



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**GUÍA PARA EL USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA
SEÑAL CELULAR APLICADO A LA TECNOLOGÍA UMTS BASADO EN EL EQUIPO MARCA
SWISSQUAL® QUALIPOC®**

Cristian Alberto Vélez Palencia

Asesorado por el Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez

Guatemala, julio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA EL USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA
SEÑAL CELULAR APLICADO A LA TECNOLOGÍA UMTS BASADO EN EL EQUIPO MARCA
SWISSQUAL® QUALIPOC®**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CRISTIAN ALBERTO VÉLEZ PALENCIA

ASESORADO POR EL ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA PARA EL USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA SEÑAL CELULAR APLICADO A LA TECNOLOGÍA UMTS BASADO EN EL EQUIPO MARCA SWISSQUAL® QUALIPOC®

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con fecha 10 de enero de 2020.

Cristian Alberto Vélez Palencia

Guatemala, 15 de noviembre de 2020

Ing. Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Solares:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: "Guía para el uso de equipo de medición y procesamiento de datos de la señal celular aplicado a la tecnología UMTS basado en el equipo de medición marca SWISSQUAL® desarrollado por el estudiante Cristian Alberto Vélez Palencia con carné No. 2008-18853, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones de este.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente:


Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
ASESOR
Colegiado 5217



Guatemala, 20 de noviembre de 2020

Señor Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado **Guía para el uso de equipo de medición y procesamiento de datos de la señal celular aplicado a la tecnología UMTS basado en el equipo marca SWISSQUAL® QUALIPOC®**, desarrollado por el estudiante **Cristian Alberto Vélez Palencia**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica

REF. EIME 51. 2021.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **CRISTIAN ALBERTO VÉLEZ PALENCIA** titulado; **GUIA PARA EL USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA SEÑAL CELULAR APLICADO A LA TECNOLOGÍA UMTS BASADO EN EL EQUIPO MARCA SWISSQUAL®QUALIPOC®** procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 11 DE MARZO 2021.

DTG. 292-2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **GUÍA PARA EL USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA SEÑAL CELULAR APLICADO A LA TECNOLOGÍA UMTS BASADO EN EL EQUIPO MARCA SWISSQUAL® QUALIPOC®**, presentado por el estudiante universitario: **Cristian Alberto Vélez Palencia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
★

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, julio de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Mi Padre eterno por permitir alcanzar este logro, darme la sabiduría y no permitir desmayar en los momentos más difíciles.
- Mis padres** Agapito Vélez y Odilia Palencia de Vélez, por todos sus esfuerzos, dedicación y amor que sin importar los problemas dieron todo por mi educación.
- Mis hermanos** Hugo y Dulce Vélez, que siempre estuvieron para mí y darme su apoyo incondicional.
- Mi esposa** Dilia Penagos, amada mía que compartes todas mis penas y glorias
- Mi hijo** Gael Vélez, tú que eres la luz que ilumina mi vida y mi motivación para ser cada día mejor.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi *alma máter*, mi templo de estudios, por ser el centro de estudios quien me dio esta oportunidad.

Facultad de Ingeniería

Por ser mi segundo hogar donde pasar varias horas al día en sus aulas y laboratorio me hizo amar mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. TECNOLOGÍA UMTS.....	1
1.1. Radio Base	2
1.1.1. Elementos de una Radio Base	21
1.1.1.1. Módulo de poder avanzado o APM.....	21
1.1.2. Sistema radiante.....	23
1.2. Controlador de la Red Radio	23
1.2.1.1. Red de Acceso Radio (UTRAN)	27
1.2.2. Conexión entre RNC y Radio Base	28
2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LOS SERVICIOS DE RADIOFRECUENCIA EN UMTS.....	31
2.1. Modo de los teléfonos móviles	31
2.1.1. Estado muerto o <i>dead</i>	34
2.1.2. Modo bajo consumo o <i>idle</i>	34
2.1.3. Modo conectado	36
2.2. Estado de los teléfonos móviles	40
2.2.1. Estado FACH.....	41
2.2.2. Estado DCH.....	42

2.2.3.	Estado PCH.....	45
2.3.	Servicios de radiofrecuencia entre la unidad móvil y la Radio Base.....	47
2.3.1.	EC/IO.....	49
2.3.2.	RSCP	53
2.3.3.	CQI.....	54
2.3.4.	Servicio de datos.....	55
2.3.5.	Servicio de llamada	56
3.	RECOLECCIÓN DE DATOS POR MEDIO DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN (<i>DRIVE TEST</i>).....	59
3.1.	Recolección información del servicio de llamadas UMTS	59
3.1.1.	<i>Handovers</i>	61
3.1.1.1.	Tipos de <i>Handover</i>	65
3.1.2.	Llamadas caídas	66
3.2.	Recolección de información de servicio de datos	77
3.2.1.	<i>Handovers</i>	77
3.2.2.	Velocidad del servicio de datos según la calidad de los servicios.....	84
3.2.3.	Ancho de banda	86
4.	PRACTICAS APLICABLES AL LABORATORIO DE COMUNICACIONES 3.....	89
4.1.	Práctica 1: Configuración del equipo de medición	89
4.2.	Práctica 2: validación del servicio de voz	118
4.3.	Práctica 3: validación del servicio de datos.....	133
4.4.	Práctica 4: Forzado del equipo hacia otras tecnologías	147
4.5.	Práctica 5: Extracción y carga de logs y procesamiento de datos en NQDI®.....	157

4.6.	Práctica 6: Análisis de resultados en MapInfo Pro™	168
	CONCLUSIONES	191
	RECOMENDACIONES.....	193
	BIBLIOGRAFÍA.....	195

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Nodo B. Diagrama general.....	3
2.	Escenario I de instalación del Módulo DBS3800.....	4
3.	Escenario II de instalación del Módulo DBS3800.....	5
4.	Escenario III de instalación del Módulo DBS3800.....	6
5.	Instalación en Tigo Guatemala.....	7
6.	Estructura II del sistema BBU	9
7.	Panel 3806. BBU.....	9
8.	Hardware 3806. BBU	10
9.	Estructura II del Sistema BBU.....	12
10.	Estructura II del Sistema BBU.....	13
11.	RRU 3801C. Paneles	13
12.	RRU 3801C. Hardware	14
13.	RRU 3801C. Software structure.....	14
14.	Protocolos de interfaz Iub sobre ATM	15
15.	Configuración de datos del nodo B	16
16.	Métodos de configuración del nodo B	17
17.	Vista exterior del APM.....	22
18.	Vista interior del APM donde observa el módulo de ventiladores	22
19.	Modulo de alimentación AC del APM.....	23
20.	Estructura Lógica	24
21.	Elementos de una RNC.....	27
22.	Evolución UMTS/HSPS/LTE	31
23.	Estados del UE en las tecnologías.....	33

24.	Active Set más las celdas del Monitores Set	37
25.	Eventos <i>Intra-Frequency</i> del <i>SoftHandover</i>	38
26.	Eventos <i>Inter-System</i> del <i>Handover</i>	39
27.	Estado FACH	41
28.	Estado DCH	44
29.	Propagación básica de una antena	47
30.	EC/IO	49
31.	Valores Permitidos de Ec/Io	50
32.	Valores de Ec/Io Medidos en condiciones de Alto y Bajo Tráfico	51
33.	Características en Condiciones Normales. (Buenas)	52
34.	Características en Condiciones de Pérdida de Llamada	52
35.	Mapeo de SINR	54
36.	Celdas Urbanas, Celdas Rurales	58
37.	Inicio de la prueba de llamadas	69
38.	Niveles de Señal	70
39.	Modo gráfico	70
40.	Sectores Rosados	71
41.	Información del sector conectado	72
42.	Malos niveles de calidad	72
43.	<i>Handover</i> de la llamada	73
44.	Niveles de Señal cuando se efectúa un <i>Handover</i>	74
45.	Especificaciones de los niveles de señal	74
46.	Calidad de servicio y cobertura	75
47.	Llamada Caída	76
48.	Información de llamada caída en monitor por evento	77
49.	Proceso de descarga	78
50.	Barra de velocidad de descarga	79
51.	Señal de sector conectado	79
52.	Medición del nivel de la velocidad de descarga	80

53.	Niveles de señal y cobertura	80
54.	<i>Handover</i>	81
55.	Velocidad de descarga.....	81
56.	Niveles de señal.....	82
57.	<i>Handover</i> hacía otro sector	82
58.	Niveles de Señal	83
59.	Monitor de información.....	83
60.	Niveles bajos de velocidad.....	84
61.	Baja Modulación.....	84
62.	Malos niveles de señal de los servidores	85
63.	Cobertura del servidor actual	85
64.	Velocidad de descarga.....	86
65.	Muestra de aplicación al cargar	90
66.	Ver menú oculto	91
67.	Elegir opción “Map”	91
68.	Ubicación del punto donde está el equipo.....	92
69.	Menú de Opciones	92
70.	Desplegar opciones.....	93
71.	Ajustes BTS	93
72.	Opción Fichero de información BTS en UMTS	94
73.	Selección de documento	94
74.	Selección de mostrar celdas en el mapa.....	95
75.	Radio Bases en modo gráfico	96
76.	Opción personalización	97
77.	Seleccionar signo mas	97
78.	Crear espacio de trabajo vacío	98
79.	Nombre mediciones 3G.....	98
80.	Seleccionar espacios de trabajo actual	99
81.	Seleccionar monitores.....	99

82.	Monitor 1	100
83.	Monitor buscado	100
84.	Monitor Map	101
85.	Monitores personalizados	101
86.	Opción estándar.....	102
87.	Monitor 1.1	102
88.	Parámetros en monitores.....	103
89.	Elementos a seleccionar 1	103
90.	Elementos a seleccionar 2.....	104
91.	Elementos a seleccionar 3.....	104
92.	Elementos a seleccionar 4.....	105
93.	Elementos a seleccionar 5.....	105
94.	Elementos a seleccionar 6.....	106
95.	Opción ver monitores 1	106
96.	Opción ver monitores 2.....	107
97.	Opción ver monitores 3.....	107
98.	Opción ver monitores 4.....	108
99.	Agregar monitor 2	108
100.	Agregar un nuevo monitor 1	109
101.	Agregar un nuevo monitor 2	109
102.	Opciones al agregar un nuevo monitor	110
103.	Selección de opción listo	110
104.	Desmarcar las primeras tres opciones.....	111
105.	Selección de opción capas	112
106.	Selección editar plano.....	112
107.	Elegir opción +	113
108.	Opciones para cargar el plano	113
109.	Seleccionar imagen de la galería 1	114
110.	Seleccionar imagen de la galería 2.....	114

111.	Seleccionar nivel y nombre	115
112.	Seleccionar imagen y transparencia	115
113.	Nombre del edificio 1.....	116
114.	Nombre del edificio 2.....	116
115.	Cargar el nivel creado	117
116.	Registro de medición.....	117
117.	Opción mas	118
118.	Opción Jobs	118
119.	Menú para primera configuración.....	119
120.	Crear la primera carpeta seleccionar el botón nuevo objeto	119
121.	Colocar nombre.....	120
122.	Nombre ejemplo, Servicio De Voz	120
123.	Botón Add test.....	121
124.	Opción Call Test.....	121
125.	Opción <i>Call to Any Number</i>	122
126.	Definición de parámetros 1	123
127.	Definición de parámetros 2	123
128.	Definición de duración de la llamada.....	124
129.	Número de ciclos o llamadas	124
130.	Tiempo en segundos que esperara el equipo	125
131.	Botón iniciar	125
132.	Crear otra carpeta	126
133.	Carpeta nuevas tareas 1	126
134.	Carpeta nuevas tareas 2.....	127
135.	Carpeta nuevas tareas 3.....	127
136.	Inicio exitoso de llamada.....	128
137.	Estado actual de la llamada	129
138.	Información de la tarea.....	130
139.	Resumen.....	132

140.	Mediciones 3G	133
141.	Opción <i>Jobs</i>	134
142.	Nueva carpeta.....	134
143.	Carpeta servicio de datos	135
144.	Opción <i>add test</i>	135
145.	<i>Data Transfer Test</i>	136
146.	Opción FTP DL	136
147.	Configuración de la conexión para la descarga	137
148.	Servidor <i>host</i>	137
149.	FILEDL.rar	138
150.	Servidor FTP.....	138
151.	Ingreso de credenciales.....	139
152.	Ingreso de credenciales.....	139
153.	Configuración de la duración del tiempo.....	140
154.	Configuración de las repeticiones	140
155.	Configuración de pausas entre ciclos	141
156.	Arrancar descarga	141
157.	Descarga arrancada adecuadamente.....	142
158.	Sector de conexión	142
159.	Cambio de información de valores.....	143
160.	Personalizar valores info.....	143
161.	Valores info.....	144
162.	Velocidad de datos	144
163.	WCDMA HSDPA.....	145
164.	<i>Scheduled Thrpt</i>	145
165.	Escoger parámetro	146
166.	Velocidad de descarga y el PSC.....	146
167.	<i>Call to Any Number</i>	147
168.	<i>Forcing</i> de tecnología	148

169.	<i>Forcing</i> de tecnología.....	148
170.	Opción <i>bands</i>	149
171.	Opción <i>bands</i>	149
172.	WCDMA <i>Band V -850</i>	150
173.	WCDMA <i>Band V -850</i>	150
174.	Seleccionar listo	151
175.	Icono de mano empuñada de color verde	151
176.	<i>Forcing avanzado</i>	152
177.	WCDMA <i>UARFCN Lock</i>	152
178.	WCDMA <i>PSC Lock</i>	153
179.	WCDMA <i>PSC Lock</i>	153
180.	Icono de mano empuñada de color verde	154
181.	Forzado hacia la banda.....	154
182.	Forzado de la banda <i>V-850</i>	155
183.	<i>Job</i> de datos.....	156
184.	<i>Forcing</i>	156
185.	<i>Job</i> de datos.....	157
186.	Memoria del equipo.....	158
187.	Servicio De Datos y Servicio de Voz.....	158
188.	NQDI	159
189.	Carga del software por primera vez	160
190.	Selección de la base de datos y arranque el software	160
191.	Pantalla de inicio del software.....	161
192.	Pantalla <i>Data Management</i>	162
193.	Pantalla de carga de <i>logs</i>	162
194.	Pantalla de procesamiento de <i>logs</i>	163
195.	Pantalla de carga de base de datos 1	163
196.	Pantalla de carga de base de datos 2.....	164
197.	Pantalla de visualización de los <i>plots</i>	165

198.	Pantalla de visualización de los <i>plots</i> 1.....	165
199.	Pantalla de visualización de los <i>plots</i> 2.....	166
200.	Pantalla de visualización de los <i>plots</i> 3.....	167
201.	Pantalla de visualización de los <i>plots</i> 4.....	168
202.	Icono Mapinfo	169
203.	Mapinfo versión 16.....	169
204.	Pantalla principal Mapinfo.....	170
205.	Click en <i>open</i>	171
206.	Click en <i>table</i>	171
207.	Carga de <i>tabs</i>	172
208.	Opción abrir	173
209.	Click en <i>add Theme</i>	174
210.	Sección <i>ranges</i>	174
211.	Región <i>ranges, solid</i>	175
212.	Tabla <i>FTP_Instant_throughput_2</i> y el campo <i>Throughput</i>	176
213.	Creación de rangos de valores	177
214.	Desplegado de otra ventana 1	178
215.	Desplegado de otra ventana 2.....	179
216.	Distribución	180
217.	<i>Vrate Thematic Map</i>	180
218.	<i>Styles</i>	181
219.	<i>All Attributes</i>	182
220.	Selección de atributos 1.....	183
221.	Selección de atributos 2.....	184
222.	Mapa temático	185
223.	<i>Ranges by throughput</i>	186
224.	Exportar tabla	187
225.	Selección de tabla.....	187
226.	Ubicación para guardar.....	188

227.	Tabla de Excel	189
------	----------------------	-----

TABLAS

I.	Tendencia es el movimiento gradual.....	10
II.	Nodo B. Configuración de datos básicos	18
III.	Nodo B. Configuración de datos de la capa de transporte 1	19
IV.	Nodo B. Configuración de datos de la capa de transporte 2.....	19
V.	Estados del UE	33
VI.	Servicio de radiofrecuencia	48
VII.	Tabla de mapeo SINR y CQI en LTE	55
VIII.	Nodo B. Estructura correcta de base de datos.....	95

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
R	Coefficiente de correlación
E	Energía
S	Error estándar de la estimación
°C	Grado centígrado
Hz	Hertzios (<i>hertz</i> , frecuencia)
Km	Kilómetro
kW	Kilovatio (mil vatios)
\bar{x}	Media
min	Minuto
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria
V	Voltio (voltaje)

GLOSARIO

<i>Acquisition Channel</i>	Se utiliza en respuesta a una solicitud de canal de acceso aleatorio de un móvil como preámbulo para indicar al móvil que continúe con la llamada establecida.
Bodegas	Áreas específicas que utilizan las empresas para guardar sus materiales o productos que se utilizan en las operaciones.
Calidad	Diseñar, producir y ofrecer un bien o servicio que sea útil, lo más económico posible, y siempre satisfactorio para el cliente.
Control de inventario	Técnica que permite la existencia de los productos a niveles deseados.
<i>Handover (HANDOFF)</i>	Es el sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objeto de realizar la transferencia de la conexión durante el servicio de llamada o datos de una Radio Base a otra cuando la cobertura o la calidad de la señal es insuficiente. Este sistema garantiza la continuidad de la llamada o servicio de datos cuando un usuario se mueve en largas distancias.

Page Indication Channel Es un canal de transporte de enlace descendente. Es recibido por todos los móviles. La transmisión de la PCH se asocia con la Transmisión de la capa física que genera paginación, para apoyar los procedimientos eficientes del móvil en *sleep mode*.

Radio Network Controller Es un elemento que rige la red de acceso de radio frecuencia en tecnología UMTS y es responsable de controlar los Nodos B que están conectados a él.

Received Signal Strength Es una tecnología genérica de recepción de métricas de radio, que suelen ser invisible para el usuario del dispositivo que contiene el receptor, pero es conocida directamente a los usuarios de las redes inalámbricas IEEE de la familia de protocolos 802.11.

Received Signal Code Power En el sistema de comunicación celular UMTS, la potencia de la señal de código (RSCP) denota la potencia medida por un receptor en un canal de comunicación física particular. Como un indicador de intensidad de la señal, como un criterio de entrega, en el control de bajada de potencia, y para el cálculo de pérdida de trayectoria. En los sistemas CDMA, un canal físico se corresponde con un código particular, la difusión de ahí el nombre.

RESUMEN

El título de la investigación es “Guía para el uso de equipo de medición y procesamiento de datos de la señal celular aplicado a la tecnología UMTS basado en el equipo marca SWISSQUAL® QUALIPOC®”. Por medio de la investigación se buscó establecer los procedimientos de uso de la red UMTS que también es conocida como 3G o tercera generación ya que es la evolución de la red Global GSM o 2 G. El objetivo de la investigación fue realizar una guía para la utilización de los equipos de medición de señal celular de los cuales están disponibles en el laboratorio de electrónica para la tecnología UMTS para el laboratorio del curso de comunicaciones 3, así como también el uso del software para el procesamiento de los datos capturados por las unidades móviles.

La metodología aplicada fue la investigación bibliográfica y el diseño de procedimientos por medio de la experiencia en el uso de la tecnología. Se determinó los procedimientos por medio de seis prácticas que fueron 1) configuración del equipo de medición, 2) validación del servicio de voz, 3) validación del servicio de datos, 4) forzado del equipo hacia otras tecnologías, 5) extracción y carga de logs y procesamiento de datos NQDI y 6) análisis de resultados en MapInfo Pro.

Se concluye que el funcionamiento de una red UMTS se basa en un sistema universal de telecomunicaciones móviles, una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, la cual permite utilizar aplicaciones para Videoconferencia, TV Móvil en tiempo real, video en demanda, acceso banda ancha a lugares remotos, rurales y acceso masivo en

ambientes públicos, entre otros donde funciona la red celular que permite la comunicación con voz y datos.

OBJETIVOS

General

Realizar una guía para la utilización de los equipos de medición de señal celular de los cuales están disponibles en el laboratorio de electrónica para la tecnología UMTS para el laboratorio del curso de comunicaciones 3, así como también el uso del software para el procesamiento de los datos capturados por las unidades móviles.

Específicos

1. Entender el funcionamiento de una red UMTS y que el estudiante conozca la red celular que permite la comunicación con voz y datos.
2. Presentar los fundamentos de los parámetros de radiofrecuencia de los equipos móviles para la comunicación.
3. Proponer prácticas aplicables al laboratorio del curso de Comunicaciones 3.

INTRODUCCIÓN

Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles o su forma abreviada UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) es el nombre asignado al sistema de comunicaciones móviles el cual ha permitido ampliar el número de usuarios. Quienes utilizan esta red tienen a su disposición un conjunto de servicios de datos en su versión mejorada, con acceso a la red Internet y con variedad de servicios multimedia.

En el presente informe se realizó una guía para la utilización de los equipos de medición de señal celular de los cuales están disponibles en el laboratorio de electrónica para la tecnología UMTS para el laboratorio del curso de comunicaciones 3, así como también el uso del software para el procesamiento de los datos capturados por las unidades móviles.

En el primer capítulo se desarrollaron los contenidos explicando la tecnología UMTS, en donde se expuso la Radio Base empleada, con relación a los elementos de un Radio Base, módulos de poder avanzado y sistema radiante; el controlador de la red de radio que contiene la red de acceso radio UTRAN y la conexión entre RNC y Radio Base.

El segundo capítulo expone los fundamentos básicos de los servicios de radiofrecuencia en UMTS, en el cual se establece el modo de los teléfonos móviles, el estado muerto, modo bajo consumo, modo conectado; se determina el estado de los teléfonos móviles, el estado FACH, estado DCH, y estado PCH; el servicio de radiofrecuencia entre la unidad móvil y la Radio Base, EC/IO, RSCP, CQI, servicio de datos y servicio de llamada.

El tercer capítulo presenta el proceso de recolección de datos por medio de los equipos de medición Drive test, en donde se realizó la recolección de información del servicio de llamadas UMTS, *Handovers* y llamadas caídas; recolección de información de servicio de datos, velocidad del servicio de datos según la calidad de los servicios.

En el capítulo cuatro se realizan las prácticas aplicables al laboratorio de comunicaciones 3. 1) configuración del equipo de medición, 2) validación del servicio de voz, 3) validación del servicio de datos, 4) forzado del equipo hacia otras tecnologías, 5) extracción y carga de logs y procesamiento de datos NQDI y 6) análisis de resultados en MapInfo Pro.

1. TECNOLOGÍA UMTS

La tecnología UMTS es también conocida como 3G o tercera generación ya que es la evolución de la red Global GSM o 2G. Las aplicaciones que se le pueden dar a esta tercera generación de red celular son: video llamadas, TV en tiempo real, video en demanda, acceso a internet masivo en lugares públicos con buena relación costo – beneficio.

El UMTS tuvo también una evolución que permitió alcanzar velocidades de navegación más alta, a esta evolución a través de la tecnología HSPA+ release 7 y 8, se incrementa la velocidad de tráfico de datos de 384 kbps en los enlaces de subida y bajada hasta 42 Mbps en enlace de bajada y 11 Mbps en el enlace de subida.

Con HSPA se puede lograr movilidad en los servicios de banda ancha sin desconexión, lo cual no se puede lograr con el servicio WiFi.

Esta tecnología utiliza la técnica de acceso WCDMA (por sus siglas en inglés, *Wide Code Division Multiple Access*). La tecnología UMTS se creó del estándar Europeo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), para la estandarización de la red UTRA (UMTS *Terrestrial Radio Access*) como tecnología de tercera generación, esta tecnología de acceso, los usuarios son separados con secuencia de código y estos transmiten de manera simultánea en la misma frecuencia, a diferencia que con la tecnología 2 G los usuarios transmitían en una sola frecuencia dedicada, esto quiere decir que el ancho de banda se divide en varios segmentos para atender a los usuarios.

Uno de los principales trabajos de desarrollo de esta tecnología ha sido conservar el manejo de la movilidad y el manejo de la conexión, independientes de la tecnología de radio de las interfases áreas, se puede comenzar el estudio de WCDMA como interfaz área revisando su organización y algunas características. Siguiendo el modelo del protocolo OSI, el cual es un modelo formado por siete capas (aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace de datos y física) la interfaz de radio utilizada por este sistema puede ser descrito por las tres primeras capas de este protocolo. La capa más baja es la física.

La capa física debe realizar las siguientes funciones:

- Codificación y decodificación para corrección de errores de los canales de transporte.
- Mediciones e indicadores de radio a las capas superiores.
- detección de errores en los canales de transporte.
- multiplexación de los canales utilizados para el transporte de datos.
- modulación y demodulación de los canales de transporte.
- sincronización en frecuencia y tiempo.
- Control de potencia.
- Peso de potencia y combinación de canales físico.
- Procesamiento de RF.

1.1. Radio Base

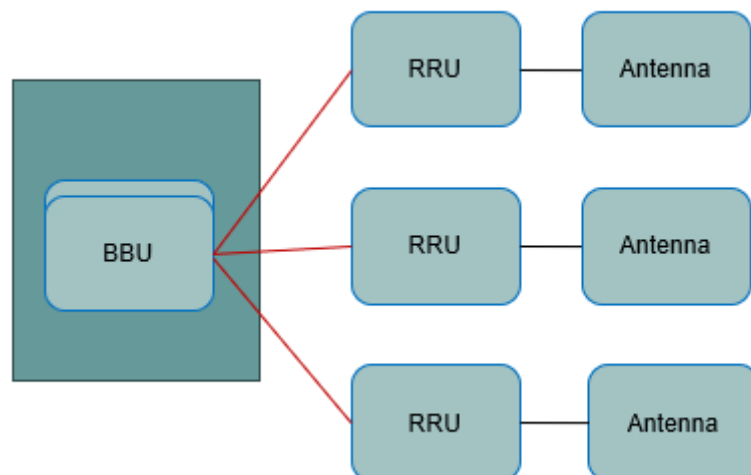
Una Radio Base o también llamadas Estación Base (RBS por sus siglas en ingles *Radio Base Station*) es la encargada de la comunicación entre una unidad móvil o conocido como teléfonos celulares, estas normalmente se usan para conectar equipos de baja potencia, estas para la tecnología UMTS o 3 G

son las que atienden las llamadas o solicitud de servicio de datos de un teléfono celular, esto a través de las antenas instaladas en la parte superior de la torre que son el acople entre una señal eléctrica a una señal de radio frecuencia

Las Radio Bases disponen de un medio de transmisión ya sea por medio inalámbrico o medio físico (fibra óptica) hacia un controlador de la red radio.

- Nodo B. Diagrama general

Figura 1. **Nodo B. Diagrama general**



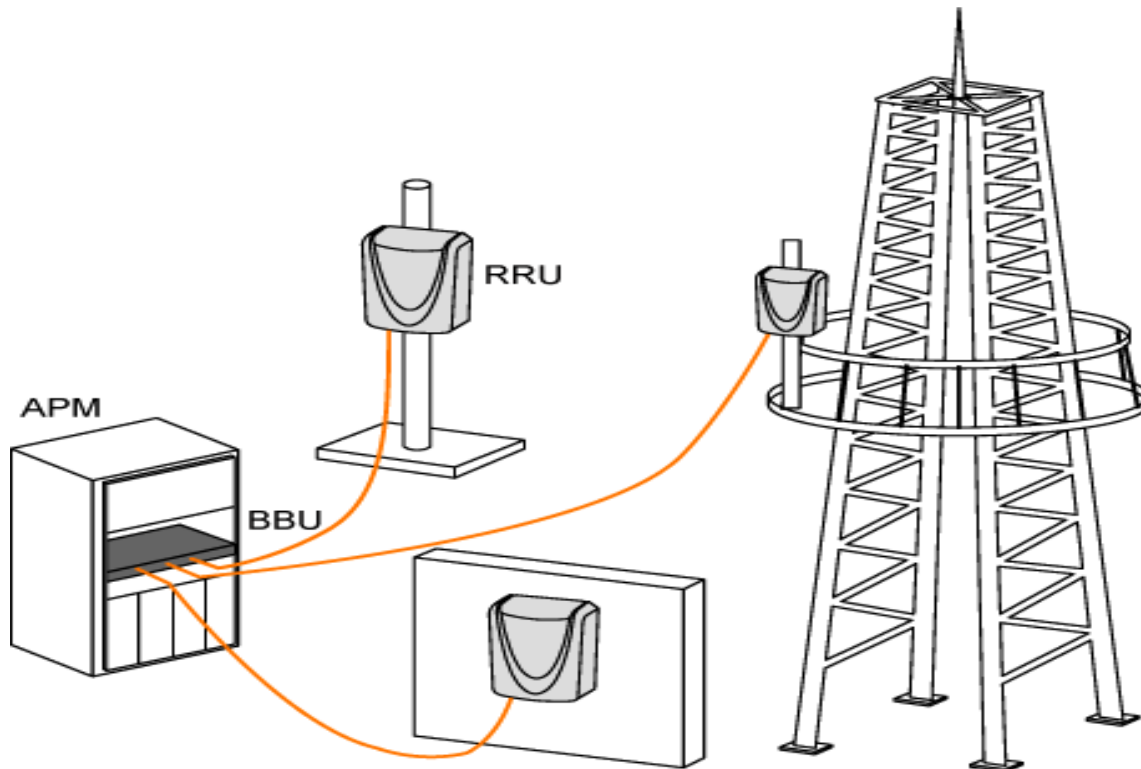
Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 2.

- Modulo DBS3800
 - Equipo principal
 - Baseband Unit (BBU).
 - Remote Radio Unit (RRU).

- Equipo secundario u opcional
 - Advance Power Module (APM).
 - Auxiliary Facility Box (AFB).
 - Surge Protection Device (SPD)¹

- Escenario I de instalación del Módulo DBS3800

Figura 2. **Escenario I de instalación del Módulo DBS3800**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 4.

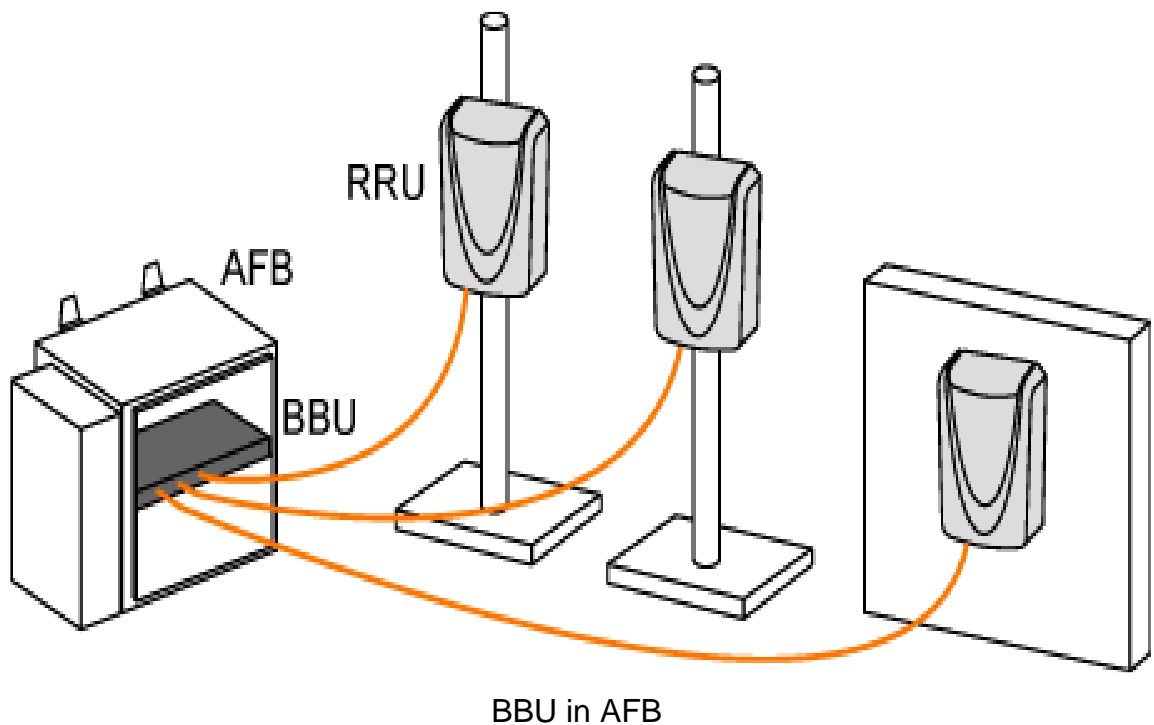
El BBU3806 está instalado en el APM y el APM proporciona la alimentación de -48 V CC para el BBU3806.

¹ Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 4.

El RRU3801C se puede instalar en un soporte de montaje para un solo RRU3801C o en un bastidor para tres RRU3801C. El APM proporciona la alimentación de -48 V CC para el RRU3801C.²

- Escenario II de instalación del Módulo DBS3800

Figura 3. **Escenario II de instalación del Módulo DBS3800**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 5.

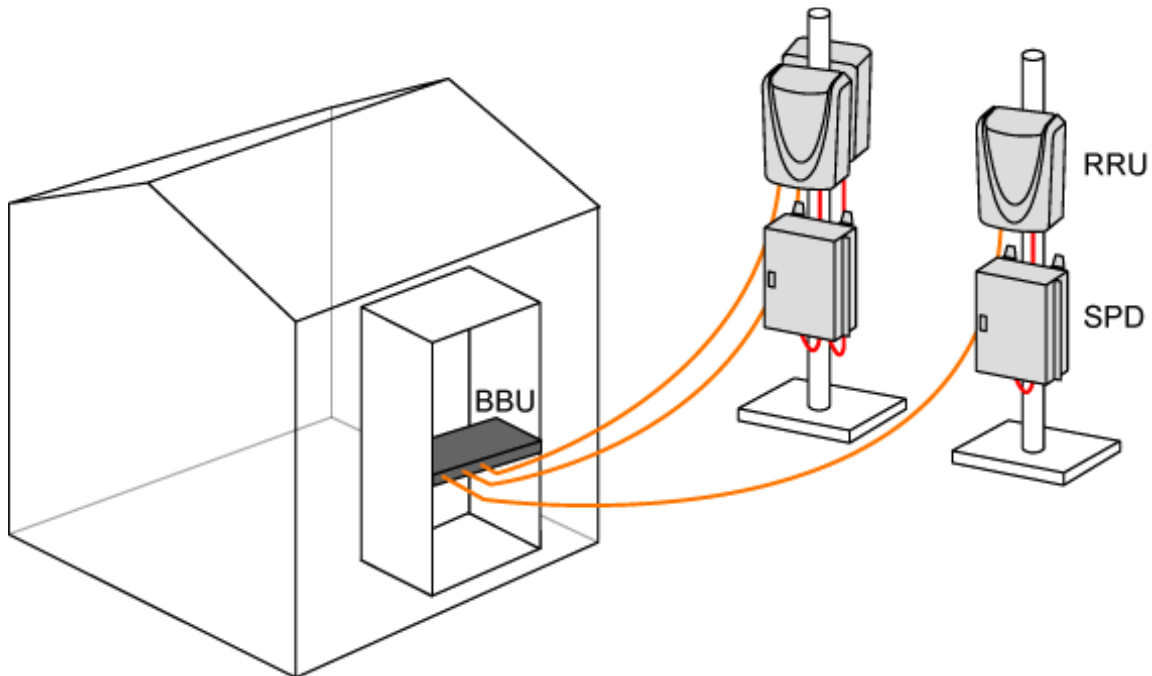
El BBU3806 está instalado en el AFB y el AFB proporciona la alimentación de -48 V CC para el BBU3806.

El AFB proporciona la alimentación de CA de 220 V para el RRU3801C.

- Escenario III de instalación del Módulo DBS3800

² Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 3.

