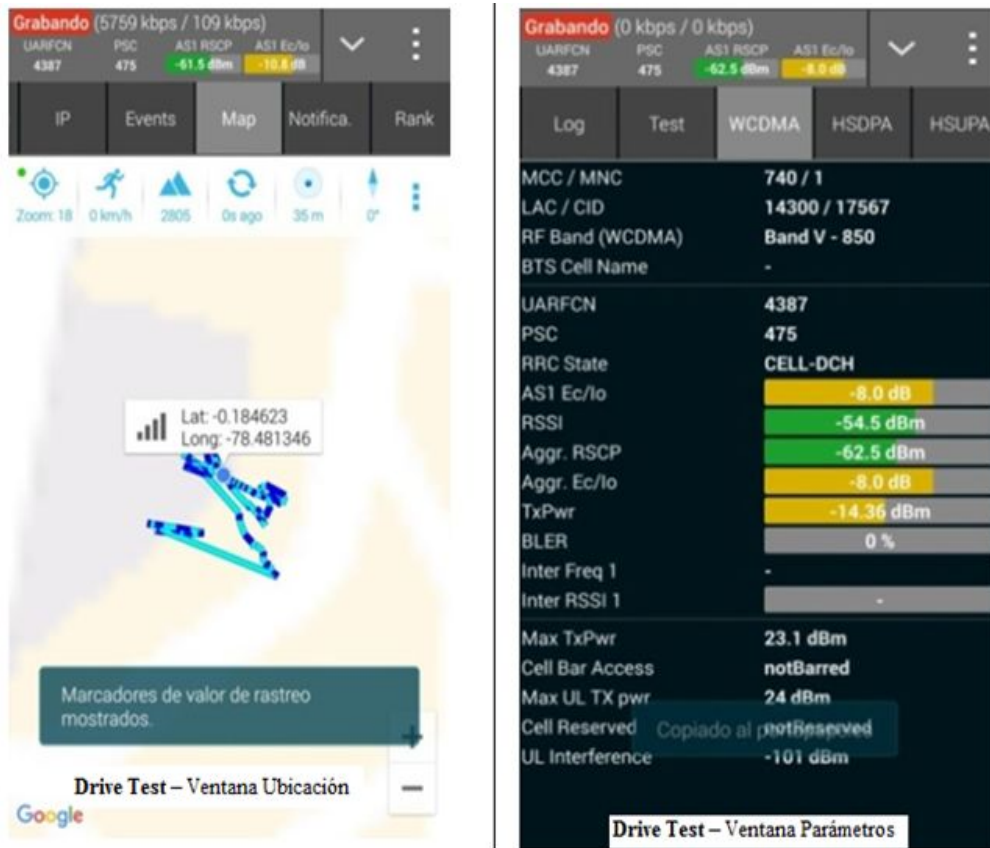


Figura. 3.9. Ventadas equipo qualipoc

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.5 Post - procesamiento de información y análisis

El *post* – procesamiento de información fue fundamental para determinar los tipos de causa de falta de cobertura.

#### 3.5.1 Análisis general en las herramientas *NQDI-MAPINFO PROFESSIONAL*

Con la información recogida en el recorrido, se creó una base de datos de información con el servidor *NQDI* de *SWISSQUAL*, como se muestra en la Figura. 3.10, posteriormente se procedió a seleccionar tablas (documentos Excel unificados) de los principales parámetros 3G, como indica la Figura. 3.11, enmarcado con círculos rojos. La Figura. 3.12, puntualiza las tablas con el tipo de extensión “.tab”, extraídas de nuestro servidor.

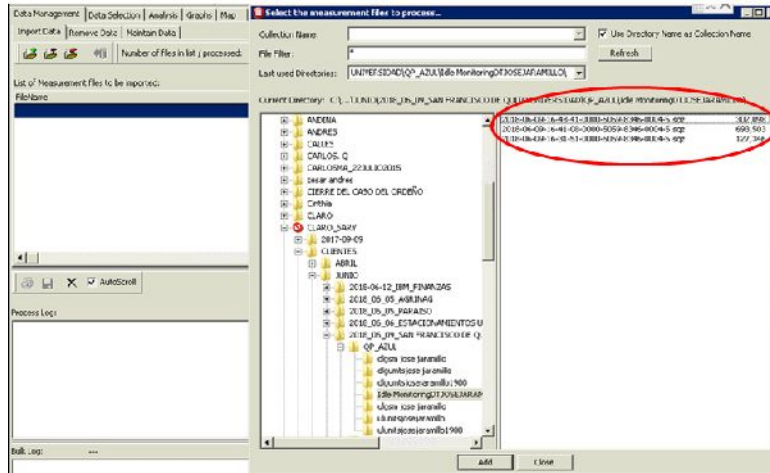


Figura. 3.10. Base de datos – NQDI

Fuente: (Elaborado por el autor)

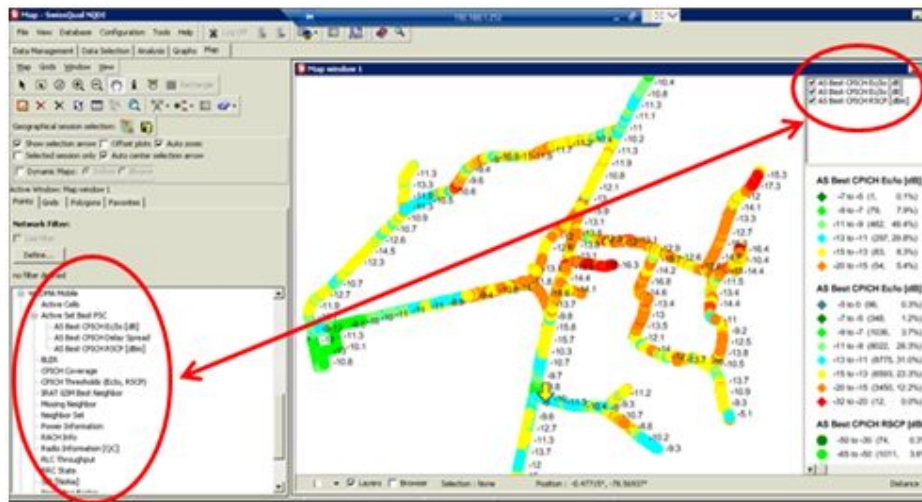


Figura. 3.11. Selección de parámetros - NQDI

Fuente: (Elaborado por el autor)

Name	Date modified	Type	Size
AS_Best_CPICH_Ec_lo_2.DAT	12-Oct-13 6:22 AM	DAT File	2,707 KB
AS_Best_CPICH_Ec_lo_2.ID	12-Oct-13 6:22 AM	Mapinfo Table File	65 KB
AS_Best_CPICH_Ec_lo_2.IND	13-Oct-17 12:08 PM	Mapinfo Table File	370 KB
AS_Best_CPICH_Ec_lo_2.MAP	12-Oct-13 6:22 AM	Mapinfo Table File	316 KB
AS_Best_CPICH_Ec_lo_2.TAB	13-Oct-17 12:08 PM	Mapinfo Table	1 KR
AS_Best_CPICH_RSCP_2.DAT	12-Oct-13 6:22 AM	DAT File	2,707 KB
AS_Best_CPICH_RSCP_2.ID	12-Oct-13 6:22 AM	Mapinfo Table File	65 KB
AS_Best_CPICH_RSCP_2.IND	13-Oct-17 12:10 PM	Mapinfo Table File	587 KB
AS_Best_CPICH_RSCP_2.MAP	12-Oct-13 6:22 AM	Mapinfo Table File	316 KB
AS_Best_CPICH_RSCP_2.TAB	13-Oct-17 12:10 PM	Mapinfo Table	1 KB

Figura. 3.12. Extensión “.TAB”

Fuente: (Elaborado por el autor)

La información extraída del servidor *NQDI*, se procedió a plotear (graficas de recorrido del diferente parámetro RF) las tablas “.tab” en la herramienta *MAPINFO*

PROFESSIONAL. En las Figuras. 3.13, se identificó los problemas suscitados en el recorrido como se indica en la Figura 3.14.

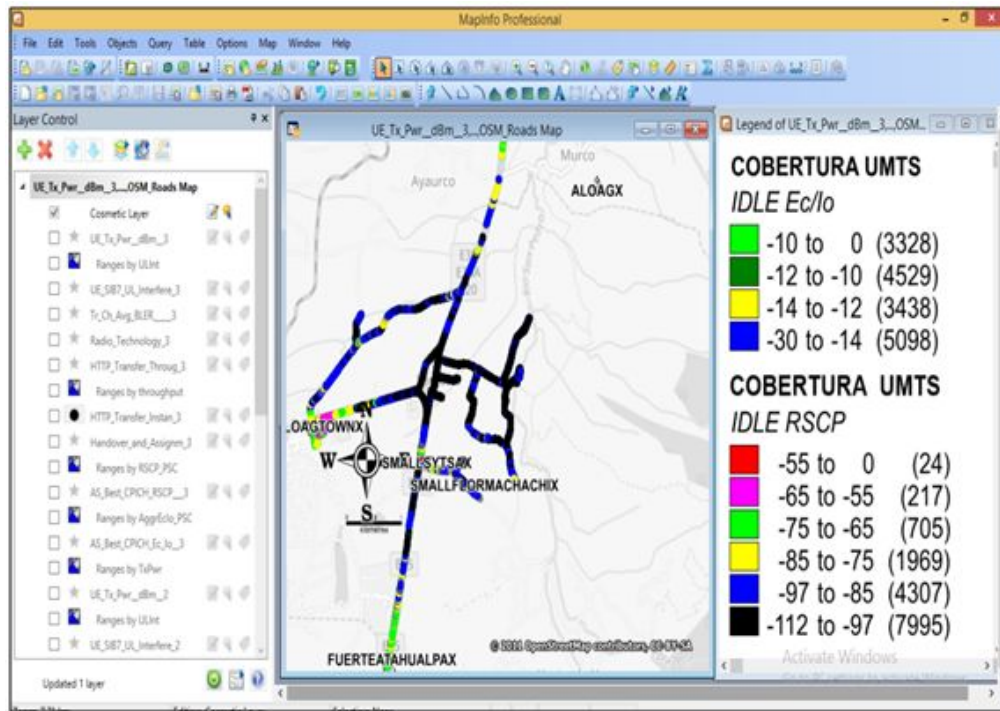


Figura. 3.13. Herramienta MAPINFO y niveles de cobertura

Fuente: (Elaborado por el autor)

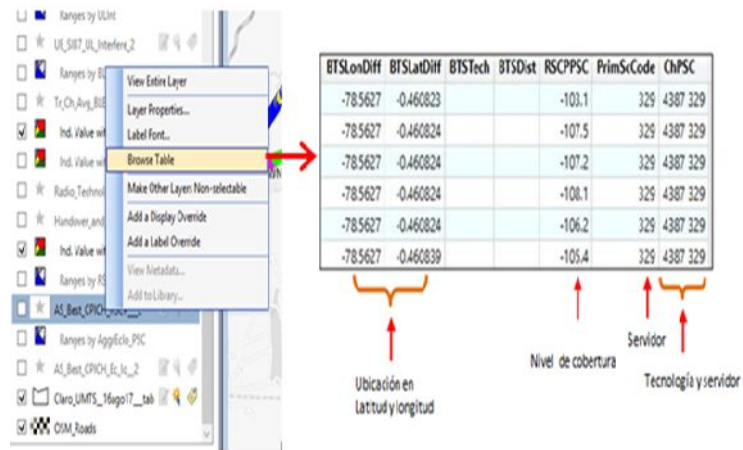


Figura. 3.14. Análisis de cobertura – RSCP y ubicación

Fuente: (Elaborado por el autor)

Como se puede observar en la Figura 3.13, indica la primera directriz del problema, los niveles que mostraron fueron muy bajos, por lo que las velocidades de descarga o el servicio de voz son muy deficientes.

No obstante se analizó muy detalladamente la cobertura y los servidores del primer anillo de la zona como se muestra en la Figura 3.14, con el fin de optimizar la red y evitar el despliegue innecesario de una nueva estación celular.

- ✓ **Primer anillo:** Se define a una o varias estaciones celulares cercanas a un punto referencia, donde se realizara el recorrido *drive test*, por lo que se debe tomar en cuenta rodear lo más que se pueda a estas estaciones cercanas, con el fin de determinar su alcance que cubren a distancias lejanas.

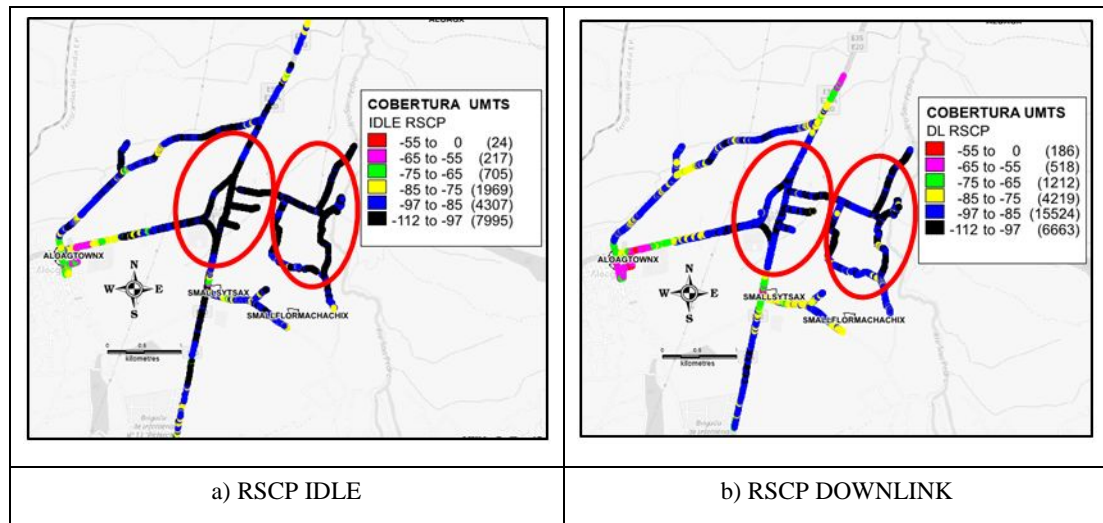
**3.5.2 Análisis general de las tareas *Modo IDLE UMTS vs. Modo DOWNLINK.***

Para el análisis general de los parámetros, se determinó en tablas comparativas correspondientes los rangos de valoración descrita en la sección 3.4.4 Parámetros.

- ✓ **RSCP: Cobertura.**

Como se puede apreciar en la Tabla. 3.2., literal (a), y literal (b), los niveles en el desvío Machachi – Aloag Santo Domingo – barrio Obelisco son de -97 dBm a -112 dBm, lo indica conexiones son intermitentes a la red y servicios de voz y datos son casi nulos.

**Tabla. 3.2. Cobertura RSCP en IDLE vs. DL – UMTS**

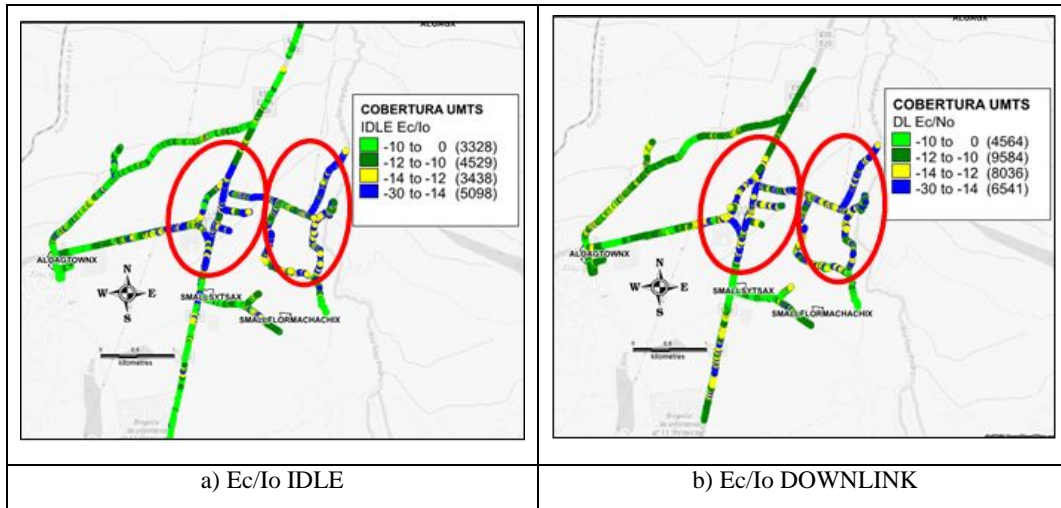


Fuente: (Elaborado por el autor)

- ✓ **Ec/Io: Calidad.**

En la Tabla. 3.3., en los literales (a) y (b), indica que los niveles de calidad de mayores muestras se encuentran en el rango azul, lo que dificulta la comunicación en los servicio de voz y datos.

Tabla. 3.3. Cobertura Ec/Io en IDLE vs. DL – UMTS

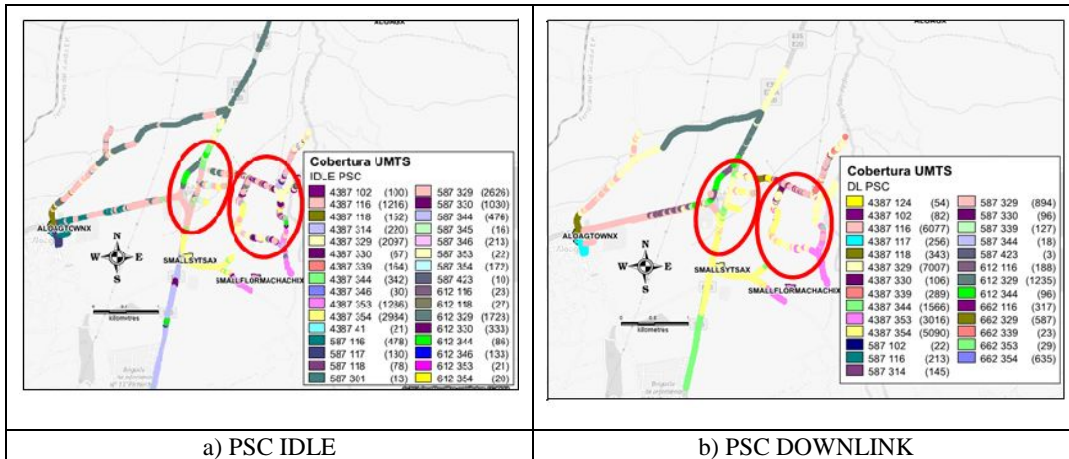


Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **UARFCN PSC:** Servidores.

En la Tabla. 3.4., las dos tareas, indica varios servidores lejanos sirven en las zonas de nuestro interés, degradando aún más la calidad *EcIo*, debido a la falta de un servidor definido con buenos niveles.

Tabla. 3.4. PSC en IDLE vs. DL – UMTS



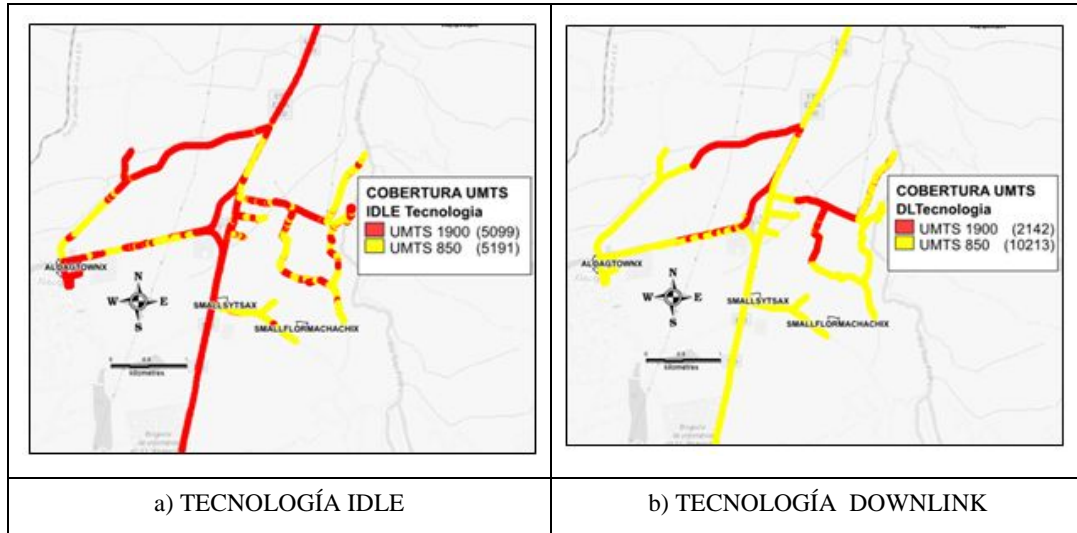
Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **TECNOLOGÍA:** Bandas y Frecuencias.

En la Tabla. 3.5., literal (a), se visualiza que el equipo de medición, se enganchó más tiempo en UMTS 1900 (segunda portadora), con muy bajos niveles de calidad y cobertura. Normalmente el acampamiento del equipo en UMTS 1900 se basa a la disponibilidad de la red en ese instante, mientras que en el literal (b), el equipo debe de finalizar la sesión de

descarga, para poder cambiarse de celda, siempre y cuando los niveles de un nuevo sector a cambiar sean mejores que el actual.

Tabla. 3.5. Tecnología en IDLE vs. DL – UMTS

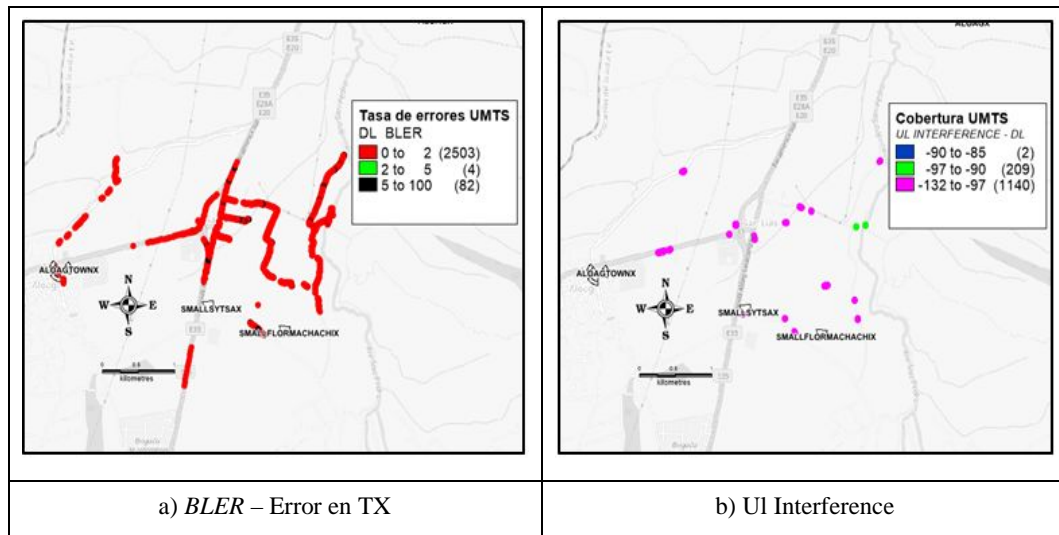


Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **BLER – UL INTERFERENCE (solo para el Modo DOWNLINK UMTS).**

En la Tabla. 3.6., los niveles de *BLER*, literal (a) y *UL INTERFERENCE*, literal (b), son buenos y acorde a nuestro recorrido, por lo se descartan problemas de transmisión y capacidad.

Tabla. 3.6. BLER VS. UL INTERFERENCE – UMTS

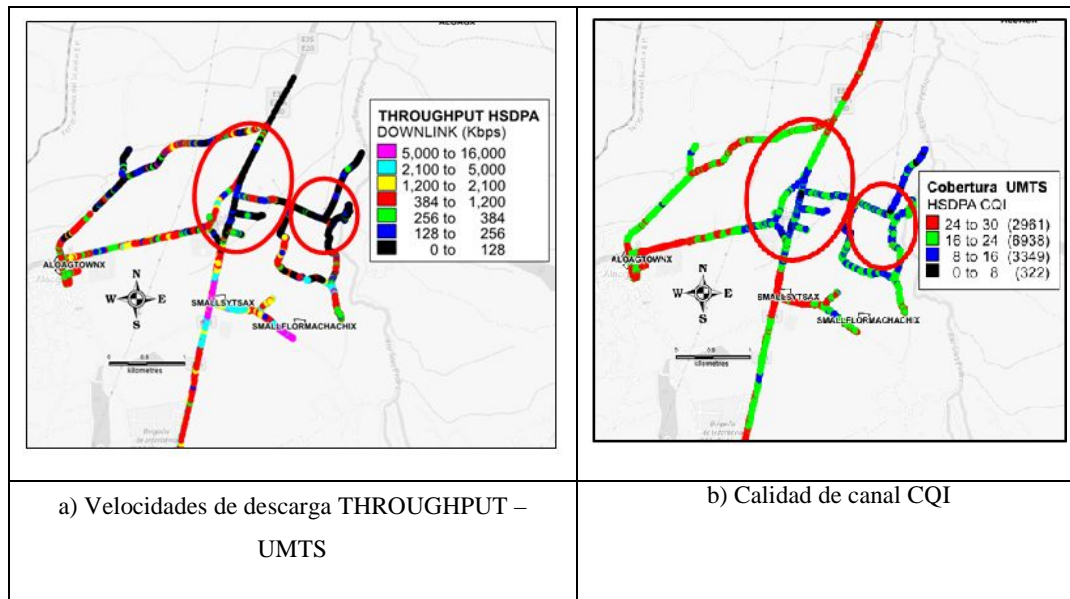


Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **THROUGHPUT** - Velocidad de descarga vs. (**CQI**) - Calidad de canal.

Las velocidades de descarga *Throughput* dependen de la calidad del canal *CQI*, por lo que si se tiene bajos niveles de *CQI*, los niveles de descarga serán bajos.

Tabla. 3.7. THROUGHPUT (Velocidad de descarga) vs. CQI (Calidad de canal)



Fuente: (Elaborado por el autor)

En el literal (a), Tabla. 3.7., las velocidades del *drive test*, son bajas acorde a los niveles de calidad *EcIo* de -15 dB, cobertura *RSCP* de -103 dBm y *CQI* en el rango de 8 a 16, literal (b), según se enmarca en los círculos rojos.

### Resultado General

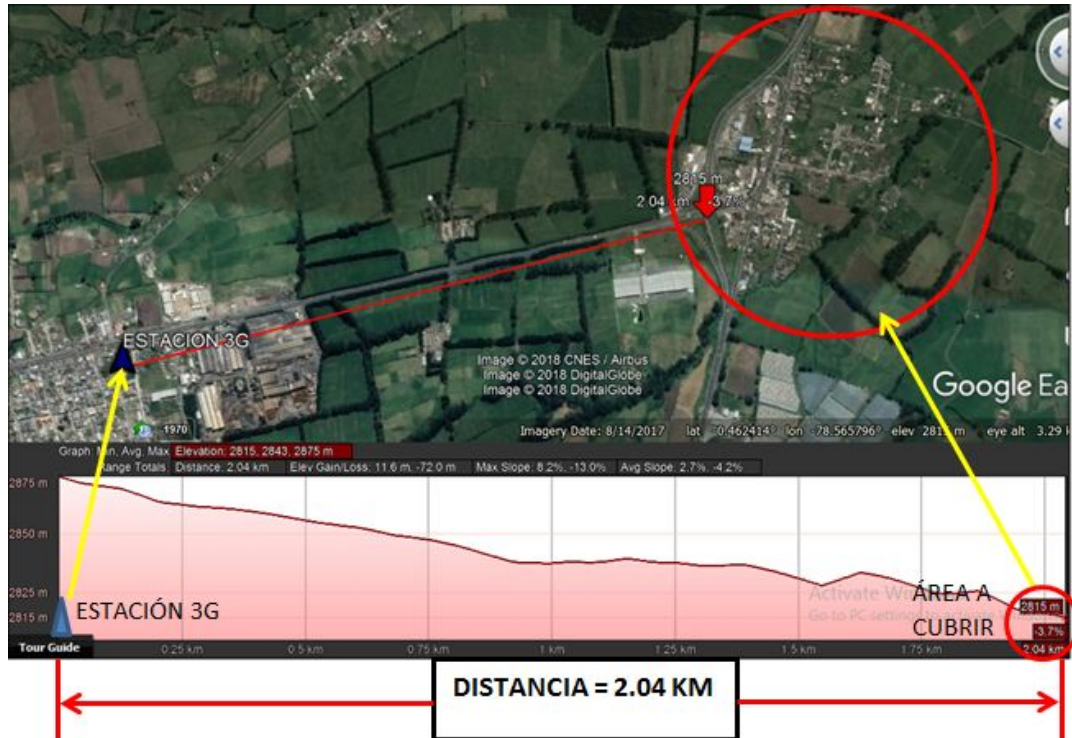
- ✓ **Modo IDLE:** Se verificó la cobertura y disponibilidad de acceso a la red. Los niveles de calidad y cobertura son muy bajos lo cual no se garantiza ningún tipo de servicios.
- ✓ **Modo Downlink:** En esta tarea, se verificó las velocidades que tiene un usuario para poder navegar en la red. El modo *dowlink*, es la más óptima para verificar accesos a la red, por ser más propenso a la interferencia y falta de cobertura que una prueba de voz (pruebas de llamadas). Lo cual quiere decir, que si la calidad, cobertura, *UI interference* y *BLER* son malos, el servicio de voz no podrá acceder a la red.



### 3.6 Solución RF

Las soluciones más comunes para mejoramiento de cobertura son: cambios físicos y lógicos, repetidores *INDOOR* y *OUTDOOR* y nueva estación.

Debido a la distancia entre la estación 3G más cercana y el área a cubrir en el barrio Obelisco, como se muestra en la Figura. 3.15, no se puede recomendar posibles soluciones con cambios físicos (*Azimuth*, MDT y EDT), cambios lógicos (cambios de *CORE RNC*) o repetidores.



**Figura. 3.15. Velocidades de descarga THROUGHPUT – UMTS**

Fuente: (Elaborado por el autor)

Luego del análisis de soluciones comunes, la única alternativa que queda es la instalación de una nueva estación 3G; y para ello se debe realizar una correcta planificación de ingeniería, la cual se ha venido revisando durante todo este capítulo.

### 3.6.1 Solución para una Nueva estación 3G.

Para una nueva estación, se tomó en cuenta varios requisitos que deben cumplir: Cobertura residual o nula, que se analizó anteriormente en la *sección 3.2*, área a cubrir (diámetro de 1 km aproximadamente), vías importantes, objetivos primordiales (aglomeración de usuarios normales prepago y diversos usuarios *VIP post-pago*).

Por otra parte, se determinó:

- ✓ Área exacta a cubrir.
- ✓ Punto nominal o referencial, donde se espera instalar la nueva estación.
- ✓ Polígonos de cumplimiento y objetivos primordiales.

### 3.6.2 Área de interés.

Para la nueva estación, se delimitó la zona de interés, donde se realizó el *drive test*, el cual ya se analizó previamente en la *sección 3.4.5*, y donde se enmarca en un círculo rojo, Figura. 3.16, el área de interés de mejoramiento de cobertura y así eligió el punto referencial más adecuado.

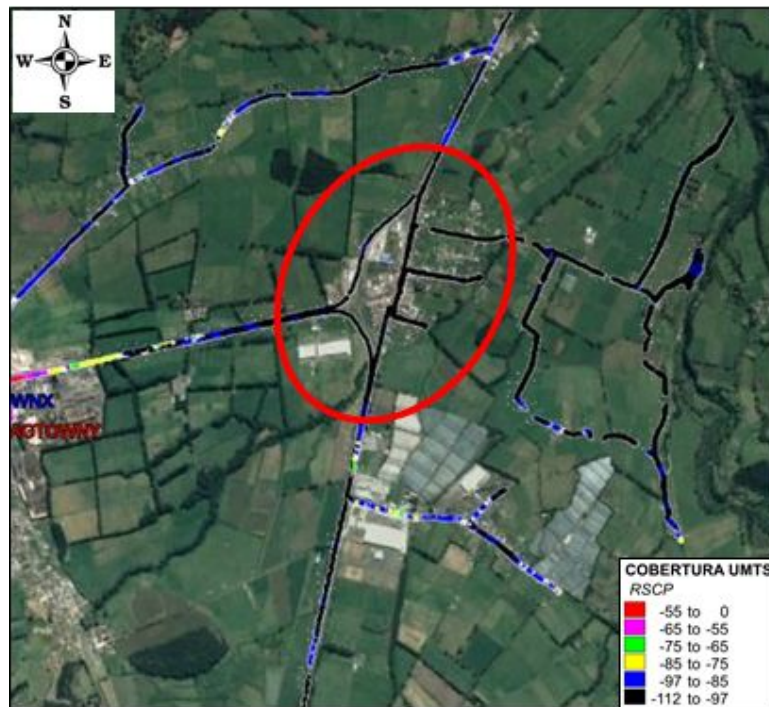


Figura. 3.16. Área de interés

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.7 Punto Nominal y zona de búsqueda

En base a la Figura. 3.16, se determinó un punto referencial PN, la Figura. 3.17., se muestra el área donde se realizará la búsqueda para el nuevo sitio 3G.



**Figura. 3.17. Punto Nominal – PN**

Fuente: (Elaborado por el autor)

**PN:** El punto nominal es el área de zona de búsqueda, donde se realiza una búsqueda para instalar el nuevo sitio 3G. A partir del punto nominal, el ingeniero podrá moverse 200 metros a la redonda (círculo rojo), en búsqueda del lugar más apropiado en base a los objetivos primordiales y al tipo de estructura que se planifica instalar, como se indica en la Figura. 3.17.

#### 3.7.1 Polígonos de cobertura, cumplimiento y objetivos primordiales.

Como se puede visualizar en la Figura. 3.18., la nueva estación debe cubrir con buenos niveles todo el polígono de cumplimiento y además garantizar los servicios de voz y datos.





**Figura. 3.19. Objetivos y vías principales**

Fuente: (Elaborado por el autor)

La nueva estación 3G, por estar en una zona rural la altura aproximada es de 20 metros a 40 metros de altura. Para el caso, la altura se determinó en base a los requisitos mencionados anteriormente. La estación contará de 3 sectores, con antenas de 40 vatios cada una, montadas en un monopolo o torre según el criterio de los ingenieros de campo en la validación.

La salida a la red troncal de última milla, será por enlace de fibra óptica hacia el nodo troncal CLARO ubicado en la vía Aloag – Santo Domingo. Con el enlace de fibra óptica se espera un mayor despliegue de nuevas tecnologías *LTE*, *LTE ADVANCE* y *5G*, con una mejor continuidad en sus servicios de DATOS en este punto alto de flujo de usuarios.

### 3.8 Búsqueda de candidatos

La operadora en mención al inicio de este capítulo 3, ha considerado la implementación de un nuevo nodo B para el mejoramiento de cobertura en el desvío Aloag – Santo Domingo – Barrio Obelisco. Para solventar este problema es necesario la implementación de un nuevo nodo 3G que lo llamaremos *DESVIO\_ALOAGW08*. En la Figura. 3.20., se plantea la zona de búsqueda y los candidatos, donde se propone colocar la nueva estación 3G.