Figura 4. **Escenario III de instalación del Módulo DBS3800**



BBU in any Rack (SPD is necessary)

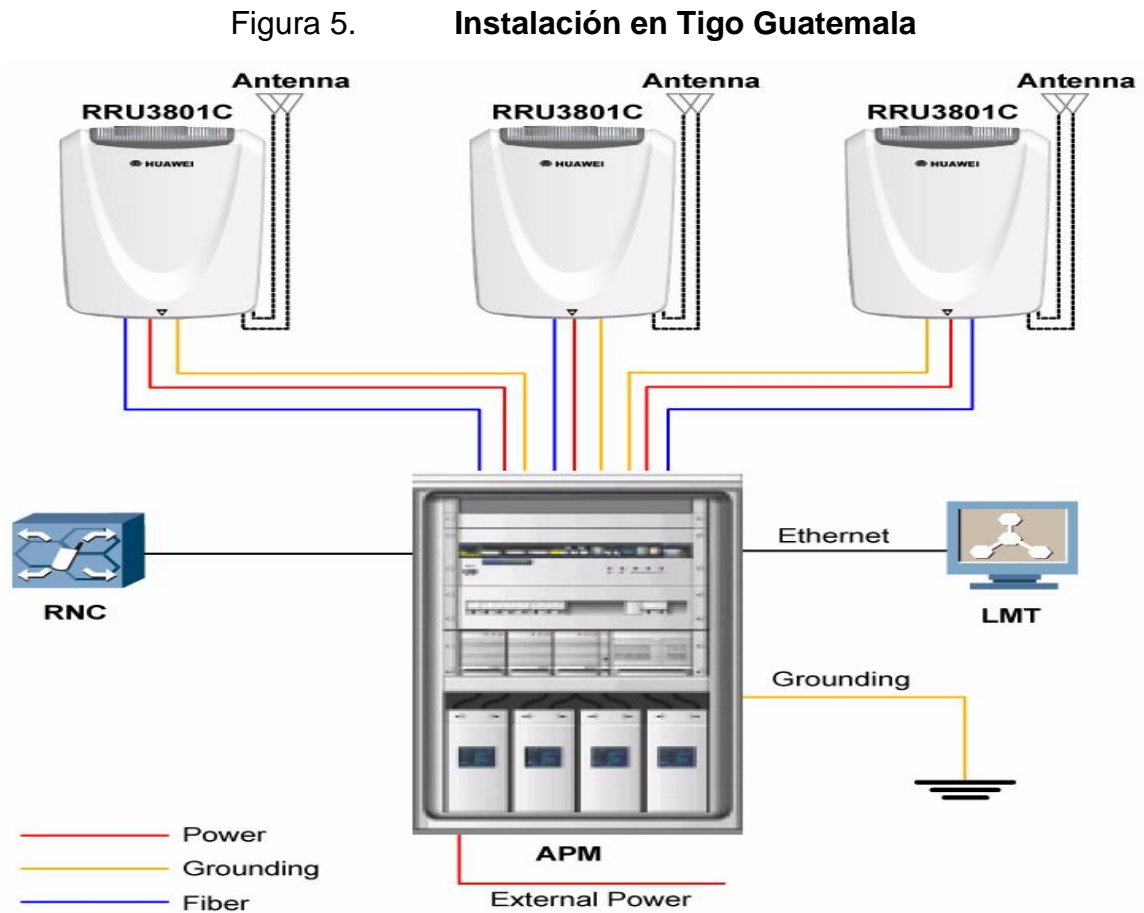
Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 6.

El BBU3806 se instala en interiores. Se puede ubicar en un gabinete de 19 pulgadas, en un estante de 19 pulgadas o en una pared.

El RRU3801C se puede instalar en un soporte de montaje para un solo RRU3801C o en un bastidor para tres RRU3801C. Tanto el soporte de montaje como el bastidor para el RRU3801C se pueden instalar en un poste, pared o soporte interior.

El RRU3801C se instala en exteriores, y el SPD40R proporciona alimentación de 220 V CA y protección contra sobretensiones para el RRU3801C.

- Instalación en Tigo Guatemala



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 7.

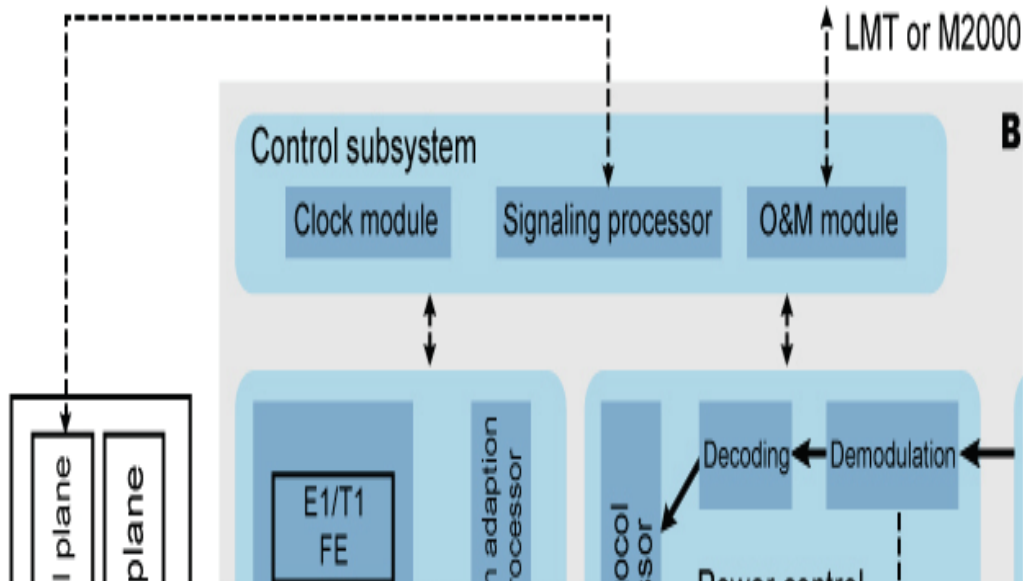
Todos los Nodos B implementados en Tigo tienen esta misma arquitectura.

- Estructura del sistema BBU
 - Subsistema de transporte
 - Proporcionar interfaces físicas entre la BBU y el RNC para la comunicación de datos.

- Proporcionando el canal OM al LMT o al M2000 para la operación y mantenimiento de la BBU, y también el canal de Capa de Adaptación de Señalización ATM (SAAL) al RNC para el procesamiento de señalización.
- Subsistema BaseBand
 - Procesa señales de banda base UL y DL y elementos de canal.
- Subsistema de control
 - El subsistema de control gestiona todo el Nodo B distribuido.
 - El subsistema realiza OM, procesa la señalización y proporciona el reloj del sistema.
- Subsistema de interfaz
 - Proporcionar interfaces físicas entre la BBU y la RRU y BBU con otra BBU³
- Estructura II del sistema BBU

³ Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 8.

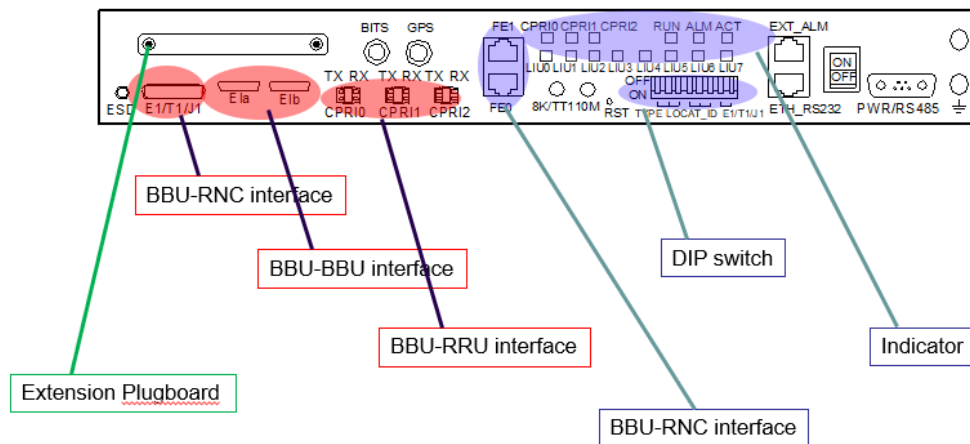
Figura 6. Estructura II del sistema BBU



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 9.

- Panel 3806. BBU

Figura 7. Panel 3806. BBU



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 10.

- Hardware 3806. BBU

Figura 8. **Hardware 3806. BBU**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 11.

- Interfaces de transmisión BBU

Tabla I. **Tendencia es el movimiento gradual**

Equipo	Tipo de interfase	Cantidad	Velocidad por unidad
Iub Interfaz	E1	8	2 Mbps
	T1	8	1,5 Mbps
	E3	2	34,4 Mbps
	T3	2	44,7 Mbps
	STM-1	2	155 Mbps
	Fast Ethernet	2	100 Mbps

Continuación de la tabla I.

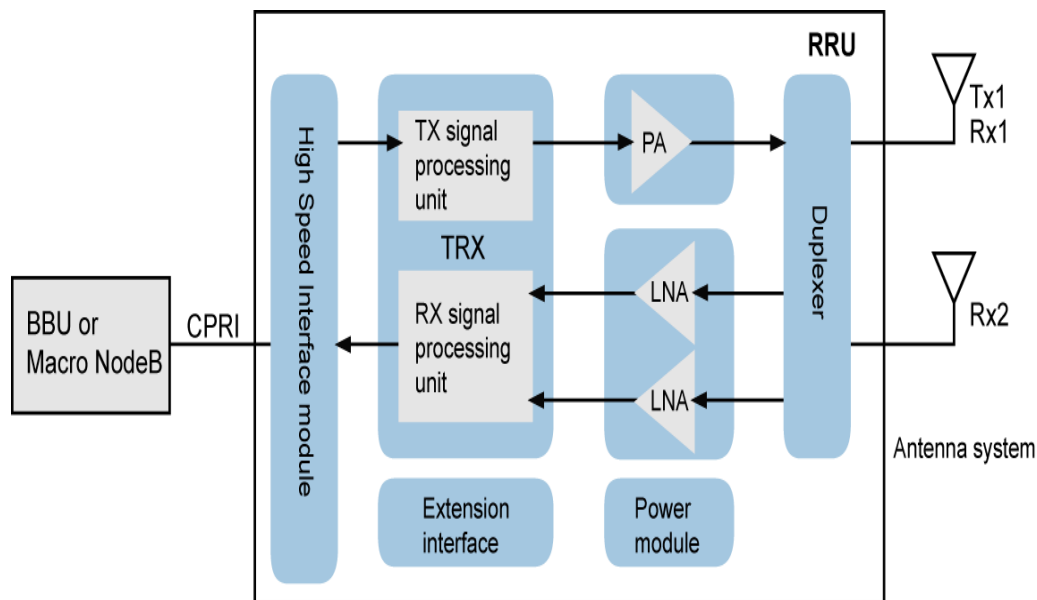
Interfaz Entre BBU y RRU	CPRI	3	1,25 Mbps Or 2,5 Mbps
Interface entre BBUs	E-Ia	1	3x2,5Gbps
	E-Ib	1	3x2,5 Gbps

Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 12.

- Estructura del Sistema RRU
 - Módulo de interfaz de alta velocidad
 - Recibir los datos de la banda base del enlace descendente del equipo de nivel superior, como una BBU.
 - Transmitir los datos de la banda base del enlace ascendente al equipo de nivel superior y reenviar los datos de la RRU en cascada.
 - TRX
 - Los canales RX reducen las señales recibidas a señales de frecuencia intermedia (IF), y luego realizan la amplificación, la conversión de analógico a digital, la conversión descendente digital, el filtrado combinado y el control digital automático de ganancia (DAGC).
 - El canal TX realiza la conformación, el filtrado y la conversión de digital a analógico, y convierte las señales de RF a la banda de frecuencia de transmisión.
 - Pensilvania.

- PA
 - El PA amplifica las señales de RF de baja potencia del TRX.
 - ✓ Duplexor
 - ❖ Los multiplexores dúplex reciben señales y transmiten señales, lo que permite que las señales de recepción y las señales de transmisión compartan el mismo canal de antena. El duplexor también filtra señales de recepción y señales de transmisión.
- LNA
 - El LNA amplifica las señales recibidas de las antenas.⁴
- Estructura II del Sistema RRU

Figura 9. Estructura II del Sistema BBU

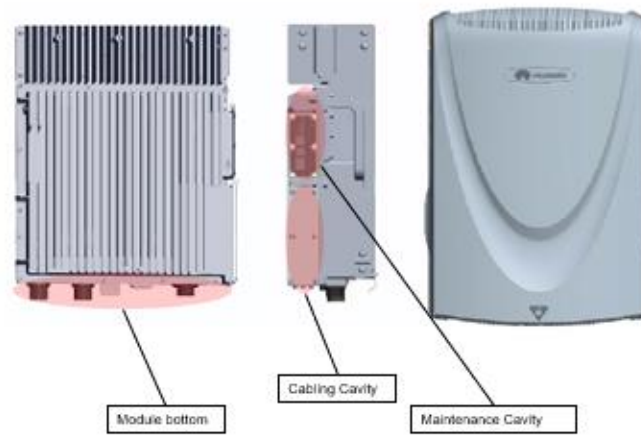


Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 14.

⁴ Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 13.

- RRU 3801C

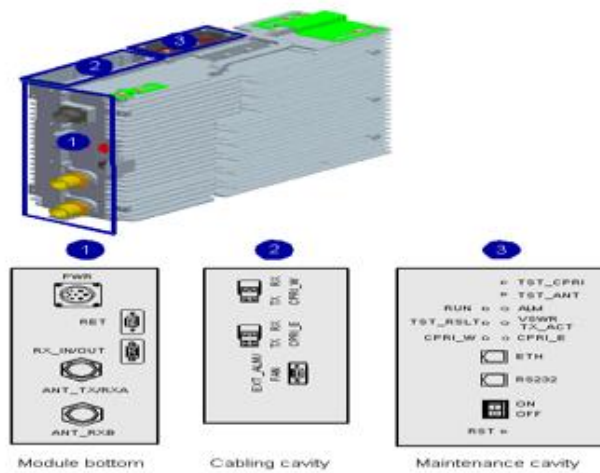
Figura 10. Estructura II del Sistema BBU



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 15.

- RRU 3801C. Paneles

Figura 11. RRU 3801C. Paneles



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 16.

- RRU 3801C. Hardware

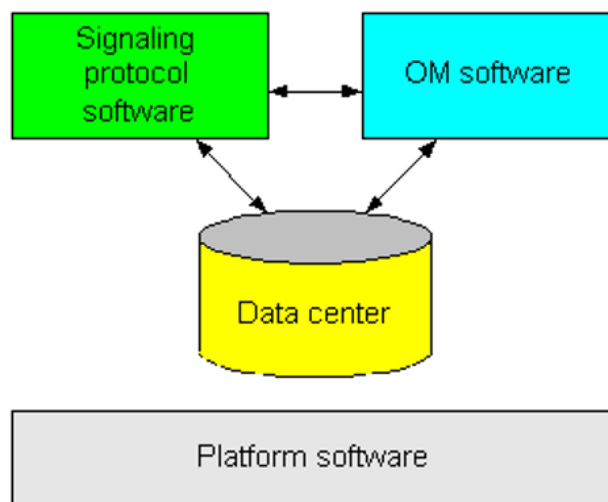
Figura 12. **RRU 3801C. Hardware**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 17.

- DBS3800. Software structure

Figura 13. **RRU 3801C. Software structure**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 18.

El software de la plataforma brinda soporte para el software de protocolo de señalización, el software OM y el centro de datos.

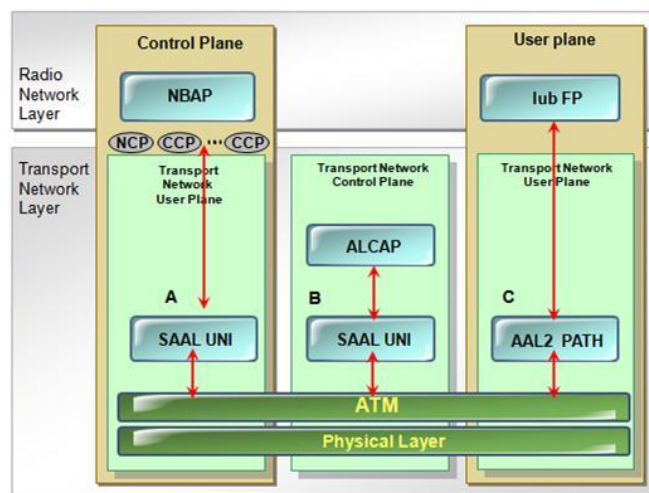
El software del protocolo de señalización es el siguiente: procesar el protocolo de la capa de la red de radio, procesar el protocolo de la capa de la red de transporte y administrar los recursos lógicos internos del NodoB (por ejemplo, celdas y canales) y el mapeo entre recursos físicos y recursos lógicos.

El software OM realiza OM para NodeB al trabajar con LMT o M2000.

El centro de datos almacena los datos de configuración de cada módulo en formato XML.⁵

- Protocolos de interfaz lub sobre ATM

Figura 14. **Protocolos de interfaz lub sobre ATM**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 19.

⁵ Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 20.

ATM Mode Modo de transferencia *asincrónica*

- Protocolos de interfaz lwb sobre ATM II

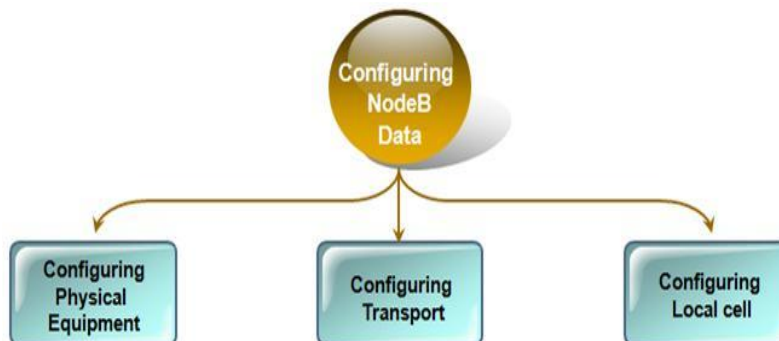
Plano de usuario: transfiere datos de usuario, como datos de protocolo y datos de voz.

Plano de control: transfiere datos de control de señalización, como señalización de configuración de conexión y señalización de liberación de conexión.

Plano de gestión: transfiere los datos de OM de la red. El plano de gestión se divide en la parte de gestión de capa y la parte de gestión de plano. La parte de gestión de capa gestiona los datos en cada capa, y la parte de gestión de plano gestiona los datos entre capas.⁶

- Configuración de datos del nodo B

Figura 15. **Configuración de datos del nodo B**



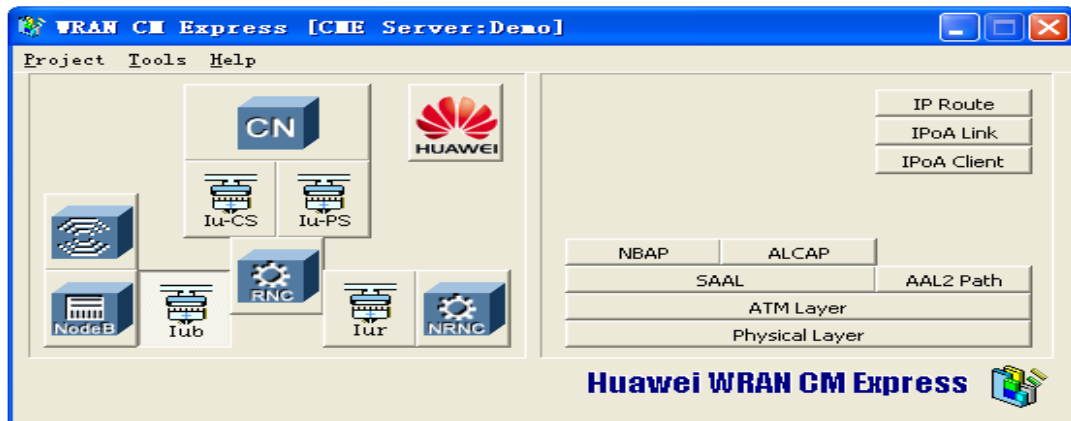
Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 21.

⁶ Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 20.

- Métodos de configuración del nodo B
 - Agregar un Nodo B a través de la plantilla.
 - Agregar un Nodo B a través del archivo de configuración.
 - Agregar manualmente un nodo B.

Una herramienta buena y fácil para la configuración es WRAN CME

Figura 16. Métodos de configuración del nodo B



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 22.

- Nodo B. Preparación de datos para la configuración
 - Datos básicos del nodo B.
 - Datos de la capa del equipo del nodo B.
 - Datos de la capa de transporte del nodo B.
 - Datos de la capa de radio del nodo B.

- Nodo B. Configuración de datos básicos

Tabla II. **Nodo B. Configuración de datos básicos**

Datos de entrada	Parámetros
ID del nodo B	Nodo B_Id
Nombre del nodo B	Nodo B Nombre
Tipo de portador	Tipo de portador lub
Compartir apoyo	Compartir apoyo
Índice de operador de red	<i>Cn OpIndex</i>
Dirección ATM	NSAP
Indicación de transporte híbrido	<i>IP Trans ApartInd</i>
Retraso de transmisión en la interfaz lub	<i>Trans Delay</i>
Variación de retraso de transmisión en la interfaz lub	<i>Trans Delay Variation</i>
Retraso de transmisión en la interfaz lub en el transporte IP híbrido	<i>IP Apart Trans Delay</i>
Indicación de transmisión satelital	<i>SatelliteInd</i>
Tipo de nodo B	Tipo de nodo B
Versión del protocolo	Ver protocolo

Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 24.

- Nodo B. Configuración de datos de la capa de transporte

Grupo IMA y Enlace IMA

Tabla III. **Nodo B. Configuración de datos de la capa de transporte 1**

Datos de entrada	Parámetro
Tipo de placa secundaria	<i>Sub Bd Type</i>
Transmitir longitud de cuadro	Longitud del cuadro IMATx
Enlaces activos mínimos	IMAM en enlaces activos
Retraso máximo diferencial	<i>IMAD iff Max Delay</i>
Modo <i>Scramble</i>	<i>Modo Scramble</i>
Soporte de <i>Timeslot 16</i>	Tiempo de ranura 16
Número de enlace	Enlace No
Interruptor HSDPA	Interruptor Hsdpa
Umbral de retraso de tiempo	Hsdpa TD
Umbral de tasa de descarte	Hsdpa DR

Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 25.

- Nodo B. Configuración de datos de la capa de radio

Tabla IV. **Nodo B. Configuración de datos de la capa de transporte 2**

Datos de entrada	Parámetro
Nombre del sitio	Nombre del sitio
Cantidad de antenas RX	Número de antena Rx
Transmitir modo de diversidad	Modo Diversidad TX
Frecuencia de enlace ascendente	Enlace ascendente UARFCN
Frecuencia de enlace descendente	Enlace descendente UARFCN
ID del grupo de recursos de enlace ascendente	ID de grupo de recursos de UL
Característica HSDPA de celda	MODO DLRES
Tipo de grupo de recursos de banda base	<i>Bb Pool Type</i>

Continuación de la tabla IV.

Máxima potencia de transmisión	Máximo poder TX
Radio de la celda	Radio de la celda
Radio de entrega interno	<i>Radidus</i> de transferencia interna de células
Intensidad de desensibilización	Decencia
Modo de movimiento de alta velocidad	Hispn
Velocidad en modo de movimiento de alta velocidad	Spr
Relación de la potencia de transmisión predeterminada de la celda local a la RRU	Def Potencia Lv I
Modo de energía	Modo de energía
Máxima potencia de transmisión de la RRU	Potencia máxima de RRU

Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 26.

- Nodo B. Configuración de comandos iniciales
 - AGREGAR IMAGRP.
 - AGREGAR IMALNK (por E1).
 - AGREGAR SAALLNK.
 - AGREGAR NODEB.
 - AGREGAR NODEBALGOPARA.
 - ADD IUBCP (antes de ADD NCP y ADD CCP).
 - AGREGAR PORTCTRLER.
 - AGREGAR AAL2PATH.

- AGREGAR AAL2RT.
- AGREGAR DEVIP.
- AGREGAR IPOAPVC.
- AGREGAR NODEBIP.
- AGREGAR SAC (por celda).
- AGREGAR LOCELL (por celda).
- AGREGAR CONFIGURACIÓN RÁPIDA (por celda).
- AGREGAR CELLHSDPA (por celda).
- ACT CELL (por celda).
- ACT CELLHSDPA (por celda)

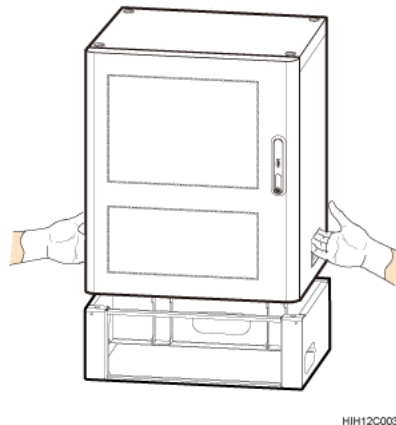
1.1.1. Elementos de una Radio Base

A continuación, se describirán los elementos que componen una Radio Base y permiten la comunicación inalámbrica entre los teléfonos celulares

1.1.1.1. Módulo de poder avanzado o APM

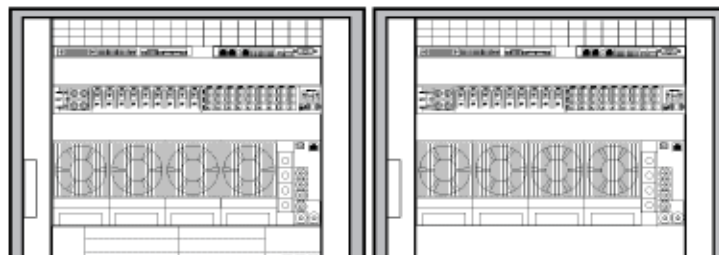
Esta es una unidad de almacenamiento que es un interior se encuentran dispositivos de enrutamiento las cuales son las encargadas del manejo de datos, su función principal es el resguardo de los dispositivos de los posibles vandalismos y su hermetismo al tiempo atmosférico, así como la correcta transferencia de calor que puedan generar los dispositivos que están en su interior hacia el exterior esta transferencia se hace por medio de ventiladores instalados en su interior que se encargan de llevar el aire caliente generado por los equipos por conductos y panales de aluminio que al ir pasando el aire este transfiere el calor hacia el exterior.

Figura 17. **Vista exterior del APM**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 76.

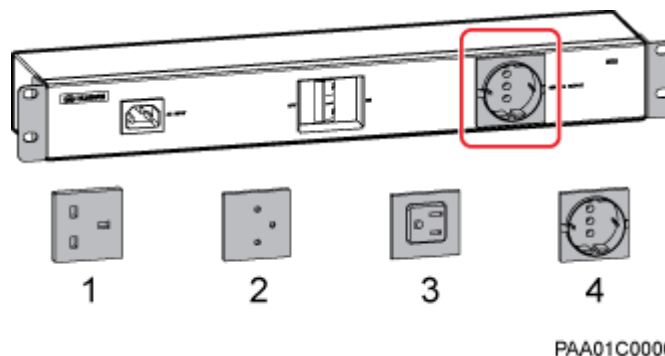
Figura 18. **Vista interior del APM donde observa el módulo de ventiladores**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 111.

Entre los componentes del APM se encuentra la fuente de poder que es la encargada también proporcionar la energía eléctrica AC a los equipos de enrutamiento para su funcionamiento, el tomacorriente puede tener diferentes formas ya que dependerá de la región a la que esté destinado el equipo.

Figura 19. **Modulo de alimentación AC del APM**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 128.

1.1.2. Sistema radiante

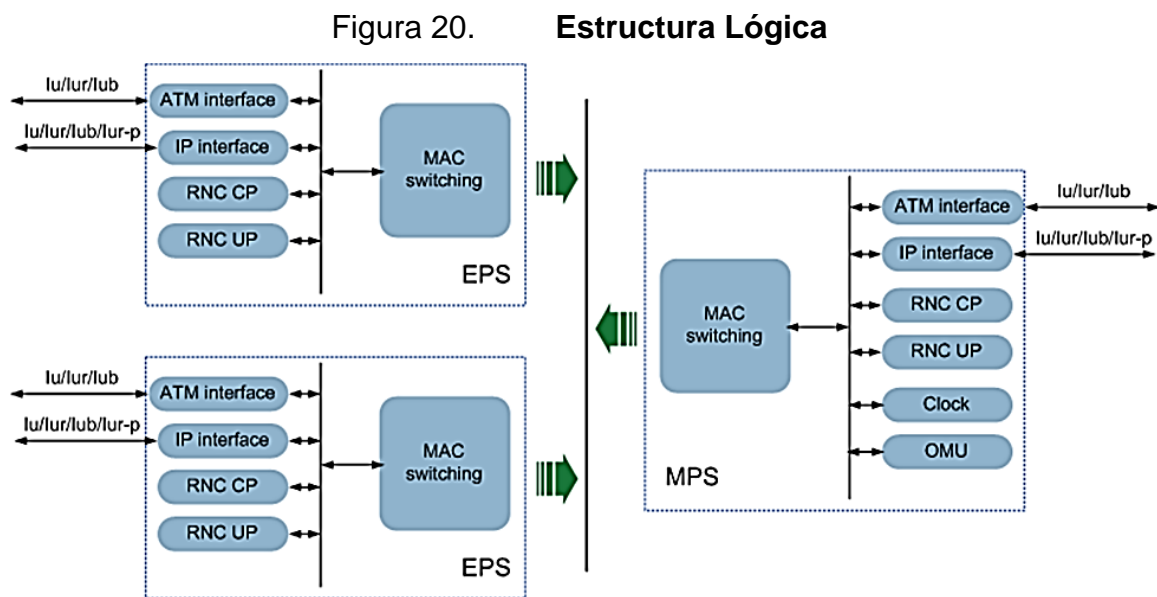
En la arquitectura de la red UMTS es posible encontrar elementos de otras redes, en especial de GSM, esto es porque se debe buscar la interoperabilidad entre sistemas. En el comienzo de la implementación de las redes UMTS, tendrán que coexistir con las redes instaladas previamente de generaciones anteriores, de ahí la importancia de los procesos de *Handover* entre sistemas (GSM-UTRAN, UTRAN-GSM). Además, como se especificó desde el principio, la red central iba a estar basada en una red GSM/GPRS. Todo esto trae como resultado que el mismo MSC (Mobile Switching Center) y mismo SGSN (*Serving GPRS Support Node*) puedan ser usados sin ningún problema tanto por GSM como por UMTS.⁷

1.2. Controlador de la Red Radio

El subsistema de procesamiento de servicios BSC6900 realiza las funciones de control definidas en los protocolos 3GPP y procesa los servicios

⁷ GONZÁLEZ CORTÉS, Eugenia. *Sistemas de Localización en UMTS*. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11844/fichero/Portada.%C3%8Dndice.Introducci%C3%B3n.pdf>.

del BSC6900. Lógicamente, el BSC6900 consta de los siguientes subsistemas: el subsistema de conmutación (subsistema de conmutación MAC), el subsistema de procesamiento de servicios (RNC CP / RNC UP), el subsistema de procesamiento de interfaz (tarjetas de interfaz ATM / IP), el subsistema de sincronización de reloj y el subsistema OM (el Tablero OMU). La figura 4 muestra la estructura lógica del BSC6900.



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 128.

Cada RNC tiene conectadas a ella un conjunto de Radio Bases UMTS, que será la responsable de la gestión y de los recursos de cada una de las celdas o Radio Bases. Un controlador RNC (*Radio Network Controller*) está conformado por un conjunto de estaciones base (NodosB). El RNC es el encargado controlar varios NodosB o Radio Bases. El RNC es conectado con el MSC por medio la interfaz lu-CS o con un SGSN (Nodo de servicio de datos para equipos móviles) por la interfaz lu-Ps. La conexión de interfaz entre dos o más RNC es de forma lógica y es por medio de la interfaz lur por lo consiguiente una conexión directa o punto a punto entre ellas no

necesariamente debe existir. Si se comparan una RNC con la red de segunda generación o también conocida como GSM, éste es comparable con el BSC (*Base Station Controller*).

Un NodoB es una estación de radio UMTS que cubre un área física, con uno o varios sectores, por condiciones de espacio es recomendable más de seis sectores. Este elemento tan importante es con el que se logra la comunicación entre los usuarios móviles de una Radio Base UMTS por señales eléctricas inalámbricas, esto gracias a la interfaz WCDMA. Las funciones principales de una Radio Base son de nivel físico (codificación del inalámbrico canal, modulación y demodulación, “*Spreading*”, entre otros).

Una RNC como se mencionó anteriormente es la responsable de gestionar los elementos de radio del grupo de NodosB conectados a ella (asignación de códigos dentro la red, control de admisión y rechazos de servicios, gestión de trasposos o *Handover*, control de congestión del tráfico de datos, difusión paquetes de red, entre otros). Todos los protocolos de comunicación de la interfaz de radio, salvo los del nivel físico del modelo OSI, terminan en la RNC.

Las funciones que deben ser ejecutadas por una RNC pueden ser:

- Manejo y control de los recursos del canal de transporte de la interfaz lu.
- Manejo de los recursos lógicos de operación y mantenimiento del NodoB.
- Manejo y control de la información del sistema de usuarios móviles y control de fecha y hora del sistema.
- Manejo y control de tráfico en los canales de comunicación comunes.
- Combinación y división de las tramas de datos transferidas sobre todos los NodosB.

- Modificación de los grupos en servicio de Radio Bases para la transferencia de llamadas o dicho de otra forma los *Soft Handover*.
- Designación de los códigos de canalización en los enlaces de bajada.
- Control de potencia de lazos abiertos para los enlaces de subida.
- Control de potencia para los enlaces de bajada de las Radio Bases.
- Control de admisión y rechazo de servicios.
- Manejo de informes de error.
- Manejo de tráfico y congestión en los canales compartidos.⁸

Las RNC se comunican entre sí mediante la interfaz Iur; esta interfaz no existe en 2G, la interfaz Iur se puede realizar mediante una conexión física directa punto a punto o mediante una red de transporte como ATM, etc. Otras funciones que se pueden mencionar para una RNC son:

- Asignación de un canal de comunicación.
- Herramientas que permiten el control de potencias.
- Control del *Handover*.
- Cifrados (*ciphering*).
- Segmentación / Resamblaje.
- Señalización de los canales de Broadcast.
- Controles de potencias de Lazos Abiertos, entre otros.⁹
- Elementos de una RNC

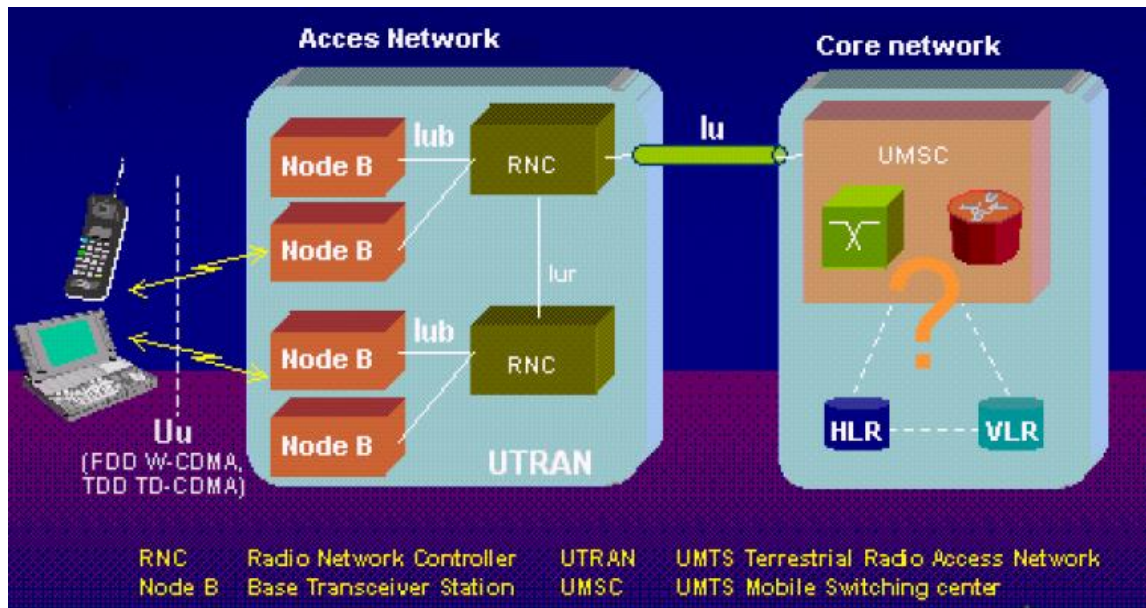
La red 3G se compone básicamente de un núcleo central de red (*Core network*), una red de Acceso Radio (UTRAN) y los teléfonos móviles o

⁸ GONZÁLEZ CORTÉS, Eugenia. *Sistemas de Localización en UMTS*. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11844/fichero/Portada.%C3%8Dndice.Introducci%C3%B3n.pdf+>.

⁹ Overview of The Universal Mobile Telecommunication System. *DRAFT*. <http://www.umtsworld.com>.

terminales móviles tal como se indica en la figura 2.2; a estos componentes de UMTS son conocidos también como dominios.