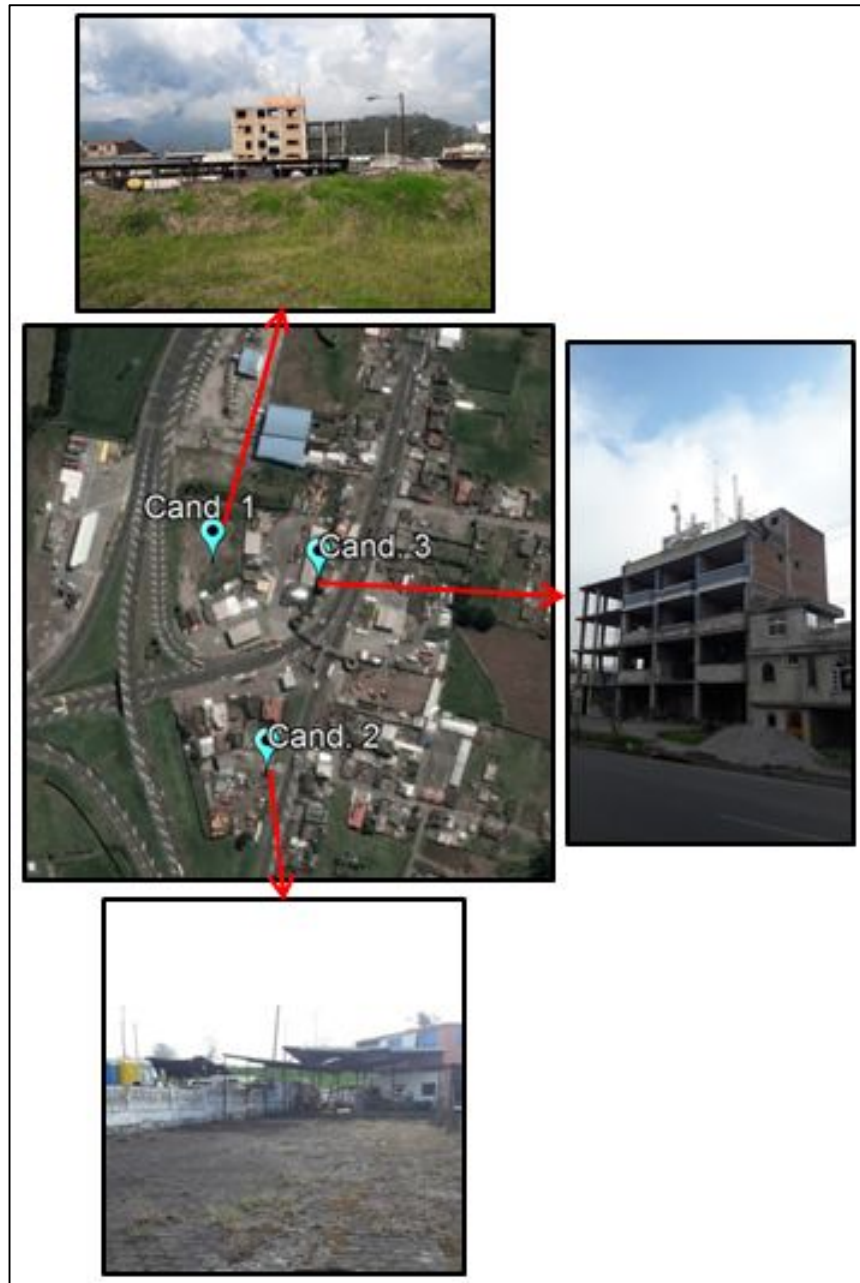
Figura. 3.20. Mapa de ubicación de la zona en estudio

Fuente: (Elaborado por el autor)

#### 3.8.1 Información de Sitios candidatos.

Los candidatos son sitios (casas de lozas, terrenos baldíos o espacios físicos disponibles) dentro de la zona de búsqueda, en el cual se instalaran los equipos para la nueva estación 3G. Para nuestro caso, solo se logró encontrar 3 candidatos adecuados. Cabe recalcar que en esta búsqueda se seleccionaron 3 candidatos, debido a la altura que se desea colocar las antenas y a los objetivos a cubrir. Otros aspectos por lo que se determinó 3 candidatos, es debido a que las infraestructuras o construcciones que se encuentran dentro de la zona de búsqueda son demasiadas bajas, y tomando en cuenta que por

seguridad, no se puede instalar infraestructuras altas sobre lozas (techos de casas) pequeñas para compensar la altura requerida. En la Figura. 3.21. y Tabla. 3.9., se detallan los candidatos seleccionados.



**Figura. 3.21. Candidatos seleccionados**

Fuente: (Elaborado por el autor)

Tabla. 3.9. Lista y Ubicación de los candidatos

Candidato	Coordenadas		Dirección	Descripción
1	78°33'54.38"	W	Panamericana sur, km E35, tras la gasolinera P&S. Sector Ingreso a Aloag – Barrio Obelisco	Terreno baldío. Colocar monopolo de 40 metros.
	0°27'40.06"	S		
2	78°33'52.81"	W	Panamericana sur, km E35, y troncal sierra. Sector Ingreso a Aloag – Barrio Obelisco	Terreno de 200 metros, con cerramiento de bloque y mallas. Colocar monopolo de 40 metros.
	0°27'46.07"	S		
3	78°33'51.33"	W	Panamericana sur, km E35, y troncal sierra. Sector Ingreso a Aloag, junto al puente peatonal y frente a la gasolinera CLIAN. – Barrio Obelisco	Casa de 5 pisos de ladrillos. Colocar mástil de 4 metros.
	0°27'40.63"	N		

Fuente: (Elaborado por el autor)

A continuación, se presentan las predicciones de cada uno de los candidatos con su respectiva configuración y tipo de antena a utilizar en la herramienta de predicción *ATOLL*, los cuales deben cumplir el polígono de cumplimiento mencionado anteriormente al inicio de este capítulo. El tipo de antena que se utilizan para realizar las predicciones, son homologadas por la ARCOTEL y comúnmente utilizan todas la operadoras Movistar, CNT y Claro.

De este momento a los candidatos se les llamara *DESVIO\_ALOAGIW08, 2W08* y *3W08*. Los candidatos tienen 3 sectores, que logran cubrir adecuadamente los objetivos primordiales. La Figura. 3.17., se realizó las predicciones con sus respectivos niveles de cobertura según el color, como se revisó en la **sección 3.4.4**.



		Min	Max	Legend
1		-55		Best Signal Level (dBm) >=-55
2		-65		Best Signal Level (dBm) >=-65
3		-75		Best Signal Level (dBm) >=-75
4		-85		Best Signal Level (dBm) >=-85
5		-97		Best Signal Level (dBm) >=-97
6		-120		Best Signal Level (dBm) >=-120

Figura. 3.22. Rangos de niveles RSCP – Atoll

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.9 Predicciones de candidatos y polígono de cumplimiento

Normalmente en el *software* de simulación se determina las pérdidas y ganancias automáticamente, para ello se ilustra una un cálculo básico teórico en el cual se aclara de mejor manera de la potencia isotrópica irradiada que corresponde a la potencia que normalmente propaga una antena.

#### 3.9.1 PIRE: Potencia irradiada isotrópica.

Es la cantidad de potencia que irradiara nuestra antena isotrópica teóricamente dada por la Ecuación. 3.1.

$$PIRE = P_T - L_C + G_A$$

Ecuación. 3.1. PIRE

Fuente: Huawei, 2018

#### ✓ Pérdidas y ganancias; ejemplo:

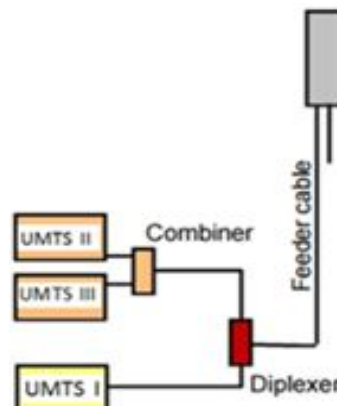


Figura. 3.23. Diagrama Bifilar

Fuente: (Elaborado por el autor)

Combinador: -3 dB

*Diplexer* -0.5 dB

*Feeder* cable -2.5 dB

Ganancia de antena +17 dBi

Total = +11 dB =  $L_C + G_A$

$PIRE = PT - L_C + G_A$

$PIRE = 43\text{dBm} + 11\text{ dB} = 54\text{dB} (=251\text{W})$ .

PT (potencia del transmisor) en dBm, las pérdidas del cable  $L_C$  están en dB, y la ganancia de la antena  $G_A$  se expresa en dBi.

Bajo este ejemplo teórico, se realizaron las predicciones de propagación de los candidatos encontrados en la zona de búsqueda. Posteriormente, mediante la herramienta avanzada ATOLL, se realizaron las correspondientes predicciones, las cuales nos ayudó a la elección del mejor candidato para nuestro nuevo nodo 3G. La determinación del mejor candidato, se enfocó en las predicciones que cubrieron los objetivos primordiales y en el polígono de cumplimiento.

### **3.9.2 Candidato 1 - DESVIO\_ALOAGIW08.**

Se analizó el comportamiento de la predicción del candidato, así como su configuración física. Para este primer candidato, se propuso la instalación de un monopolo de 40 metros de altura, y las antenas coberturas a una altura de 36 metros. Instalado en una área de 10x20 m<sup>2</sup>. La Figura. 3.24, literal a), se presenta la predicción del primer anillo existente que rodea a nuestra nueva estación 3G, el cual es notorio la falta de cobertura en la zona de interés. Para el literal b), se realizó la predicción del primer anillo más la nueva estación 3G.

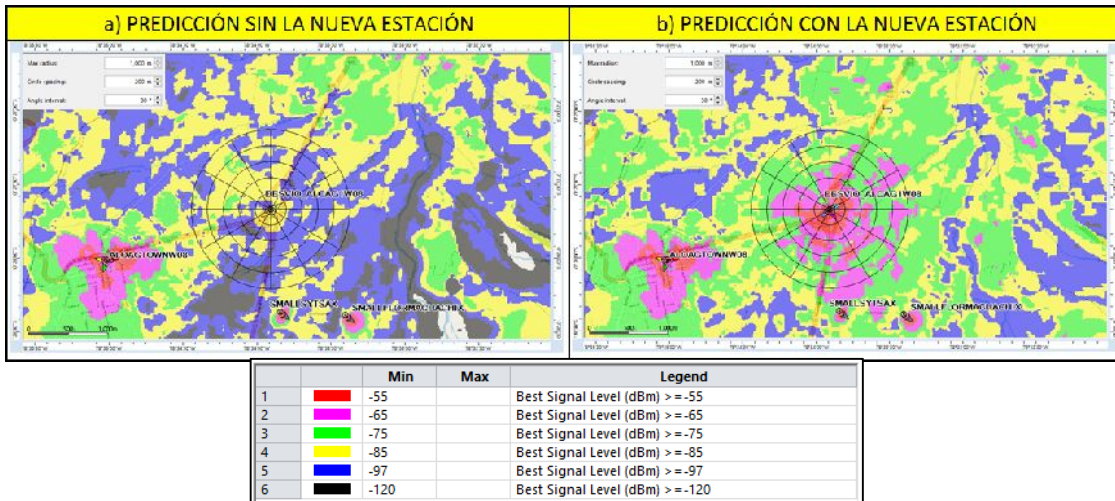


Figura. 3.24. Predicciones del sistema radiante

Fuente: (Elaborado por el autor)

Para la Figura. 3.25., literal c), se presenta la configuración básica de cada celda así como el tipo de antena a utilizar. Esta antena son homologas en la ARCOTEL, por lo que no existe ningún percance futuros de interferencia.

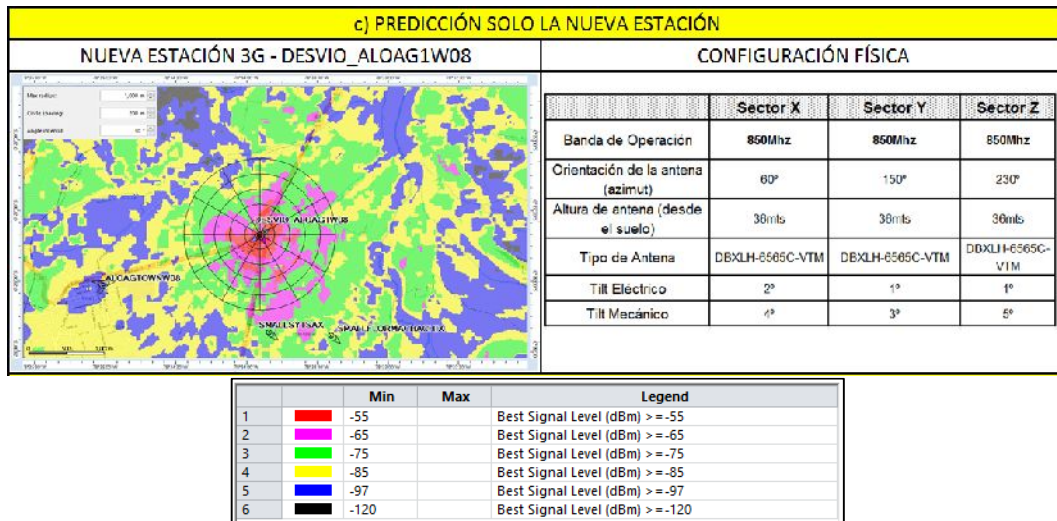


Figura. 3.25. Configuración de los parámetros para la predicción

Fuente: (Elaborado por el autor)

Como se puede ver en la Figura. 3.26., literal d), el candidato uno DESVIO\_ALOAG1W08, tienen un 97.85% en el rango de -75 dBm y un 100% en el rango un -85 dBm de cumplimiento; lo cual es muy favorable.

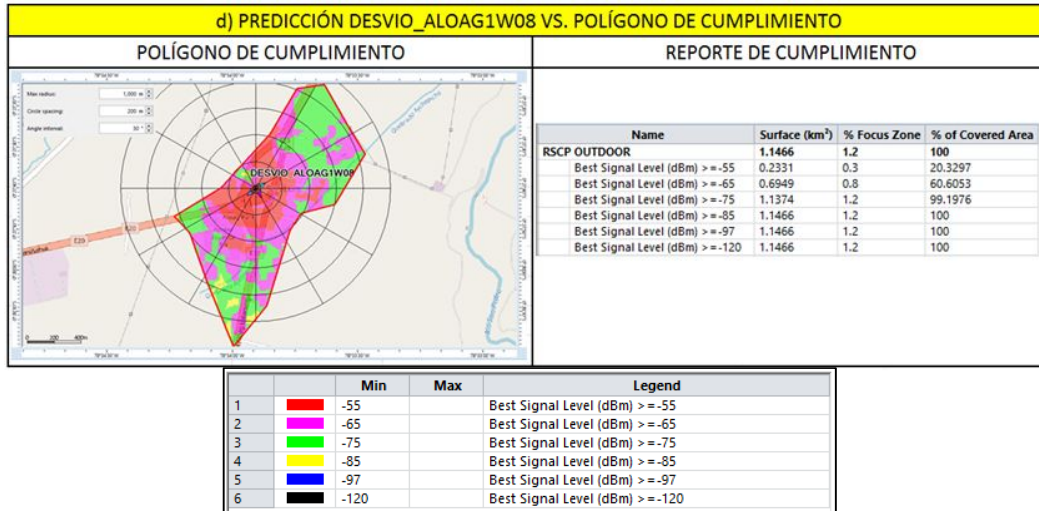


Figura. 3.26. Cumplimiento de polígono

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.9.3 Candidato 2 - DESUDIO\_ALOAG2W08.

El candidato 2, Figura. 3.27., literal a) y b), tiene similares características a las del candidato 1, debido a la configuración. En ambos casos la altura de la torre es justificada por la altura de los árboles que debe sobrepasar.

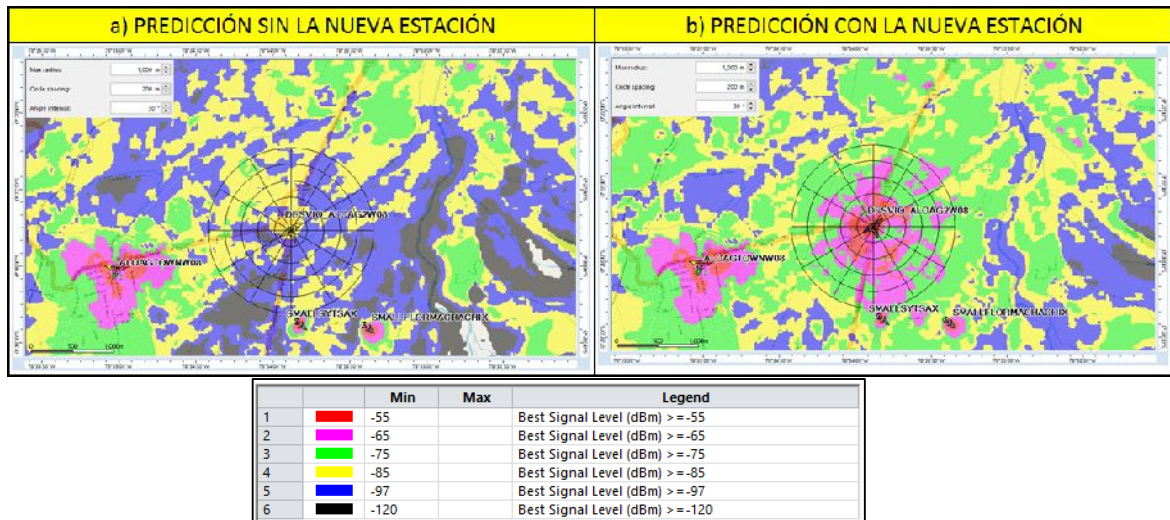


Figura. 3.27. Predicciones del sistema radiante

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la Figura. 3.28., literal c), la configuración en este candidato cambia únicamente en los *azimut* de las celdas, para lograr cumplir con el polígono de cumplimiento y cubrir de mejor manera las vías principales.

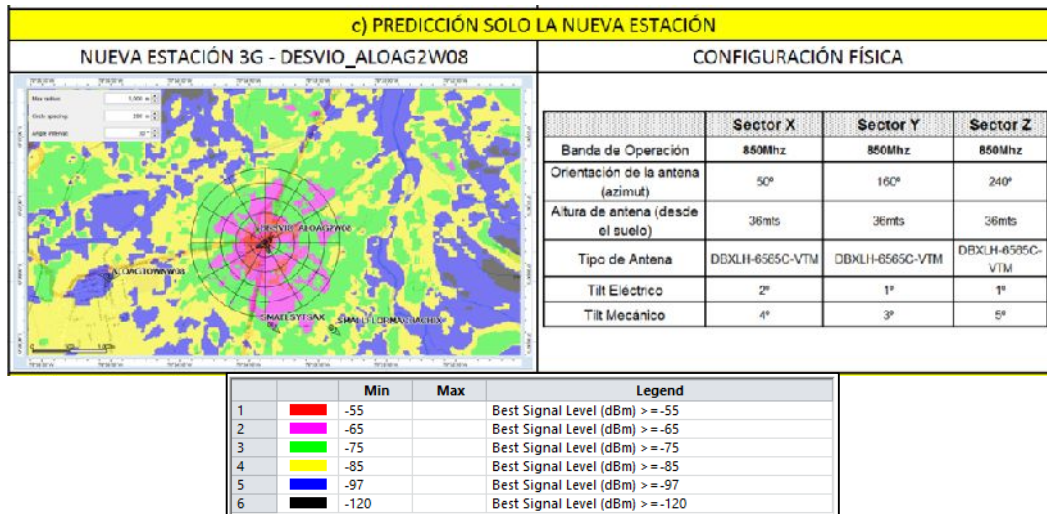


Figura. 3.28. Configuración de los parámetros para la predicción

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la Figura. 3.29, literal d), el cumplimiento del polígono para este candidato es muy bueno de 98.4% para el rango de -75 dBm y 99.9% en el rango de -85 dBm, por lo que es muy opcionado para la instalación de la nueva estación.

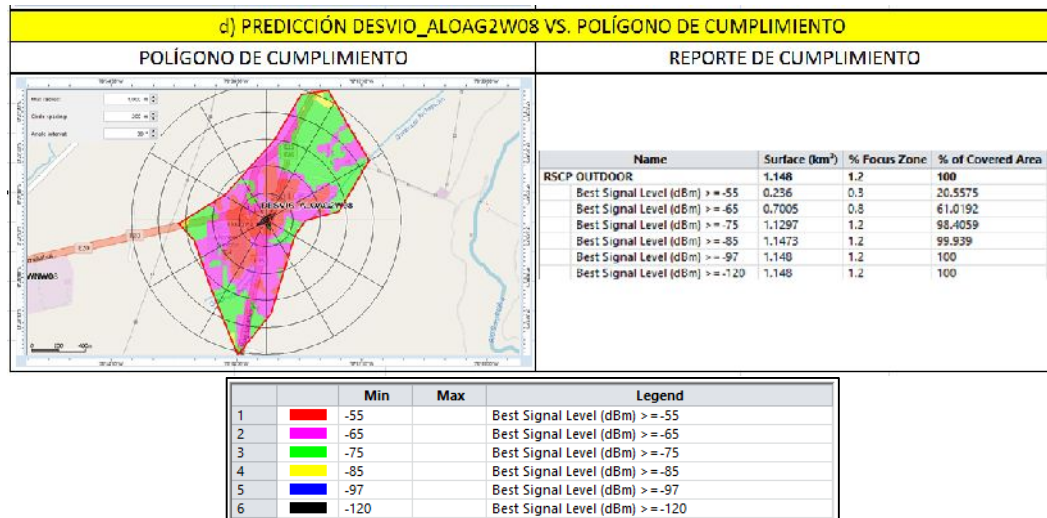


Figura. 3.29. Cumplimiento de polígono

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.9.4 Candidato 3 - DESVIO\_ALOAG3W08

El candidato 3, Figura. 3.30., literal a) y b), La cobertura de este candidato se disminuye gradualmente, debido a su altura de 17 metros, que se presenta como alternativa la terraza de una casa de 5 pisos. En este punto, existe ya las 2 operadoras CNT y Movistar, por lo que se puede realizar una co - ubicación.

Una co - ubicación se define como la ubicación de una nueva estación de una operadora A, en una infraestructura de otra operadora B. Para ello se debe realizar una validación de ingeniería, para verificar si cumple con los cumplimientos de objetivos. Luego se procede a pedir acceso a la operadora B dueña del sitio, el cual verificara espacios y la posibilidad de permitir que otra operadora A se instale en sus infraestructuras. En nuestro caso, es muy probable que no se pueda hacer la co – ubicación, debido a que no hay suficiente espacio en la loza (terraza) para más equipos.

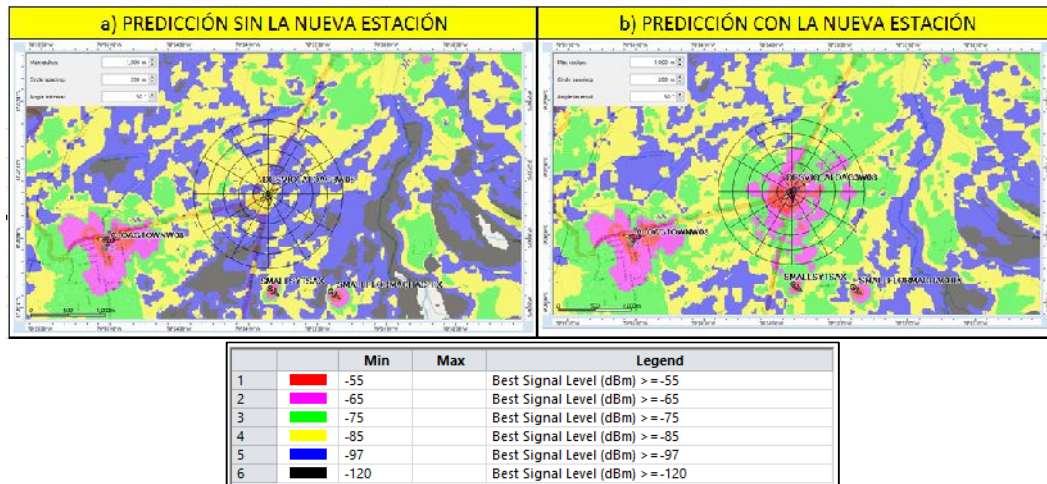


Figura. 3.30. Predicciones del sistema radiante

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la Figura. 3.31., literal c), la configuración de este candidato se hizo más agresiva, debido a la altura y así poder cumplir con el polígono de cumplimiento.

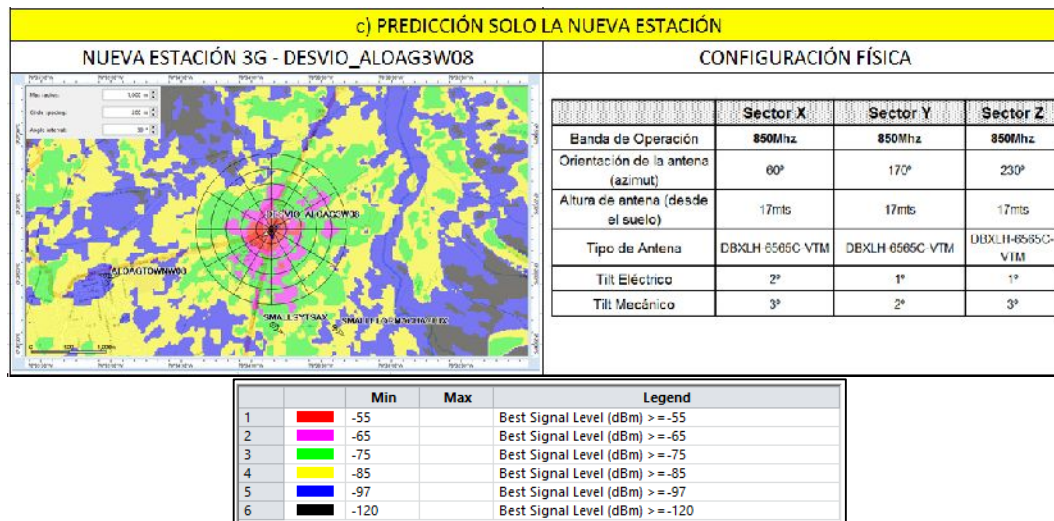


Figura. 3.31. Configuración de los parámetros para la predicción

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la Figura. 3.32., literal d), en el reporte de cumplimiento se observa que no logra cumplir el 95% del rango -75 dBm, por lo que se descarta completa a este candidato.

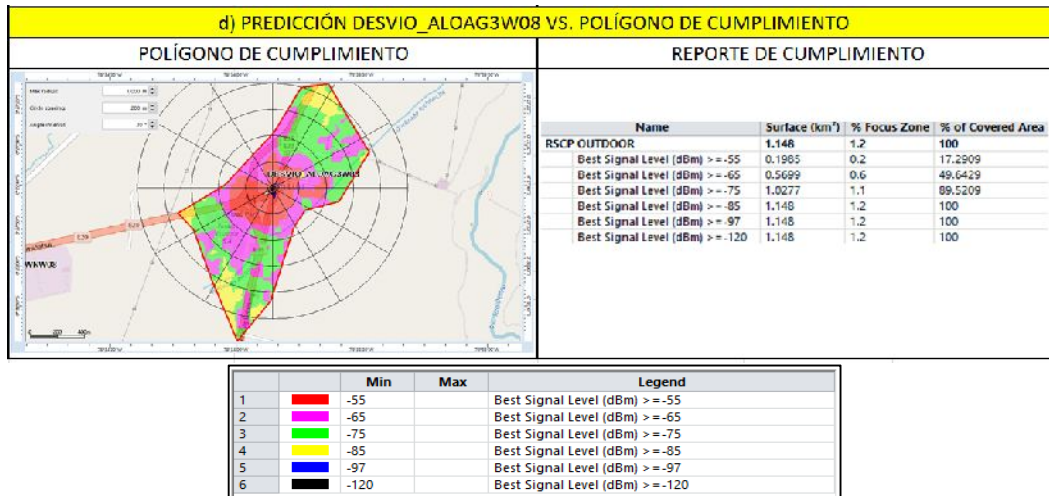


Figura. 3.32. Cumplimiento de polígono

Fuente: (Elaborado por el autor)

### 3.10 Elección del mejor candidato

Para la elección del mejor candidato (lugar o sitio físico que cumple con mejor alcance el polígono de cumplimiento), se tomó al candidato con mejor porcentaje de *RSCP* para nuestro polígono cumplimiento en el rango de -75 dBm a -85 dBm. Por otra parte, para esta elección, fue necesario que todos los objetivos primordiales sean considerados.

El orden de preferencia de los candidatos desde el punto de vista RF y objetivos primordiales que se deben cubrir, se presentan en la Tabla. 3.10. Además se coloca el porcentaje de cumplimiento de cada uno de ellos en orden con mejor prioridad.

Tabla. 3.10. Prioridades

PRIORIDAD RF	ORDEN DE VISITA	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO EN EL RANGO DE -75 dBm	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO EN EL RANGO DE -85 dBm
1	1	99.19%	100%
2	2	98.40%	99.93%
3	3	89.52%	100%

Fuente: (Elaborado por el autor)

Se escogió al candidato 1, Por estar ubicado en las vía principal y cubrir con mejores niveles y porcentajes al polígono de cumplimiento.

### 3.11 Validación

Luego de la búsqueda, se determinó a través de la tabla porcentaje de cumplimiento que el candidato 1, es la mejor opción para ser instalada el nodo 3G, no obstante el candidato 2 es una buena opción en caso de que el dueño del predio para el candidato 1 no permita la instalación de la estación, o no se llegue a un acuerdo favorable para ambas partes.

El candidato 3, se descarta por no cumplir el polígono de cumplimiento y no tener suficiente espacio para la instalación de más equipos.

Para el candidato favorecido, se procede a realizar predicciones más objetivas y el alcance de cada celda. Además de montajes de cómo sería la estación a instalar. Para este candidato, la configuración de parámetros es recomendada por el ingeniero que realice la optimización del sitio, con el fin de realizar futuros cambios de propagación.

### 3.12 Montajes

#### 3.12.1 Descripción del candidato ganador.

En esta parte, la Figura. 3.33., se describe la ubicación exacta donde se ubicara la estación 3G. Cabe recordar, que en este caso, el área que se utilizará para la instalación de la torre o monopolo más equipos será de 10 x 10 metros.



**Figura. 3.33. Ubicación exacta del candidato**

Fuente: (Elaborado por el autor)

La ubicación del área seleccionada puede variar en 20 metros a la redonda del punto recomendado.



### 3.12.2 Montaje de equipos y Monopolo.

En esta sección se realizan los montajes de todos los equipos en el monopolo los cuales visualiza en la Figura. 3.34, con sus respectivas alturas entre otras configuraciones de las antenas.

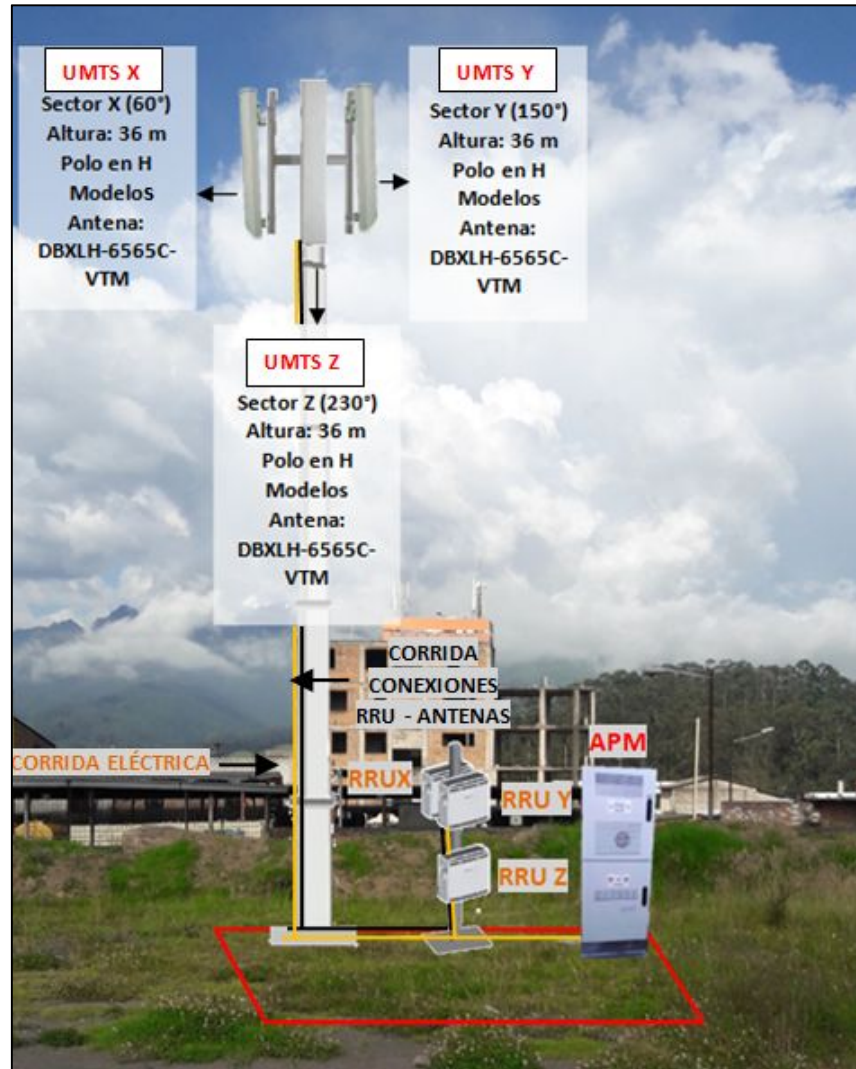


Figura. 3.34. Ubicación exacta del candidato

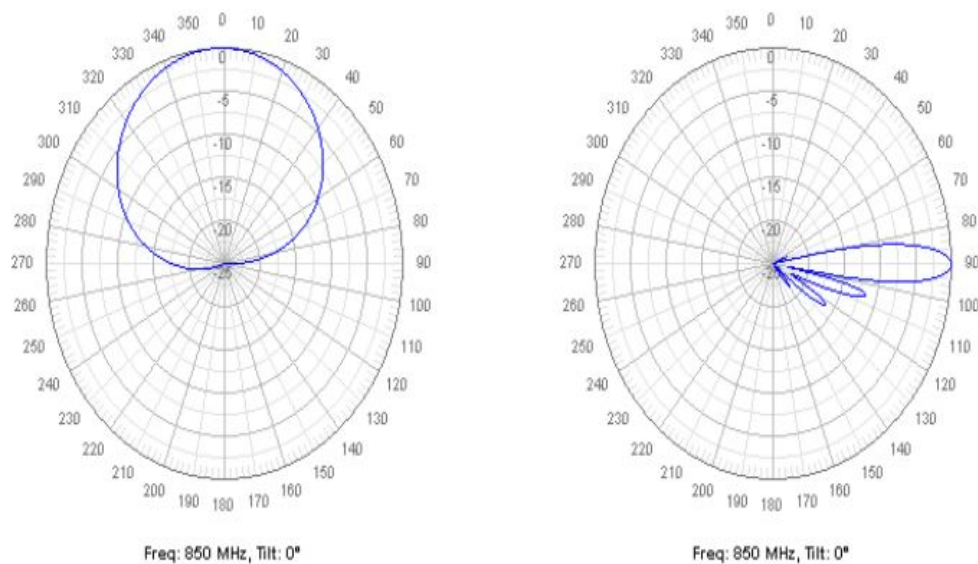
Fuente: (Elaborado por el autor)

- ✓ **Remote Radio Unit (RRU):** Unidad remota de radio - Sistema de estación base de radio con módulos para el procesamiento de canal de enlace descendente, que procesa las señales de radio hacia la parte de control. Cada RRU controla una antena sectorial y corresponde a un sector. En caso que el operador desea aumentar LTE a nuestra estación, se requiere de una nueva RRU por cada nuevo sector.

- ✓ **Advanced Power Management (APM):** Administrador avanzada de energía. Equipo que abastecerá de energía todo el nodoB, además donde llegara la fibra óptica, para conectarse al RACK.
- ✓ **POLO H:** Estructura metálica en forma de H.
- ✓ **TIPO DE ANTENA: DBXLH-6565C-VTM:** Antena de cobertura de 65° de apertura horizontal de lóbulo central y 9° de apertura vertical de lóbulo central, y ganancia de 16 dBi, en la banda de 850, Figura. 3.35. Esta antena también puede operar para las tecnologías de GSM y LTE. A su vez está antena sectorial o de cobertura tiene Homologación por la ARCOTEL.

### Horizontal Pattern

### Vertical Pattern















**Figura. 3.35. Lóbulos horizontal vs lóbulos verticales**

Fuente: (Elaborado por el autor)

Los equipos APM y las RRU, normalmente son instaladas a nivel del suelo. Solo en el caso de las RRU, con el fin de reducir pérdidas de línea, estas comúnmente son instaladas a 5 metros aproximadamente de las antenas coberturas.