Figura 21. Elementos de una RNC



Fuente: SÁNCHEZ MARTÍNEZ, Rut. 3G Systems WCDMA (UMTS) & CDMA 2000. p. 27.

1.2.1.1. Red de Acceso Radio (UTRAN)

La red de acceso radio es la encargada de dar la conexión entre los equipos móviles y el núcleo central de red o conocido también como *Core network*. En 3G se le da el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y este está compuesto por una serie de sistemas y subsistemas de red radio o RNC y una serie de Radio Bases que son dependientes de él.

WCDMA es un sistema CDMA de secuencias directas en donde los datos de las terminales se multiplican con bits cuasi-randómicos esto es derivado de códigos *Spreading* de WCDMA. En 3G, además de la canalización, son usados los Códigos para sincronización y codificación; y posee dos métodos básicos de

funcionamiento que son FDD y TDD; estos métodos dependerán del operador tanto FDD o TDD permite usar de forma eficiente del espectro disponible según las necesidades de los usuarios.

- **NodoB**

Los NodosB o Radio Bases son los elementos de la red van conectadas directamente a una RNC, por medio de la interfaz iub y se conecta a las terminales de los usuarios mediante la interfaz radio Uu2 y que maneja varias celdas de forma simultánea. Las funciones de las Radio Bases son:

- Transmisión / Recepción de datos.
- Modulación / Demodulación.
- Codificación de los canales físicos.
- Manejo y e informe de Errores.
- Control de Potencia de los lazos cerrados.
- Adaptación de velocidad y movilidad, entre otros.

1.2.2. Conexión entre RNC y Radio Base

Este elemento controlador de la red radio, gestionará las conexiones de las terminales móviles que se establezcan en las interfaces radio Uu de cada nodoB a través del interfaz iub, así como el *throughput* de estas conexiones. Está conectada a la *wireless gateway* de *Core* a través del interfaz iub y a otras RNC por el interfaz luR.

Control de recursos radio. La asignación y control de los recursos para el establecimiento, liberación y transferencia de cada una de las conexiones

solicitadas, tanto con el origen del usuario como con el origen en la red, es realizado por la RNC.

Control de admisión. El RAB evita las situaciones de sobrecarga en las interfaces radio Uu y en las de Iub. Para cada nueva conexión se consumirán los recursos radio y recursos ATM, y será la RNC quien tomará la decisión de admitir o rechazar las conexiones basado en las medidas de interferencia o calidad de señal, *throughput* y carga de red. Al no existir recursos disponibles no se puede ofrecer la calidad de servicio solicitada, esta rechazará el acceso de cualquier usuario nuevo a la red móvil.

Control de congestión. Las situaciones de congestión o sobrecarga en la red son causadas por los usuarios activos en determinadas circunstancias, siendo el control de congestión de la RNC el encargado de reconducir al sistema a una situación estable. Las principales medidas del sistema para reducir la congestión: forzar *Throughput* hacia otro Nodo B (permite reducir los niveles de interferencia en el Uu o disminuir la carga en un enlace concreto del IuB); forzar *Hard- Handovers Inter.-System* (hacia 2G); reducir la velocidad de transmisión de algunos usuarios activos (*downgrade*); interrumpir de forma controlada alguna conexión activa (generalmente tráfico en modo PS procedente de aplicaciones *background*). Aunque en principio el control de admisión no debe asignar más recursos de los disponibles, la característica de movilidad de los usuarios puede provocar situaciones de congestión debido a la duplicidad de tráfico que produce el *soft-Handover* o a un excesivo tráfico de señalización en la red.

Asignación de códigos: la RNC es la responsable de asignar códigos de *scrambling* a cada una de las conexiones activas y de supervisar continuamente

los códigos usados en cada sector de los nodos B, asegurando que cada código sea exclusivo de un sector y sus vecinos.

Control de potencia: el uso de las mismas frecuencias en un sector y sus adyacentes hace que una potencia de transmisión superior a lo estrictamente necesario enmascare a otras conexiones aumentando el nivel de interferencia en el sector y reduciendo la capacidad del sistema. El control de potencia asume la función de adaptar la potencia de transmisión de los terminales de manera que se emita la potencia mínima suficiente para alcanzar el nodo B con la QoS solicitada.

Gestión de *Handovers*: en UMTS existe la posibilidad de transferir la conexión entre sectores adyacentes ya sea por movilidad del usuario o por degradación de la QoS. Existen diferentes tipos: *Soft-Handover (Soft & Softer)* y *Hard Handover (Inter-frequency & Inter.-System)*.

Macrodiversidad: la función de macrodiversidad permite al terminal de usuario estar conectado a varios sectores de forma simultánea, recibiendo datos de diferentes conexiones e incrementando la calidad de la comunicación. Esta función se realiza de forma conjunta al control de potencia y a la gestión de *Handover* y hace posible que el terminal transmita con menos potencia ya que al disponer de varios caminos se reduce a la interferencia en cada sector.¹⁰

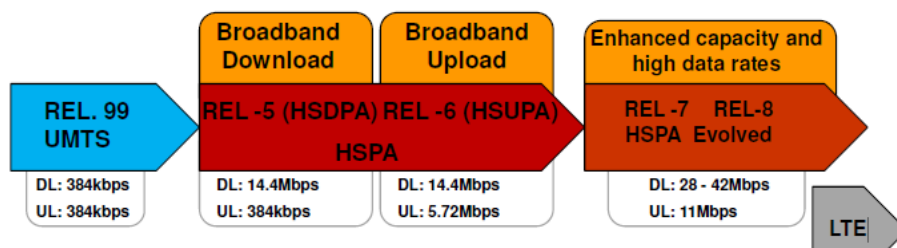
¹⁰ DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, Rafael. Métodos para el aumento de la capacidad UMTS en Atoll. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11744/fichero/Capitulo2%252Fcapitulo2.pdf>.

2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LOS SERVICIOS DE RADIOFRECUENCIA EN UMTS

2.1. Modo de los teléfonos móviles

Las aplicaciones que se pueden prestar mediante esta tecnología son: Video- Conferencia, TV Móvil en tiempo real, video en demanda, acceso banda ancha a lugares remotos, rurales y acceso masivo en ambientes públicos, con una buena relación costo – beneficio. Con la evolución de UMTS Rel. 99 a través de la tecnología HSPA+ Rel 7. y 8 se incrementa la velocidad de tráfico de datos de 384kbps (Enlace de Bajada y Subida) hasta 42 Mbps en Enlace de Bajada y 11 Mbps en el Enlace de Subida.

Figura 22. Evolución UMTS/HSPS/LTE



Fuente: SÁNCHEZ, José Orlando; GIL, Roberto. *Introducción a UMTS, Redes Tigo*. p. 2.

Con HSPA se puede lograr tanto movilidad como cobertura en servicios de banda ancha, lo cual no puede ser logrado simultáneamente por otra tecnología inalámbrica como WiFi, WiMax.

Para el mejor funcionamiento de un sistema inalámbrico, desde el teléfono hasta la red de acceso por radio (RAN), se necesitarán varias

funciones para controlar la red de radio y los muchos teléfonos que la utilizan. Todas las funciones descritas en esta sección, excepto la transferencia a GSM, son esenciales y, por lo tanto, necesarias para un sistema WCDMA.¹¹

Se consideran llamadas realizadas con éxitos en los siguientes casos:

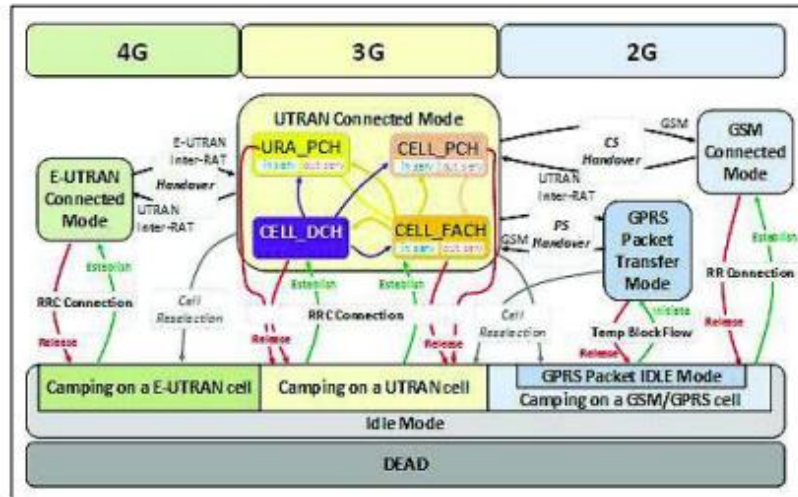
- El usuario al que se está llamando responde.
- Al usuario que se está llamando está ocupado. Para este caso el destino es un audio indicando ocupado, el servicio de buzón de voz o una contestadora automática.
- El usuario al que se está llamando está ocupado o está fuera del área de cobertura, esto manda al buzón de voz.
- El usuario al que se está llamando recibe la llamada, pero no contesta, para este caso es el buzón de voz o contestadora automática.
- El usuario se encuentra con el servicio suspendido por falta de pago o por solicitud del mismo usuario, para este caso es el buzón de voz.
- El usuario ha marcado un número que no existe en la red, el destino es un mensaje pregrabado donde indica que el número es incorrecto.
- El usuario al que se está llamando timbra, no contesta la llamada y rechaza la llamada.¹²

Los estados o modos de un equipo celular móvil permiten al usuario la interoperabilidad de los servicios dentro de la misma tecnología y fuera de ella, tal como se muestra en la figura 23 y se describen en la siguiente tabla:

¹¹ CHANDER, Punnam; BABU, Srihari. *Basic concepts of WCDMA & WCDMA radio access network*. p. 2.

¹² APOLO CALLE, Ruth Maribel; RAMÍREZ FARFÁN, Carlos Enrique. *Evaluación del impacto en el mercado de las telecomunicaciones según la regulación actual sobre servicios y un posible cambio a la regulación de redes*.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/10392/D-42558.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Figura 23. Estados del UE en las tecnologías



Fuente: FLORES ARMAS, Kevyn Rene. *Análisis del impacto de los principales indicadores de la red para una estación celular como consecuencia de la migración de la tecnología GSM a GSM/UMTS/LTE*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20168>. Consulta: 12 de octubre de 2020.

Tabla V. Estados del UE

ESTADOS DEL UE	Descripción	GSM	UMTS	LTE
Muerto (Dead)	El UE no está utilizando ningún tipo de servicio, ni se encuentra registrado en la red. Se considera dentro de este modo cuando el UE está apagado o se lo configura en modo avión.	✓	✓	✓
Acampado (Idle)	El UE no está utilizando ningún tipo de servicio, pero se encuentra registrado en la red. La red de radio acceso no sabe exactamente en qué celda se encuentra el UE, para encontrarlo debe realizar un paging.	✓	✓	✓
Conectado (GSM) Cell DCH (UMTS) RRC_Conected (LTE)	El UE está haciendo uso de servicio de voz o datos. La red de radio acceso conoce exactamente el área y la celda en la que se encuentra el UE.	✓	✓	✓
Conectado Cell_FACH	El UE tiene servicio de datos con una baja tasa de transmisión. La red de radio acceso conoce exactamente el área y la celda en la que se encuentra.		✓	
Activo Cell_PCH / URA_PCH	El UE no está haciendo uso de servicios, pero se encuentra en modo activo, es decir, no ha pasado a modo idle. La red de radio acceso conoce el área en la que se encontró por última vez el UE. Para Cell_PCH conoce la celda y para URA_PCH conoce el URA. El proceso de paging se realiza a la última celda o URA en la que el UE estaba registrado respectivamente.		✓	

Fuente: FLORES ARMAS, Kevyn Rene. *Análisis del impacto de los principales indicadores de la red para una estación celular como consecuencia de la migración de la tecnología GSM a GSM/UMTS/LTE*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20168>. Consulta: 12 de octubre de 2020.

2.1.1. Estado muerto o *dead*

Se considera estado muerto, cuando dentro de un área física de cobertura establecida por la densidad de Radio Bases, la llamada no puede ejecutarse por causas atribuibles a la red o al mismo equipo móvil.

2.1.2. Modo bajo consumo o *idle*

Una vez que el móvil sincroniza y encuentra el scrambling code de la celda, empieza a decodificar los System Information Blocks (SIBs) del Broadcast Channel (BCH). El ajuste de potencia del P-CCPCH, quien transporta la información del BCH, afecta directamente el éxito de decodificación de los SIBs. Si la potencia es muy baja y no se logra decodificar exitosamente los SIBs, se perderán los mensajes de los procesos de cell selección / reelección.

Después que el UE es capaz de ejecutar un IMSI attach a la red, comienza de manera continua el proceso de cell reelección. Si las ventanas del proceso de reelección son muy grandes, el móvil podría intentar acceder a una celda que probablemente no es la óptima en términos de interferencia. El caso opuesto sería tener los valores de histéresis muy bajos, lo que produciría efecto de pingpong perdiendo la capacidad de la red de encontrar al móvil.

En general, el procedimiento de establecimiento de conexión de RRC puede ocurrir en diferentes escenarios, como, por ejemplo, IMSI Attach/Detach, Location Update o Call Setup. El establecimiento de una conexión RRC empieza cuando se recibe exitosamente en el RNC el mensaje de RRC Connection Request. Esto significa que, hasta este punto, ya han sido completados exitosamente los procedimientos de cell selection / reselection y Random Access.

En el caso de Call Setup originadas en el móvil, el procedimiento se puede clasificar en los siguientes estados básicos:

- *Call Admission Control* en el RNC.
- Configuración del *Radio Link Node B Application Part (NBAP)*.
- Configuración de la conexión del RRC.

En el caso de Call Setup terminantes, el procedimiento de Paging precede al procedimiento de Random Access Detection.

El Call Admission Control (CAC) provee herramientas o estrategias que limita el número de conexiones que entran a la red con la finalidad de mantener los niveles de interferencias adecuados para las conexiones existentes en el uplink y suficientes recursos para conexiones que eventualmente pudieran entrar por Handover en downlink. Se asume el principio que, si un nuevo usuario quiere ingresar a la red con un servicio específico, se debe estimar que su establecimiento va a ser óptimo y sobre todo que no afecte la calidad del servicio

de los usuarios ya conectados. Es aplicado para la accesibilidad RRC y RAB así como los procesos de Handovers.

CAC actúa administrando los recursos de:

- Recursos de Códigos OSVF.
- Recursos de *Channel Elements* por Nodo B (*Credit*).
- Ancho de Banda disponible en la Interfaz Iub.
- Recursos de Potencia y niveles de interferencia

Los tres primeros niveles la evaluación es directa si se dispone o no los recursos para aceptar o no el servicio, en cambio en la última es donde es más complejo el proceso de control de admisión, en él se puede definir tres tipos de algoritmos para la evaluación, aplicables tanto el Uplink como en Downlink.

Los algoritmos son los siguientes:

- Algoritmo 1. Admisión basada en potencia (Downlink) o los niveles de interferencias (Uplink).
- Algoritmo 2. Admisión basada acorde al número de usuarios equivalentes.
- Algoritmo 3. Admisión similar al algoritmo 1 pero más permisiva. Este algoritmo es menos usado.¹³

En este modo de funcionamiento se entra cuando el μC ejecuta una instrucción que establece el bit IDLE del registro PCON (PCON.0). En ese instante el microcontrolador se queda ralentizado, ya que este microcontrolador no recibe la señal de reloj y como se puede comprobar en la figura se debe al bloqueo que realiza la puerta a la que está conectada esta señal proveniente del registro PCON.

El estado del procesador se reserva en su totalidad. El puntero de pila (SP), el contador programa (PC), y la palabra de estado (PSW), el acumulador de la CPU (ACC) y los demás registros se mantienen sus valores durante el todo el tiempo en modo IDLE. Los pines de los puertos tienen los estados lógicos que mantuvieron en el instante en que fue dado de alta el modo IDLE.

¹³ Brightcomms. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. p. 4.

Existen dos formas de salir del modo IDLE.

Por medio de la activación de cualquier interrupción controlada, de forma que el bit IDLE del registro PCON se desactive por hardware. La interrupción se atenderá y la próxima instrucción que se ejecute será la siguiente a la instrucción RET I, que será secuencialmente, la siguiente a la instrucción que coloco al microprocesador en el estado IDLE.

Mediante el RESET hardware, se borra el bit IDLE, reanudándose el programa desde donde fue parado, es decir, en la instrucción siguiente a la que llevo al μ C a estado IDLE.

2.1.3. Modo conectado

Los procesos de Handover tienen como finalidad garantizar la movilidad del usuario en modo conectado a través de toda el área de servicio de la red; evaluando en forma permanente los niveles y calidad de señal recibidos de las celdas cercanas durante su trayectoria. De igual forma para un usuario estático, permite mantener la conexión a pesar de las variaciones de señal que el terminal del usuario perciba.

Bajo este análisis, se puede inferir que los procesos de Handover se activan debido a la percepción de problemas en la calidad de la señal (niveles pobres de potencia recibida o altos niveles de interferencia). Su objetivo es proteger calidad de la llamada frente a la pérdida de datos en la comunicación debido a malos niveles de señal. Por lo tanto, los ajustes de los procesos de Handover son críticos dentro del proceso de optimización. Por ello se va a recordar algunos aspectos claves de los procesos antes de continuar en detalle con su optimización.

El Handover es el proceso utilizado en las tecnologías inalámbricas para mantener la llamada cuando el equipo móvil está en movimiento entre celdas en modo activo/dedicado. Es importante recordar algunos conceptos para la medición de los procesos de Handover, para luego entender el sentido de cuáles métricas deben ser evaluadas para alertar sobre este tipo de problemas.

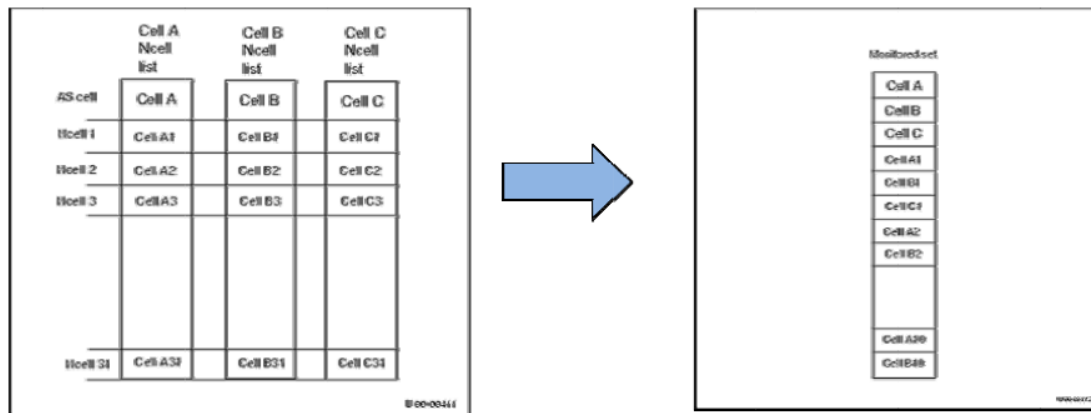
Desde el terminal (UE) las celdas son clasificadas en los siguientes subset de acuerdo al estándar 3GPP:

- *Active Set (AS)*: son las celdas medidas por el terminal (UE) en el *SoftHandover*.

- *Monitored set (MN)*: el MN es creado de la lista de las celdas vecinas de aquellas celdas que se encuentran en el AS. El máximo número de celdas en cada set es de 32.
- *Detected set (DS)*: son las Celdas intra *frequency* detectadas por el terminal (UE), pero no forman parte del AS o MN (estas celdas son clasificadas como *unmonitored set* o *missing neighbor*).
- *Unmonitored set*: Celdas excluidas del MN, porque se encuentra full el MN.

El listado enviado al móvil UE contiene la lista de celda en el *Active Set* más las celdas del *Monitored Set*. El *Monitored Set* es creado por el listado de vecinas de cada celda del *Active Set* y como esto tiene un límite de 32, es probable que queden vecinas fuera del *Monitored Set*.¹⁴

Figura 24. **Active Set más las celdas del Monitores Set**



Fuente: Brightcomms. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. p. 6.

Los procesos de medición para disparar los *Handover*, consideran los siguientes parámetros según sea el caso:

- *Soft Handover e Intra-frequency hard Handover*: CPICH RSCP, CPICH Ec/No, Path Loss
- *Inter-frequency*: CPICH RSCP, CPICH Ec/No
- *Inter-System*: GSM Carrier RSSI, BSIC.

Estas mediciones son tomadas de diversas maneras, pueden clasificarse según el tipo de reporte de medición:

Reporte Periódico: por ejemplo, la medición de CPICH RSCP, el CPICH Ec/No, entre otros.

¹⁴ Brightcomms. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. p. 4-5.

Reporte por Evento: ocurren cada vez que se presenta una condición durante los procesos de *Handover*, dependiendo su naturaleza:

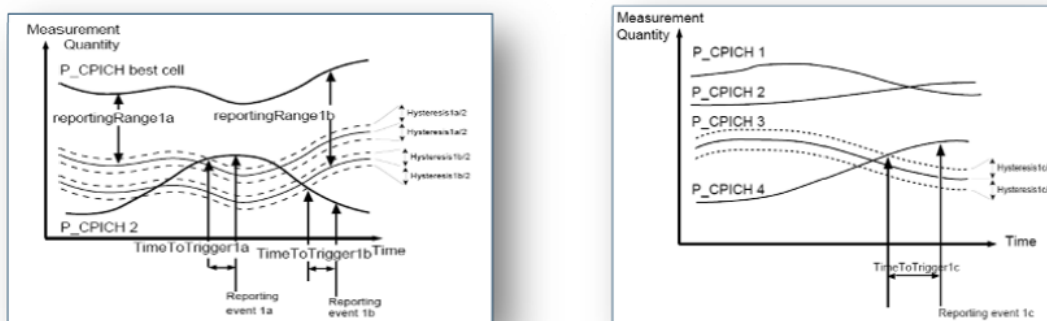
- Eventos *Intra-frequency*: 1A, 1B, 1C, 1D.
- Eventos *Inter-frequency*: 2D, 2F, 2B, 2C.
- Eventos *Inter-System*: 3A, 3C.¹⁵

A continuación, se describen estos eventos y sus algoritmos de decisión.

Figura 25. Eventos *Intra-Frequency* del *SoftHandover*

Recordemos que la condición de disparo del Intra-Frequency Handover ocurre cuando:

$$CPICH_Ec/No \text{ Medido} > P_CPICH_Ec/No \text{ Best Cell} - INTRARELTHDFOR1ACS + Hysteresis/2$$



Fuente: Brightcomms. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. p. 7.

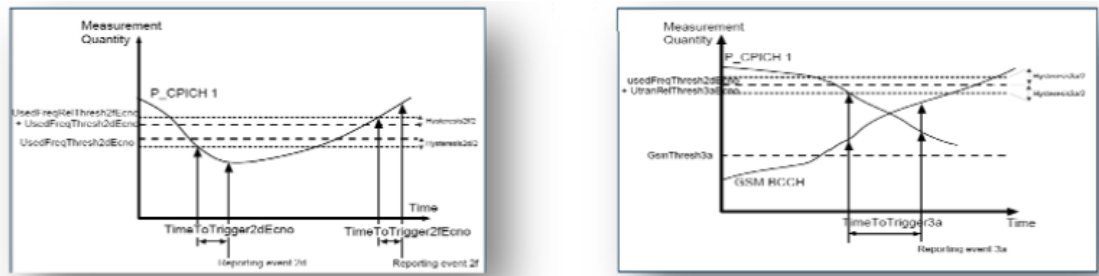
En las figuras se observa gráficamente las condiciones que disparan los eventos 1a, 1b y 1c. A continuación, se describen cada uno de ellos.

- Evento 1A, está relacionado para agregar celdas al AS y es activado cuando el CPICH Ec/No ó CPICH RSCP de la celda en MN es mayor que el umbral relativo del SoftHandover

¹⁵ Brightcomms. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. p. 6.

- Evento 1B, está relacionado para sacar celdas del AS y es activado cuando el CPICH Ec/No ó CPICH RSCP de la celda en el AS es menor que el umbral relativo del SoftHandover.
- Evento 1C, está relacionado para re-emplazar celdas en el AS y es activado cuando el AS está full y a su vez se mide el CPICH Ec/No ó CPICH RSCP de la celda en MN mayor a algunas celdas del AS.
- Evento 1D, está relacionado para el cambio de las best cell en el AS.

Figura 26. **Eventos *Inter-System* del Handover**



Fuente: Brightcomms. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. p. 8.

- Evento 2D, está relacionado para activar el *compress mode* y es activado cuando el CPICH Ec/No de la frecuencia usada es menor que el umbral de este evento.
- Evento 2F, está relacionado para detener el *compress mode* y es activado cuando el CPICH Ec/No de la frecuencia usada es mayor que el umbral de este evento.
- Evento 3A, es activado cuando el CPICH_Ec/No de la portadora de la red UTRAN es menor que el umbral del evento 2D y los niveles de calidad de la red GSM (SSI y Confirmación de BSIC) de la celda seleccionada es mayor de este evento.

Es común observar la eficiencia de subida y bajada por separado, en GSM es simétrica la carga de bajada como subida, a diferencia de UMTS que necesita

mayor énfasis en el monitoreo de esto, debido a que la carga de subida y de bajada son asimétricas.

Las configuraciones RAB quedan estrictamente ligadas al fabricante del equipo, ya que en algunos casos llega a haber diferencia entre los parámetros que existen entre un equipo y otro, para hacer una reelección, un hanover, etc. Por ejemplo, en GSM, se puede hacer una solicitud de Hanover por malos niveles de calidad; en el uplink o en el Downlink, también se puede hacer una solicitud de Hanover por distancia, y así se podrían seguir enumerando dichos parámetros; también hay que señalar que estos parámetros pueden tener diferente nombre dependiendo de la marca del equipo con el que se esté trabajando, y los valores de configuración de cada uno queda a discreción del ingeniero de optimización.¹⁶

2.2. Estado de los teléfonos móviles

Para poder comprender de forma más precisa la tecnología de acceso al medio de UMTS, es necesario conocer antes ciertos puntos de interés de forma general, con el propósito de poder aplicarlos a una descripción más detallada y específica.

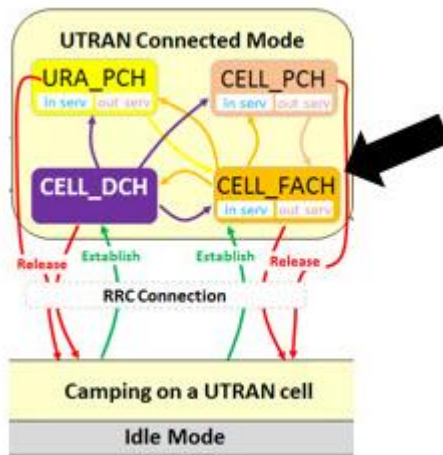
Los aspectos de cómo son técnicas de modulación digitales, con códigos existentes en 3G y los procesos de esparcimiento, la canalización y la codificación de códigos son indispensables para poder entender el manejo de los datos a través de las tres primeras capas basado en el modelo OSI. Como se explicará el código de acceso WCDMA se basa en un protocolo formado por varias capas siempre haciendo referencia al modelo OSI, para cada una con diferentes funciones y servicios aplicados tanto al servicio de llamadas como de datos, con interfaces para comunicarse entre ellas y con varios procesos bien definidos para conseguir la comunicación entre los teléfonos celulares (transferencia de datos y voz) en una red de telefonía móvil de tercera generación.

¹⁶ MADRILES, Luis. *Guía de monitoreo y optimización de una red de radio frecuencia*. p. 14.

2.2.1. Estado FACH

El estado FACH mantiene el equipo móvil en modo conectado, sólo que, en vez de un canal físico dedicado, el dispositivo móvil usa canales compartidos.

Figura 27. Estado FACH



Fuente: Leopredrini. *¿Qué son los modos, estados y transiciones en GSM, UTMS y LTE?* telecomHall ES. <http://www.telecomhall.com/ES/que-son-los-modos-estados-y-transiciones-en-gsm-umts-y-lte.aspx>. consulta: 18 de octubre 2020.

La transferencia de una cantidad pequeñas de datos hace que esto sea estado ideal para la transmisión y recepción de paquetes de datos pequeños:

- En el radio enlace ascendente se usa el canal RACH (Canal de Acceso Aleatorio): el teléfono celular está transmitiendo constantemente mensajes RACH.
- El enlace descendente usa el canal FACH (Canal de Acceso Delantero): esto es cuando él celular está decodificando constantemente el canal FACH.

El dispositivo móvil es conocido a nivel de celda. En el estado FACH, la red también sabe la ubicación del equipo celular y sabe en qué celda se encuentra conectado (la Radio Base donde el celular ha hecho la última “actualización de celda”).

Los cambios de modo a idle o DCH (o estados PCH, como se verá más adelante). Cuando el teléfono celular ha terminado de transferir el FACH, puede regresar al modo (liberando la conexión RRC) idle, o pasar al estado DCH.

Pero es posible que con la ayuda de los estados DCH y FACH, la capacidad de la red puede resultar no ser la suficiente. Además, si las opciones de salida de estos estados DCH y FACH tras finalizar la transferencia son sólo el modo idle, se tendría un problema cada vez mayor de señalización.

2.2.2. Estado DCH

En el momento que la red celular decide establecer conexiones de voz o datos, el teléfono celular entra en este estado para poder utilizar un canal dedicado, si el teléfono celular es capaz de usar el servicio HSPA, el celular recibe la instrucción por la red para utilizar un canal compartido. Si se tiene una conexión de intercambios de paquetes con mucho tiempo de inactividad, el teléfono celular recibe la instrucción de pasar al estado FACH; cuando se vuelva recibir algún paquete de la red, entonces teléfono celular nuevamente volverá a pasar al estado DCH.

El consumo de la batería y el incremento de la señalización y las interferencias que pueda haber en la red móvil están directamente relacionadas con algún tipo de configuración lógica o física de parámetros de cambios de estado, tales como temporizadores, interruptores y otros ajustes. Pero para

entender realmente cómo funciona, se necesita saber alguna información extra a nivel de configuración en el núcleo de red.

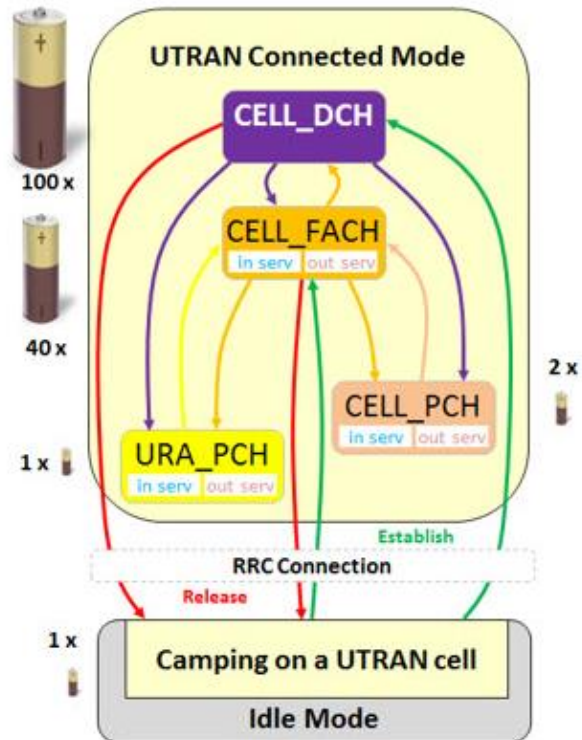
Se puede observar algunos de los datos de configuración que influyen en la reducción del consumo de batería del teléfono móvil, y la señalización reducida. Tomando en cuenta los modos vistos hasta el momento, se podrá comparar el consumo de la batería en cada uno de ellos. Aunque esta configuración también dependerá del fabricante de los equipos de red celular.

- OFF = 0.
- Idle = 1.
- DCH = 100 (es decir, 100 x Idle).
- FACH = 40 (es decir, 40 x Idle).
- PCH < 2 (para este caso dependerá de la relación de DRX a idle y la movilidad).
- $URA_PCH \leq CELL_PCH$ (en algunos escenarios de movilidad es menor que el consumo en el estado PCH; en escenarios estáticos debe ser el mismo.).¹⁷

Hay una relación entre el consumo de batería del equipo móvil y la eficiencia de la comunicación. observando la figura facilitará entender esto, ya que muestra los estados de trabajo en 3G, El estado que tiene el consumo es más alto de batería está en la parte superior. Recuerde, que el consumo de batería no debe ser la única variable que se debe tener en cuenta: a mayor es la energía utilizada por el teléfono móvil, de manera más rápida se producirá la comunicación.

¹⁷ Leopredrini. *What are Modes, States and Transitions in GSM, UMTS and LTE?*. <https://www.telecomhall.net/t/what-are-modes-states-and-transitions-in-gsm-umts-and-lte/6373>.

Figura 28. Estado DCH



Fuente: Leopredrini. *What are Modes, States and Transitions in GSM, UMTS and LTE?*.
<https://www.telecomhall.net/t/what-are-modes-states-and-transitions-in-gsm-umts-and-lte/6373>.

Consulta: 22 de octubre 2020.

Si el teléfono celular permanece en el estado DCH, tiene una conexión casi inmediata, y un muy buen desempeño. El problema de permanecer en este estado es que consume la batería 100 veces más que en el modo idle. Si se mantuviera en el estado FACH, el teléfono tiene un desempeño más bajo, pero con un 40 % del consumo de DCH.

De este modo es como la red trata de mover los teléfonos celulares a los estados de energía más altos cuando es necesario realizar transmisiones o recepciones de datos, y tan pronto como sea posible, regresar a los estados de energía más bajos cuando no hay solicitud de nuevas transmisiones.

2.2.3. Estado PCH

Ya se ha visto que cuando el teléfono celular se encuentra en el estado DCH, transmite o recibe grandes volúmenes de datos. En un cierto momento, no hay nada para ser transmitido o recibido, si el teléfono celular detiene la transmisión. Pero la red no hace el retiro inmediato del teléfono celular del estado DCH, ya que puede haber más datos para transmitir o recibir pronto. Este tiempo que la red decide en mover el teléfono celular del estado DCH al estado FACH es muy crítico (Recordar que durante que el teléfono celular se encuentra en el estado DCH, se mantiene un canal dedicado, es decir que ocupa un lugar en el algoritmo de HSDPA (alta velocidad en transmisión de paquetes de enlace descendente)).

Durante este tiempo de inactividad se le llama informalmente T1, ya que no ha sido estandarizada por el ente encargado de regir los protocolos el 3GPP, pero esto es ampliamente utilizado por los fabricantes de equipos celulares. Esto sólo ocurre después de la expiración de la inactividad establecido para cada estado, esto es porque la red coloca el teléfono celular en el estado más apropiado.¹⁸

En el caso del móvil que está transmitiendo o recibiendo datos y detiene la transmisión en el estado DCH, se inicia un temporizador en T1. Después de este período de tiempo, la RNC envía el teléfono celular al estado FACH o PCH.

Ahora, cuando el teléfono celular se encuentra en el estado FACH realizando una transmisión o recepción de pequeñas cantidades de datos (o

¹⁸ Leopredrini. *What are Modes, States and Transitions in GSM, UMTS and LTE?*. <https://www.telecomhall.net/t/what-are-modes-states-and-transitions-in-gsm-umts-and-lte/6373>.

solamente porque se ha redireccionado de DCH), un tiempo muy similar es utilizado por la red móvil para activar el envío del teléfono celular en estado de consumo de energía más bajo. También informalmente como es conocido el T1, este temporizador se llama T2. El estado de menor consumo de energía, donde la red enviará a el teléfono celular puede ser el PCH o URA_PCH, esto dependerá de la disponibilidad de estos estados en la red.¹⁹

Para las redes móviles que soportan PCH o URA_PCH, aún hay un tercer temporizador, que es el T3. Este ocurre cuando el teléfono celular está en el estado PCH durante un periodo de tiempo, la RNC activa la transición a modo idle. El objetivo de estos tiempos (tiempos pasados para las transiciones de estados) es complicado de entender, si se trata de responder a la siguiente pregunta: En un conjunto de teléfonos celulares, ¿cuáles de ellos volverá a enviar o recibir datos antes o qué tan probable es?

La respuesta para este caso sería que es más probable que sean los teléfonos que están utilizando los datos más recientemente. Por tal razón, la red móvil mantiene el teléfono celular en un canal dedicado para por unos pocos segundos (T1) antes de enviar a los canales comunes FACH - puede ser que se vaya a solicitar más datos. Esto es funcional para algunas aplicaciones, como por ejemplo un usuario que navega a través de la página web.

Sin embargo, este algoritmo se está volviendo cada vez más insuficientes, debido a la aparición y creciente uso de aplicaciones que tienen tareas de actualización periódica, como las redes sociales o mensajería instantánea (WhatsApp, Twitter, Facebook entre otros), sincronización de correo electrónico,

¹⁹ Leopredrini. *What are Modes, States and Transitions in GSM, UMTS and LTE?*. <https://www.telecomhall.net/t/what-are-modes-states-and-transitions-in-gsm-umts-and-lte/6373>.

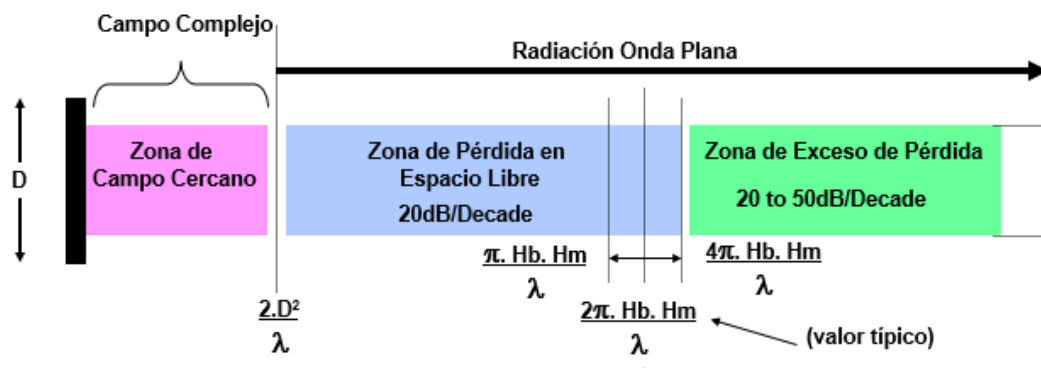
Calendario, Contactos. Este tipo de actualización puede ocurrir, por dar un ejemplo, cada 2 o 3 minutos.²⁰

2.3. Servicios de radiofrecuencia entre la unidad móvil y la Radio Base

La Radiación Electromagnética de una antena se divide en 3 zona primarias:

- Zona de Campo Cercano.
- Zona de Pérdida en Espacio Libre.
- Zona de Exceso de Pérdida.

Figura 29. Propagación básica de una antena



Fuente: PRISMA. *Conceptos básicos de ingeniería de RF. El ambiente de de RF 2/6.* p. 4.

²⁰ Leopredrini. *What are Modes, States and Transitions in GSM, UMTS and LTE?*. <https://www.telecomhall.net/t/what-are-modes-states-and-transitions-in-gsm-umts-and-lte/6373>. Consulta: 22 de octubre 2020.

Tabla VI. Servicio de radiofrecuencia

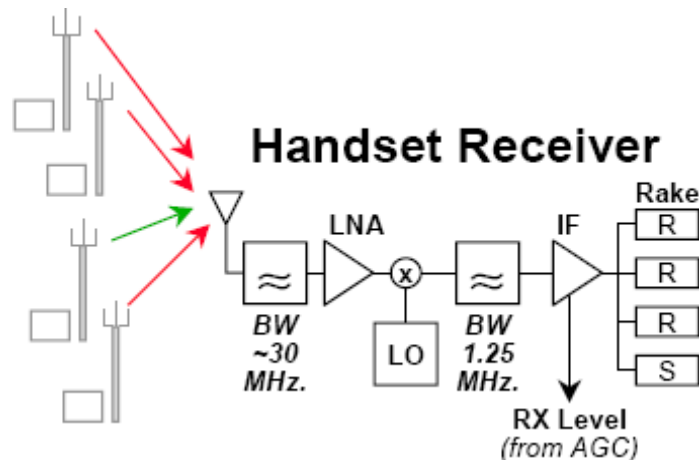
	Event Type	Description	Descripcion
Event 1A	Intra-Frequency	Cell of MS is add to the AS	Se agrega Celda en MS a AS
Event 1B	Intra-Frequency	Cell of AS is removed	Se elimina Cell of AS
Event 1C	Intra-Frequency	Cell of MS is replaced with a Cell of the MS	La celda de MS se reemplaza por una celda de la MS
Event 1D	Intra-Frequency	Change of Best Cell in AS	Cambio de la mejor celda en AS
Event 1E	Intra-Frequency	Ec/Io or RSCP of a Cell falls below	Evento de informe Ec / Io o RSCP de una celda cae por debajo
Event 1F	Intra-Frequency	Ec/Io or RSCP of a Cell falls below certain threshold.	Ec / Io o RSCP de una celda cae por debajo de cierto umbral.
Event 1G	Intra-Frequency	Change of Best Cell (TDD)	Cambio de la mejor celda (TDD)
Event 1H	Intra-Frequency	ISCP of a TDD timeslot falls below a certain threshold	ISCP de un intervalo de tiempo TDD cae por debajo de un cierto umbral
Event 1I	Intra-Frequency	ISCP of a TDD timeslot exceeds a certain threshold	Informes EventSCP de un intervalo de tiempo TDD excede un cierto umbral
Event 2A	Inter-Frequency	Change of Best Frequency; Ec/Io of a CPICH of an other carrier is better than	Cambio de la mejor frecuencia; Ec / Io de un CPICH de otro proveedor es mejor que el
Event 2B	Inter-Frequency	Ec/Io of a CPICH of other carrier exceeds a certain threshold while the Ec/Io of the	Ec / Io de un CPICH de otra compañía excede un cierto umbral mientras que la Ec
Event 2C	Inter-Frequency	Ec/Io of a CPICH of other carrier exceeds a certain threshold	Ec / Io de un CPICH de otro operador excede un cierto umbral
Event 2D	Inter-Frequency	Ec/Io of a CPICH of the current carrier falls below a certain threshold	Ec / Io de un CPICH del operador actual cae por debajo de un cierto umbral
Event 2E	Inter-Frequency	Ec/Io of a CPICH of other carrier falls below a certain threshold	Ec / Io de un CPICH de otro operador cae por debajo de un cierto umbral
Event 2F	Inter-Frequency	Ec/Io of a CPICH of the current carrier exceeds a certain threshold	Ec / Io de un CPICH de la compañía actual excede un cierto umbral
Event 3A	Inter-RAT	Ec/Io of the current CPICH falls below a certain threshold while the RxLev of a	Ec / Io del CPICH actual cae por debajo de cierto umbral mientras que el RxLev de un
Event 3B	Inter-RAT	RxLev of a GSM carrier falls below a certain threshold	RxLev de un operador GSM cae por debajo de un cierto umbral
Event 3C	Inter-RAT	RxLev of a GSM carrier exceeds a certain threshold	RxLev de un operador GSM excede un cierto umbral
Event 3D	Inter-RAT	Change of Best Cell in the GSM Layer; a GSM carrier that was not marked as Best	Cambio de la mejor celda en la capa GSM; una operadora GSM que no se marcó como
Event 4A	Traffic Volume	Traffic Volume of a transport channel exceeds a certain threshold.	El volumen de tráfico de un canal de transporte excede un cierto umbral.
Event 4B	Traffic Volume	Traffic Volume of a transport channel falls below a certain threshold.	El volumen de tráfico de un canal de transporte cae por debajo de un cierto
Event 5A	Quality Reporting	A fixed count of failed CRC's is reached	Se alcanza un recuento fijo de CRC fallidos
Event 6A	UE Internal Measurement	UE Tx-Power exceeds a certain threshold.	UE Tx-Power excede un cierto umbral.
Event 6B	UE Internal Measurement	UE Tx-Power falls below a certain threshold.	UE Tx-Power cae por debajo de un cierto umbral.
Event 6C	UE Internal Measurement	UE Tx-Power reach the minimum value.	UE Tx-Power alcanza el valor mínimo.
Event 6D	UE Internal Measurement	UE Tx-Power reach the maximum value.	UE Tx-Power alcanza el valor máximo.
Event 6E	UE Internal Measurement	UE-RSSI reach the threshold of "Dynamic Receiver Range".	UE-RSSI alcanza el umbral de "Rango de receptor dinámico".
Event 6F	UE Internal Measurement	The time between Tx and Rx of a Radio Link (AS) exceeds a certain threshold	El tiempo entre Tx y Rx de un Radio Link (AS) excede un cierto umbral
Event 6G	UE Internal Measurement	The time between Tx and Rx of a Radio Link (AS) falls below a certain threshold	El tiempo entre Tx y Rx de un Radio Link (AS) cae por debajo de un cierto umbral
Event 7A	UE Positioning	UE position changes by a distance greater as a certain threshold	La posición UE del evento de informe cambia en una distancia mayor como un
Event 7B	UE Positioning	SFN-SFN measured value changes by a value greater as a certain threshold.	SFN-SFN midió los cambios de valor en un valor mayor que un cierto umbral.
Event 7C	UE Positioning	GPS- and SFN-time difference exceeds a certain threshold	La diferencia de tiempo GPS- y SFN excede un cierto umbral
Event 7D	UE Positioning	The GANSS time and the SFN time have distanced more than an absolute	El tiempo GANSS y el tiempo SFN se han distanciado más que un umbral absoluto.

Fuente: elaboración propia.

2.3.1. EC/IO

Se describe en la figura 30.

Figura 30. EC/IO



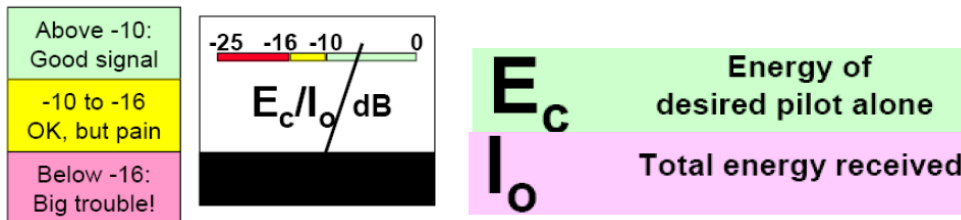
Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 6.

Para el mundo de las telecomunicaciones existe la necesidad de medir de una forma sencilla y eficiente la señal de radiofrecuencia para cada sector donde se encuentre el teléfono celular, también es común utilizar otro término que se llama donde el equipo este acampado, para esto se usa una señal primaria la cual se le da el nombre de señal piloto, esta también se usa en cada sector con el objetivo de guiar el *Handover*.

- Cuando la señal piloto de un sector en específico es muy fuerte y limpia, al decir limpia se hace énfasis que la señal no tiene alguna interferencia que la distorsione, eso significa que este sector será el destino para habilitar un canal de comunicación hacia el teléfono celular.
- Cuando la señal piloto de sector en específico es débil, entonces de este sector no se puede esperar un buen canal de comunicación ya que sería un canal donde pueden haber pérdida de información.

- La calidad de la señal piloto predice cuál de los sectores serán los destinados para dar los canales de tráfico asociados y las instrucciones para el *Handover* suave.

Figura 31. Valores Permitidos de E_c/I_o

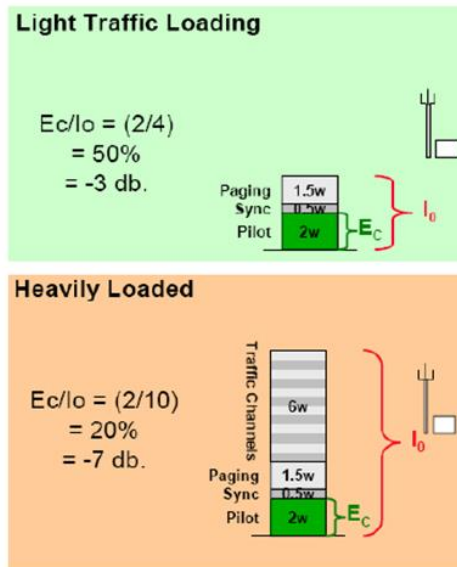


Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 8.

E_c/I_o puede ser variable en función a la carga de tráfico del sector al que esté conectado, esto se debe a que cada sector transmite una cantidad de potencia, el rango de los valores en los que puede estar esta señal de E_c/I_o son:

- Un sector donde el tráfico es cero, es decir no hay ningún usuario hablando o utilizando algún servicio de datos, E_c/I_o es aproximadamente un 50% que es alrededor de -3 dB.
- Cuando en un sector con tráfico al máximo, depende de la capacidad de *hardware*, pero se puede hablar de una cantidad de 65 usuarios realizando descargas al mismo tiempo, E_c/I_o es aproximadamente 20 % que es alrededor de -7 dB.
- En base a la Norma de Calidad de servicio en telecomunicaciones o QoS, se establece que, para considerar este valor dentro de los rangos aceptables para un buen servicio, E_c/I_o debe de estar ≥ -12 dB.

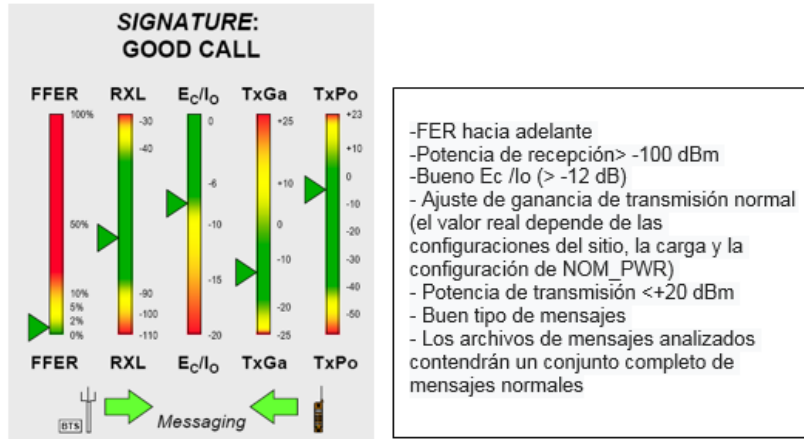
Figura 32. **Valores de E_c/I_0 Medidos en condiciones de Alto y Bajo Tráfico**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 9.

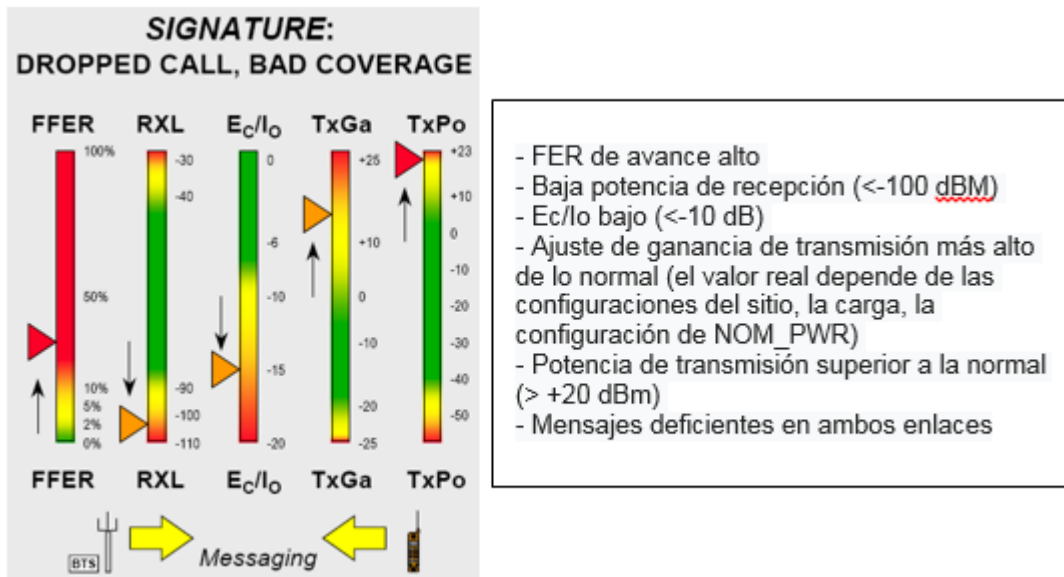
En las gráficas que se presentan a continuación se pueden ver algunos escenarios con los valores de: FFER, RXL, E_c/I_0 , TXGA, TXPO, y las caracterices en cada uno.

Figura 33. **Características en Condiciones Normales. (Buenas)**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 11.

Figura 34. **Características en Condiciones de Pérdida de Llamada**



Fuente: Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. p. 11.

2.3.2. RSCP

La potencia del código de la señal recibida (RSCP, *Received Signal Code Power*) representa la potencia recibida en un código dado en dBm y medido en los bits, la cual la señal piloto del canal CPICH primario. El punto de referencia para para medir RSCP es en el conector de la antena del teléfono celular. Este parámetro es aplicable para el teléfono celular en los modos idle o activo la cual constituye una medida obligatoria para el teléfono celular en cuanto a los temas de cobertura. ²¹

El valor que es recomendado por la especificación 3GPP TS 25.304 versión 5.0.0 para la re-selección o *Handover* de celda es:

$$\text{RSCP} \geq -95\text{dBm (4)}$$

La "potencia de código de señal recibida" (RSCP) es la energía de RF recopilada después del proceso de correlación / descifrado, generalmente expresado en dBm. Debido a que este proceso ya "filtra" la señal con el código correcto (el código destinado a la UE), el RSCP no se puede calcular de nuevo a la potencia de RF total recibida que un receptor o espectro de monitoreo normal medidas del analizador. En su lugar, se debe utilizar un receptor de correlación y se debe medir el RSCP para el código específico solo, en el dominio de código. Solo esta potencia de código es de interés para las siguientes etapas del receptor al juzgar la calidad de la recepción.

Un receptor UMTS comercial, cuando se habla de comercial se refiere a los receptores instalados en los teléfonos celulares vendidos para el consumo

²¹ REYES BELLORIN, Kevin Ariel. *Implementación de guías de laboratorio para realizar mediciones y análisis de eventos en la banda de 850 Mhz de la tecnología WCDMA*. <http://ribuni.uni.edu.ni/1274/1/80609.pdf>.

masivo, estos deben conocer el código que se transmite con el objetivo que puedan realizar el proceso de correlación.

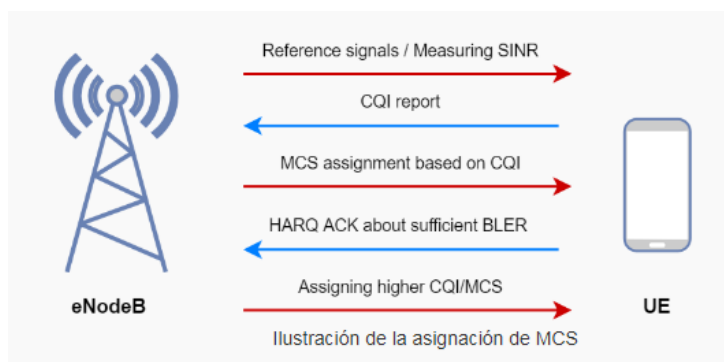
Sin embargo, con los equipos de monitoreo, se quieren medir las emisiones UMTS con cualquier código. Por lo tanto, especial.

Los receptores y equipos de medición son necesarios para las mediciones UMTS. Estos receptores tienen que intentar correlacionar el recibió una señal similar a un pseudo ruido con todos los códigos posibles. Este proceso se llama exploración de PN. Solo después de que el receptor encuentra una coincidencia, puede tener lugar el descifrado, seguido de la medición del RSCP en el dominio de código.

2.3.3. CQI

El CQI (indicación de calidad de canal) es una medida de cómo es la calidad de señal recibida, el CQI se expresa como una velocidad de datos que el teléfono celular y puede tener injerencia en las condiciones de radio reales. El CQI se puede aumentar si el valor de BLER es inferior al 10 %.

Figura 35. Mapeo de SINR



Fuente: Comtech. *Signal to interference plus noise ratio.*

https://comtech.vsb.cz/qualmob/sinr_lte.html. Consulta: 3 de noviembre de 2020.

Tabla VII. **Tabla de mapeo SINR y CQI en LTE**

SINR [dB]	Código CQI	Modulación	Tasa de código	Eficiencia espectral
-6,7	1	QPSK	0,076	0,15
-4,7	2	QPSK	0,12	0,23
-2,3	3	QPSK	0,19	0,38
0,2	4	QPSK	0,3	0,60
2,4	5	QPSK	0,44	0,88
4,3	6	QPSK	0,59	1,18
5,9	7	16QAM	0,37	1,48
8,1	8	16QAM	0,48	1,91
10,3	9	16QAM	0,6	2,41
11,7	10	64QAM	0,45	2,73
14,1	11	64QAM	0,55	3,32
16,3	12	64QAM	0,65	3,90
18,7	13	64QAM	0,75	4,52
21,0	14	64QAM	0,85	5,12
22,7	15	64QAM	0,93	5,55

Fuente: Comtech. *Signal to interference plus noise ratio*.

https://comtech.vsb.cz/qualmob/sinr_lte.html. Consulta: 3 de noviembre de 2020.

2.3.4. **Servicio de datos**

Los datos como servicio son un modelo de provisionamiento y distribución de información en la cual diferentes archivos de datos (incluyendo imágenes, texto, sonidos y videos) se ponen a la disposición de los usuarios por medio de una red, para nuestro caso red móvil, normalmente internet.

Los datos móviles son los datos utilizados para el uso de internet en los teléfonos celulares. Su uso es la cantidad de datos que sube o descarga el teléfono celular al utilizarlos. Este tipo de servicios ofrece soluciones prácticas y rentables para los usuarios y empresas orientadas a la atención al cliente, está aumentando a medida que las tecnologías maduran y que soportan servicios web. El servicio de internet de alta velocidad como lo ofrece la red 3G se ha vuelto cada vez más disponible y accesible para soportar el acceso de los usuarios

desde más área más remotas todo el mundo. Este servicio sin lugar a duda representa una opción atractiva para más personas y organizaciones.

Entre los beneficios que ofrece el servicio de datos esta:

- La capacidad para transportas gran cantidad datos fácilmente de una o varias plataformas a otras.
- Evitar la mala distribución y el conflicto que se pueda dar cuando existen varias "versiones" de la misma información en diferentes ubicaciones.
- Tercerización de la capa de presentación, según el modelo OSI, lo que reduce el costo del mantenimiento de la red la y entrega de datos.
- La conservación de la integridad de todos los datos por medio de la aplicación de medidas de control estricto de acceso, tales como contraseñas seguras y cifradas.
- Evitar la monopolización de un solo proveedor.
- Facilidad gestión.
- Facilidad para la colaboración.
- Compatibilidad entre múltiples plataformas.
- Accesibilidad desde cualquier parte del mundo.
- Actualizaciones automatizadas.

2.3.5. Servicio de llamada

Una red móvil principia de una red de Radio Base que cubren un área geográfica limitada (celdas) y conectan las comunicaciones en forma de ondas de radio por medio del espacio radio eléctrico desde y hasta los teléfonos celulares.

Las comunicaciones móviles están basadas en el principio general de la telefonía: conectar a dos usuarios desde una ubicación remota a través de un equipo de red gestionada por un operador del servicio. Sin embargo, a diferencia de la telefonía fija, en las redes móviles no existen cables de cobre ni fibra óptica, ya que las transmisiones de ondas radio son el enlace final. El teléfono móvil de los usuarios se comunica a través del vacío por medio de una antena, que a su vez se intercomunica con la central un operador. Esta central se encarga de gestionar la comunicación hacia la parte correspondiente ya sea una red fija o una red inalámbrica.

Para que las comunicaciones se establezcan de forma efectiva, el teléfono celular debe estar en el área de cobertura de una Radio Base. Esta Radio Base tiene un alcance limitado y se diseña para dar servicio área específica, la cual en el diseño es llamada “celda”. Para cubrir la mayor cantidad de terreno y poder garantizar que los usuarios siempre puedan realizar llamar de forma correcta, los ingenieros de diseño de los operadores se encargan de instalar miles de celdas, asegurándose de que no haya hoyos de cobertura entre ellas para que no pierda la cobertura de los usuarios.

La altura de las celdas depende de muchos factores como los tipos de antenas utilizadas, también el terreno ya que se debe considerar si un terreno es plano o tiene montañas o valles, la ubicación de la instalación de ser un elemento importante ya que puede ser zonas rurales o urbanas, la cantidad de usuarios, etc. La altura de la celda también está limitada por el alcance del teléfono celular que este debe ser capaz de establecer el enlace con las antenas instaladas en la parte superior.

Además otro elemento importante a considerar es que, una Radio Base tiene una capacidad de transmisión de datos y llamadas limitada, la capacidad

de usuarios dependerá del tipo de hardware instalado en la Radio Base, y sólo es capaz de gestionar de manera simultánea un determinado número de llamadas o un número limitado de usuarios que solicitan servicio de datos. Por ello, en zonas urbanas, con alta densidad poblacional, las celdas tienden a ser numerosas por cada cierta cantidad de metros cuadrados y pequeñas en altura ya una antena a mayor altura tiende a tener mayor cobertura. En zonas rurales, con menor densidad poblacional, la altura de las celdas es mayor, y hay menos celdas por metros cuadrados con relación a una zona urbana. Es importante mencionar que se hace uso de técnicas para la reducción de cobertura como la disminución de la potencia de la señal emitida por las antenas con el objetivo de controlar la cobertura cuando se tiene sobre propagación.

Por el contrario, el incremento del número de celdas sirve para mejorar la capacidad de transmisión del tráfico de voz y datos de la red móvil.

Figura 36. **Celdas Urbanas, Celdas Rurales**



Fuente: Orange. *¿Cómo funciona una red móvil?* <https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>. Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2020.

3. RECOLECCIÓN DE DATOS POR MEDIO DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN (*DRIVE TEST*)

3.1. Recolección información del servicio de llamadas UMTS

- Calidad del Servicio

El concepto calidad de servicio (QoS) ha sido propuesto para definir en términos cuantitativos los parámetros para entregar una experiencia adecuada desde el proveedor de servicios al usuario. Además, cubre aspectos como los parámetros y métodos necesarios para administrar la interacción entre aplicaciones, que típicamente se ejecutan entre los terminales de los usuarios y la red. Parámetros como tasa de datos, retrasos, pérdida de paquetes, tasa de error, entre otros, son utilizados para caracterizar a cada uno de los servicios. También la calidad de servicio puede ser definida en términos de acuerdos de nivel del servicio (SLA) entre el operador móvil y el usuario para entregar determinada calidad de servicio, por ejemplo, la entrega de cierta velocidad garantizada al acceso a Internet en las redes hogar.

La calidad de servicio define los límites para un determinado servicio, por ejemplo, el ancho de banda para una descarga de archivos HTTP o la latencia en un juego online. En contraste con el tráfico al que no se le hace ningún tratamiento, la calidad de servicio toma control sobre el programador de paquetes de manera que la distribución de recursos asignados a los diferentes tipos de servicios sea la adecuada para garantizar una buena experiencia en el usuario final. Además, la estrategia de regulación de paquetes en la calidad de servicio divide los recursos de red disponibles de manera de administrar éstos

en canales para diferentes aplicaciones, basándose en las teorías y modelos matemáticos de encolamiento.

- Normas para medir un servicio de calidad

Son las entidades internacionales como al ITU, la ETSI y la 3GPP, las que indican las normas y parámetros establecidos para medir la calidad de los servicios. Estas indican los aspectos relevantes de la calidad de la señal celular y valorados para los usuarios y proponen indicadores y su forma de medición. Estos organismos estudian aspectos técnicos, de explotación, tarifarios y publican recomendaciones sobre los mismos, en vista a la normalización de las telecomunicaciones en el ámbito mundial.

A continuación, se presentan las definiciones más importantes de los términos que utilizan la ITU y la ETSI para definir los parámetros que indicarán la calidad en el servicio de la red móvil:

- Cobertura de red: es uno de los parámetros más importantes, ya que provee la intensidad de potencia en donde el usuario puede hacer uso del servicio. El radio de cobertura es definido por la estación base.
- Calidad de las conexiones: la calidad de las conexiones ya sea para llamada o datos se expresa con la recomendación ITU E.770 como el grado de servicio (GOS). Los parámetros GOS son el tiempo de señalización en el tiempo de establecimiento de la comunicación y lo que se pueda tardar en la liberación de la llamada.
- Retenibilidad del servicio: es la recomendación UIT-T E.800 se define como la probabilidad de que un servicio una vez establecido, continúe siendo prestado durante la comunicación en ciertas condiciones.

Estos organismos realizan una segmentación en el tratamiento de las llamadas de forma de establecer dos hitos de relevancia, el establecimiento de llamadas y la progresión de llamadas. Para el establecimiento de llamadas se determinan los siguientes parámetros de interés:

- Tiempo de establecimiento de llamada: es la medición de un periodo de tiempo en el que comienza cuando la red recibe la información de direccionamiento necesario para establecer una llamada y finaliza cuando la parte que realiza la llamada recibe un tono de ocupado, un tono de inicio de llamada o una señal de respuesta o entra el buzón de voz. Esto aplica para las llamadas locales, nacionales o de servicio a operadores automáticos, pero no las efectuadas hacia otros operadores, pues el operador de origen no puede controlar la calidad de servicio con la que este configurado otro operador fuera de la red.
- Calidad de accesibilidad del servicio: es la capacidad para obtener un servicio ya se llamada o datos,
- Retardo medio de acceso al servicio: duración del periodo de tiempo que transcurre entre el momento en que el usuario solicita un servicio y el momento en que tiene acceso a él.
- Probabilidad de error del usuario del servicio: es la probabilidad de que el usuario cometa un error al intentar obtener el servicio.
- Probabilidad de abandono de llamadas: es la probabilidad de que un usuario abandone el de realizar una llamada.

3.1.1. Handovers

UMTS está destinado a usuarios móviles, que pueden desplazarse mientras están transmitiendo y recibiendo información. Dado que es un sistema celular, en multitud de ocasiones el abonado que está haciendo uso de la red

cambiará de localización y, por tanto, de celda. Estos cambios de celda se denominan traspaso o *Handover*.

Durante un *Handover*, los enlaces radio y las conexiones han de ser cambiados desde la celda o sector actual hasta la celda o sector destino. Se han de liberar todos los recursos empleados en la celda antigua y han de reservarse los mismos en la celda destino, de forma que no se interrumpan las posibles comunicaciones activas por parte del abonado. Este caso se da cuando un usuario que se encuentra cerca del límite de cobertura de la celda accede a la Red en situaciones de alta carga de tráfico. Si el número de usuarios de la celda aumenta o se incrementan los requerimientos de tráfico de los abonados, la celda disminuirá su tamaño. El efecto es el mismo que si el abonado se fuese alejando de la estación base, llegando a ser necesario un *Handover* o cambio de celda.

La utilización de técnicas de espectro ensanchado tiene dos peculiaridades. En primer lugar, hace que todas las celdas empleen todas las frecuencias disponibles, por lo que un usuario puede estar monitorizando una celda adyacente mientras se comunica a través de otra celda. En segundo lugar, el área de cobertura de las celdas es variable y está delimitada por la interferencia y por el número de usuarios. Este efecto, llamado *cell-Breathing* o respiración celular, puede provocar el cambio de celda incluso si el usuario no se desplaza.

El *Handover* o es el proceso por el cual dos Radio Bases intercambian la presentación de servicios a un usuario. Esto se da cuando durante la llamada la unidad móvil se mueve fuera del área de cobertura y la recepción se hace débil, la celda pide un *Handover*. El sistema conmuta la llamada a un nuevo canal en una nueva celda o sector sin interrumpir la misma o alertar al usuario. La

llamada continua tanto como el usuario lo desee. Este proceso tiene que ser transparente. A mayor tamaño de las celdas (menor tráfico), menor es la cantidad de entregas *Handover* y viceversa, a menor tamaño de las celdas (mayor tráfico), mayor es la cantidad de entregas *Handover*. El *Handover* se puede dar a diferentes niveles, desde un sector a otro de una celda sectorizada, entre celdas de un mismo clúster, entre celdas de distintos clústeres o incluso entre sistemas diferentes.

El *Handover* se realiza por:

- Cambio de celda,
- Balanceo de carga,
- Mantenimiento (dentro de una misma celda sectorizada).

El *Handover* es una valiosa funcionalidad que permite hacer frente a distintas situaciones que se pueden presentar en una red celular móvil. Entre ellas se puede mencionar:

- **Potencia:** la autora se basa en este ejemplo a manera de poder dar a entender mejor el suceso que ayudará a solucionar. Imaginar el siguiente escenario: se tiene a un usuario utilizando su teléfono celular donde la señal que recibe está a -40 dB, esto dice que la señal está atenuada pero el usuario puede mantener una comunicación clara. Si por algún motivo la transmisión de la potencia en la antena en la que el usuario está conectado cambia y ahora la señal en el receptor del teléfono del usuario es de -120 dB entonces para este valor de potencia, la señal no llegará y se cortará, para este escenario se necesitará un *Handover* para cambiar hacia otra antena otra que pueda brindar una mejor potencia.

Esto dice que a medida que disminuye la potencia de la señal, es necesario necesidad del uso de Handover.²²

- Tráfico: una Radio Base posee un número limitado de canales, si en algún momento esta llegara a tener una grande cantidad de usuarios llegando casi al límite de la capacidad del sistema. Entonces la red buscara a cuáles usuarios, debe hacer una transición hacia otra Radio Base que tenga meno usuarios de la que ella posee. Esto disminuye la cantidad de usuarios en la Radio Base que está llegando a su capacidad máxima.
- Calidad de Canal: la calidad de un canal depende de muchos factores, entre estos es la ubicación en la cual se encuentre dentro de un edificio, por interferencias externas que puedan existir en el área de cobertura. Si un usuario al estar en una llamada se encuentra en un lugar lleno de vegetación la calidad del canal se podría ver afectada.²³
- Distancia: la distancia es el motivo principal de que ocurran la mayoría de Handover dentro de una red, es importante mencionar que dentro de una red celular los usuarios siempre estarán en movimiento a lo largo del día y la noche. Al moverse, los usuarios pueden acercarse o alejarse de la base Radio Base. Cuando algún usuario rebasa cierta distancia para la que fue diseñada la Radio Base para dar cobertura, entonces la red se verá obligada a realizar un Handover de llamada a otra base Radio Base con mejor cobertura y donde el usuario esté más cerca siempre y cuando este se encuentre dentro de su área de cobertura.

²² GARCÍA GONZÁLEZ, Antony. *Handover en Telecomunicaciones, parte I*. <http://panamahitek.com/handover-en-telecomunicaciones-parte/>.

²³ *Ibíd.*

3.1.1.1. Tipos de *Handover*

La variedad de la disposición en los tipos de *Handover*, estos se establecen conforme se habilitan las conexiones entre un teléfono celular y una Radio Base a otra, ya que se hacen de formas diferentes, aunque esto dependerá de las condiciones de radio que se encuentre en ese momento. Entre estos tipos diferentes se pueda encontrar:

- *Hard Handover*

Este es el *Handover* más complicado ya que se debe desconectar la llamada para establecer una nueva conexión hacia otra Radio Base. Esto hace que cuando se realice el *Handover*, como la llamada primero debe desconectarse existirá un lapso de tiempo muy pequeño para que la llamada sea transferida a otro sector disponible. Sin embargo, como el de tiempo de desconexión es muy pequeño, es imperceptible para el usuario. La ventaja de un *hard Handover* es solo debe disponer para trabajar con una sola portada de frecuencia a la vez lo que deja más canales disponibles.²⁴

- *Soft Handover*

Para este *Handover*, el cambio se da aun teniendo una conexión establecida con un sector nuevo antes de que el sector anterior sea liberado. Es decir, que, en vez de realizar la desconexión de la llamada, el *Soft Handover* mantiene la conexión en todo momento antes de que se realice el cambio. El teléfono estará conectado al sector anterior mediante un canal, mientras que el nuevo sector estará conectado otro canal. La ventaja de este *Handover* es que

²⁴ GARCÍA GONZÁLEZ, Antony. *Handover en Telecomunicaciones, parte I*. <http://panamahitek.com/handover-en-telecomunicaciones-parte/>.

al no existir desconexión la probabilidad de una llamada caída es baja. Este tipo de *Handover* es muy eficiente en áreas de baja cobertura.²⁵

- Sin *Handover*

En el caso de no se realizar *Handover*, no hay un sector nuevo a donde pasar la llamada la conexión se mantendrá hasta que los niveles sean muy bajos para provocar una desconexión no controlada. Esto puede ser un problema para la experiencia del usuario ya al existir una desconexión no controlada debe nuevamente estar nuevamente con buenos niveles de señal para volver a realizar la llamada. Estas desconexiones pueden suceder por el fin de cobertura de las zonas o por mala configuración de los sectores.