### 3.12.3 Fotos Panorámicas del candidato ganador.

Tabla. 3.11. Fotos panorámicas – Tomadas a nivel de suelo

		
0 °	30 °	60 °
		
90 °	120 °	150 °
		
180 °	210 °	240 °
		
270 °	300 °	330 °

Fuente: (Elaborado por el autor)

Las fotos panorámicas, de la Tabla. 3.11., son muy importante a la hora de realizar cambios de *Azimuth*, que muestran las áreas a cubrir y favorecer zonas de baja cobertura.

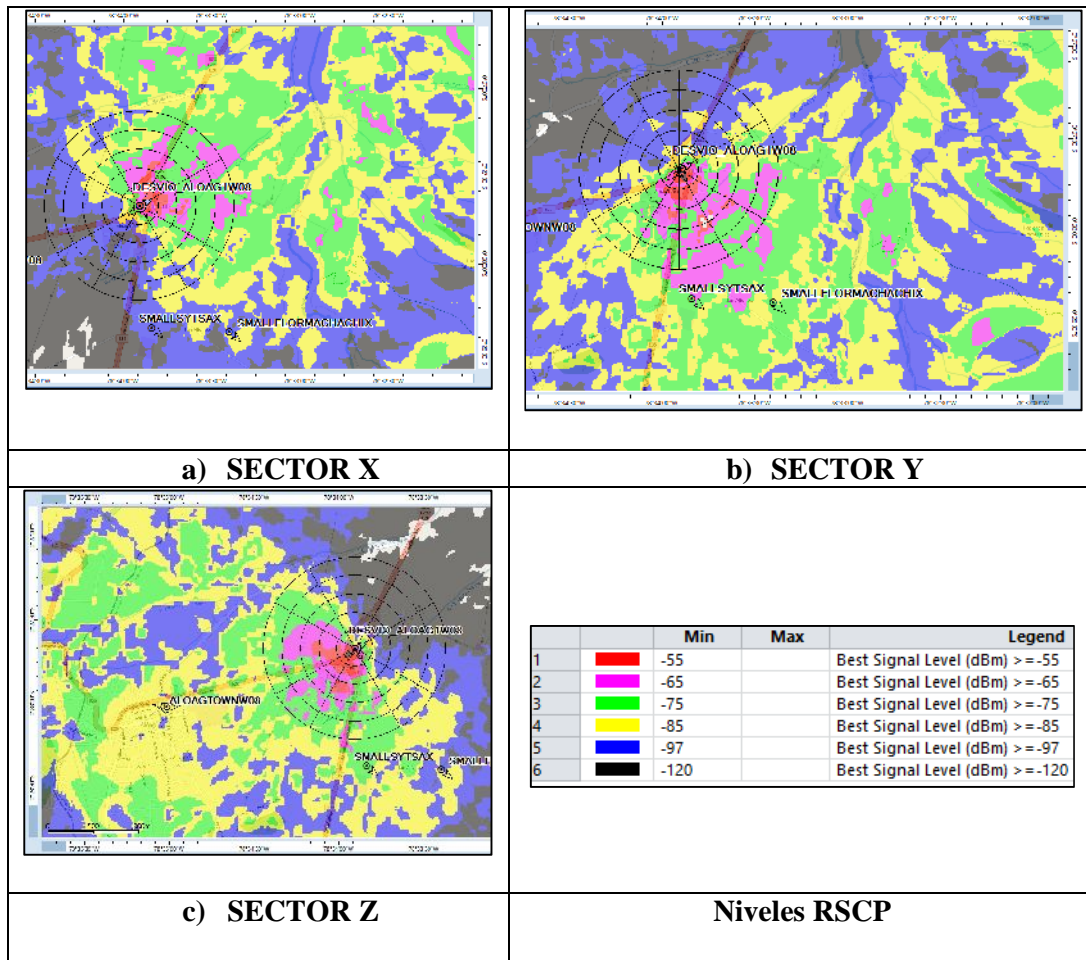
### 3.13 Predicciones Sectoriales del mejor candidato y resultados

El sector X, literal (a), Tabla. 3.12., cubrirá la vía panamericana, dando continuidad en los servicios en 3G, además que en este sector se puede, liberar su máxima potencia, ya que se encuentra de frente con una montaña muy alta a 3 km y no se producirá problemas de accesos lejanos o interferencias.

El sector Y, literal (b), Tabla. 3.12., es muy estratégico, el cual se espera cubrir lo más que se pueda a las florícolas existentes, y además dará continuidad de cobertura 3G en la vía a Machachi.

El sector Z, literal (c), Tabla. 3.12., es muy importante para la continuidad 3G en la vía a la costa, que a su vez cubre a las ganaderías aledañas y a la fábrica YAMBAL, las cuales son clientes potenciales para cualquier operadora.

**Tabla. 3.12. Predicciones de los sectores X,Y,Z**

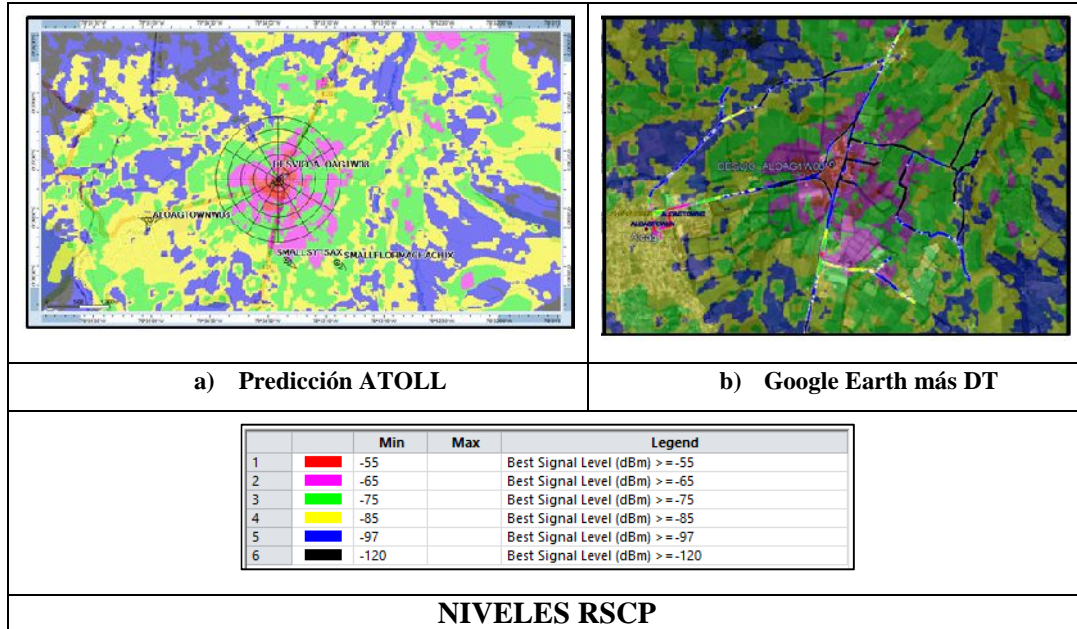


Fuente: (Elaborado por el autor)

**Predicción del candidato ganador vs. Predicción en *GOOGLE EARTH* y *Drive test*.**

En la Tabla. 3.13., literal (a), se muestra la cobertura que se espera tener para esta zona luego que se instale la estación 3G. Además se evidencia que los niveles de cobertura en el DT, se mejorarían considerablemente, como en el literal (b).

**Tabla. 3.13. Predicciones ATOLL vs. Google Earth mas DT**



Fuente: (Elaborado por el autor)

**3.13.1 Resultados**

La Figura. 3.36., se muestra claramente el área a cubrir versus el porcentaje de cumplimiento en los mejores rangos de cobertura, para que el usuario, no tenga inconvenientes en los servicios de voz y datos. De esta manera el ingeniero de campo, garantiza un mejoramiento muy notable de cobertura a la operadora.

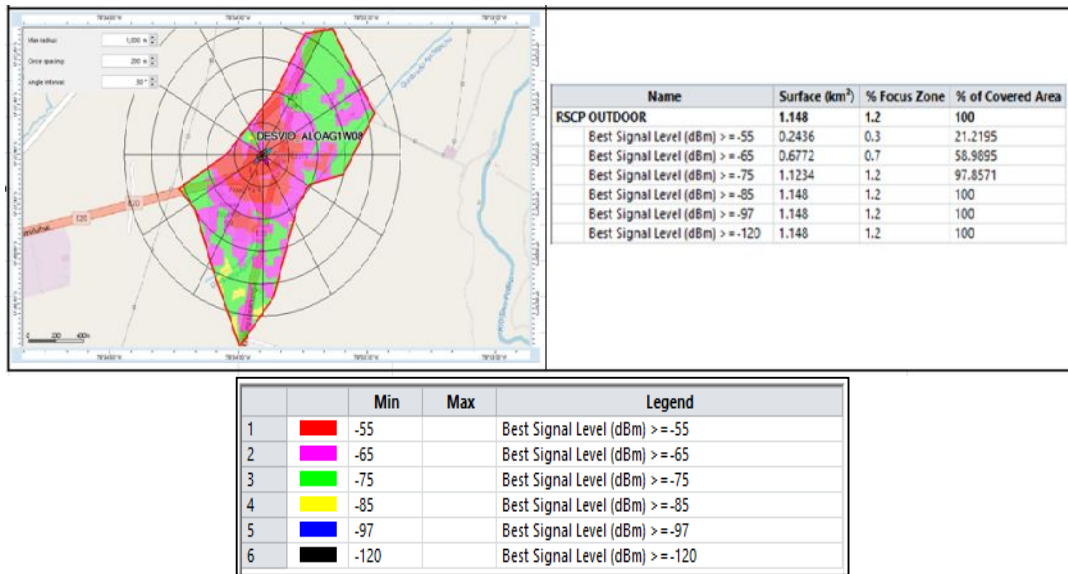


Figura. 3.36. Polígono y Tabla de cumplimiento

Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **Predicción y distribución de Best Server por el Candidato 1**

La Figura. 3.37, el *best server*, mejor servidor, indica las áreas a cubrir en la zona por cada celda, de nuestro candidato ganador.

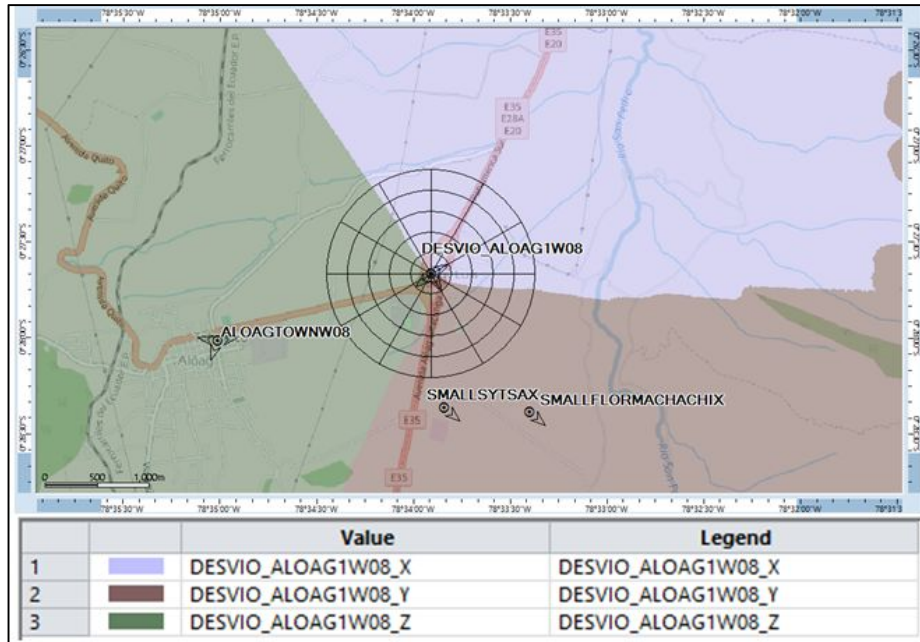
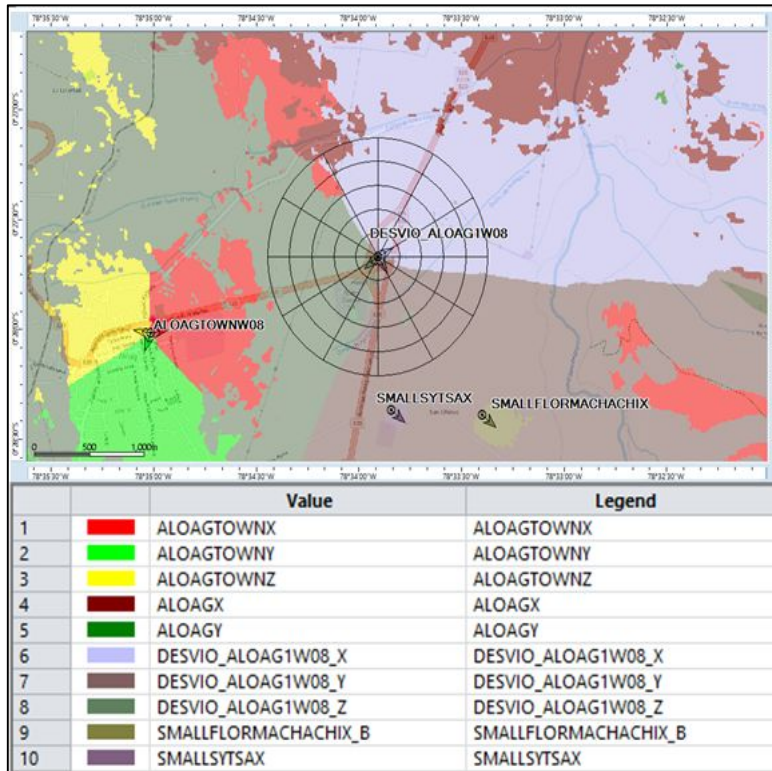


Figura. 3.37. Predicción de distribución de Best Server del Candidato

Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **Predicción y distribución de Best Server por el Candidato 1 y el primer anillo**

La Figura 3.38., de la validación realizada en campo se observó que el candidato cumplirá con el objetivo que es mantener los niveles de cobertura y mejorar el acceso a la red dando una excelente experiencia de uso de servicios.



**Figura. 3.38. Predicción de distribución de Best Server del Candidato y primer anillo**

Fuente: (Elaborado por el autor)

**3.14 Última milla**

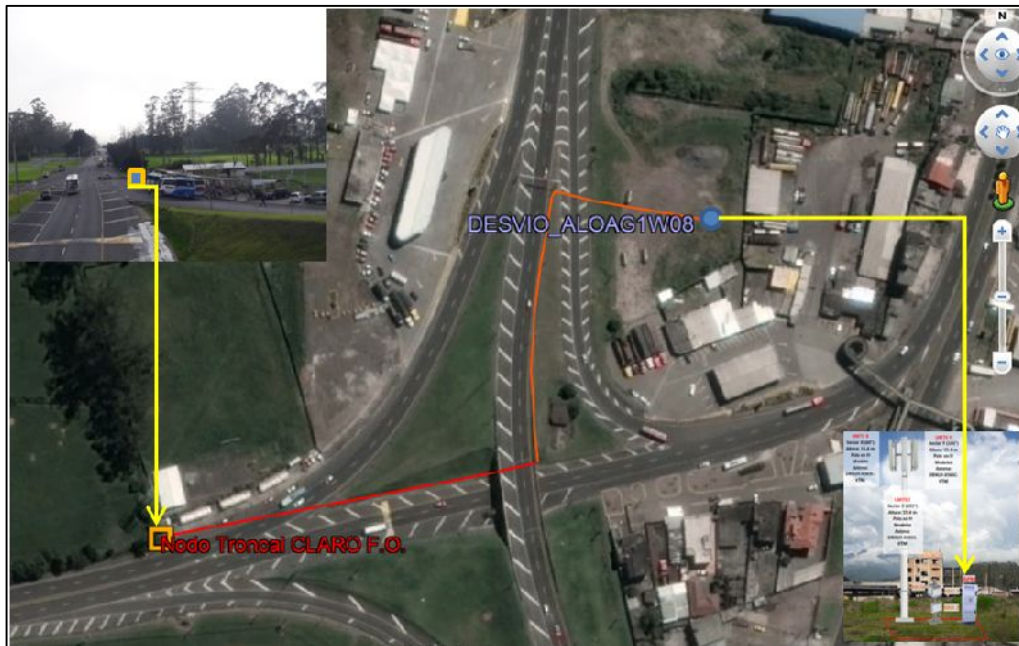
La última milla, hace referencia a la salida de datos y voz de los usuarios hacia la troncal central telefónica, en la cual se puede conectar de 2 formas: Enlace microonda y fibra óptica (FO). Para nuestro caso, el enlace por microonda no aplica mientras que por FO, es recomendable por la distancia entre nuestro nodo propuesto y el nodo troncal, que pasa por la vía.

Además que para mayores velocidades el uso de fibra óptica, es lo más recomendable en distancias cortas y con alta demanda del servicio de datos. Las operadoras se proyectan a una nueva era de velocidad, por lo que todas ellas presentan sus nuevas estaciones, con última milla de fibra óptica. Dando así una escalabilidad a nuevas

tecnologías requeridas por el cliente, lo que presenta mayor rentabilidad para las operadoras.

### 3.14.1 Recorrido de Fibra Óptica

Como se indica en la Figura. 3.39., se realiza hipotético recorrido de la fibra óptica, que inicia en el punto nodo Troncal CLARO, el cual será soterrado hasta llegar al *rack* de la nueva estación 3G.



**Figura. 3.39. Recorrido de Fibra Óptica**

Fuente: (Elaborado por el autor)



## **CAPITULO 4**

### **IMPLEMENTACIÓN**

Para este capítulo, se describió todo el desarrollo y análisis de resultados para la planificación de un nuevo nodo 3G.

#### **4.1 Desarrollo**

Se determinó el área con problemas de baja cobertura celular, la cual se verificó mediante el recorrido y análisis del *DRIVE TEST* con las herramientas de medición *Qualipoc* para el recorrido (IT) y *MapInfo* para el análisis más detallado del *RSCP* y *ECIO*. En base a los resultados arrojados por el análisis del *DRIVE TEST*, se eligió el tipo de solución RF tomando en cuenta los objetivos primordiales y polígonos de cumplimiento, que se decidió por la implementación del nodo 3 G, lo cual se realizó una búsqueda y validación del mejor candidato en un área específica ya analizada con anterioridad. Finalmente la elección del mejor candidato se define mediante predicciones de cumplimiento y reportes mediante la herramienta *Atoll*.