3.1.2. Llamadas caídas

Una llamada caída, pérdida o interrumpida es un término común que se utiliza por las personas que hacen uso de los servicios de telefonía móvil inalámbrica. La característica de esta llamada es que se interrumpe (desconecta) de manera inesperada durante un momento de la conversación. Según estudios y gracias a los nuevos avances tecnológicos, esto suele suceder con menos frecuencia a comparación de la década de los 90's donde se empezaba con la utilización de los mismos. La terminación y/o interrupción de esta ocurre por varias razones que varían y van dependiendo de factores, desde la zona donde se encuentra ubicado hasta, la calidad de la línea telefónica.

²⁵ GARCÍA GONZÁLEZ, Antony. *Handover en Telecomunicaciones, parte I*. <http://panamahitek.com/handover-en-telecomunicaciones-parte/>.

Otra de las razones que se puede mencionar, es cuando se ubica el teléfono en un área inalámbrica de comunicación donde este no se encuentre disponible, tiende a interrumpirse, interferirse pues se retira de la cobertura.

La interferencia provocada por dos sectores vecinos con los mismos identificadores de red conocidos como cocanales pueden ser también razones de las llamadas caídas en una red celular. Los sectores vecinos con las mismas frecuencias provocan interferencias entre sí, deteriorando así la calidad del servicio o QoS y produciendo ruidos en las llamadas hasta llegar a la llamada caída. Los problemas de transmisión también son razones de caídas en las llamadas, así como también el hardware defectuoso que puede existir en la Radio Base.

Para la red también se considera llamada perdida el teléfono al otro extremo de la llamada se queda sin energía por batería y deja de transmitir de forma repentina.

Entre los parámetros relevantes que se identificaron los causantes de caída y/o interrupción de comunicación en la telefonía móvil se encuentran:

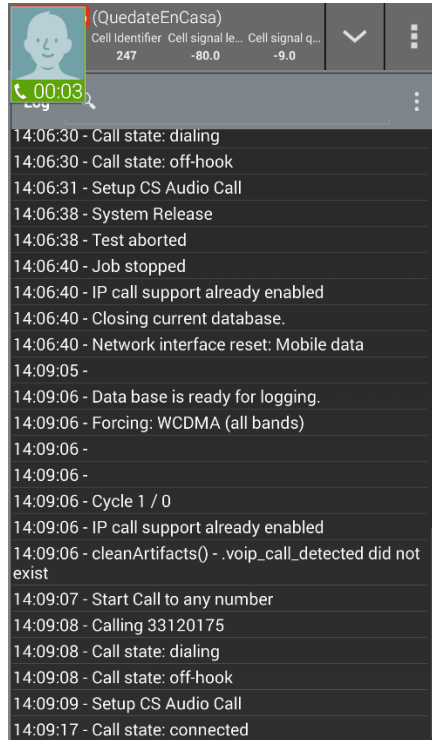
- RSSI

Es uno de los parámetros más importante, ya que es el indicador de fuerza de la señal recibida. Con este parámetro se puede saber si la potencia que le llega al celular es la óptima, pero este valor solo sirve para saber si la falla en el servicio es por falta de potencia Esta falta de potencia puede estar ocasionada por diferentes factores como poca infraestructura, relación a ruido, daños en alguna celda, demasiados usuarios entre otros. Por lo tanto, se necesitan más parámetros para complementar el análisis, estos son:

- SNR: este parámetro sirve para identificar si hay interferencias en el ambiente como: otras señales externas (wifi, radiofrecuencias) ecos de señales del mismo operador o de otros operadores, en el LAC en ocasiones hay dos CID y quedan sobre montadas las señales, para esto es importante conocer también el CID para determinar cuál es la celda que está fallando y reportarla.
- CELLID: el CELLID es el número de identificación de la celda. Haciendo una analogía es como el número de cedula de una persona, con este CELLID Se puede obtener la identificación de cual celda está fallando y hacer una revisión más profunda verificando la red en ese punto exacto ya que cada CELLID está ubicado en un punto en específico. Ubicación: esta variable se considera importante ya que sirve para identificar los puntos de interés en donde los usuarios reportan fallas (con ayuda de esta variable y el valor de RSSI se construye el mapa de cobertura).²⁶

²⁶ GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ Néstor Fabián; ROJAS QUINTANA, Darwin. Estudio y medición de causas de interrupción o terminación del servicio en llamadas de telefonía móvil. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2836/Guti%20rrezHern%20ndezN%20storFabi%20n2016.pdf?sequence=1>.

Figura 37. Inicio de la prueba de llamadas



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Es en esta figura donde se demuestra el inicio de la prueba de llamada en la última línea, se puede observar el estado de llamada conectada que significa que la llamada está en proceso.

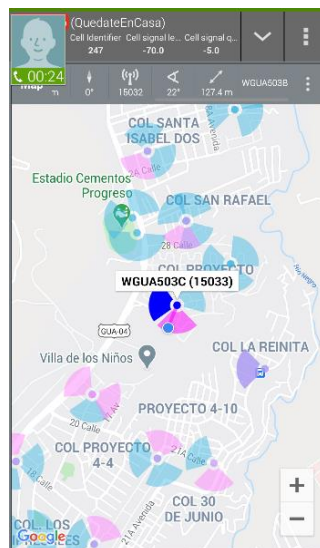
Figura 38. Niveles de Señal

UARFCN	PSC	RSCP	Ec/lo	Set
4363	247	-77.0	-8.0	AS
4363	485	-85	-16	MS
4363	435	-84.5	-15.5	MS
4363	300	-82.2	-13.1	MS
4363	303	-82.6	-13.6	MS
4363	256	-84.9	-15.9	MS
4363	413	-84.4	-15.4	MS

Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En esta imagen se muestra el número de servidoras disponibles y sus niveles de señal, la señal de la primera línea es el sector donde está conectada la llamada.

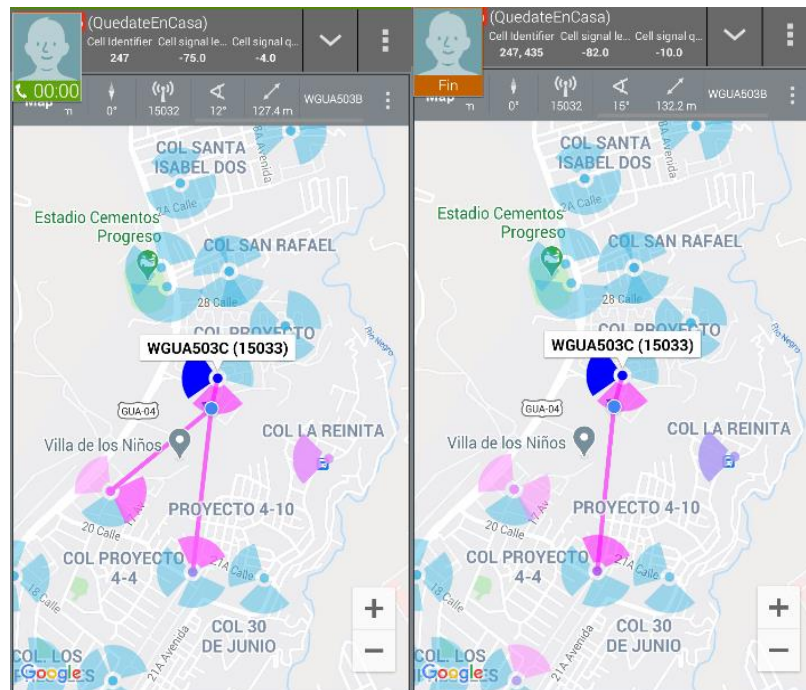
Figura 39. Modo gráfico



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La imagen indica el modo gráfico o la posición actual del dispositivo de medición.

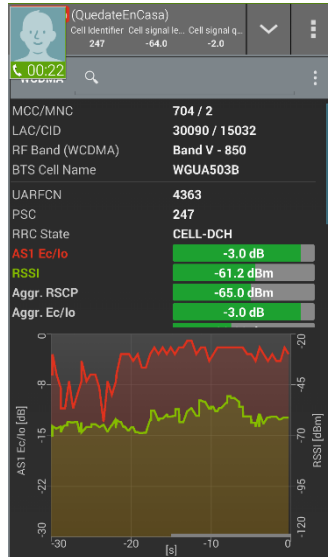
Figura 40. Sectores Rosados



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La imagen muestra el modo gráfico con una línea y sector rosado, que se conecta a la llamada, se entiende que los sectores rosados claro son las vecinas disponibles.

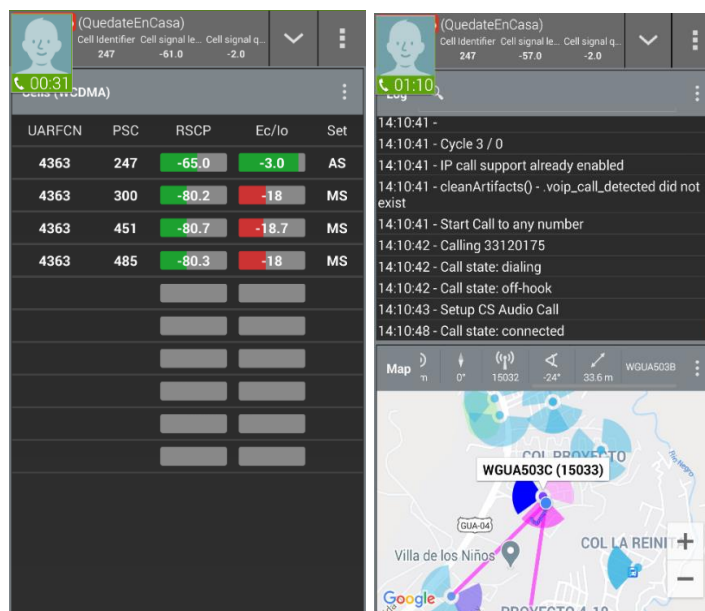
Figura 41. Información del sector conectado



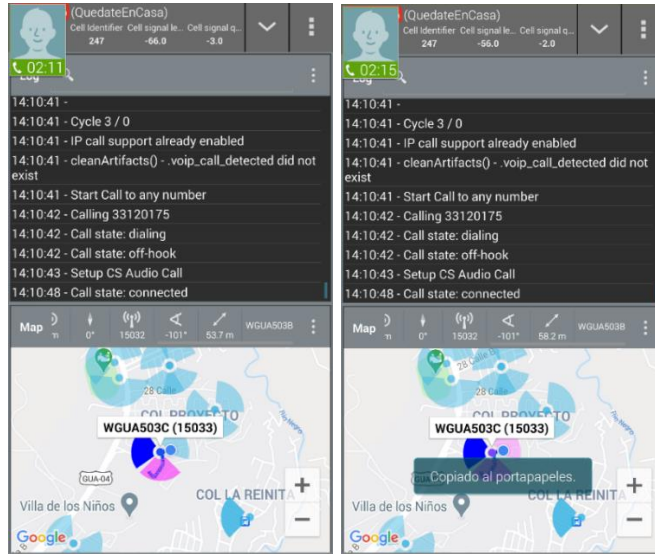
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se presentan en las imágenes la información del sector conectado, tales como los niveles de señal, canal de frecuencia, nombre de las celdas a las que están conectadas y banda donde se realiza la llamada.

Figura 42. Malos niveles de calidad



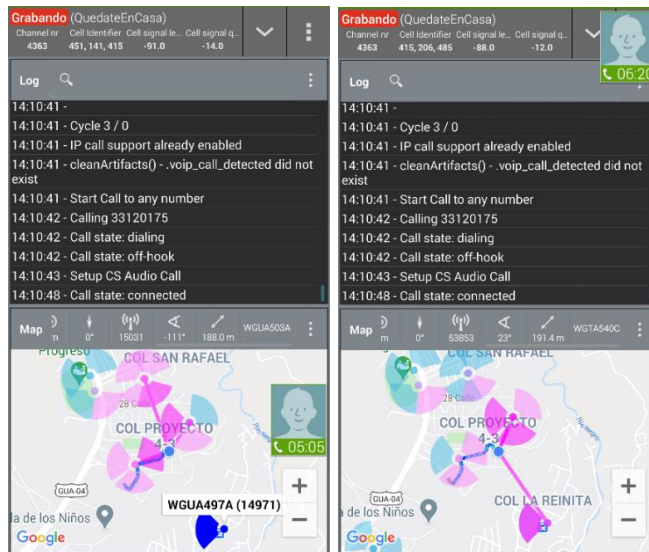
Continuación de la figura 42.



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Las imágenes describen la información del sector de llamada que se conecta, también de los vecinos disponibles con malos niveles de calidad.

Figura 43. **Handover de la llamada**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Información gráfica de cuando se realiza un *Handover* de la llamada.

Figura 44. **Niveles de Señal cuando se efectúa un *Handover***

UARFCN	PSC	RSCP	Ec/Io	Set
4363	415	-92.0	-14.0	AS
4363	141	-91.0	-13.0	AS
4363	247	-92.0	-14.0	AS
4363	8	-95.7	-17.9	MS
4363	206	-91.3	-13.3	MS
4363	376	-95.1	-17.1	MS
4363	296	-94.8	-17.6	MS
4363	485	-91.1	-13.1	MS
4363	236	-95.7	-17.2	MS
4363	300	-97	-18.5	MS

Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La imagen presenta información de los niveles de señal de los vecinos disponibles y los niveles de cuando se efectúa el *Handover*.

Figura 45. **Especificaciones de los niveles de señal**

MCC/MNC	704 / 2
LAC/CID	30090 / 53853
RF Band (WCDMA)	Band V - 850
BTS Cell Name	WGTA540C
UARFCN	4363
PSC	415, 141, 247
RRC State	CELL-DCH
AS1 Ec/Io	-13.0 dB
RSSI	-77.9 dBm
Aggr. RSCP	-87.0 dBm
Aggr. Ec/Io	-10.0 dB
TxPwr	5.34 dBm
BLER	0 %
Inter Freq 1	-
Inter RSSI 1	-
Max TxPwr	24.7 dBm
Cell Bar Access	-
Max UL TX pwr	-
Cell Reserved	-
UL Interference	-
RxLev	-
BCCH	-
RSRP	-

Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La imagen presentada a continuación presenta información más específica de los niveles de señal del sector cuando se realiza el *Handover*, donde se ve, cual es las frecuencias, los sectores donde se están dando servicio en ese momento, el número de UARFCN y la banda de servicio.

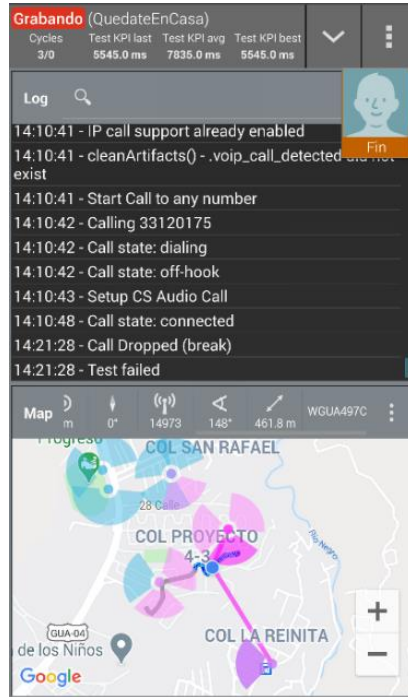
Figura 46. **Calidad de servicio y cobertura**

UARFCN	PSC	RSCP	Ec/Io	Set
4363	485	-80.0	-8.0	AS
4363	206	-83.0	-10.0	AS
4363	236	-88.4	-16	MS
4363	451	-90.3	-17.9	MS
4363	141	-89.9	-17.5	MS
4363	340	-86.5	-14.1	MS
4363	247	-90.8	-18.4	MS
4363	415	-88	-15.6	MS

Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La imagen presenta de forma gráfica la calidad de servicio y cobertura de los sectores que hacen *Handover* y calidad de señal, así como a la cobertura de los vecinos disponibles.

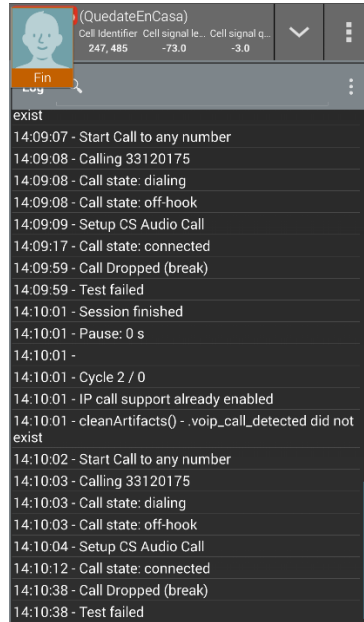
Figura 47. Llamada Caída



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se presenta la información gráfica de la llamada caída, se observa que el sector que estaba conectado. En la parte de arriba es la información por evento que indica la llamada caída.

Figura 48. Información de llamada caída en monitor por evento



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

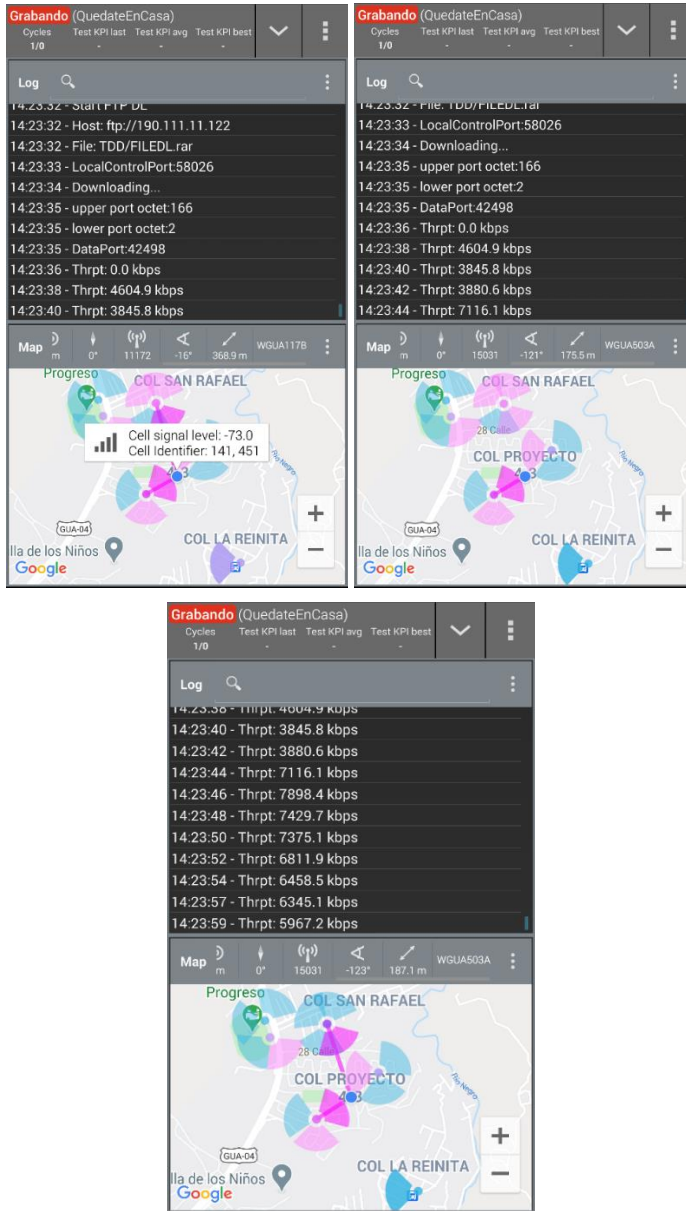
3.2. Recolección de información de servicio de datos

A continuación, se presenta una medición de los datos utilizados en el equipo *Swissqual qualipoc*. Las imágenes se describirán en pequeños párrafos que se adjuntarán en la parte de debajo de cada una de ellas.

3.2.1. Handovers

El *handover* en el servicio de datos tiene una pequeña diferencia con el servicio de *handover* de voz, ya que el servicio de voz puede estar conectado a varios sectores al mismo tiempo mientras que el de datos solo puede estar conectado a un solo sector al mismo tiempo, esto es importante a tomarlo en cuenta ya que el tener presencia de muchos sectores puede provocar una caída de la sesión de datos y, por lo tanto, una mala experiencia del usuario.

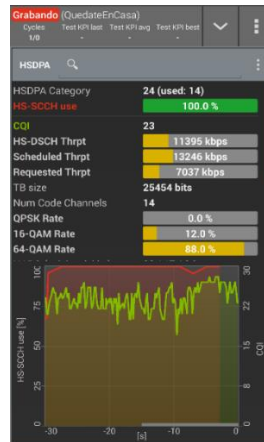
Figura 49. Proceso de descarga



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Estas imágenes muestran de forma dividida la pantalla de los monitores por evento y monitores gráfico, donde se observa el inicio de prueba de descarga y las velocidades iniciales de descarga y los sectores conectados en modo gráfico.

Figura 50. Barra de velocidad de descarga



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imagen del monitor que muestra los niveles en modo gráfico de la barra de velocidad de descarga y la modulación con la que se está trabajando en ese momento.

Figura 51. Señal de sector conectado

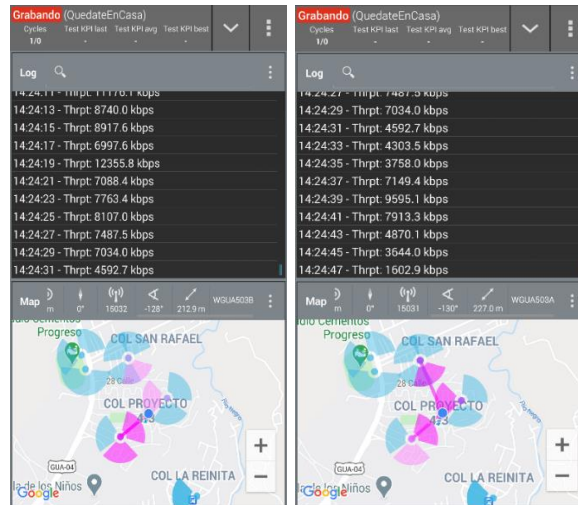
The screenshot displays a table titled 'Cells (WCDMA)' with the following data:

UARFCN	PSC	RSCP	Ec/No	Set
4363	451	-72.0	-13.0	AS
4363	141	-66.0	-14.0	AS
4363	415	-75.5	-16	MS
4363	247	-74.8	-16.4	MS

Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imagen que presenta los niveles de señal del sector conectado y los vecinos disponibles.

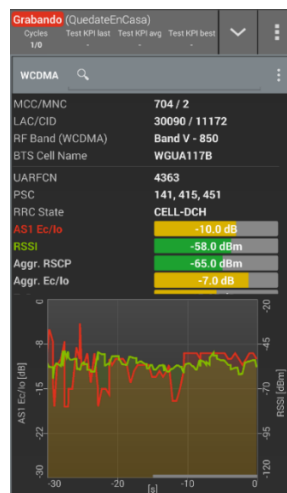
Figura 52. **Medición del nivel de la velocidad de descarga**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Las imágenes demuestran la medición en curso del nivel velocidad de descarga.

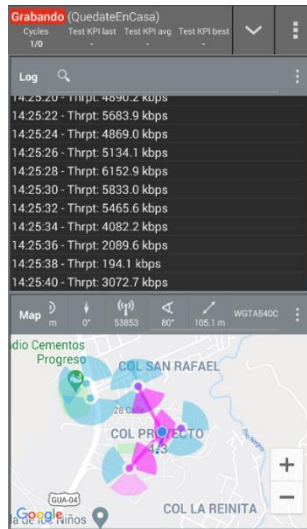
Figura 53. **Niveles de señal y cobertura**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imagen sobre los niveles de señal y cobertura del sector servidor e información de la banda sobre la que se está trabajando.

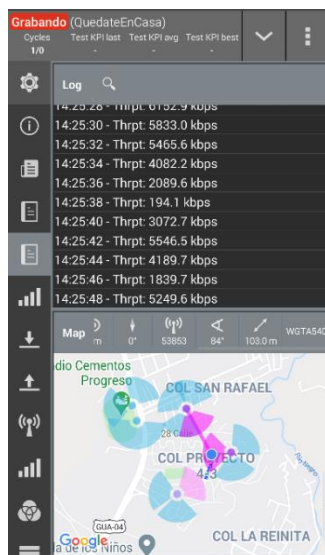
Figura 54. **Handover**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Handover hacia otro sector en sesión de datos.

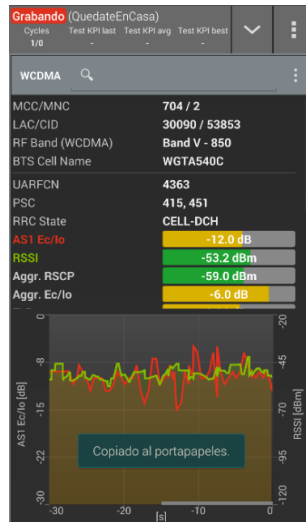
Figura 55. **Velocidad de descarga**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Expresión gráfica de la velocidad de descarga del nuevo servidor.

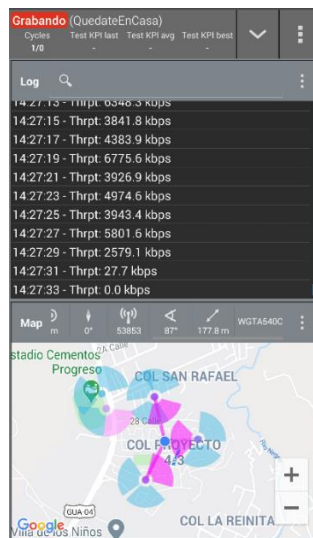
Figura 56. **Niveles de señal**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Información gráfica de los niveles de señal y cobertura del nuevo servidor.

Figura 57. **Handover hacia otro sector**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Demostración grafica *Handover* hacia otro sector en sesión de datos activa.

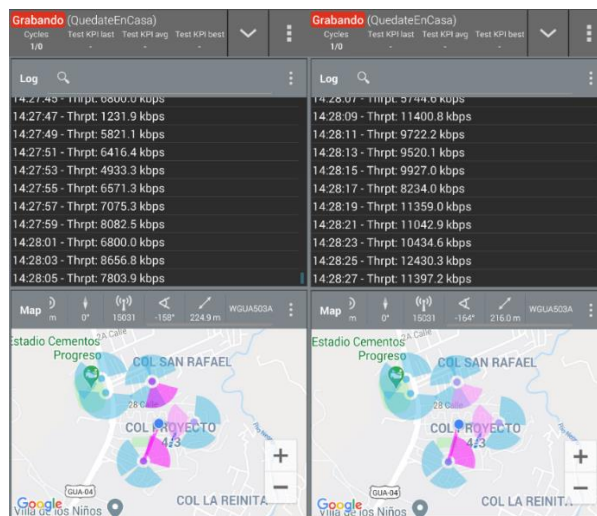
Figura 58. Niveles de Señal



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Información gráfica de los niveles de señal del nuevo sector servidor e información de frecuencia de los nuevos niveles de frecuencia.

Figura 59. Monitor de información



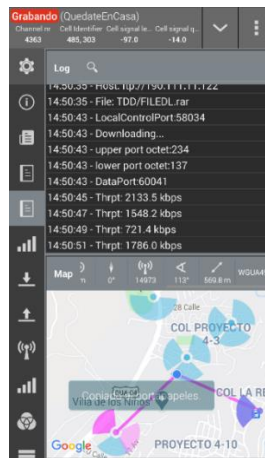
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imágenes del monitor de información de la velocidad de descarga del nuevo sector.

3.2.2. Velocidad del servicio de datos según la calidad de los servicios

Para un mejor servicio de datos se debe tener un piso de ruido bajo.

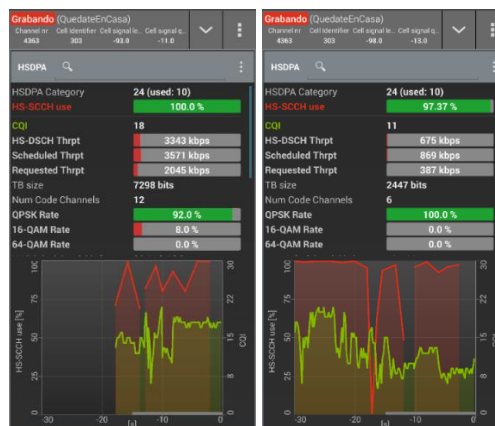
Figura 60. Niveles bajos de velocidad



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Niveles bajos de velocidad observador con relación a los anteriores

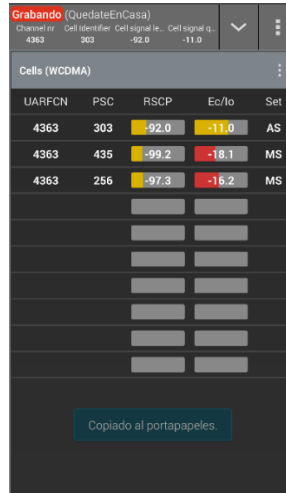
Figura 61. Baja Modulación



Fuente: elaboración propia, con el software Qualipoc.

Información de los niveles bajos de velocidad y baja modulación.

Figura 62. **Malos niveles de señal de los servidores**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imágenes que presentan los niveles bajos de señal del servidor y los malos niveles de señal de los servidores disponibles.

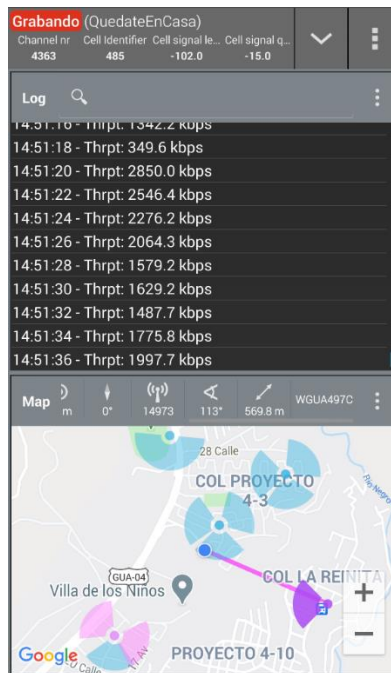
Figura 63. **Cobertura del servidor actual**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imagen del monitor de información de bajos niveles de señal y cobertura del servidor actual.

Figura 64. **Velocidad de descarga**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Imágenes del monitor de bajo de nivel de velocidad de descarga del servidor actual.

3.2.3. Ancho de banda

El ancho de banda es la unidad de medida que se da a la transferencia de datos que se pueden transferir entre dos dispositivos dentro de una red en un periodo de tiempo definido. Normalmente, el ancho de banda se da una unidad de medida de bits por segundo (bps) y se expresa como una tasa transferencia. El ancho de banda indica la capacidad de transmisión de datos de una conexión y es un factor vital para determinar la velocidad de una red.

Actualmente, los números mayores que se denotan con prefijos matemáticos como Mbps (megabits por segundo), Gbps (gigabits por segundo) o Tbps (terabits por segundo).

K	Kilo	1 000 bits
M	Mega	1 000 kilo = 1 000 000 bits
G	Giga	1 000 mega = 1 000 000 000 bits
T	Tera	1 000 giga = 1 000 000 000 000 bits

Después del prefijo terabit existen los prefijos petabit, exabit, zettabit y yottabit, y cada uno es representado por una potencia adicional de 10.

Un byte es la representación de ocho bits. De esa manera, 10 Mbps = 80 Mbps. Se pueden usar los prefijos tanto con bytes o bits. Por lo tanto, 1 Tbps es un terabyte por segundo.

- **Máximo teórico:** esta es la tasa de transmisión más alta generada por circunstancias ideales. La tasa de transferencia máxima teórica no es posible lograrla en instalaciones reales. Normalmente, el máximo teórico es usado a modo de comparación para determinar el rendimiento de una conexión con respecto al potencial de la red.
- **Ancho de banda efectivo:** esta es la tasa de transmisión más confiable. El tipo de medición será más pequeña que el máximo teórico. Muchas veces se considera el mejor ancho de banda a utilizar, y resulta fundamental para conocer la cantidad de tráfico que puede permitir una conexión.
- **Rendimiento:** es la medida de transferencia de datos exitosa, un valor muy útil para entender la velocidad habitual de una conexión dentro de una red. El rendimiento es el volumen de la transferencia dividido por el

periodo de tiempo que tardó en completarse. El rendimiento es medido en bytes por segundo y es comparable con el ancho de banda efectivo y el máximo teórico como una fórmula para determinar lo bien o mal que trabaja una red.

4. PRACTICAS APLICABLES AL LABORATORIO DE COMUNICACIONES 3

El aprender a usar un equipo de medición permite que los involucrados en la actividad puedan mejorar el desempeño, esto debido a que se desempeña al máximo cada labor, de esta forma los procesos se ejecutarán correctamente y con la calidad requerida; esto además permite incrementar la productividad haciendo eficiente las actividades día a día.

El realizar las mediciones permite que los clientes obtengan un servicio de calidad con ello se resuelven problemas como el caso de la señal dando atención a reclamos y a su vez previniendo que posteriores problemas se agraven, de esta forma se da respuesta pronta e incluso anticipada a los sistemas para que se mantengan en óptimas condiciones.

Con las mediciones se logra la competitividad organizacional, ya que, en un entorno competitivo, en donde muchas organizaciones se diferencian por tipo de servicio que brindan mantener mediciones continuas puede dar la referencia, con ello se identificarán áreas de mejora, manejando indicadores, y estableciendo competencia.

4.1. Práctica 1: Configuración del equipo de medición

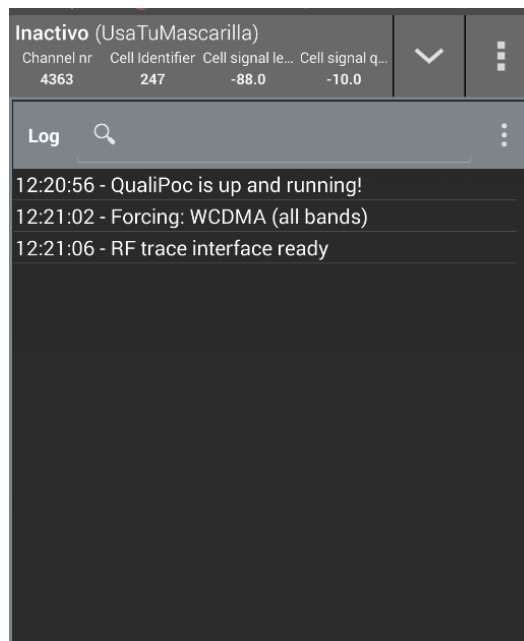
El objetivo de esta primera práctica es realizar una configuración básica de un equipo de medición para poder aprovechar lo mejor del equipo cuando se realicen otras mediciones.

- Carga de base de datos para poder observar las Radio Bases en el mapa en modo gráfico.

Por medio de este procedimiento se logra obtener un parámetro visual de las Radio Base que servirán para los registros correspondientes, siendo además un archivo de posterior revisión.

Cuando se inicia el software en el equipo de medición, esta es la primera imagen que muestra la aplicación al cargar.

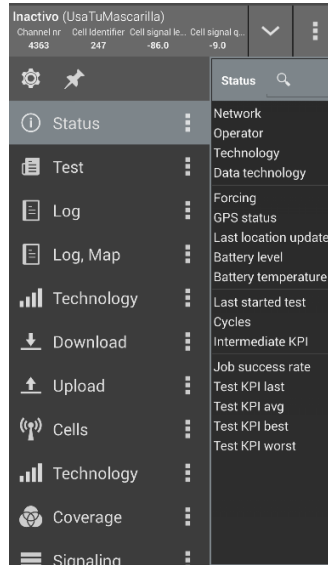
Figura 65. **Muestra de aplicación al cargar**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Después se debe desplazar la pantalla hacia la derecha para poder ver un menú oculto en la pantalla del lado izquierdo.

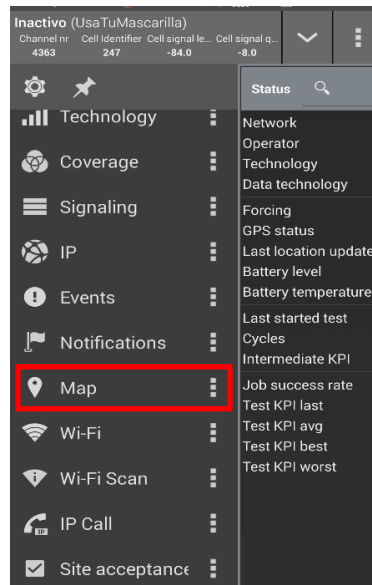
Figura 66. Ver menú oculto



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En el despliegue de esta pantalla oculta, Se busca la opción llamada “map”

Figura 67. Elegir opción “Map”



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Esta opción es la que da la apertura a que se pueda observar el mapa, en este solo se observa el punto donde está el equipo sin embargo no muestra el modo grafico donde está conectado el equipo.

Figura 68. **Ubicación del punto donde está el equipo**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Para encontrar la elección de más opciones, se debe ir al menú el cual está representado por 3 puntos seguidos en forma vertical.

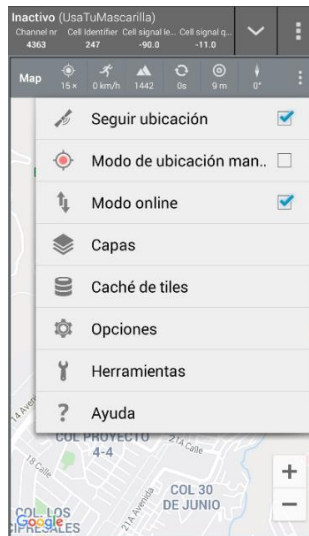
Figura 69. **Menú de Opciones**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Seleccionar, para desplegar las opciones.

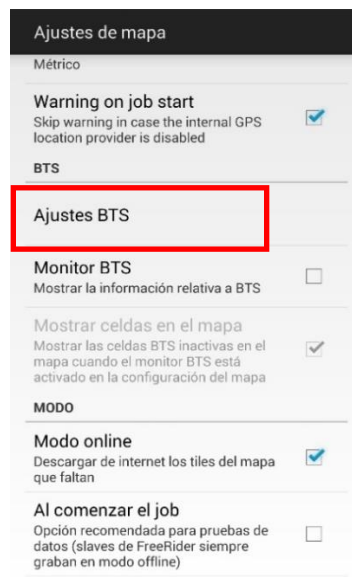
Figura 70. **Desplegar opciones**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Seleccionar la opción “ajustes BTS”.

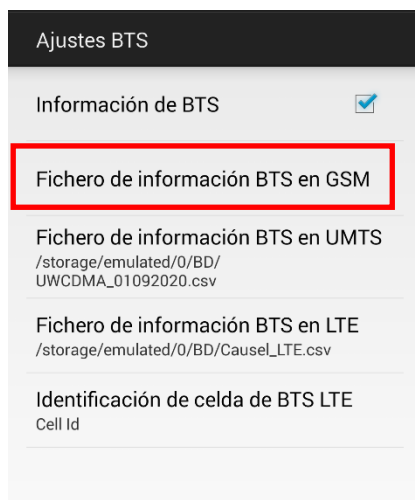
Figura 71. **Ajustes BTS**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Ahora seleccionar la opción “Fichero de información BTS en UMTS”

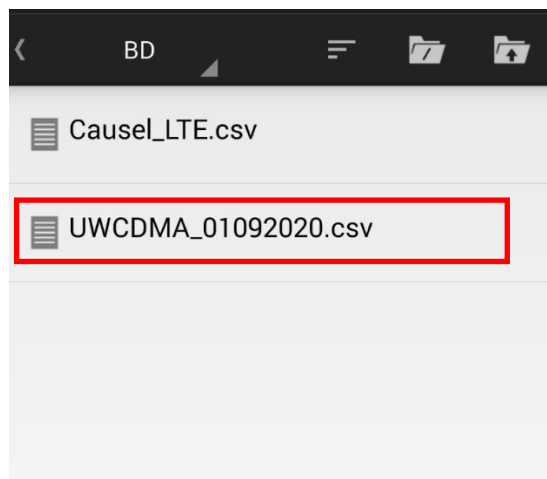
Figura 72. **Opción Fichero de información BTS en UMTS**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Es aquí donde se debe seleccionar el documento en extensión.CSV que es la base de datos con toda la información de las Radio Bases 3G que se debe tener almacenado en cualquier parte de la memoria interna del equipo.

Figura 73. **Selección de documento**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La estructura correcta de nuestra base de datos debe ser la siguiente:

Tabla VIII. **Nodo B. Estructura correcta de base de datos**

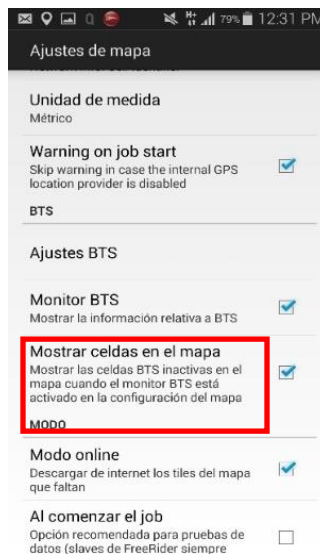
CELLNAM	TECHNOLOGY	UARFCNDOWNLINK	PS C	LON	LAT	MCC	MNC	LAC	CELLID	AZIMUTH
WGUA502A	WCDMA	4363	498	-90.62155	14.48335	702	2	30074	15021	120
WGUA502B	WCDMA	4363	142	90.62156	14.48335	702	2	30074	15022	260
WGUA502C	WCDMA	4363	304	-90.62155	14.4833	702	2	30074	15023	20

Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Esta base de datos es proporcionada por el operador de telefonía, en caso de que la base de datos tenga más información se debe reducirla a la antes descrita y en ese orden de columnas. Al cargar la base de datos se debe regresar al menú anterior de la opción de carga y se asegurará que estén activados las dos opciones.

“Monitor BTS” y “Mostrar celdas en el mapa”

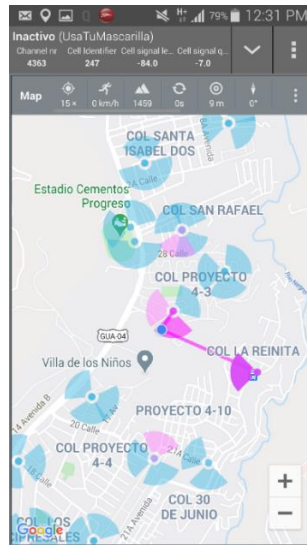
Figura 74. **Selección de mostrar celdas en el mapa**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Luego al tener estas opciones habilitadas y regresar a la pantalla principal en el mapa ya se mostrarán las Radio Bases en modo gráfico.

Figura 75. **Radio Bases en modo gráfico**



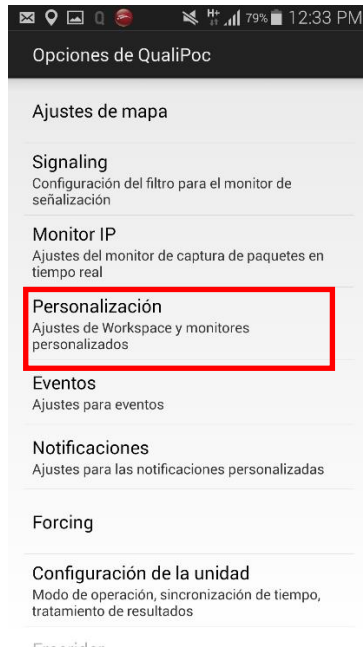
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

- Creando nuestro propio espacio de trabajo,

El equipo por defecto tiene configurado un espacio de trabajo, pero se puede considerar que hay información que no es necesaria para las actividades que se están ejecutando y se quiere crear nuestro propio espacio de trabajo,

Seleccionaros la opción “Personalización”.

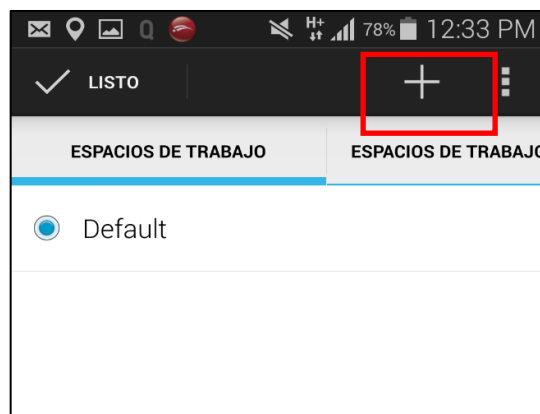
Figura 76. **Opción personalización**



Fuente: elaboración propia, empleando QualiPoc.

Acá mostrara el espacio de trabajo que esta creado por “defecto” en el equipo, para crear nuestro espacio de trabajo se debe seleccionar el signo más en parte superior derecha de la pantalla.

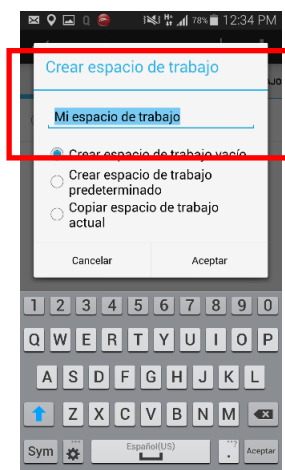
Figura 77. **Seleccionar signo mas**



Fuente: elaboración propia, empleando QualiPoc.

Desplegará una nueva ventana donde pedirá crearle un nombre a espacio de trabajo, se debe dejar marcado la opción “Crear espacio de trabajo vacío”.

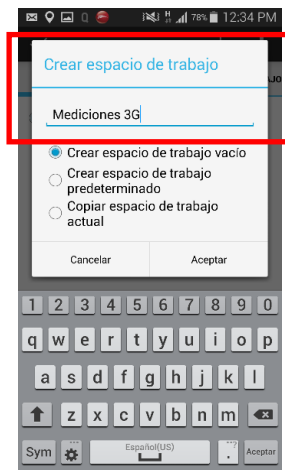
Figura 78. **Crear espacio de trabajo vacío**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Para este ejemplo se usará el nombre “Mediciones 3G” para el espacio de trabajo.

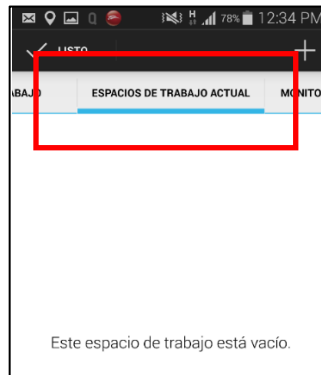
Figura 79. **Nombre mediciones 3G**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Después de esto desplazarse por las pestañas superiores y seleccionar la pestaña “ESPACIOS DE TRABAJO ACTUAL” que en este momento está en blanco, seleccionar el botón con el signo más que esta en la parte superior derecha.

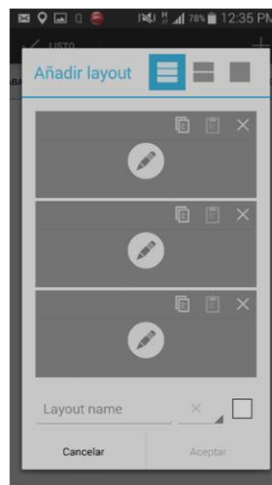
Figura 80. **Seleccionar espacios de trabajo actual**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En esta opción es posible seleccionar los monitores que se verá en el nuevo espacio de trabajo.

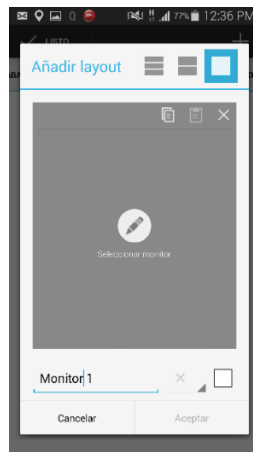
Figura 81. **Seleccionar monitores**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se puede seleccionar si se quiere uno a tres monitores, se debe crear un nombre para este ejemplo se llamará monitor 1 y de debe seleccionar el botón donde con el grafico de un lápiz para seleccionar el monitor dentro de todas las opciones que tiene el equipo.

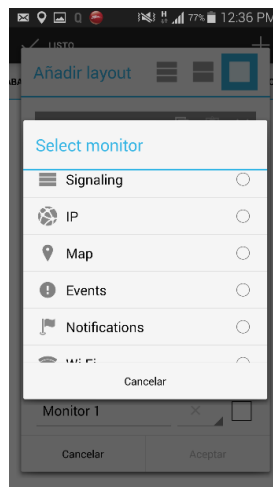
Figura 82. **Monitor 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se selecciona el monitor buscado

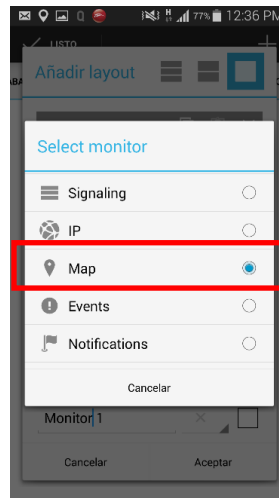
Figura 83. **Monitor buscado**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Para este ejemplo será el monitor Map.

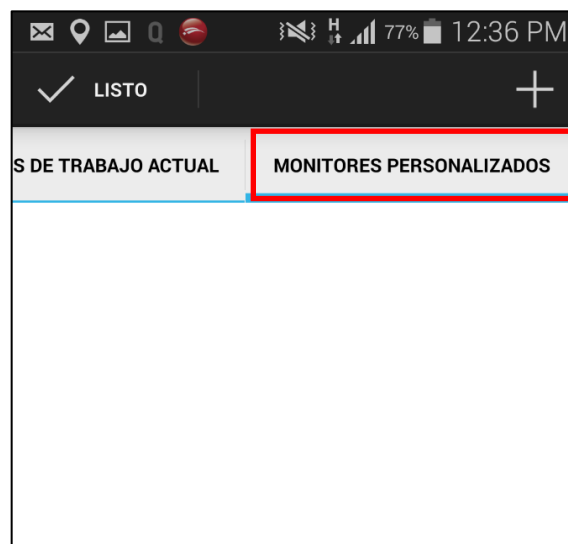
Figura 84. **Monitor Map**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Regresa al menú de espacio de trabajo y en las pestañas superiores se busca la pestaña “MONITORES PERSONALIZADOS”.

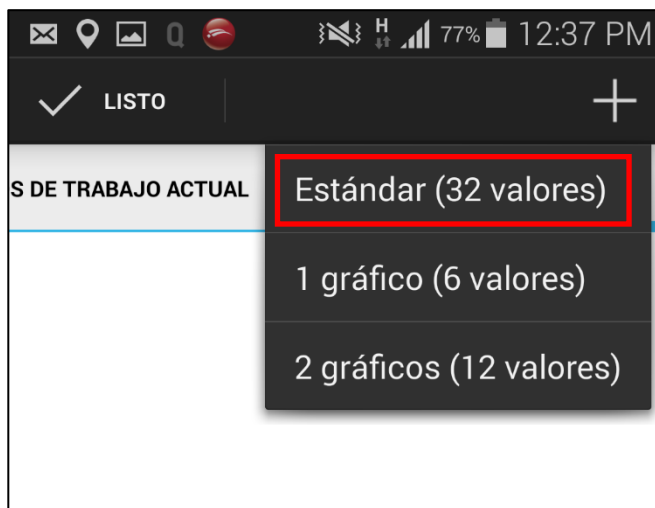
Figura 85. **Monitores personalizados**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se seleccionará la opción “Estándar (32 valores)” estos son los servicios que estarán disponibles para verse en los monitores.

Figura 86. **Opción estándar**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Pedirá un nombre para este ejemplo se le dará “monitor 1.1”.

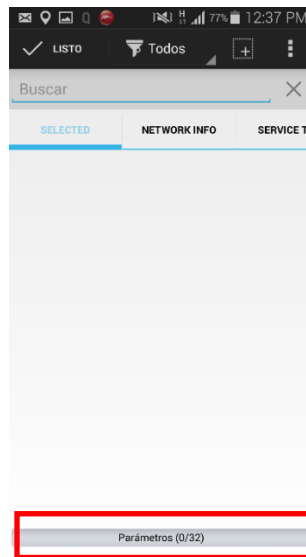
Figura 87. **Monitor 1.1**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se debe buscar los parámetros que se observarán en los monitores, recordar que se tiene 32 elementos máximos.

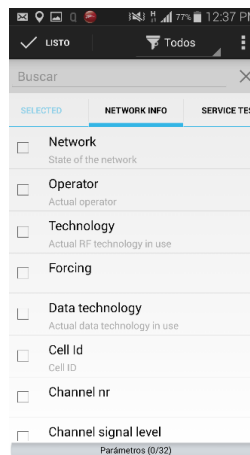
Figura 88. **Parámetros en monitores**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

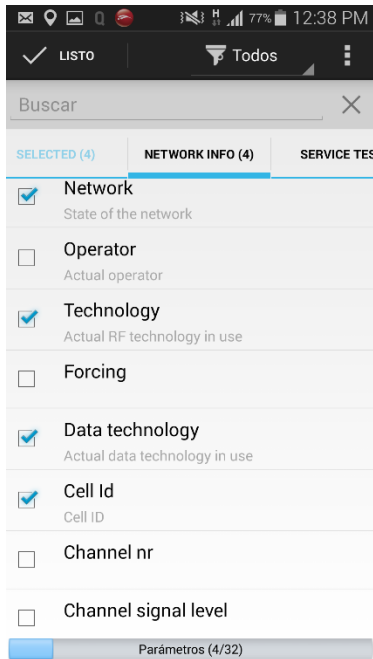
Para buscar los elementos dependiendo de los servicios que se quieran ver se puede desplazar por las pestañas superiores.

Figura 89. **Elementos a seleccionar 1**



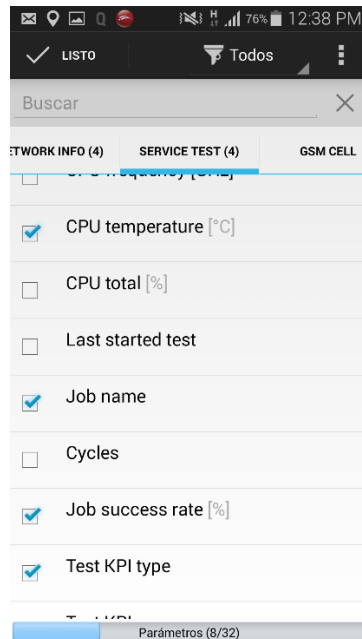
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 90. **Elementos a seleccionar 2**



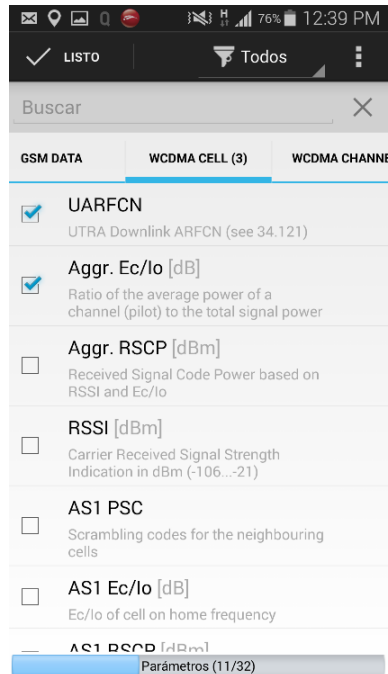
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 91. **Elementos a seleccionar 3**



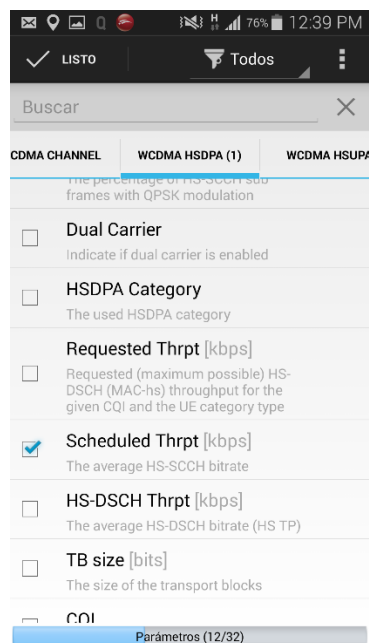
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 92. Elementos a seleccionar 4



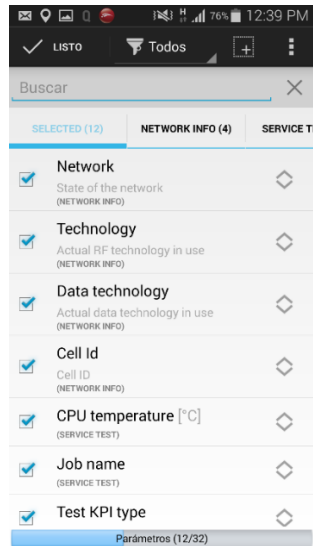
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 93. Elementos a seleccionar 5



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

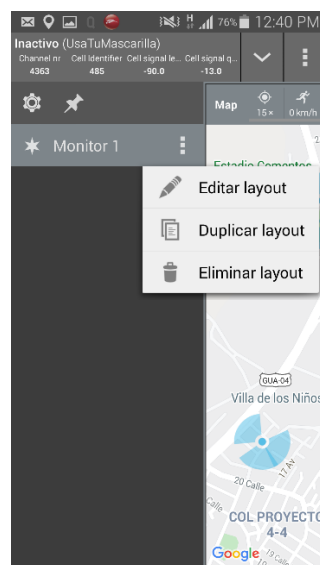
Figura 94. **Elementos a seleccionar 6**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

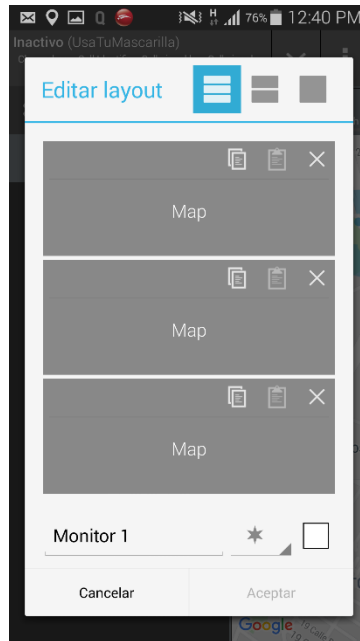
Para ver los diferentes monitores, se selecciona la opción “editar *layout*” y se puede escoger un monitor la opción de 3 monitores simultáneos para ver estos monitores.

Figura 95. **Opción ver monitores 1**



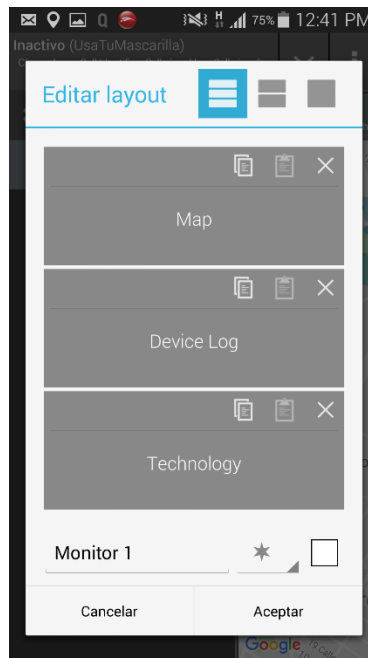
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 96. **Opción ver monitores 2**



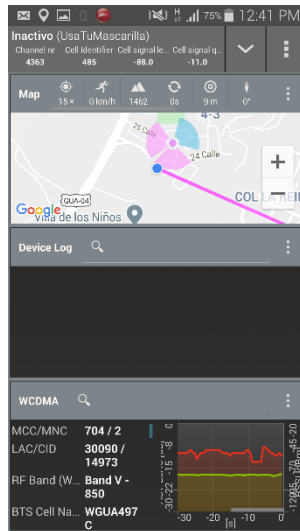
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 97. **Opción ver monitores 3**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

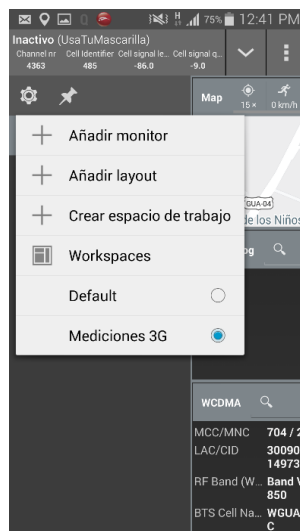
Figura 98. **Opción ver monitores 4**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se puede agregar varios monitores de trabajo, para este ejemplo se añadirá un “monitor 2”, se selecciona el apartado opciones, con la imagen de un engranaje en la esquina superior izquierda y se selecciona la opción “workspaces”.

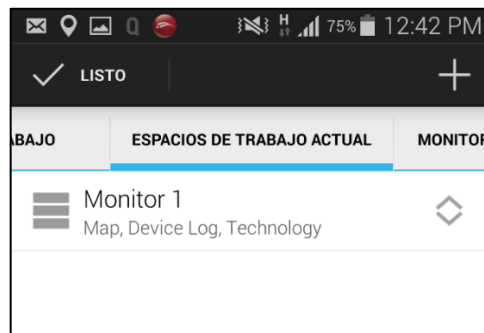
Figura 99. **Agregar monitor 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

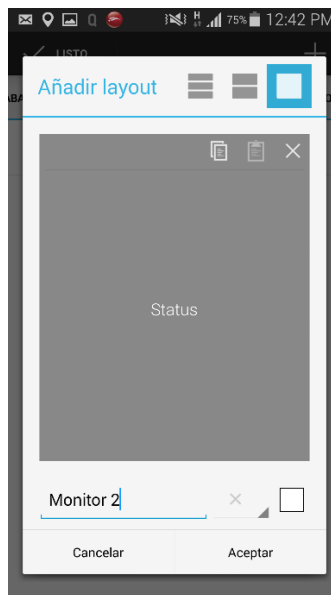
En las pestañas superiores se busca la opción “ESPACIOS DE TRABAJO ACTUAL” y seleccionar la opción más y se agrega un nuevo monitor, se puede seleccionar también un color al monitor para identificarlos en el modo gráfico, a la par de la casilla para ingresar el nombre hay un cuadro con margen negro y relleno blanco se selecciona y mostrará los colores disponibles para elegir.

Figura 100. **Agregar un nuevo monitor 1**



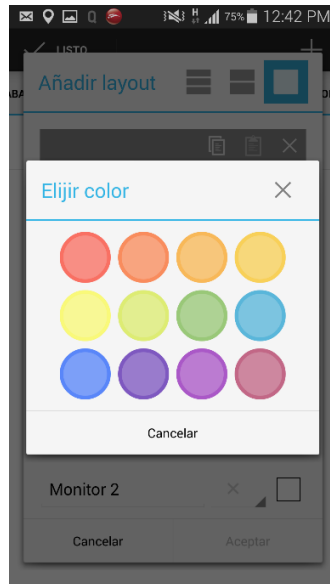
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 101. **Agregar un nuevo monitor 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

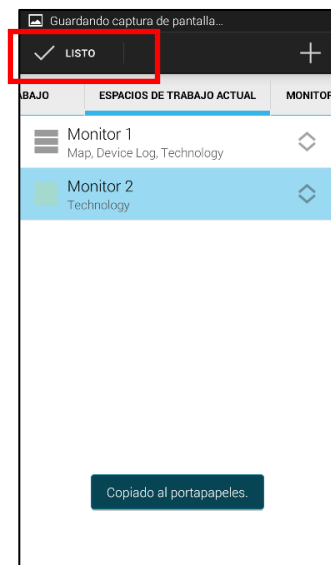
Figura 102. **Opciones al agregar un nuevo monitor**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se da aceptar y se verá ya en pantalla el monitor 2 creado, se selecciona la opción lista en la esquina superior izquierda.

Figura 103. **Selección de opción listo**



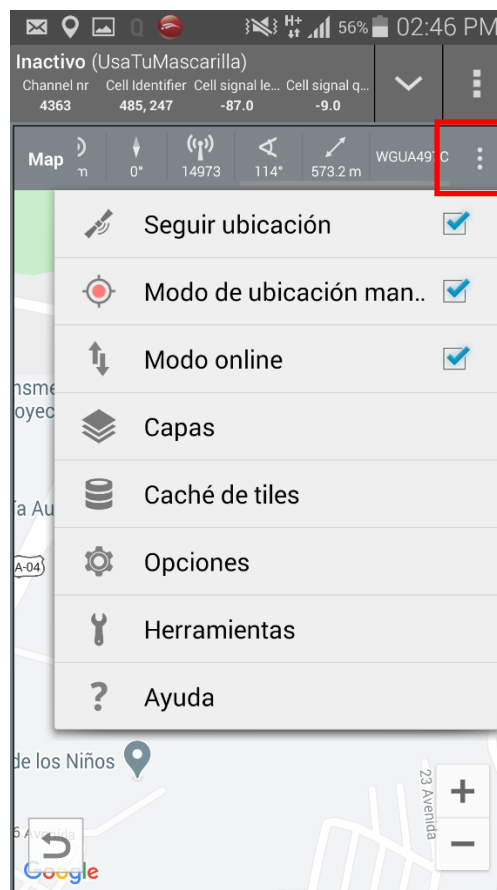
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

- Configurar el equipo para realizar medición dentro de edificios

Para configurar el equipo para mediciones en interiores o “*indoor*” se debe apagar el GPS interno ya que dentro de edificios la señal de GPS es muy errática y se deberán generar los puntos de manera manual.

Para desactivar el GPS, en el monitor “*map*” se debe seleccionar la opción más y desmarcar las primeras tres opciones.

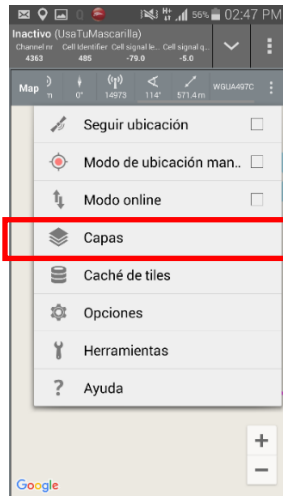
Figura 104. **Desmarcar las primeras tres opciones**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Después de desmarcadas las opciones elegir la opción “Capas” y abrirá otra ventana.

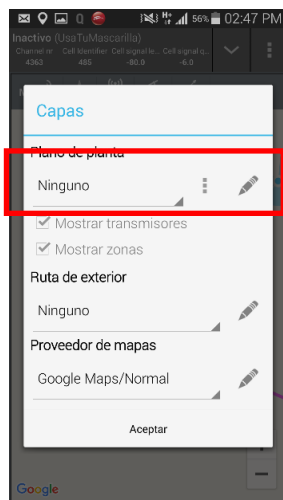
Figura 105. **Selección de opción capas**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En esta nueva ventana se elegirá la opción de editar plano de planta y esta es el icono de lápiz que es el primer icono que aparece.

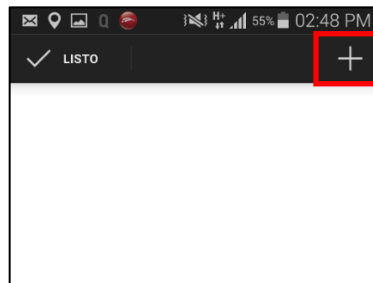
Figura 106. **Selección editar plano**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Acá abrirá una nueva ventana, acá se debe elegir la opción con el símbolo más, para poder cargar la imagen de un plano del edificio, para este ejemplo se cargará el de un centro comercial.

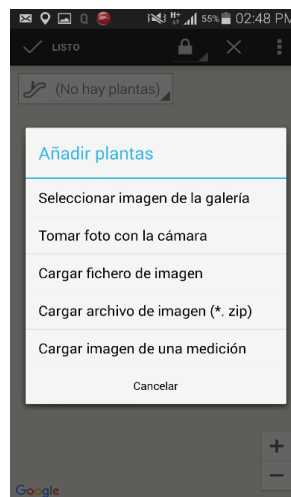
Figura 107. **Elegir opción +**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Acá se tiene diferentes opciones para cargar el plano, ya sea que se mida un edificio y los planos solo existan en medio físico y se deba tomar fotografías al plano, será posible cargar desde la cámara. Para el ejemplo se tiene una imagen en digital en la galería del mismo equipo, por lo que se selecciona la opción “Seleccionar imagen de la galería” que es la primera opción.

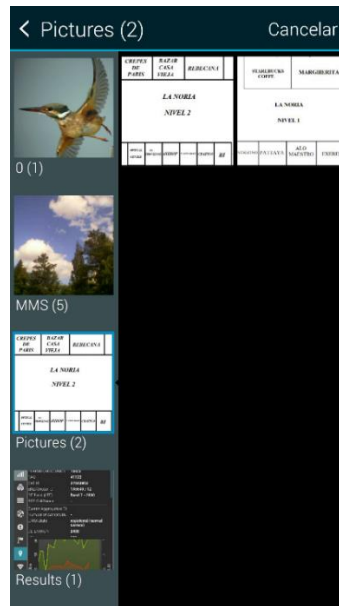
Figura 108. **Opciones para cargar el plano**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se selecciona la imagen de la galería.

Figura 109. **Seleccionar imagen de la galería 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 110. **Seleccionar imagen de la galería 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En caso el edificio sea de varios niveles se puede escoger el número de nivel que corresponde a la imagen cargada y es posible asignar un nombre.

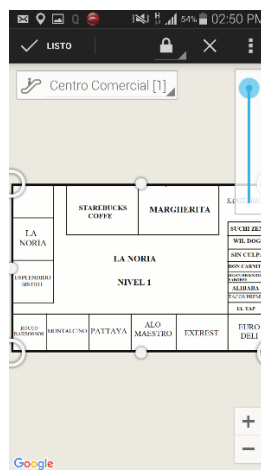
Figura 111. **Seleccionar nivel y nombre**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se puede realizar el juste de la imagen a la pantalla y también modificar transparencia de la imagen con la barra azul que se observa a un lateral.

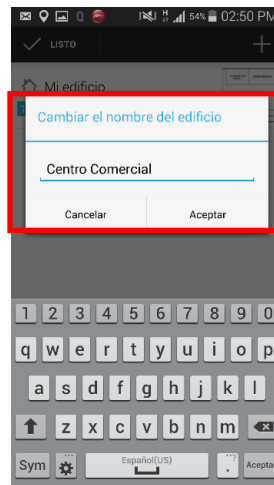
Figura 112. **Seleccionar imagen y transparencia**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

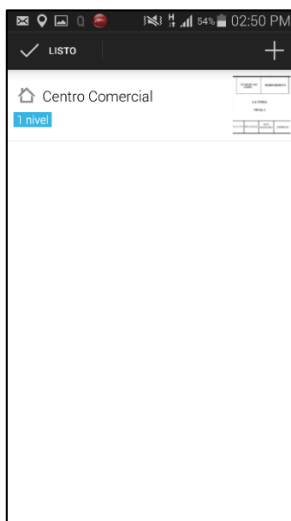
Pedirá asignar un nombre al edificio que se mida, es de recordar que acá solo se carga un nivel, y los demás niveles que se creen se guardaran sobre este edificio creado; para este ejemplo se le llamará “Centro Comercial”, luego de anotar el nombre se dará aceptar.

Figura 113. **Nombre del edificio 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

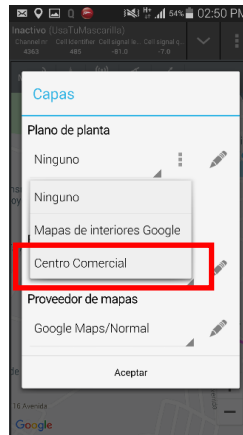
Figura 114. **Nombre del edificio 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Al tener creado ya el nivel, se puede escoger en el cuadro de selección, se carga el creado con el nombre “Centro Comercial” y se da aceptar.

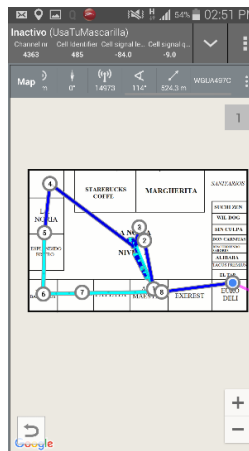
Figura 115. **Cargar el nivel creado**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Y partir de allí ya se puede realizar las mediciones, es necesario recordar que se desactivó el GPS por lo que, aunque se mueva el equipo en pantalla no se moverá, para eso se debe tocar y dejar por unos segundos el punto donde actual para que se registre la medición y así se moverá el puntero.

Figura 116. **Registro de medición**

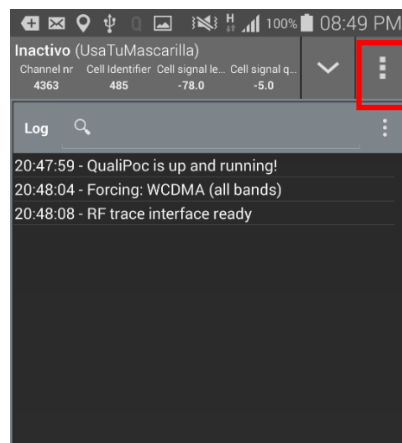


Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

4.2. Práctica 2: validación del servicio de voz

Se realizará la configuración del equipo de medición para una tarea de llamada. En la pantalla de inicio se pulsará el botón de opciones en la esquina superior derecha.