#### **4.2 Implementación**

No se realizó implementación para este proyecto, por los altos costos que conlleva el despliegue de una nueva estación.

#### **4.3 Pruebas de funcionamiento**

Para este punto, primero se realizaron cálculos de matemáticos de algunos parámetros de medición en las diferentes redes móviles (GSM, UMTS y LTE) y tener una idea más clara sobre estos parámetros. Segundo, se validó la predicción y cumplimiento del candidato ganador.

##### **4.3.1 Cálculos GSM, UMTS y LTE.**

###### **GSM**

Para un ingeniero de radio frecuencia los principales parámetros más importantes en esta tecnología son:

✓ **Received signal level - RxLev (dBm) (Nivel de señal recibida)**

Parámetro que se referencia a la cobertura GSM, que viene dada por la Ecuación.

4.1.:

$$Rxlev = \text{BTS Tx output power} + \text{Tx antenna gain} + \text{Rx antenna gain} - \text{path loss.}$$

**Ecuación. 4.1. RxLev**

Fuente: (Wiley, 2017)

**Ejemplo:**

$Rxlev = \text{BTS power } 43\text{dbm} + \text{antenna gain } 17 \text{ dbi} - \text{combiner loss } 3\text{db} - 155 \text{ as pathloss}$

$Rxlev = -98\text{dBm}$

✓ **Received signal Quality – RxQual (Calidad de señal recibida)**

Este parámetro depende únicamente del BER (*bit error rate* – tasa de error de bit), el cual esta determina en una tabla mapeada.

**Tabla. 4.1. RxQual vs. BER**

RXQUAL	BER Range
0	Less than 0.1 %
1	0.26 % to 0.30 %
2	0.51 % to 0.64 %
3	1.0 % to 1.3 %
4	1.9 % to 2.7 %
5	3.8 % to 5.4 %
6	7.6 % to 11.0 %
7	Greater than 15.0 %

Fuente: (TELECOM, 2016)

Ejemplo: Si se presenta un error de *BER* de 2%, como resultado el valor del *RxQual* es igual a 4.

✓ **Bit error rate - BER – (Tasa de error de bit)**

Mide la tasa de error transmitido, con la presente Ecuación. 4.2., se puede determinar el porcentaje de errores que presentan la transmisión.

$$BER = \frac{\text{Número de errores}}{\text{Número de bits transmitidos}}$$

**Ecuación. 4.2. BER**

Fuente: (Sauter, 2011)

**Ejemplo:**

Datos.

Números de bits transmitidos: 1500 bits

Numero de errores: 145

$$BER = \frac{40}{1500} = 0.026 = 2.6\%$$

**UMTS**

- ✓ *Energy received per chip of the pilot channel divided for interference - EC/IO*

Este parámetro es asemejado a la calidad de servicio en voz o datos. Es la relación de energía recibida en el *Common Pilot Channel* (CPICH), con respecto al total de densidad de potencia. Para un escenario de RF dónde pueden existir varios Nodos B con un número determinado de celdas, el parámetro de calidad  $E_C/I_0$  se verá afectado por estas interferencias, a continuación, la Ecuación. 4.3., se calculó la pérdida de acuerdo con el escenario de RF.

$$E_C/I_0 = \frac{\text{Chip Energia } EC}{\text{Interferencia}} = \frac{RSCP}{RSSI}$$

**Ecuación. 4.3. Ec/Io**

Fuente: (Sauter, 2011)

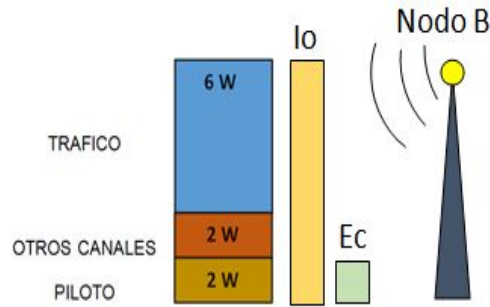
**Ejemplo:**

En el sector; existen usuarios en una celda determinada, estos usuarios generan tráfico en la celda, en la Figura. 4.1. Se presenta este caso, el resultado de este incremento de interferencia por el tráfico generado:

$$E_C = 2W$$

$$I_0: 2 + 2 + 6 = 10W$$

$$E_C/I_0 = (2/10) = 0,2 = -7 \text{ db}$$



**Figura. 4.1. Parámetro de calidad con interferencia de usuarios (tráfico)**

Fuente: (Elaborado por el autor)

✓ **Received Signal Code Power - RSCP**

Es relacionado como la cobertura real. El *RSCP* puede ser usado para detectar celdas de borde *UMTS* donde no existen celdas *UMTS* vecinas para mantener la conexión. En este caso, la red toma acciones cuando los niveles de *RSCP* caen a niveles por debajo de los umbrales de los objetivos propuestos por el operador de red. Por otra parte, este parámetro se lo mide en mili vatios o dBm, además de dar una idea de los niveles de cobertura. A continuación, la Ecuación. 4.4., presenta 2 formas de calcular el *RSCP*.

$$\text{RSCP (mW)} = E_c/I_0 * \text{RSSI}$$

$$\text{RSCP (mW)} = E_c/I_0 \text{ (dBm)} + \text{RSSI (dBm)}$$

**Ecuación. 4.4. RSCP**

Fuente: (Villota, 2016)

**Ejemplo:**

$E_c/I_0$ : -10 dBm

RSSI: -86 dBm

$$\text{RCSP: } -10 \text{ dBm} - 86 \text{ dBm} = -96 \text{ dBm}$$

*Received Signal Strength Indicator (RSSI)* es un parámetro que depende del *Received Total Wideband Power RTWP*, que son parámetro que no se lo puede calcular sin instrumentos de medición RF, debido a sus algoritmos, tabla de mapeo, estadística e interferencia de celdas

**LTE**✓ **Reference Signal Received Power - RSRP**

Promedio de la potencia medida del elemento de recursos que contiene señales de referencia, La Ecuación. 4.5., representa los niveles específicos a nivel de la celda - usuario.

$$RSRP = 43,4dBm - L_{propagación\ en\ cada\ posición}(dB) - 23(dBm)$$

**Ecuación. 4.5. RSRP**

Fuente: (Téllez, 2013)

43,4dBm: Potencia que irradia una antena

23 (dBm): Potencia que transmite una antena por sub portadora. (Máximo de sub portadoras es de 72.)

L propagación en cada posición (dB): mapeada en la Figura. 4.2.

**Tabla. 4.2. Mapeo propagación en cada posición**

Usuario	Distancia UE-eNodoB (Km)	RSRP (dBm)
UE2	16,7	-139,1
UE3	15,09	-108,7
UE4	13,05	-108,7
UE5	10,92	-117
UE6	8,61	-151,1
UE7	6,41	-161,1
UE8	3,51	-100,7
UE9	2,72	-110,8
UE10	3,34	-100,6
UE11	4,82	-154,6
UE12	6,1	98,7
UE13	7,27	-101,8
UE14	8,1	-102,1
UE15	9,49	-144,2

Fuente: (Téllez, 2013)

**Ejemplo:**

Datos.

Lpropagacion: 3.51 Km = -100.7 dBm

RSRP = 42.4 dBm – 100.7 dB – 23 dBm = -81.4 dBm.

### ✓ *Signal to Interference & Noise Ratio - SINR*

Parámetro que se le representa a la calidad de la señal y viene dada por la Ecuación.

4.6.:

$$SINR_{dB} = P_{señal,dBm} - 10 \log_{10}(P_{ruido,mW} + P_{interf,mW})$$

#### Ecuación. 4.6. SINR

Fuente: (Sancho, 2015)

#### Ejemplo:

$P_{señal}$ : 20 dBm

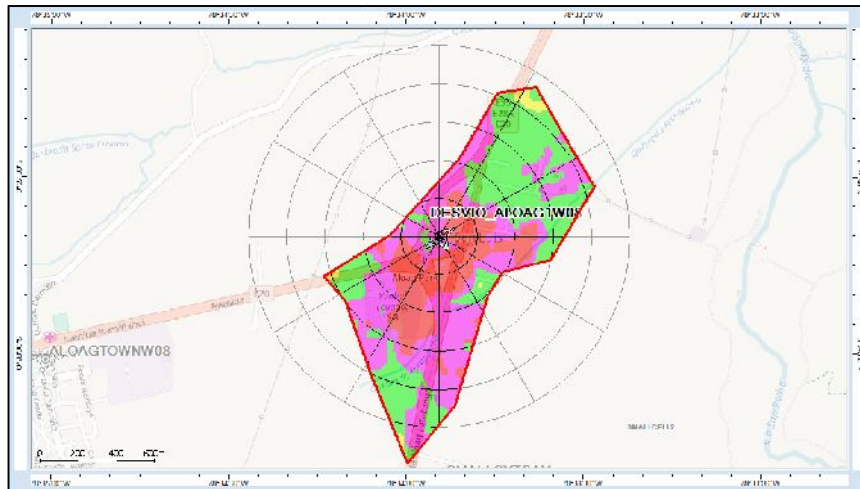
$P_{ruido}$ : 12mW

$P_{interf}$ : 18mW

$SINR(dB) = 20 \text{ dBm} - 10\text{LOG}10(12\text{mW} + 18\text{mW}) = 5.22$ .

#### 4.3.2 Validación candidato ganador

La validación del mejor candidato, consistió en el alcance destacado de cobertura sobre el polígono de cumplimiento como se muestra en la Figura. 4.2., el cumplimiento de propagación es casi ideal de 99% en el rango de -75 dBm.



**Figura. 4.2. Candidato Ganador vs. Polígono de cumplimiento**

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la figura. 4.3, los servidores lejanos no satisfacen el 50 % del polígono de cumplimiento con el mínimo *RSCP* requerido de -85 dBm, para garantizar el servicio de voz.

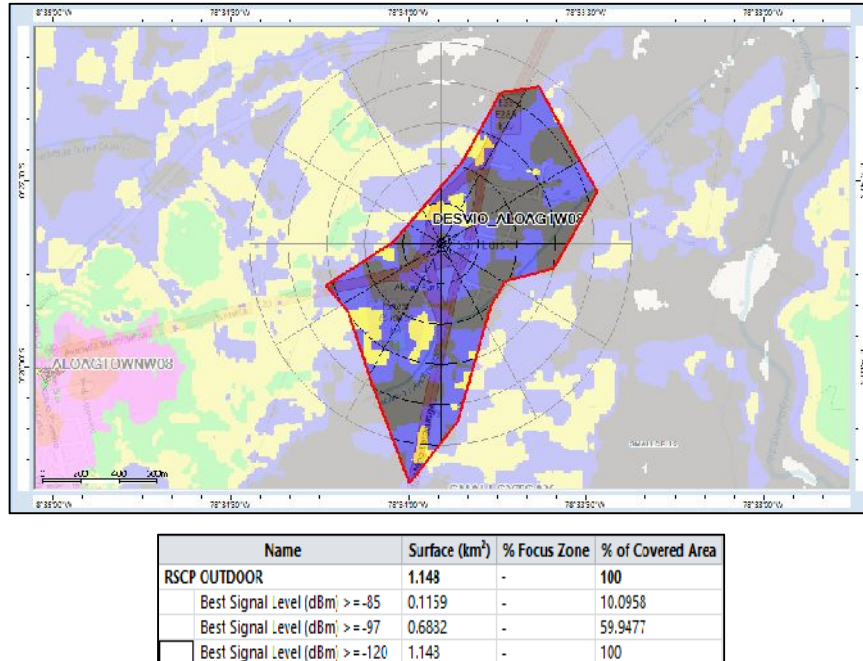


Figura. 4.3. Candidato Ganador vs. Polígono de cumplimiento

Fuente: (Elaborado por el autor)

#### 4.4 Análisis de resultados

En esta última parte, se analizará a más profundidad el *Drive test* realizado en la tarea de descarga y el cumplimiento de la predicción del candidato ganador.

##### 4.4.1 Parámetros RSCP y ECIO en el DRIVE TEST

Estos parámetros son primordiales al realizar los recorridos, por lo que si un servicio de voz o datos empieza a fallar, se puede determinar fácilmente interpretar las causas más comunes por calidad o cobertura.

##### ✓ RSCP.

Como anteriormente se mencionó, el RSCP se denominó como cobertura, por lo que se evidenciará los niveles y rangos de cobertura durante todo el recorrido.

En la Figura. 4.4., se evidencia visualmente en el *plot*, las partes de baja cobertura en los rangos -95 dBm a -97 dBm y de -97 dBm a -112 dBm, considerado como aceptable y malo respectivamente. Esto implica que el usuario tiene problemas para acceder a la red o sus servicios de voz y datos son muy deficientes.

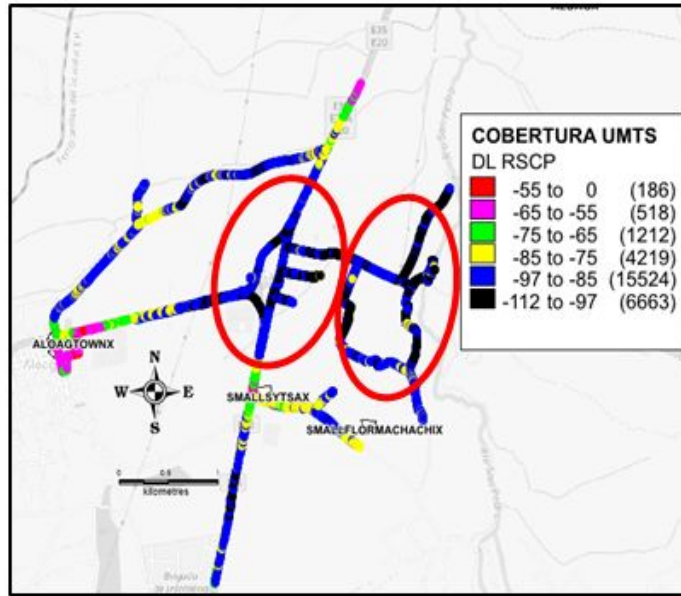


Figura. 4.4. Parámetro de cobertura RSCP

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la Figura. 4.5., el comportamiento de la cobertura respecto al tiempo es muy variante, debido a los diferentes fenómenos o factores involucrados mencionados en el capítulo 3, sección 3.2. El valor promedio de RSCP es de -90.7 dBm, con valores mínimos de -122.1 dBm y máximo de -42.9 dBm. Con estos resultados no se puede garantizar ningún servicio.

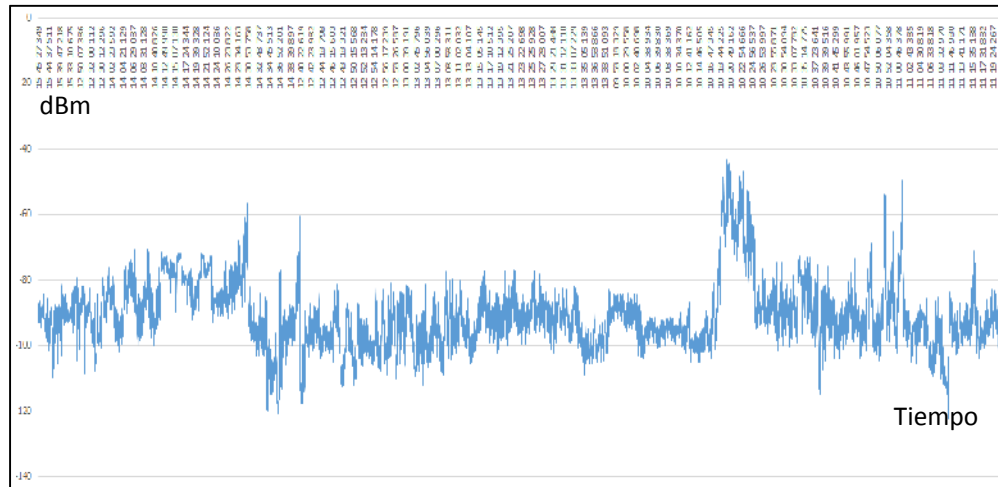


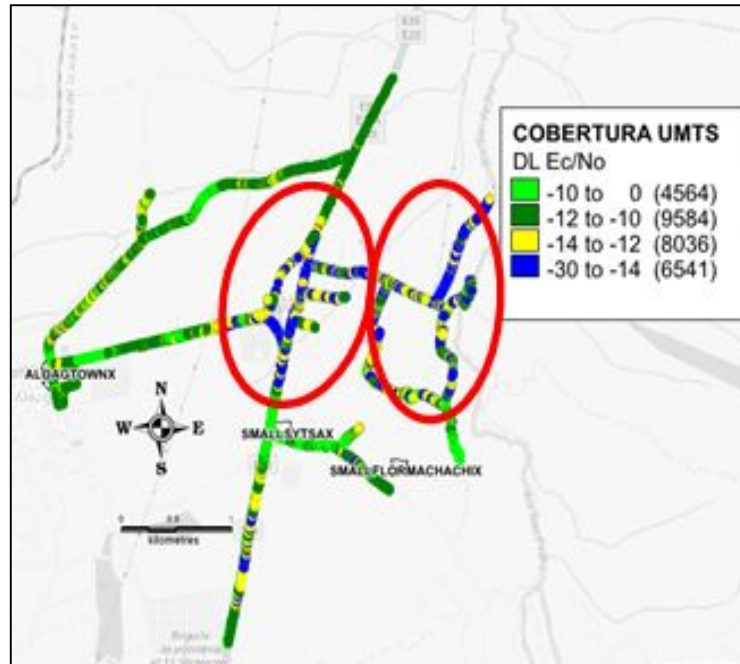
Figura. 4.5. Parámetro de cobertura RSCP vs. Tiempo

Fuente: (Elaborado por el autor)



### ✓ ECIO

Parámetro que se relaciona con la calidad de servicio, recordando un poco los rangos para este punto, los niveles de ente 0 dB a -13 dB son buenos para garantizar cualquier tipo de servicio, como se muestra en la Figura. 4.6., si el *ECIO* empieza a bajar, en consecuencia, la comunicación se degrada continuamente.



**Figura. 4.6. Parámetro de calidad ECIO**

Fuente: (Elaborado por el autor)

Los resultados para el *ECIO*, que se muestran en la Figura. 4.7., son favorables, como se puede observar existe un promedio de -12.3 dB, lo cual, nos da el indicio que si se mejora el *RSCP*, se podría garantizar servicios de voz y datos. Los valores del *ECIO* mínimos es de -49.2 dB y máximo de -2.7 dB.

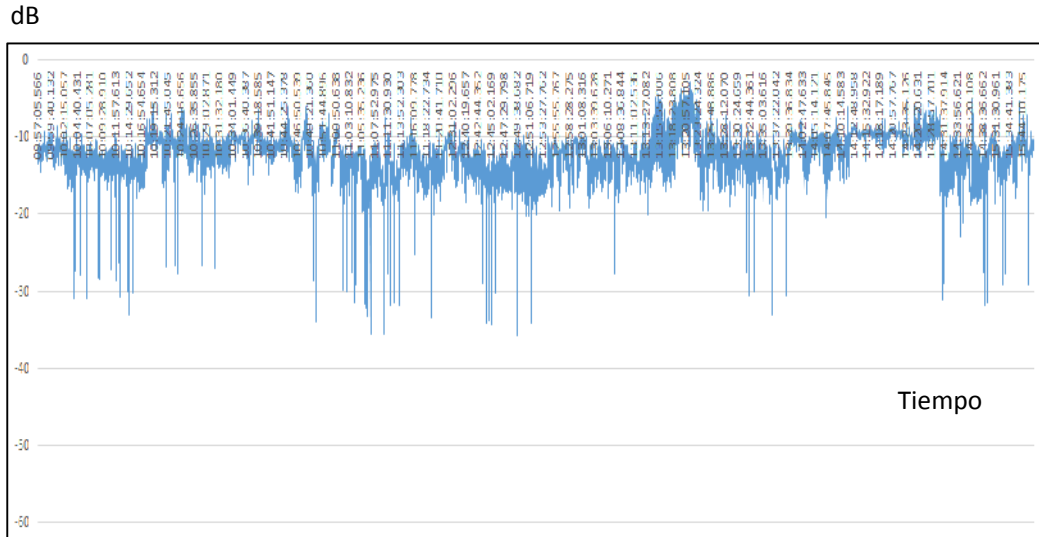


Figura. 4.7. Parámetro de calidad ECIO vs Tiempo

Fuente: (Elaborado por el autor)

#### 4.4.2 Resultados de las predicciones del candidato ganador

El candidato ganador DESVIO\_ALOAGIW08, cumple con las exigencias técnicas y necesarias para la implementación del nuevo nodo 3G. La Tabla. 4.3., indica el reporte del candidato ganador, a través de la herramienta ATOLL.

Tabla. 4.3. Reporte predicción

Name	Surface (km <sup>2</sup> )	% Focus Zone	% of Covered Area
RSCP OUTDOOR	1.148	-	100
Best Signal Level (dBm) >=-55	0.2372	-	20.662
Best Signal Level (dBm) >=-65	0.6974	-	60.7491
Best Signal Level (dBm) >=-75	1.1376	-	99.0941
Best Signal Level (dBm) >=-85	1.148	-	100
Best Signal Level (dBm) >=-97	1.148	-	100
Best Signal Level (dBm) >=-120	1.148	-	100

Fuente: (Elaborado por el autor)

El radio de cobertura del candidato es muy alentador para un mejoramiento de la zona. Detalladamente se observa que DESVIO\_ALOAGIW08, cubre con niveles RSCP de -75dBm a -85dBm en un rango de 1.148 Km<sup>2</sup>, cumpliendo con los objetivos primordiales. A continuación se presenta la Figura. 4.8, los niveles RSCP vs. Área cubierta (covered area) y superficie (surface) en Km<sup>2</sup>.

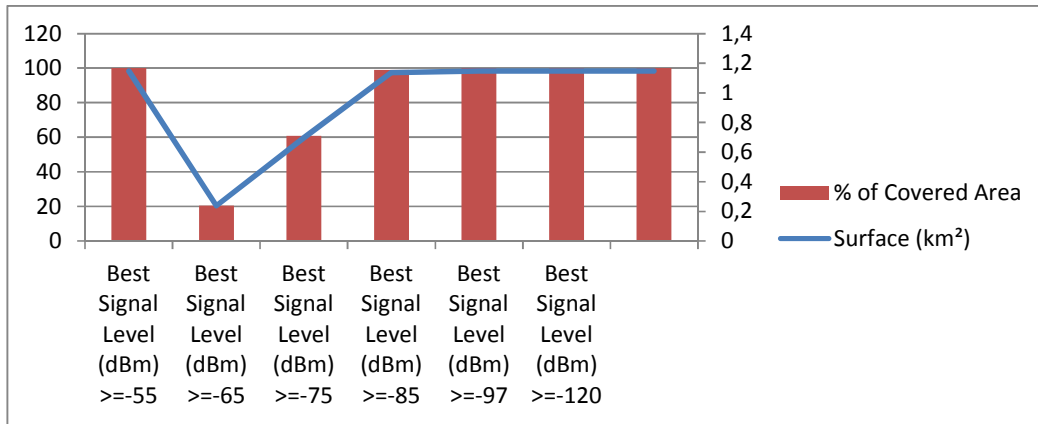


Figura. 4.8. RSCP vs. Área cubierta y superficie en Km2

Fuente: (Elaborado por el autor)

En la Figura. 4.9, se detalló individualmente la superficie (*surface*) en Km<sup>2</sup> y el área cubierta (*covered area*). En este análisis, se visualizó el comparativo individual de los niveles RSCP vs. La superficie del polígono (círculo rojo) y porcentaje cubierto (círculo amarillo), en el cual ratificó la correcta propagación y alcance sobre nuestro polígono de cumplimiento.

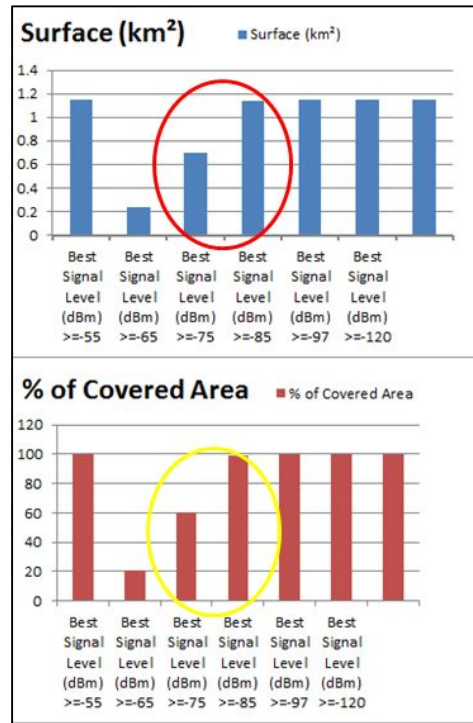


Figura. 4.9. RSCP vs. Superficie en Km2 y RSCP vs. Área cubierta

Fuente: (Elaborado por el autor)

#### 4.5 Anexos del manual de la ARCOTEL

En esta última sección, se adjunta los anexos, de los manuales del Sistema Móvil Avanzado (SMA) de la ARCOTEL. (Ver ANEXO 1).

Con el manual, los interesados podrán llenar los siguientes formularios sin tener ningún tipo de inconvenientes:

- ✓ FO-DRE-01 (Formulario para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones).
- ✓ FO-DRE-02 (Formulario para información de antenas).
- ✓ FO-DRE-03 (Formulario para patrones de redición de antenas).
- ✓ FO-DRE-19 (Formulario para información de radio bases).
- ✓ FO-DRE-20 (Formulario para información de radio bases *fwa/wcdma*).

## CONCLUSIONES

- ✓ Con los cálculos de los principales parámetros de las diferentes tecnologías de redes móviles, se consiguió una mejor percepción de la propagación de la red celular.
- ✓ La planificación presentada puede ser utilizada para 2G y LTE.
- ✓ La fase del *DRIVE TEST* es la médula primordial más acertada, para la búsqueda de problemas de cobertura y de esta manera verificar la necesidad de la falta de cobertura para el despliegue de nuevas estaciones móviles, mejorando los servicios de voz y datos, además de identificar diversos tipos de problemas de cobertura.
- ✓ La correcta elección de la zona de búsqueda, facilitó a validar al candidato más apto; el candidato ganador ubicado estratégicamente consigue cubrir eficientemente al barrio Obelisco y objetivos prioritarios.
- ✓ Los montajes, dan una clara idea de la nueva estación que facilitara la instalación de la infraestructura y de todos los equipos.
- ✓ Los formularios de la ARCOTEL, son sencillos de llenar, con información básica de parámetros de equipos y tipos de infraestructuras a ser instaladas. (Ver ANEXO 2 ).
- ✓ Para este proyecto, no es aplicable manuales técnico como de usuario ya que no se ha realizado la implementación, sin embargo constituye el primer paso a una estandarización y fases para una correcta planificación de una nueva radio bases.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Evitar realizar cálculos de estadísticas y parámetros de medición más complejos, ya que no se pueden realizar analíticamente, debido al Core de la red, que trabaja con algoritmos complejos de mapeo de árbol y estadísticas de acceso a la red, que son propiedad de las operadoras y proveedores como *HUAWEI*, *ZTE*, entre otros propietarios de herramientas de monitoreo y configuración de red, lo cual el costo de adquisición de algún algoritmo o herramienta son muy costoso y conlleva demasiado tiempo de capacitación.
- ✓ No efectuar drive test extensos si la geografía de la zona es muy irregular con densa vegetación, ya que producirá sombras, huecos de cobertura y alta atenuación de señal, debido a la alta absorción que produce la vegetación; y no se podrá garantizar un buen servicio de voz y datos con la instalación con el nuevo nodo.
- ✓ La estación debe tener disponibilidad y capacidad para futuras ampliaciones de nuevas tecnologías, si el cliente requiere de altas velocidades. Para esto se debe realizar un drive test de pruebas en *LTE* en modo *Idle* y modo descarga de datos en las 3 operadoras, ya que esta tecnología no es frecuente en áreas rurales y solo se instala bajo petición de clientes *VIP*.
- ✓ Solicitar proyectos de búsquedas y validaciones para instalaciones de equipos *SMALLCELL*, los cuales son muy utilizados para para clientes ubicados en lugares de difícil acceso, como son petroleras, pueblos en el oriente ecuatoriano, cementeras, etc.
- ✓ Desarrollar proyectos de Quinta Generación (5G) para la ARCOTEL, el cual aún es un campo muy amplio para investigación, propuesta y recomendaciones futuras, dando un gran aporte al campo de las telecomunicaciones y sobre toda dando un realce a la universidad con este tipo de aportes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Wiley, J. (2017). *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation*.
- Martínez, C. (2018). La inversión en fibra óptica es un punto neurálgico en la expansión de LTE.: <http://revistafibra.info/la-inversion-en-fibra-optica-es-un-punto-neuralgico-en-la-expansion-de-lte/>
- Kamell ,J. (2018). Tecnologías de la Información y Comunicación - Proyecto Semana 4 .:<http://telecomunicacionesmoviles.blogspot.com/>
- Sauter, M. (2011). FROM GSM TO LTE. An introduction to mobile networks and mobile broadband, Inlaterra.
- Flores, K. (2018). Introducción de las redes móviles GSM UMTS LTE, Capacitación intensiva empresarial, Departamento Técnico, Redes celulares, Sestel Konectado, Quito, Ecuador.
- Sestel (2018). Soluciones especializadas en telemática, Departamento Técnico de soluciones de redes móviles, Quito, Ecuador.
- Reyes, A. (2017). Redes celulares 4G y proyecciones para 5G, Seminario de Actualización, Departamente de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Villota, J. (2016). “Diseño de un sistema de antenas distribuidas multi-operadora para mejorar la cobertura celular 3G ene l edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional”, Tesis de Ingeniería, Depto. de Electrónica, Telecomunicaciones, y Redes de Información, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Arcotel (2017). Estadísticas de telecomunicaciones.: [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/1.1.3-Lineas-activas-por-tecnologia\\_Dic-2017-Rev.xlsx](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/1.1.3-Lineas-activas-por-tecnologia_Dic-2017-Rev.xlsx)
- Subuh (2017). ATOLL RF Planning & Optimisation Software.: [http://www.academia.edu/9462007/Atoll\\_User\\_Manual](http://www.academia.edu/9462007/Atoll_User_Manual)

- ROHDE, S. (2017). NQDI Classic. Accessed Feb. 2017. [Online].: <https://www.mobile-network-testing.com/en/products/data-management-analysis-and-reporting-netqual/nqdi-classic/>
- TELECOM (2016). EVOLUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL TELÉFONO BIOGRAFÍA DE GRAHAM BELL.: <https://historiaybiografias.com/telefono1/>.
- Huawei (2018). Solution and optimation service.: <https://e.huawei.com/en/services/digital-transformation-journey/support-optimization>
- Mendoza, M. (2005). “Optimizacion de UMTS para servicios de video streaming”, Tesis de Ingeniería y Telecomunicaciones, Depto. de Electrónica, Telecomunicaciones, y Redes de Información, Universidad Politécnica de Cataluña
- Sancho, A. (2015). “PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS LTE EN AUTOPISTAS”, Tesis Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID.
- Téllez, T. (2013). “DESPLIEGUE DE UNA RED LTE EN UNA ZONA RURAL AL SURESTE DE MADRID”, Proyecto de carrera de Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, Escuela Politécnica Superior de Leganés.
- Redes (2015), EL FUTURO DE LAS REDES.: <https://http://seguridadydatos2.blogspot.com/>



## **ANEXOS**

**Anexo 1. Manual de Formularios Arcotel**


**Anexo 2. Formularios de la Arcotel para el sistema SMA**

**Anexo.3. Cronograma de las tareas realizadas**

## Anexo 1. Manual de Formularios Arcotel

### FO-DRE-01, INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES.

En este formato se deben registrar todos los datos del tipo de estructura utilizada, su ubicación así como el tipo de alimentación y protecciones se establece las características físicas del sistema de radiocomunicaciones, ubicación geográfica, altura de la torre y fuente de energía.

Código FO-DRE-01 Versión: 01		FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES											 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones					
1	2	3	4	5	6	7	8 COORDENADAS WGS84					9 ALTURA DE LA ESTRUCTURA		10	11	12	13	
CÓDIGO DE ESTRUCTURA	NOMBRE DEL SITIO	PROVINCIA	CANTÓN	CIUDAD	PARROQUIA (QUELVA, CAJATEMA, CANTÓN)	DIRECCIÓN (Calle y No.) LOCALIDAD	LONGITUD					TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE		FUENTE DE ENERGÍA	ESTRUCTURA EN ALTA PLANTA	PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA		
							GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	TIPO				ALTA	
01	MUYA ESPERANZA	ORILLANA	ORILLANA	MUYA ESPERANZA	TARAYACA (CALLE) MUYA ESPERANZA (YUGA)	MUYA ESPERANZA	0	29	11.02	3	76	30.00	W	252	12	TORRE NO AUTOCORROADA	NO	USUARIU
02	LOS REYES	ORILLANA	ORILLANA	MUYA ESPERANZA	TARAYACA (CALLE) EN MUYA ESPERANZA (YUGA)	LOR REYES	0	29	28.77	3	76	30.04	W	251	12	TORRE NO AUTOCORROADA	NO	USUARIU

**1. CÓDIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA ASOCIADA.-** La **ARCOTEL** asignará un código a cada estructura al momento de suscribir un contrato, en caso de que el código ya haya sido asignado a una estructura deberá incluirse en el campo correspondiente, en caso de no contar con el código deberá llenarse el campo de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- Estructura 1 – S1
- Estructura 2 – S2, así sucesivamente

**2. NOMBRE DEL SITIO.-** Debe llenarse este campo utilizando el nombre mediante el cual se le identifica al sitio, se debe llenar por cada estructura.

**3. PROVINCIA.-** Se debe especificar la provincia donde se ubica la estructura. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

**4. CANTÓN.-** Se debe especificar el cantón donde se ubica la estructura. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

**5. CIUDAD / LOCALIDAD.-** Se debe especificar la ciudad o localidad en donde se encuentra ubicada la estructura. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

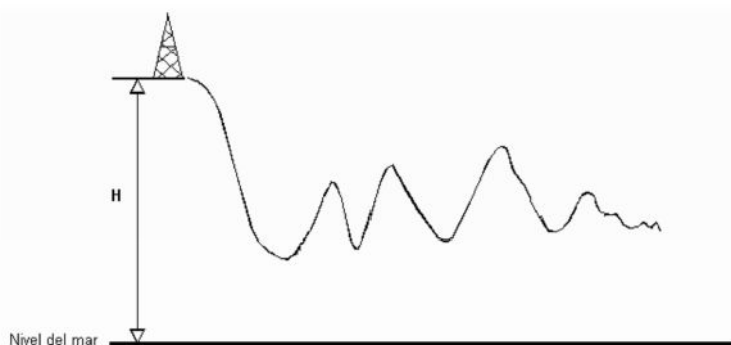
**6. PARROQUIA.-** Se debe especificar la parroquia rural o en su caso la cabecera cantonal en donde se encuentra ubicada la estructura. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

**7. DIRECCIÓN (Calle y No.) / LOCALIDAD:** Se debe especificar la dirección (calle No. de casa y calle de intersección) en donde se encuentra ubicada la estructura; en caso de que la estructura se encuentre ubicada en zonas remotas, se deberá especificar además la parroquia y alguna referencia en donde se encuentra ubicada dicha estructura. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

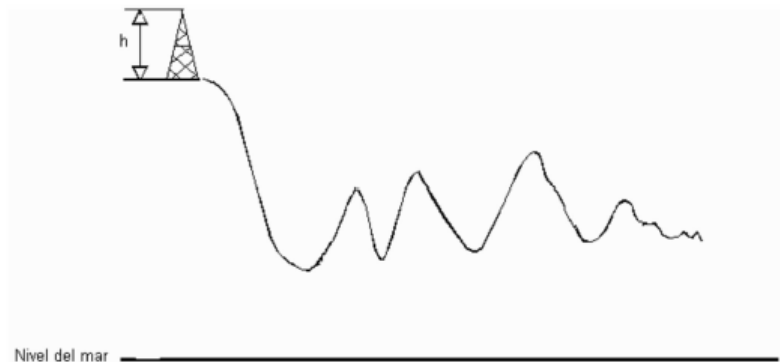
**8. COORDENADAS GEOGRÁFICAS:** Debe indicarse en los casilleros correspondientes la ubicación geográfica, en el formato de grados, minutos y segundos, utilizando N o S para indicar latitud norte o sur y W para longitud oeste, los datos deben tomarse con la referencia geográfica WGS-84.