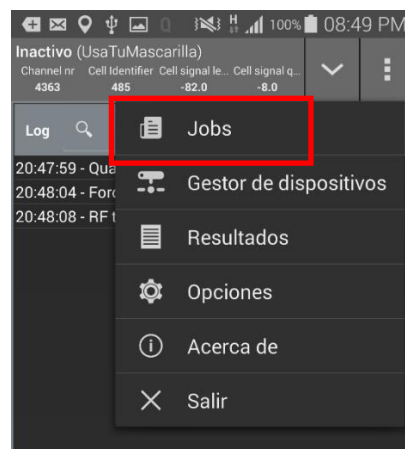
Figura 117. Opción mas



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

seleccionar la opción de “Jobs”.

Figura 118. Opción Jobs



Fuente: elaboración propia, con el software Qualipoc.

Aparece una ventana en blanco, se debe utilizar el menú lateral izquierdo que está oculto para realizar la primera configuración.

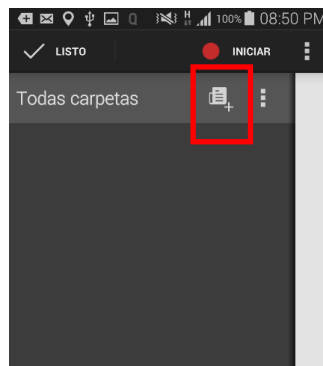
Figura 119. **Menú para primera configuración**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En este menú se pueden ver todas las carpetas separadas por los distintos tipos de tareas configuradas, para este ejemplo no hay ninguna tarea, para crear la primera carpeta se selecciona el botón nuevo objeto, que es el icono de hoja con un signo más.

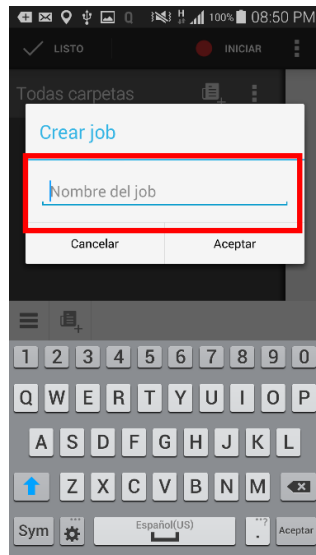
Figura 120. **Crear la primera carpeta seleccionar el botón nuevo objeto**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Aparece una nueva ventana donde pide un nombre.

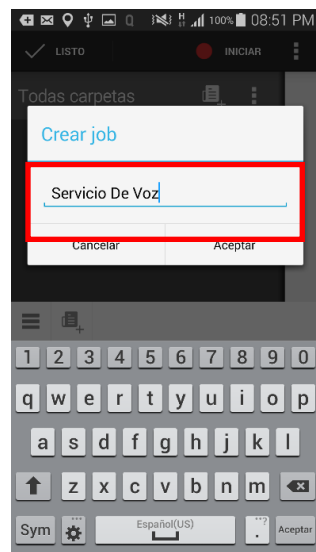
Figura 121. **Colocar nombre**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Para este ejemplo el nombre "Servicio De Voz", se anota y se acepta.

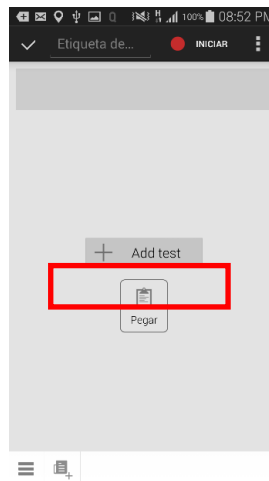
Figura 122. **Nombre ejemplo, Servicio De Voz**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En ese momento se crea la tarea “servicio de Voz “y allí es posible crear ya la primera prueba con el botón “*Add test*”.

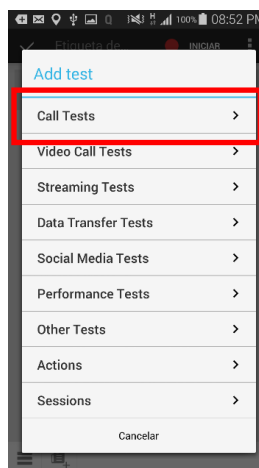
Figura 123. **Botón Add test**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Al seleccionar ese botón se desplegará un nuevo menú donde se puede ver las diferentes pruebas posibles que puede realizar el equipo, para este caso se selecciona la opción “*Call Test*”.

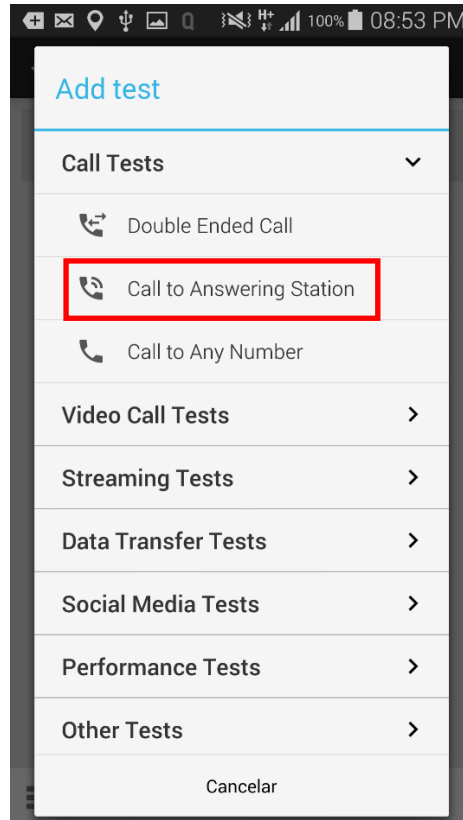
Figura 124. **Opción Call Test**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Dará otro nuevo menú y se escoge la opción “*Call to Any Number*”.

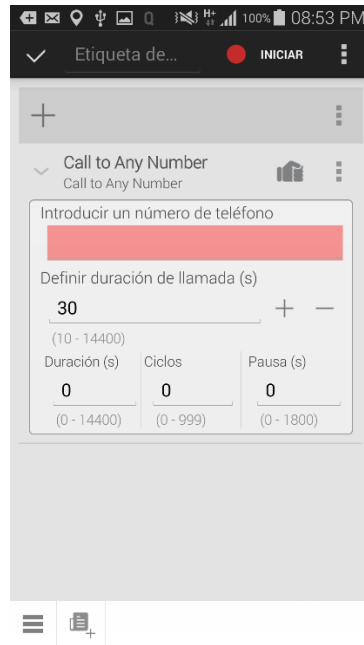
Figura 125. **Opción *Call to Any Number***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

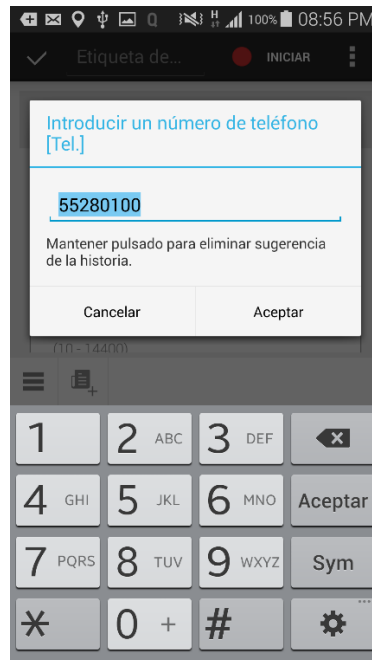
Al seleccionar esta opción mostrará una nueva ventana donde pedirá definir ciertos parámetros para poder arrancar a la tarea, se debe escoger un número hacia donde el equipo llamará para realizar las pruebas de llamadas, para este caso con el operador que se realizó estas llamadas tiene habilitado el número 55280100 que es un número de pruebas el cual al llamar automáticamente contesta y no tiene costo de llamada.

Figura 126. Definición de parámetros 1



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

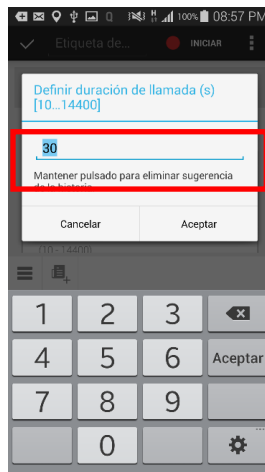
Figura 127. Definición de parámetros 2



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

También se puede definir la duración de la llamada para considerarla correcta, por lo que se debe ingresar un valor mayor a 20 segundos.

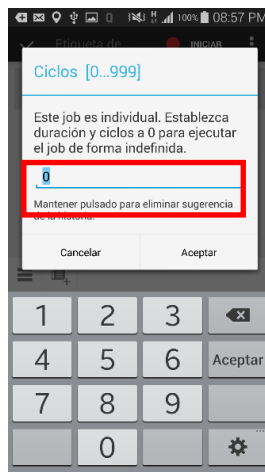
Figura 128. **Definición de duración de la llamada**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se podrá dar un valor de números de ciclos o números de llamadas finalizadas correctamente, al dejar un valor 0 se indica que serán un número indefinido de llamadas hasta que el usuario corte manualmente la medición.

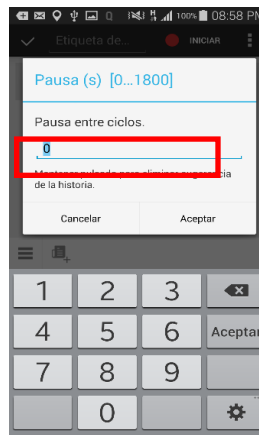
Figura 129. **Número de ciclos o llamadas**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Esta la opción de pausa entre ciclos este es el tiempo en segundos que esperará el equipo antes de arrancar una nueva llamada, cuando finalice la llamada actual, al dejar 0 se indica no habrá tiempo de espera y la llamada será inmediata, el número máximo de tiempo de espera es de 1800 segundos.

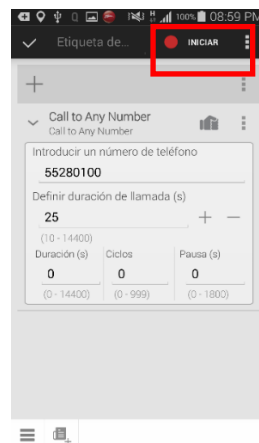
Figura 130. **Tiempo en segundos que esperara el equipo**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Al tener los valores configurados correctamente se puede comenzar la prueba al darle el botón iniciar que está en la parte superior derecha.

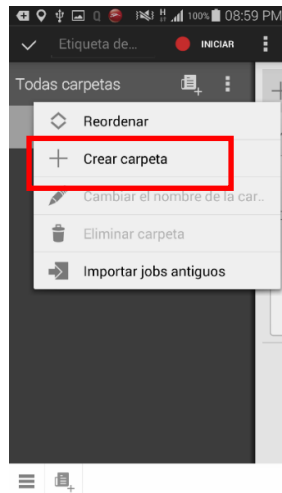
Figura 131. **Botón iniciar**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Es posible crear otra carpeta para tener otro tipo de pruebas ya definidas, para esto en el menú lateral izquierdo, se selecciona la opción “+ Crear carpeta”.

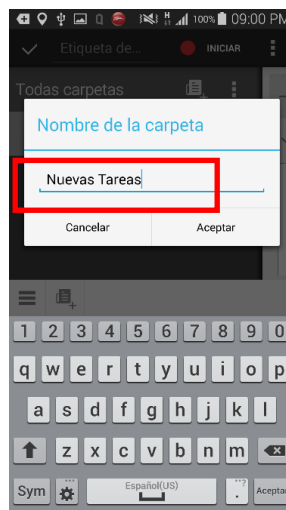
Figura 132. **Crear otra carpeta**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

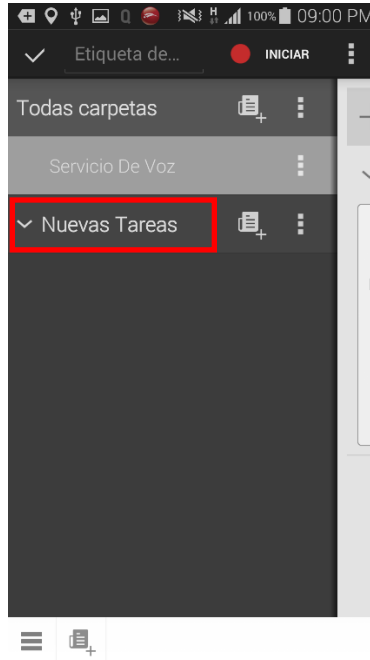
Para este ejemplo se pondrá nuevas tareas y dar aceptar.

Figura 133. **Carpeta nuevas tareas 1**



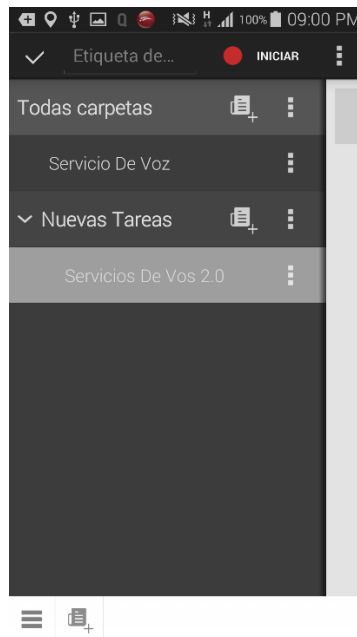
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 134. **Carpeta nuevas tareas 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

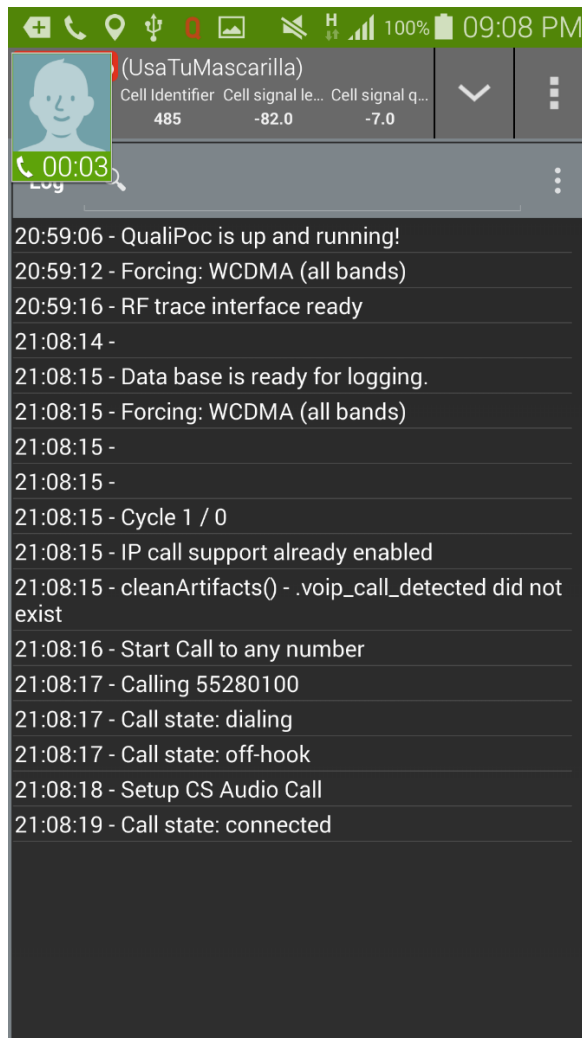
Figura 135. **Carpeta nuevas tareas 3**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Al arrancar la medición, en la pantalla *log* se puede ver que la llamada inicio exitosamente.

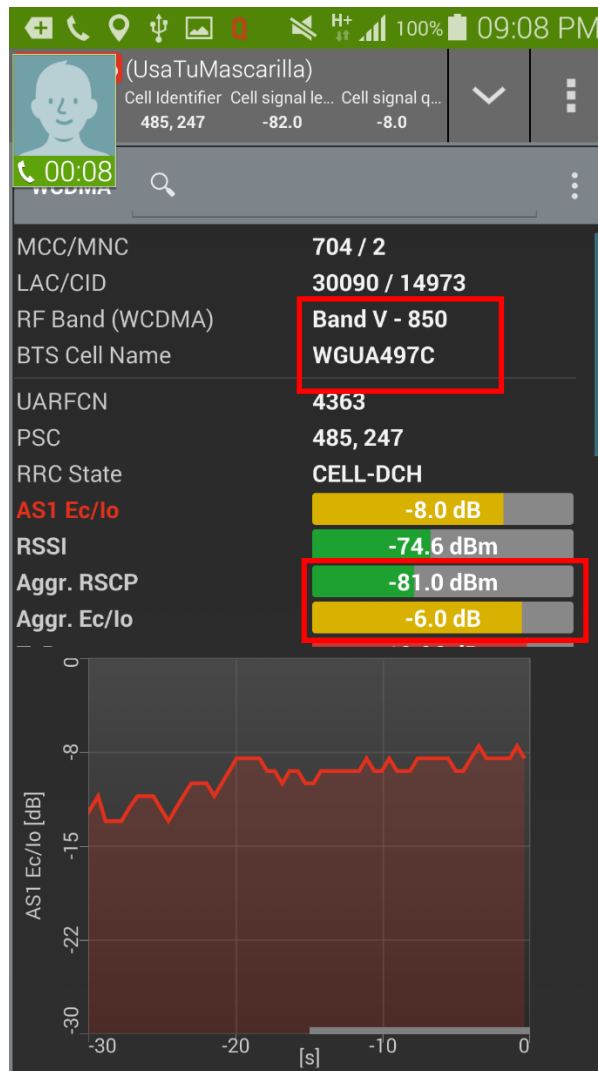
Figura 136. **Inicio exitoso de llamada**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En el menú lateral izquierdo en el monitor “*Technology*” se puede observar el estado actual de la llamada.

Figura 137. **Estado actual de la llamada**

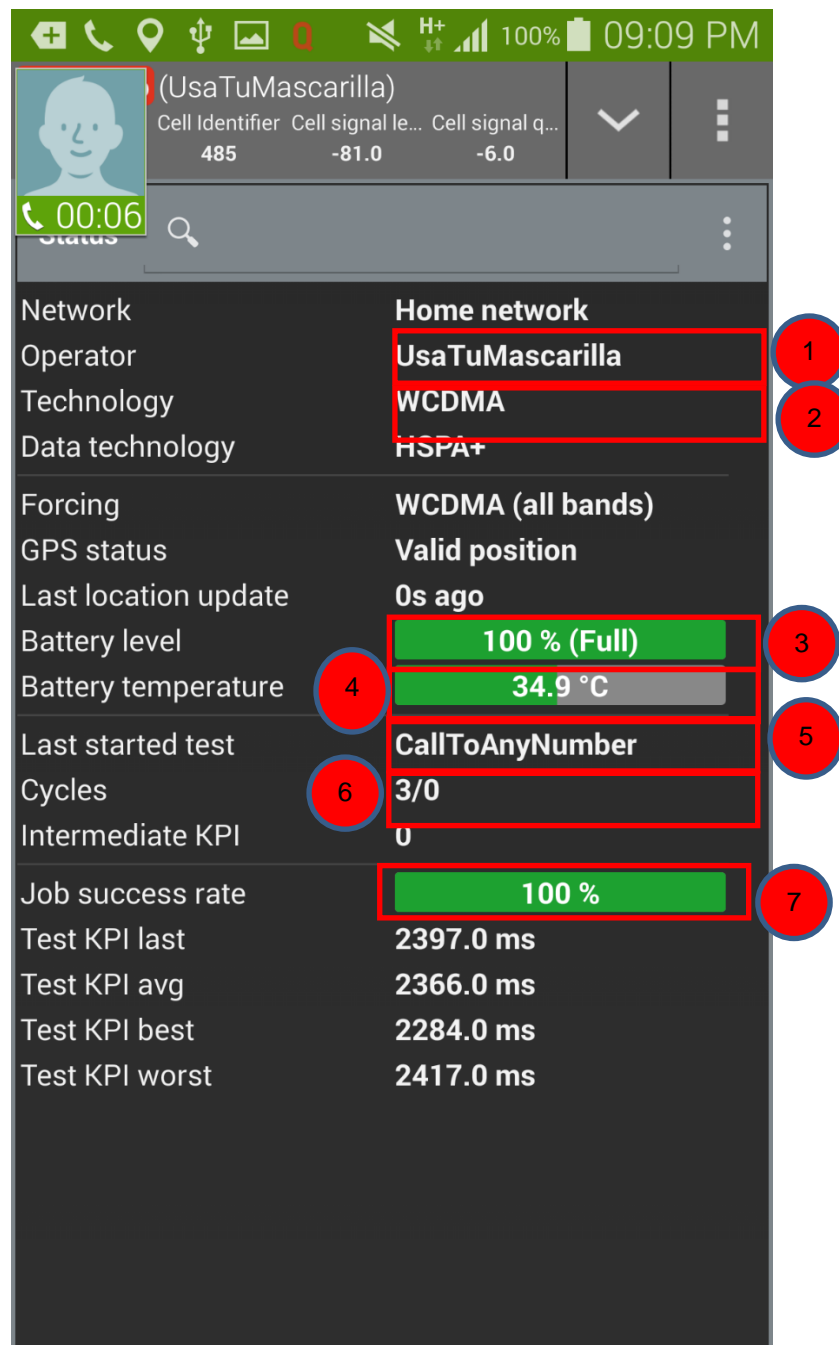


Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La información de importancia para este caso es la señalada dentro de los recuadros rojos, la cual sirve para identificar el sector y los niveles de señal y cobertura.

En el menú lateral izquierdo en el monitor “Status” muestra información importante de la tarea que se está ejecutando.

Figura 138. Información de la tarea

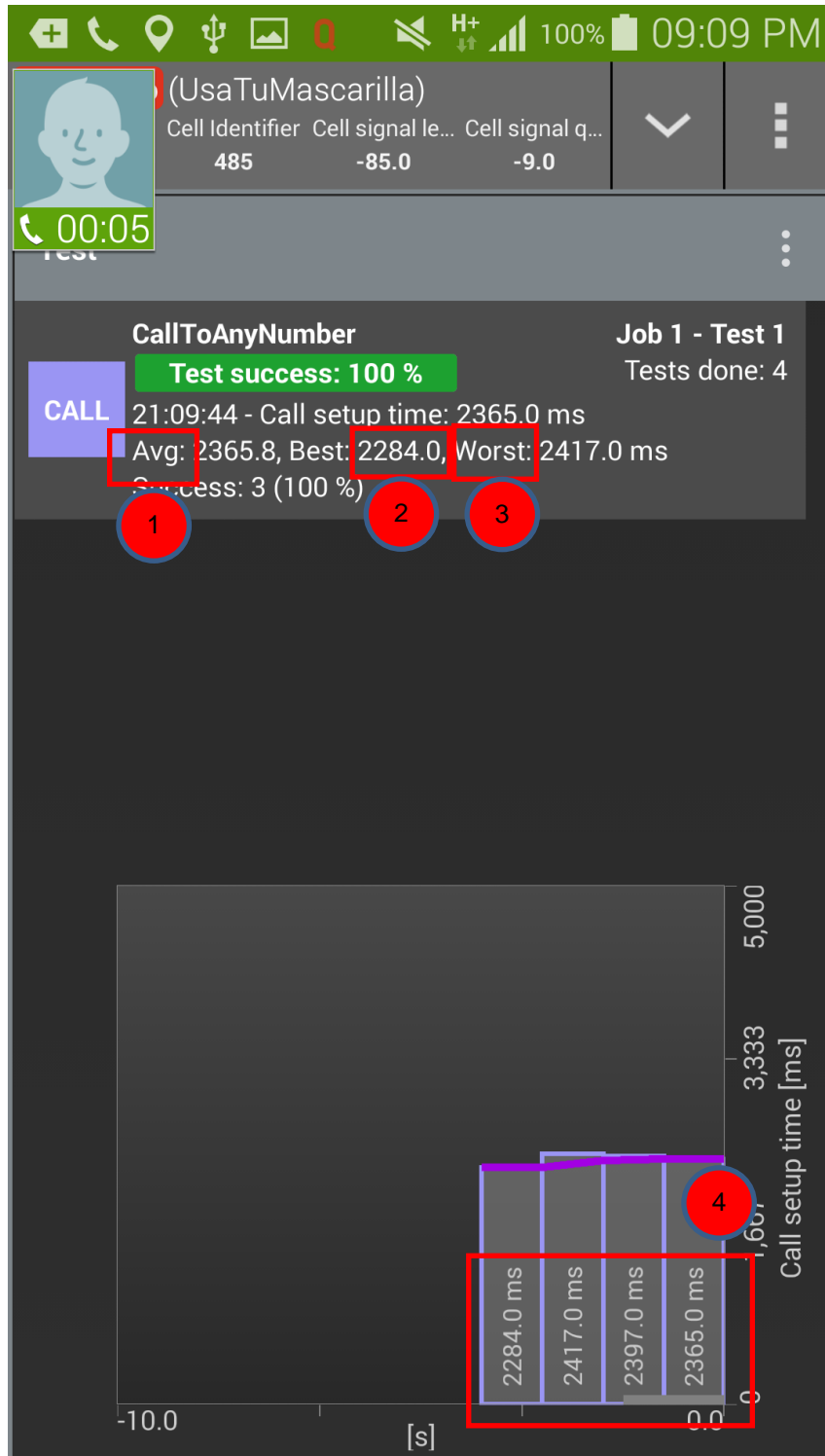


Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

- Debe salir el nombre del operador, para este caso para no hacer publicidad se esconde el nombre y se sustituye por otro mensaje.
- Tecnología en la que actualmente se está haciendo la prueba.
- Nivel de batería del equipo.
- Temperatura de la batería.
- Tipo de tarea que se está ejecutando actualmente.
- Los ciclos que se llevan está el momento.
- El porcentaje de pruebas exitosas.

En el menú lateral en el monitor “*test*” se muestra un resumen del tiempo que se tarda en contestar la llamada, eso es lo importante que de un número de prueba designado como el que se está usando, se debe recordar que el número de pruebas contesta instantemente por lo que el valor que muestra el equipo puede dar una idea si hay llamadas que se tardan mucho en entrar pueda ser problema del sector al que se está conectado.

Figura 139. Resumen



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

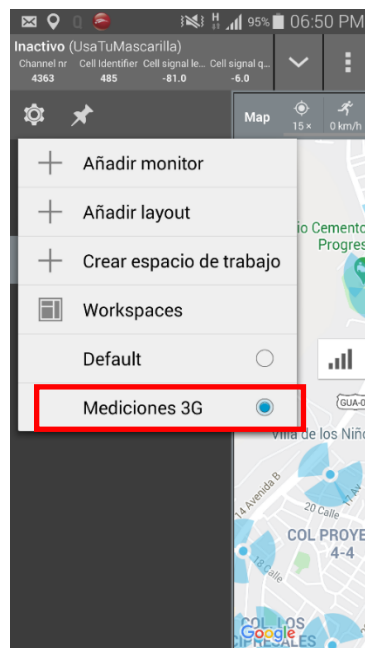
- Promedio en milisegundos que se tarda la red en conectar la llamada.
- Tiempo de la llamada que más rápido se hizo la conexión.
- Tiempo más alto que se tardó en contactar una llamada.
- Cantidad de llamadas realizadas hasta ese momento o su tiempo de conexión de cada una.

4.3. Práctica 3: validación del servicio de datos

Esta práctica se tratará sobre la configuración del equipo para realizar la validación del servicio de voz.

Para realizar la actividad se debe estar sobre el espacio de trabajo que se creó en la práctica anterior que es mediciones en 3G.

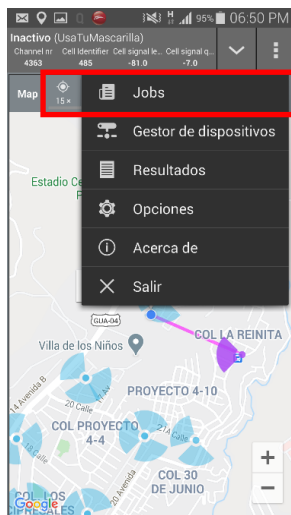
Figura 140. Mediciones 3G



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La parte superior derecha en más opciones se selecciona la opción “Jobs”.

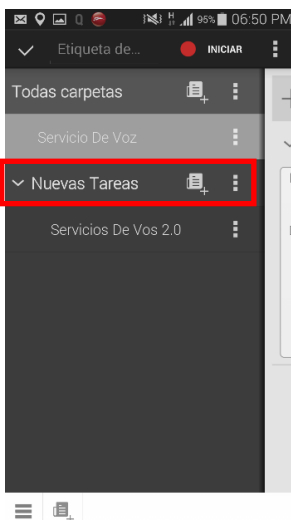
Figura 141. Opción Jobs



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se crea una nueva carpeta, esto en el menú izquierdo oculto y la parte superior derecha de este menú, que es el icono con una hoja y el signo más.

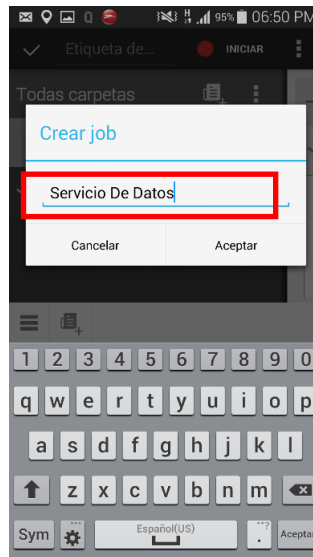
Figura 142. Nueva carpeta



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

A esta carpeta se le llamará “Servicio De Datos” luego pulsar aceptar.

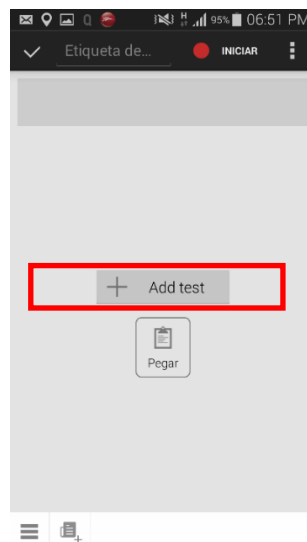
Figura 143. **Carpeta servicio de datos**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Seleccionar la opción “*add test*”.

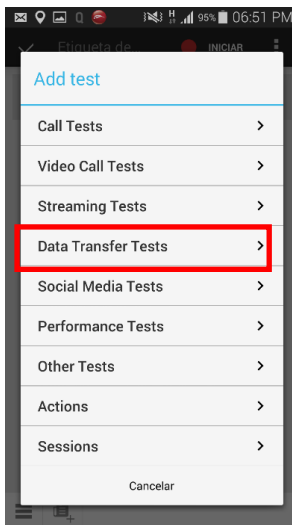
Figura 144. **Opción *add test***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se desplegará un menú donde se puede seleccionar varias tareas, para esta práctica se seleccionará la categoría “*data transfer Test*”.

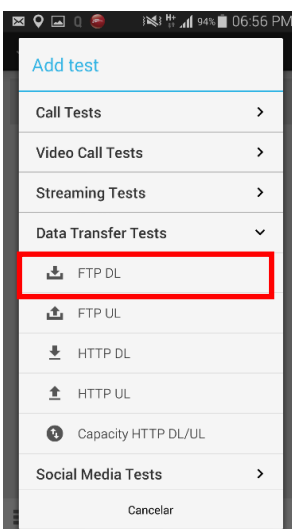
Figura 145. **Data Transfer Test**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Y después se elige la opción “FTP DL”.

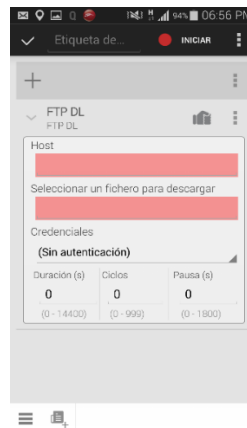
Figura 146. **Opción FTP DL**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se abrirá una nueva ventana donde hay que configurar la conexión para la descarga.

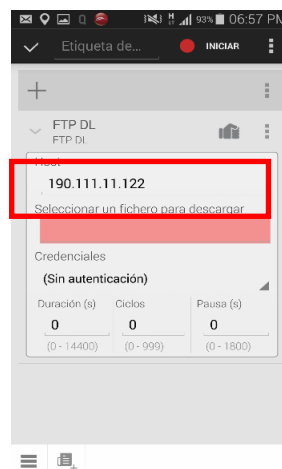
Figura 147. **Configuración de la conexión para la descarga**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

La primera configuración es en el servidor o “*host*” donde el equipo se conectará para descargar un archivo, este puede ser una dirección web o una ip pública de un servidor, para este caso se utiliza la ip del servidor 190.111.11.122.

Figura 148. **Servidor *host***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

También se debe configurar la dirección raíz donde está el archivo a descargar, en esto el archivo se llama "FILEDL.rar" y está en la carpeta llamada FDD.

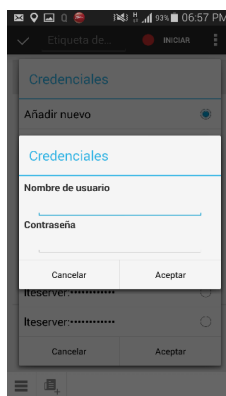
Figura 149. **FILEDL.rar**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Como estos pueden ser descargados deben estar en un servidor FTP y estos servidores para dar acceso necesitan acceder por medio de un usuario y una contraseña por lo que es necesario ingresar las credenciales de forma correcta para que pueda funcionar la tarea de datos.

Figura 150. **Servidor FTP**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se ingresan las credenciales de forma correcta y se da aceptar.

Figura 151. **Ingreso de credenciales**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

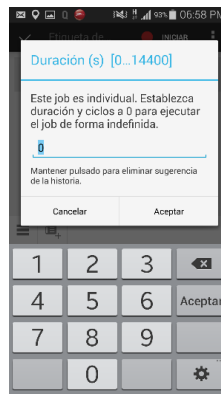
Figura 152. **Ingreso de credenciales**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se debe configurar la duración el tiempo que se ejecute la descarga, con un mínimo de un segundo y máximo 14400 segundos, al dejar un valor 0 se indica que la duración del *job* será lo que se tarde en descargar el archivo del servidor.

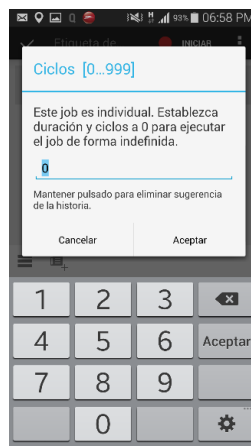
Figura 153. **Configuración de la duración del tiempo**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En la opción de ciclos se debe configurar la cantidad de veces que se repita la tarea, al dejar un valor 0 se repetirá hasta que el usuario pare manualmente la aplicación.

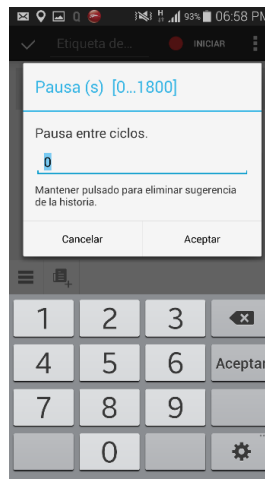
Figura 154. **Configuración de las repeticiones**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Pausa entre ciclos era el tiempo en segundos que esperar la aplicación después de haber terminado un ciclo.

Figura 155. **Configuración de pausas entre ciclos**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Después de tener configurado estas opciones se puede arrancar la descarga con el botón iniciar que está en la parte superior derecha.

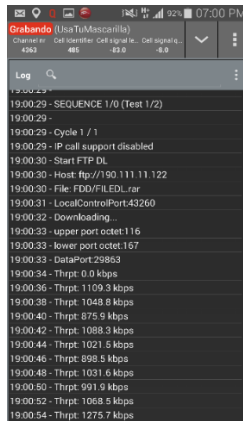
Figura 156. **Arrancar descarga**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En el monitor log se puede observar cuando la descarga arranca adecuadamente, si este monitor la descarga no arranca y da algún mensaje de error se debe revisar que las credenciales hayan sido ingresadas correctamente.

Figura 157. **Descarga arrancada adecuadamente**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

En el monitor de “map” se puede ver al sector conectado y el nivel de señal, este se puede ver sobre un cuadro de fondo blanco que aparece sobre el punto en el mapa que representa el equipo.

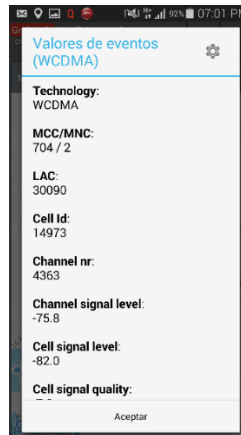
Figura 158. **Sector de conexión**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Estos valores de información se pueden cambiar si se quiere observar durante el recorrido algo más, para cambiarlo presionar sobre el cuadro de fondo blanco y desplegará una nueva ventana, en la parte superior derecha, aparecerá un botón con icono de engranaje.