#### **9. ALTURA DE LA ESTRUCTURA**

**a. SOBRE EL NIVEL DEL MAR (H).-** Altura en metros sobre el nivel del mar hasta la base de la estructura. Ingresar únicamente valores numéricos.



**b. BASE-CIMA (h).-** Altura en metros tomada entre la base de la estructura y el punto más alto de la misma. En caso de que la estructura se encuentre instalada en las azoteas de edificios, se debe considerar como parte de la altura de la estructura (base – cima) la altura del edificio. Ingresar únicamente valores numéricos.



**10. TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE.-** Debe ser seleccionada de una lista desplegable de acuerdo a los siguientes tipos:

- Torre Autosoportada –A
- Torre No Autosoportada – N
- Mástil – M
- Empotramiento en una edificación - E
- Otras


**11. FUENTE DE ENERGÍA:** Se debe especificar en el casillero correspondiente la fuente principal de energía, y el tipo de respaldo en caso de existir.

**12. ESTRUCTURA NUEVA/EXISTENTE:** Se debe especificar si la estructura es nueva o corresponde a una ya existente y registrada.

**13. PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:** Se debe indicar en este campo la persona natural o jurídica propietaria de la estructura en la cual se ubicará la o las antenas del sistema de comunicaciones. (\*) Este campo no es obligatorio.

## FO-DRE-02, INFORMACIÓN DE ANTENAS

En este formato se deben registrar todas las especificaciones de la antena.

Código: FO-DRE-02 Versión: 01		FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS										
1 CÓDIGO DE ANTENA	2 RANCA	3 MODELO	4 RANGO DE OPERACIÓN (MHz)		5 TIPO	6 POLARIZACIÓN	7 IMPEDANCIA (Ω)	8 GANANCIA (dBd)	9 DIÁMETRO (m)	10 AZIMUT DE REGULACIÓN MÁXIMA (°)	11 ÁNGULO DE ELEVACIÓN (°)	12 ALTURA BASE ANTENA (m)
			FREC. INICIAL	FREC. FINAL								
A1	NACIONAL	CASERO	1.8	28.8	DIPOLO	VERTICAL	50	2.15		12	3	5
A2	NACIONAL	CASERO	1.8	28.8	DIPOLO	HORIZONTAL	50	2.15		12	3	2

**1. CÓDIGO DE ANTENA:** En caso de concesión, renovación y modificación se debe utilizar la nomenclatura siguiente:

- Antena 1 – A1
- Antena 2 – A2, así sucesivamente.

Se recalca que el código deberá corresponder a cada modelo de antena y ganancia, es decir que si utiliza el mismo modelo de antena pero con diferentes ganancias, cada una tendrá su propio código y en caso de utilizar el mismo modelo y ganancia compartirán el mismo código.

**2. MARCA:** Especificación del fabricante de la antena.

**3. MODELO:** Especificación de la identificación dada a la antena por el fabricante.

**4. RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]:** Debe especificarse el límite inferior y superior dentro de la banda donde opera la antena; los datos se establecerán en MHz.

**5. TIPO:** Debe seleccionar de la lista desplegable, entre uno de los siguientes tipos:

- Monopolo
- Dipolo
- N-Dipolos
- Yagi
- Paraflector
- Parabólica
- Panel
- Incorporada
- Otro

**6. POLARIZACIÓN:** Debe especificarse de entre uno de los siguientes tipos:

- Horizontal
- Vertical
- Circular
- Elíptica

En caso de operar con otro tipo de polarización, debe especificarlo adecuadamente, adjuntando el respaldo técnico correspondiente.

**7. IMPEDANCIA [ ]:** Se debe especificar en ohmios.

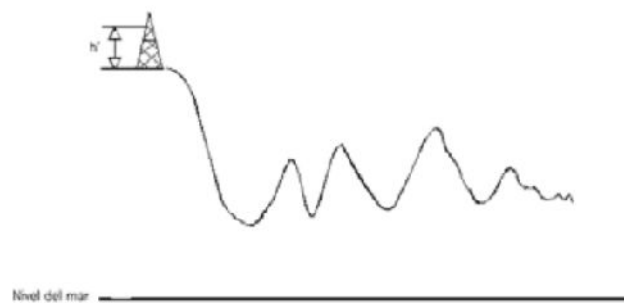
**8. GANANCIA:** Valor en dBd de acuerdo a la especificación del fabricante, en caso de que el dato provisto por el fabricante se encuentre en dBi, se deberá hacer la conversión correspondiente ( $G(\text{dBd}) = G(\text{dBi}) - 2.15$ ).

**9. DIÁMETRO [m]:** Valor en metros del diámetro de la antena, aplica solamente para antenas de superficie. Ejemplo: antenas parabólicas.

**10. AZIMUT DE RADIACIÓN MÁXIMA:** Debe ingresar el ángulo en grados del máximo de radiación de la antena en el plano horizontal, tomando como referencia  $0^\circ$  el norte geográfico y desplazándose en el sentido de las manecillas del reloj.


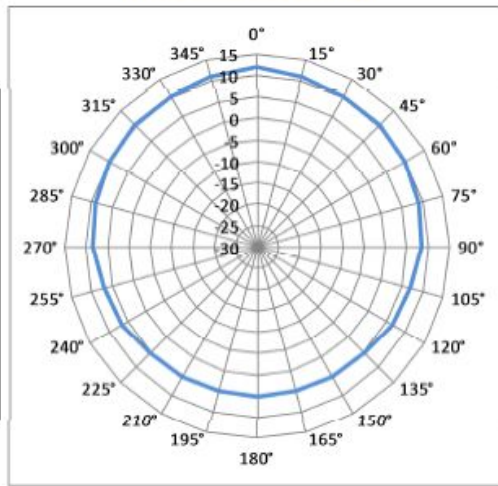
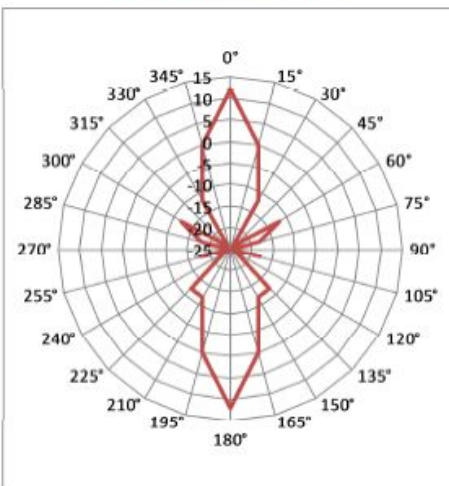
**11. ANGULO DE ELEVACIÓN:** Debe indicarse en grados el ángulo de elevación de la antena respecto de la horizontal determinada por el nivel del terreno.

**12. ALTURA BASE- ANTENA:** Se debe ingresar la altura en metros desde la base de la estructura de transmisión (torre, mástil, etc.) hasta el punto central de la antena. En caso de que la antena se encuentre instalada en las azoteas de edificios, se debe considerar como parte de la altura base – antena la altura del edificio.



### **FO-DRE-03, PATRONES DE RADIACIÓN DE ANTENAS**

Incluyen el formato para graficar los patrones de radiación de antenas, así como también las tablas donde se debe especificar los valores de ganancia (dBd) para cada radial tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Código: FO-DRE-03 Versión: 01		<b>FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS</b>																							
<b>1</b>																									
<b>PATRONES DE RADIACION DE ANTENA</b>																									
MARCA:	NACIONAL	MODELO:	CASERO	TIPO:	DIPOLO																				
Ingrese los valores de ganancia ( dBd ) para cada radial																									
<i>RADIAL</i>	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
HORIZONTAL	12	11	11	10	10	9	9	7	7	5	5	5	5	5	5	5	7	7	9	9	10	10	11	11	
VERTICAL	12	0	-12	-24	-12	-18	-25	-18	-24	-12	-12	0	12	0	-12	-24	-18	-25	-18	-12	-24	-12	0		
<b>PATRON DE RADIACION HORIZONTAL</b>													<b>PATRON DE RADIACION VERTICAL</b>												
																									

**PATRONES DE RADIACION DE ANTENA:** Se debe completar la siguiente información:


- **Marca:** Especificación del fabricante de la antena.
- **Modelo:** Especificación de la identificación dada a la antena por el fabricante.
- **Tipo:** Especificación de la clase de antena usada en el sistema de radiocomunicaciones (de acuerdo a lo especificado en el formato FO-DRE-02).

En la tabla correspondiente se deben ingresar los datos en dBd correspondientes a la ganancia de la antena en los planos vertical y horizontal y para los radiales especificados.

Se deben graficar los patrones de radiación únicamente por cada marca, modelo y tipo de antena utilizada en el sistema de radiocomunicaciones, de acuerdo a lo especificado en el formato FO-DRE-02.

## FO-DRE-19, REGISTRO DE RADIOBASES PARA EL SERVICIO MÓVIL AVANZADO SMA

En este formato se detalla las características de las radiobases para brindar SMA.

Código: FO-DRE-19 Versión: 01		FORMULARIO PARA INFORMACION DE RADIOBASES SMA				 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	
1	2	3	4	5	6	7	8
No.	NOMBRE DE LA RADIOBASE	BANDA DE OPERACIÓN (MHz)	TECNOLOGÍA	CODIGO DE LA ESTRUCTURA	ESTACION BASE DE CONTROL A LA QUE SE CONECTA LA RADIOBASE (BSC/RNC/MME)	MEDIO DE Tx PARA CONEXION A LA RED	COUBIGACION CON RBS

**1. No:** Se debe colocar el número de la radiobase.

**2. NOMBRE DE LA RADIOBASE:** Nombre de la radiobase con el cual el operador solicita su registro.

**3. BANDA DE OPERACIÓN:** Banda en la cual operara la radiobase:

- Banda: 700 MHz
- Banda: 850 MHz
- Banda: 1900 MHz
- Banda AWS: 1700 / 2100 MHz
- Banda 2500 MHz

**4. TECNOLOGÍA:** Se debe seleccionar de la lista la tecnología con cual operara la radiobase:

- Tecnología: GSM
- Tecnología: UMTS
- Tecnología: LTE

**5. CODIGO DE LA ESTRUCTURA:** En este campo se debe especificar el código de estructura especificado en el Formato FO-DRE-01.

**6. ESTACIÓN BASE DE CONTROL A LA QUE SE CONECTA (BSC/RNC/MME):**

En este campo se debe especificar la central a la cual se conecta la base de control.

**7. MEDIO DE Tx PARA CONEXIÓN A LA RED:** El medio de transmisión que brindara conectividad de la radiobase a la red del operador. Seleccionar de la lista.

- Microonda: **MW**
- Fibra Óptica: **FO**




- Satelital: **ST**
- Otro: Especifique.

**8. COUBICACIÓN CON RBS:** Si la radiobase que se va registrar, se instala en un mismo espacio físico, estructura o sitio en la cual ya está una radiobase en operación, se deberá indicar el nombre de dicha radiobase así como la banda, tecnología y el propietario de la misma; caso contrario, se debe dejar este espacio en blanco. **(NOMBRE DE RBS\_BANDA\_TECNOLOGIA\_PROPIETARIO)**

**FO-DRE-20, INFORMACIÓN DE RADIOBASES**

En este formato se debe presentar toda la información requerida para el Registro de Servicio de Telefonía Fija Inalámbrica.

Código: FO-DRE-20 Versión: 1.0		FORMULARIO PARA INFORMACION DE RADIOBASES FWA/CDMA								 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones				
1	2	3	4	5	6				7	8	9	10		
No.	NOMBRE DE LA RADIOBASE	BANDA DE OPERACIÓN (MHz)	SECTOR	ESTRUCTURA	ANTENA				EQUIPO		INDICADOR DE LA RADIOBASE	INDICADOR A LA QUE SE CONECTA	MEDIOS PARA CONEXION A LA RED	
					CODIGO DE LA ANTENA (0001/200)	AZIMUTH (°)	BANANCA (dB)	ALTURA BASE ANTENA (m)	CODIGO DEL EQUIPO (0001/200)	PRIORIDAD (dBm)				
1														

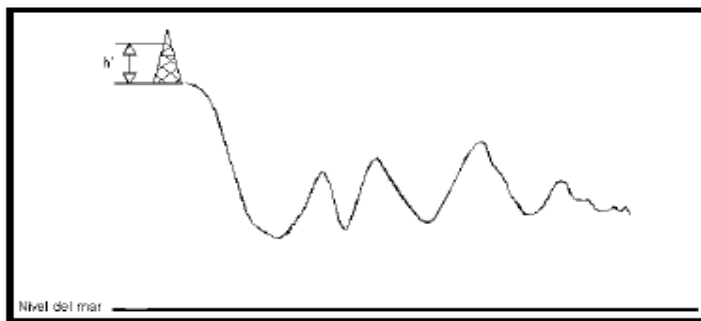
- 1. No. DE LA RADIOBASE:** Se deberá mantener una numeración secuencial (1,2, 3,..... etc.).
- 2. NOMBRE DE LA RADIOBASE:** Debe llenarse este campo utilizando el nombre mediante el cual se le identifica a la radiobase, se debe llenar por cada radiobase. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.
- 3. BANDA DE OPERACION:** Debe llenarse este campo con la banda de operación en MHz en la cual opera la radiobase, por Ejemplo 3500.
- 4. SECTOR:** Campo que identifica el número de sectores con los cuales opera la radiobase, este campo se encuentra previamente identificado como X, Y, Z y O. Las filas pueden ser modificadas de acuerdo al número de sectores que tenga la radiobase, en caso de que la radiobase tenga más de 3 sectores, éstos pueden ser identificados con otras letras Ejemplo: U, V, W,... etc. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

**5. CÓDIGO DE LA ESTRUCTURA:** Debe ingresarse el código de la estructura utilizada en la radiobase, en caso de tratarse de una estructura no registrada, debe indicarse la estructura correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (S1, S2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formato FO-DRE-01. Este campo se considera para el Reporte de Modificaciones.

**6. ANTENA:** Contiene información correspondiente a la antena instalada en la radiobase.

Deben especificarse en el casillero correspondiente los siguientes datos:

- **Código de la Antena:** Debe ingresarse el código de la antena o antenas asociadas a cada radiobase, debe indicarse la antena correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (A1, A2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formato FO-DRE-02.
- **Azimuth:** Orientación horizontal en grados que se le da a las antenas conectadas a las radiobases.
- **Ganancia:** Valor en dBi de acuerdo a la especificación del fabricante, en caso de que el dato provisto por el fabricante se encuentre en dBd, se deberá hacer la conversión correspondiente ( $G(\text{dBi}) = G(\text{dBd}) + 2.15$ ).
- **Altura Base- Antena:** Se debe ingresar la altura en metros desde la base de la estructura de transmisión (torre, mástil, etc.) hasta la ubicación exacta de la antena.



**7. EQUIPO:** Contiene información correspondiente al equipo instalado en la radiobase.

Deben especificarse en el casillero correspondiente los siguientes datos:

- **Código del Equipo:** Debe ingresarse el código del equipo asociado a la estación fija, debe indicarse el equipo correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (E1, E2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formato FO-DRE-04.

- **Potencia:** Debe ingresarse la potencia de operación que el equipo suministrará, debe especificarse en dBm.

**8. TECNOLOGIA DE LA RADIOBASE:** Se debe especificar la tecnología con la cual opera la radiobase, por ejemplo Wi-Max, CDMA, etc.

**9. CENTRAL A LA QUE SE CONECTA:** Se debe indicar el nombre de la estación base de control (BSC) a la que se conecta la radiobase.

**10. MEDIO DE Tx PARA CONEXIÓN A LA RED:** Debe indicarse el medio mediante el cual la radiobase se conecta a la red de la operadora, esto es microonda, fibra óptica o enlace satelital. Seleccionar de la lista desplegable.

- Microonda - **MW**
- Fibra Óptica - **FO**

**7. EQUIPO:** Contiene información correspondiente al equipo instalado en la radiobase.

Deben especificarse en el casillero correspondiente los siguientes datos:

- **Código del Equipo:** Debe ingresarse el código del equipo asociado a la estación fija, debe indicarse el equipo correspondiente de acuerdo a la nomenclatura especificada en este instructivo (E1, E2, etc.), la cual debe coincidir con la información ingresada en el formato FO-DRE-04.
- **Potencia:** Debe ingresarse la potencia de operación que el equipo suministrará, debe especificarse en dBm.

**8. TECNOLOGIA DE LA RADIOBASE:** Se debe especificar la tecnología con la cual opera la radiobase, por ejemplo Wi-Max, CDMA, etc.

**9. CENTRAL A LA QUE SE CONECTA:** Se debe indicar el nombre de la estación base de control (BSC) a la que se conecta la radiobase.

**10. MEDIO DE Tx PARA CONEXIÓN A LA RED:** Debe indicarse el medio mediante el cual la radiobase se conecta a la red de la operadora, esto es microonda, fibra óptica o enlace satelital. Seleccionar de la lista desplegable.

- Microonda - **MW**
- Fibra Óptica - **FO**
- Enlace Satelital – **ST**

**Anexo 2. Formularios de la Arcotel para el sistema SMA**

- ✓ FO-DRE-01 (Formulario para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones).
- ✓ FO-DRE-02 (Formulario para información de antenas).
- ✓ FO-DRE-03 (Formulario para patrones de redición de antenas).
- ✓ FO-DRE-19 (Formulario para información de radio bases sma (SISTEMA MÓVIL AVANZADO)).













### Anexo.3. Cronograma de las tareas realizadas