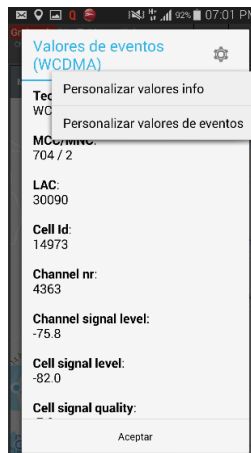
Figura 159. **Cambio de información de valores**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Al presionar este botón se desplegará una nueva ventana en la cual se puede seleccionar "personalizar valores info".

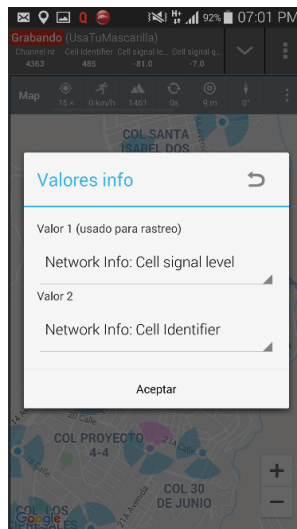
Figura 160. **Personalizar valores info**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Acá se puede ver que están configurados los dos valores que mostrados en pantalla.

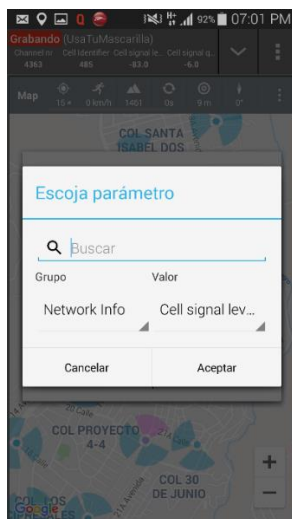
Figura 161. **Valores info**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Para este caso se buscará que muestre la velocidad de datos.

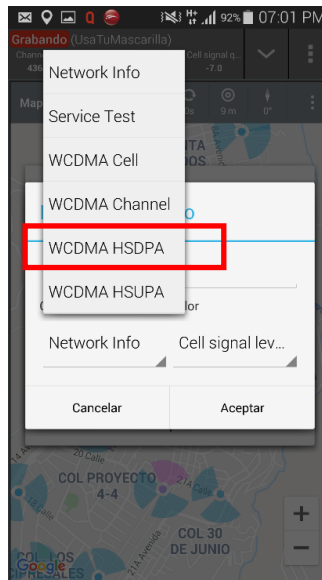
Figura 162. **Velocidad de datos**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Seleccionar “WCDMA HSDPA”.

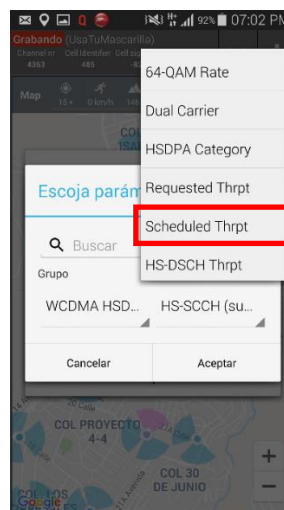
Figura 163. **WCDMA HSDPA**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Y seleccionar el “Scheduled Thrpt”.

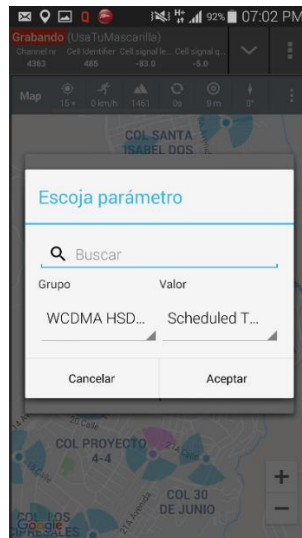
Figura 164. **Scheduled Thrpt**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se observará que ya está seleccionado en la pantalla y se dará aceptar.

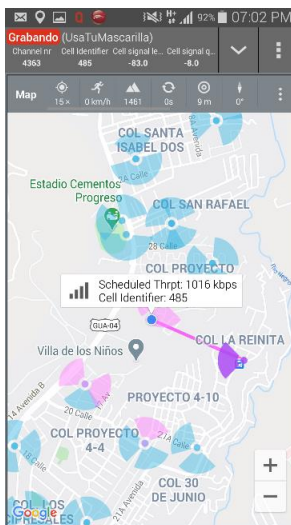
Figura 165. **Escoger parámetro**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Después de eso se verá que en pantalla en el modo gráfico mostrará la velocidad de descarga y el PSC al que está conectado el equipo.

Figura 166. **Velocidad de descarga y el PSC**

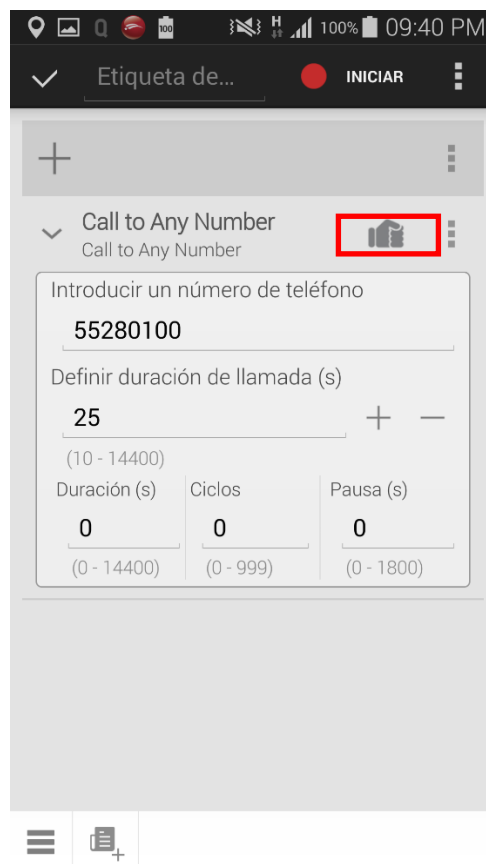


Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

4.4. Práctica 4: Forzado del equipo hacia otras tecnologías

Para forzar una tarea o un “job” a una banda específica se debe llegar hasta la configuración de la tarea, para este caso se utilizará la tarea de llamada para realizar pruebas de forzado del equipo, en la parte superior de la tarea donde aparece el nombre, en este caso como llamada “*call to any number*” hay una opción con una mano empuñada, se selecciona para que despliegue otra ventana de información.

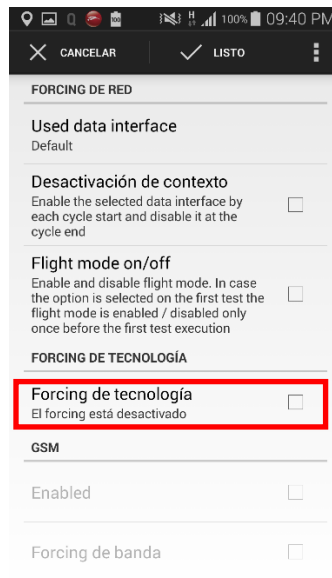
Figura 167. **Call to Any Number**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

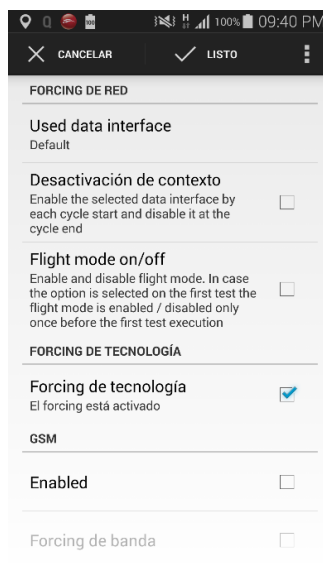
En esta nueva ventana se debe seleccionar la tercera opción “*Forcing de tecnología*” y al seleccionarla esta se activará.

Figura 168. ***Forcing de tecnología***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

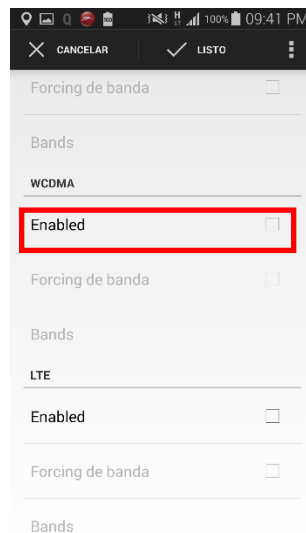
Figura 169. ***Forcing de tecnología***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

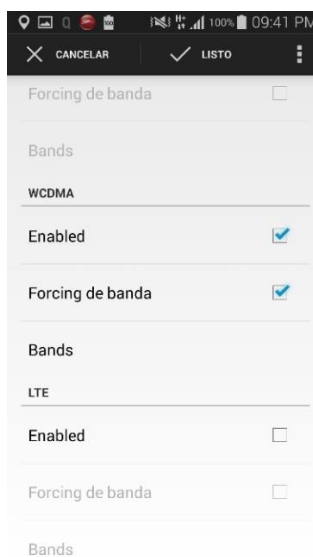
Desplazarse hasta llegar al apartado WCDMA y seleccionarlo para activarlo, luego seleccionar la opción “bands” para que despliegue un nuevo menú.

Figura 170. **Opción *bands***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

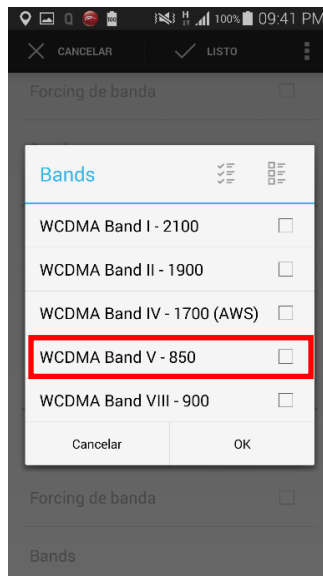
Figura 171. **Opción *bands***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

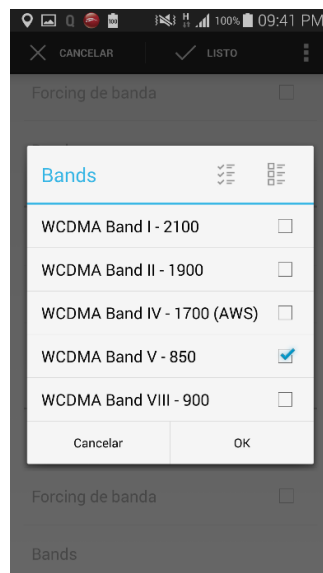
En el nuevo menú se debe seleccionar la banda a forzar, para este caso se selecciona la banda “WCDMA *Band V -850*” y se da aceptar.

Figura 172. **WCDMA *Band V -850***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 173. **WCDMA *Band V -850***



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se presiona listo en el botón superior derecho.

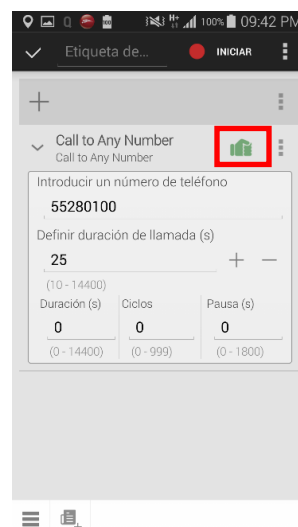
Figura 174. **Seleccionar listo**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Se vera la opción de forzado actividad ya que el icono de la mano empuñada este color verde.

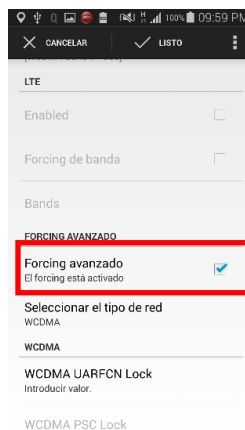
Figura 175. **Icono de mano empuñada de color verde**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

También se puede realizar un forzado más específico, dentro de una banda pueden existir diferentes portadoras a diferentes frecuencias, y se puede realizar un forzado por frecuencia y por PSC, para esto se regresa al menú de forzado en la tarea, deslizándose hasta la última opción, activarla y esta se llama “*forcing avanzado*”.

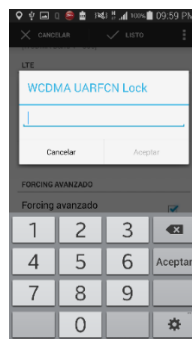
Figura 176. **Forcing avanzado**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Al activarse se desbloqueará la opción “WCDMA UARFCN Lock” que al seleccionar esta opción desplegará una nueva ventana que permitirá ingresar el número de UARFCN que se desea forzar el equipo.

Figura 177. **WCDMA UARFCN Lock**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

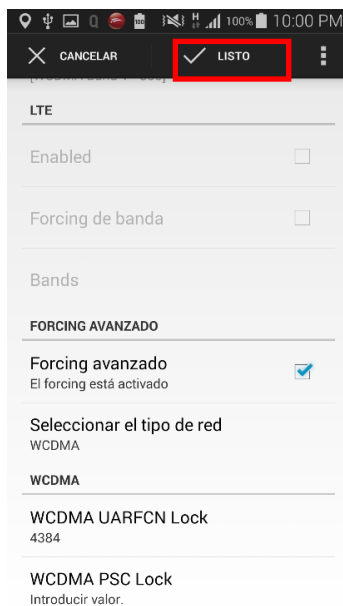
También se desbloqueará la opción de “WCDMA PSC Lock” que permitirá forzar el equipo a un PSC específico.

Figura 178. **WCDMA PSC Lock**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

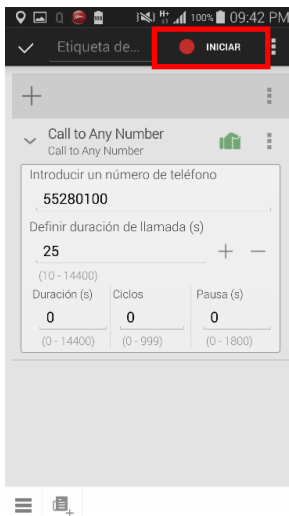
Figura 179. **WCDMA PSC Lock**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Después de haber configurado estos valores correctamente se puede iniciar la prueba en el botón iniciar.

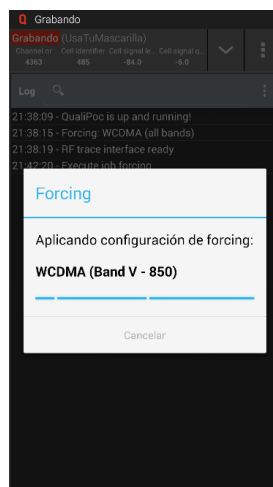
Figura 180. **Icono de mano empuñada de color verde**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Automáticamente desplegará una ventana donde se puede observar que el equipo está realizando el forzado hacia la banda escogida.

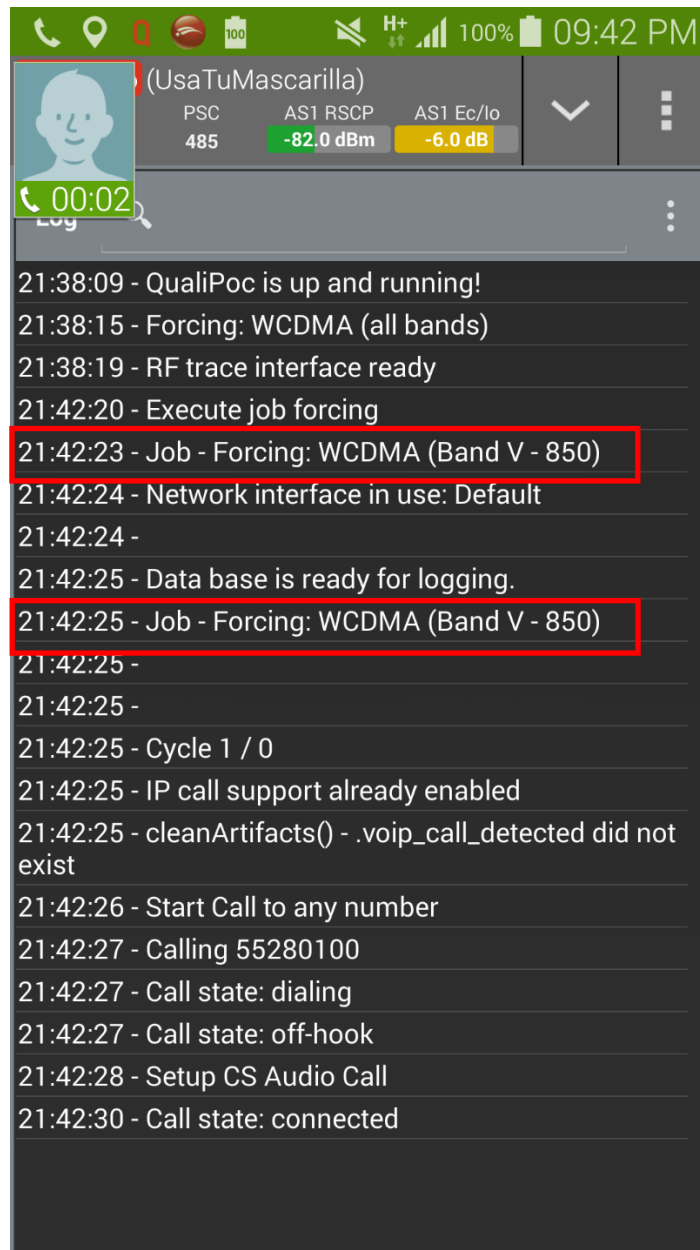
Figura 181. **Forzado hacia la banda**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

También en el monitor de *logs* se verá la indicación de forzado de la banda V – 850.

Figura 182. **Forzado de la banda V-850**



Fuente: elaboración propia, empleando QualiPoc.

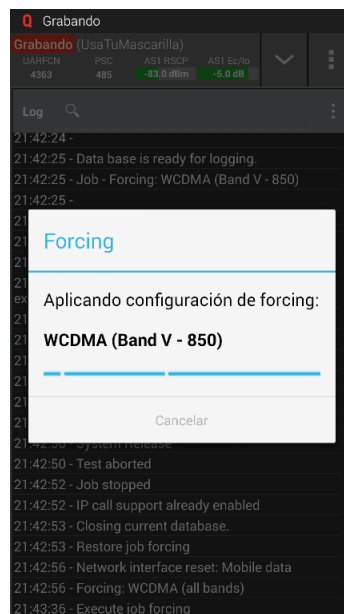
Este mismo proceso se puede aplicar para un *job* de datos.

Figura 183. **Job de datos**



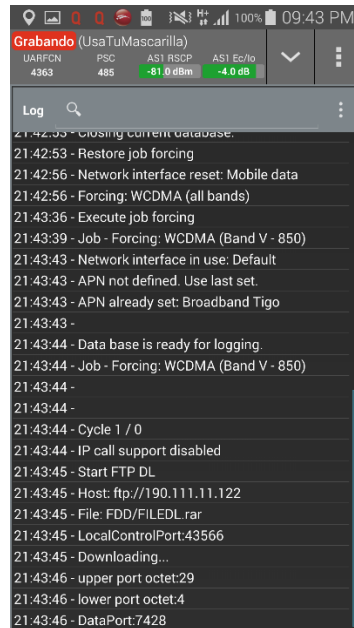
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 184. **Forcing**



Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

Figura 185. **Job de datos**



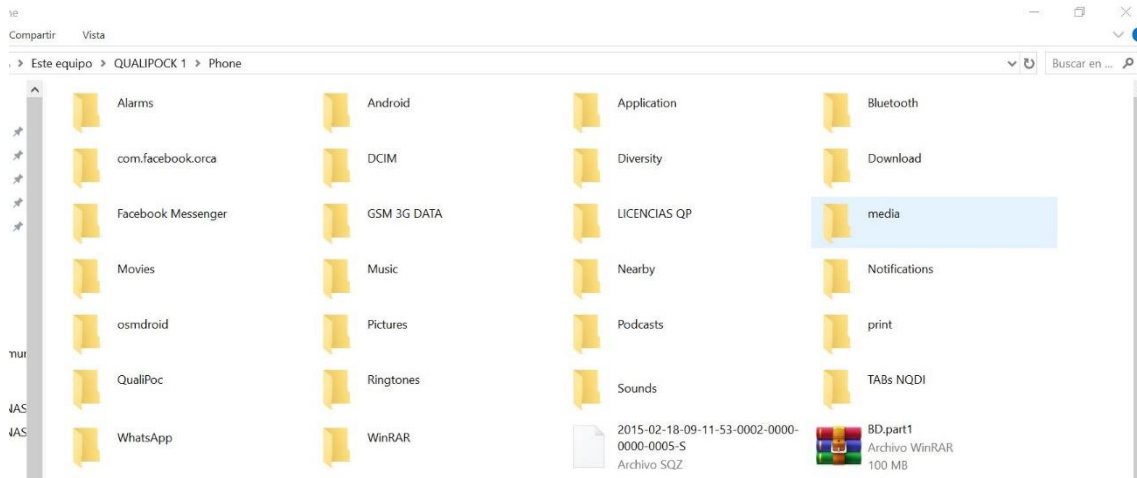
Fuente: elaboración propia, empleando Qualipoc.

4.5. **Práctica 5: Extracción y carga de logs y procesamiento de datos en NQDI®**

- Extracción de datos

Para extraer los logs del equipo se debe conectar el equipo de medición a la computadora por medio de cable USB, al conectar el equipo a la computadora y este lo reconozca como dispositivo de almacenamiento USB entrar a la memoria interna del equipo.

Figura 186. Memoria del equipo

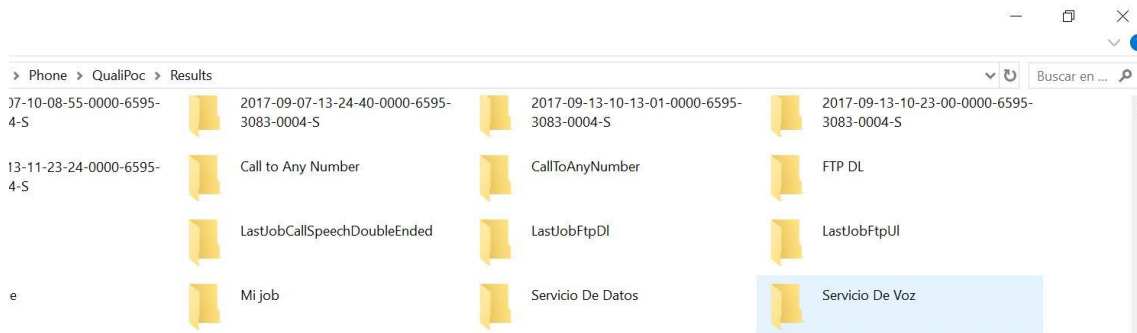


Fuente: elaboración propia, empleando *Screenshot* de Windows 10.

Para extraer los datos dirigirse a la siguiente dirección dentro del equipo: su computadora\Nombre del equipo\Phone\QualiPoc\Results.

Dentro de la carpeta de *results* se encontrará mucha información y variedad de carpetas, buscar el nombre de como creo los espacios de trabajo, para este caso las carpetas deben de llamarse “Servicio De Datos” y “Servicio de Voz”

Figura 187. Servicio De Datos y Servicio de Voz



Fuente: elaboración propia, empleando *Screenshot* de Windows 10.

Dentro de estas carpetas buscar un archivo con extensión *.MF* que será el que se deba cargar a la herramienta de postproceso.

- Carga de logs y procesamiento de datos en NQDI®

Para poder observar y realizar ya el análisis final se deben procesar los *logs* en el software especial para esta tarea la cual se muestra el procedimiento para realizar esto.

Figura 188. **NQDI**



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

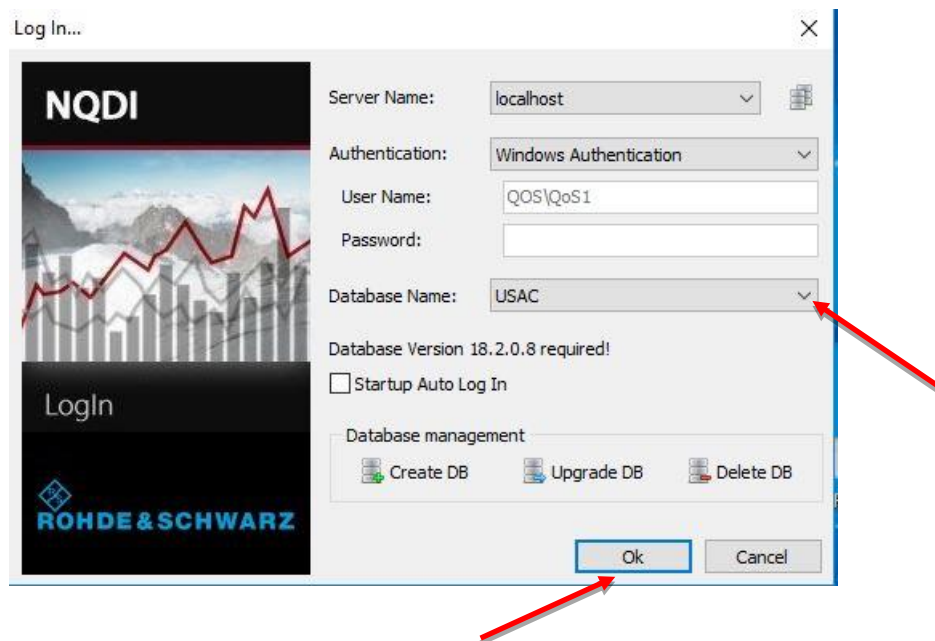
Se inicia el software llamado NQDI para el procesamiento de logs.

Figura 189. Carga del software por primera vez



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

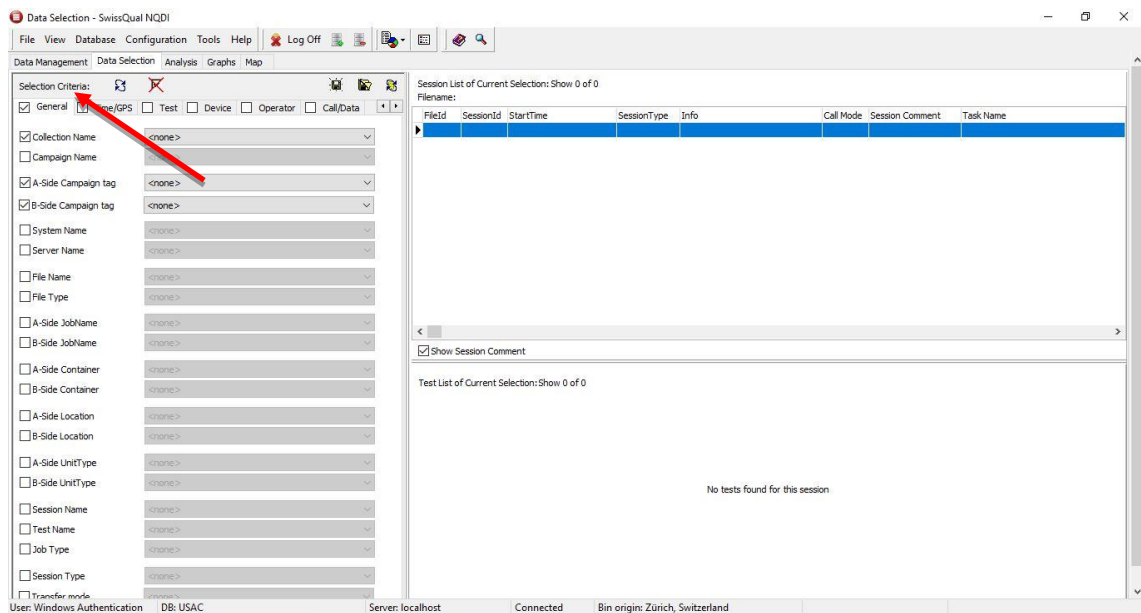
Figura 190. Selección de la base de datos y arranque el software



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Para esta actividad hay una base de datos donde se guardará toda la información que se procese esta base de datos se le llamo *USAC* para identificar y trabajar de forma más ordenada la actividad.

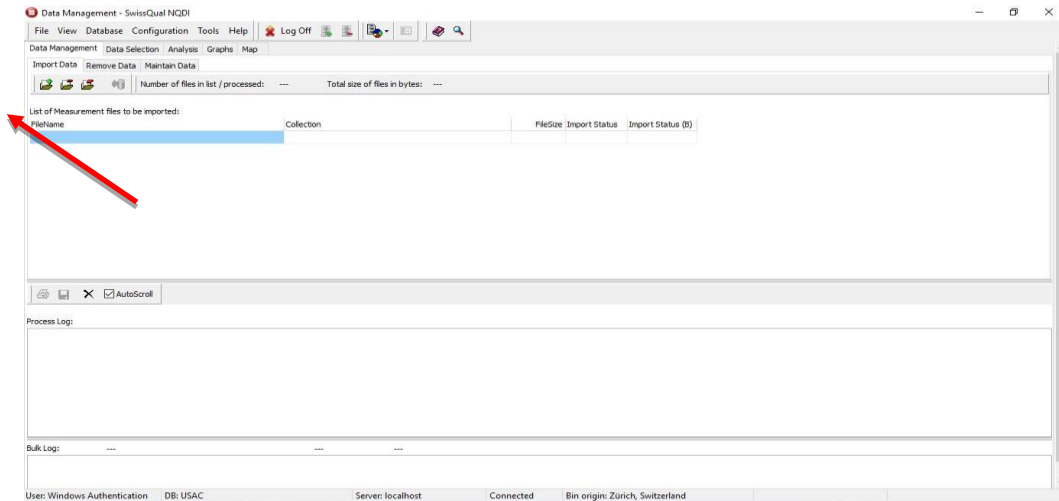
Figura 191. Pantalla de inicio del software



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Al arrancar ya el software se deberá cargar los *logs* para este caso se selecciona la pestaña *Data Management*.

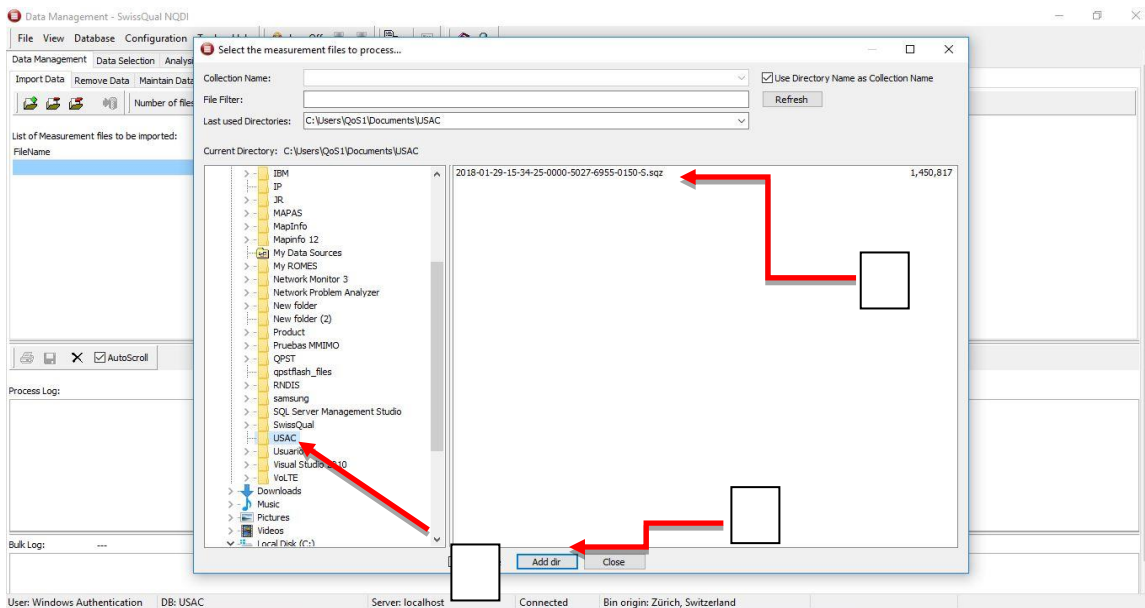
Figura 192. Pantalla *Data Management*



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Se selecciona la opción de carga de datos y se debe buscar los *logs* que se extrajeron del equipo de medición.

Figura 193. Pantalla de carga de *logs*



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Después de realizar la carga se debe indicar al software que inicie el procesamiento del *log*.

Figura 194. Pantalla de procesamiento de *logs*

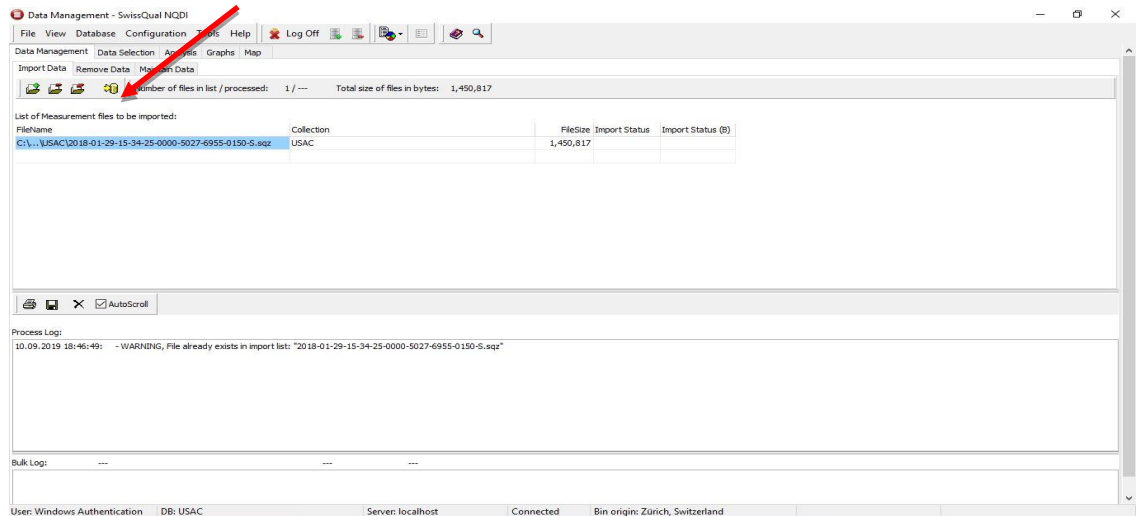
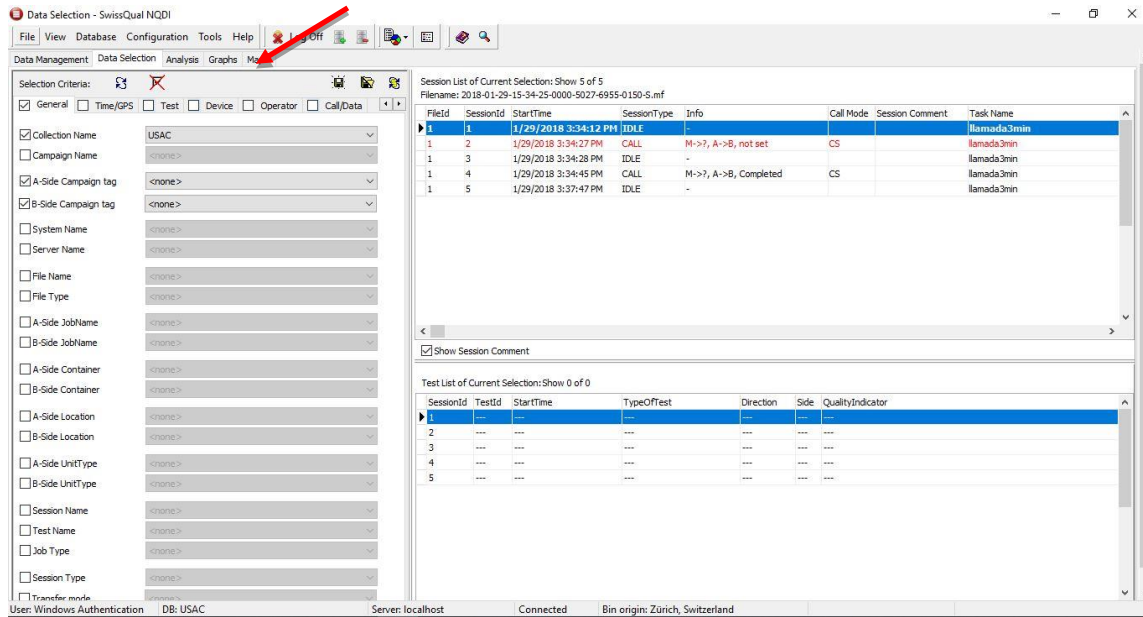


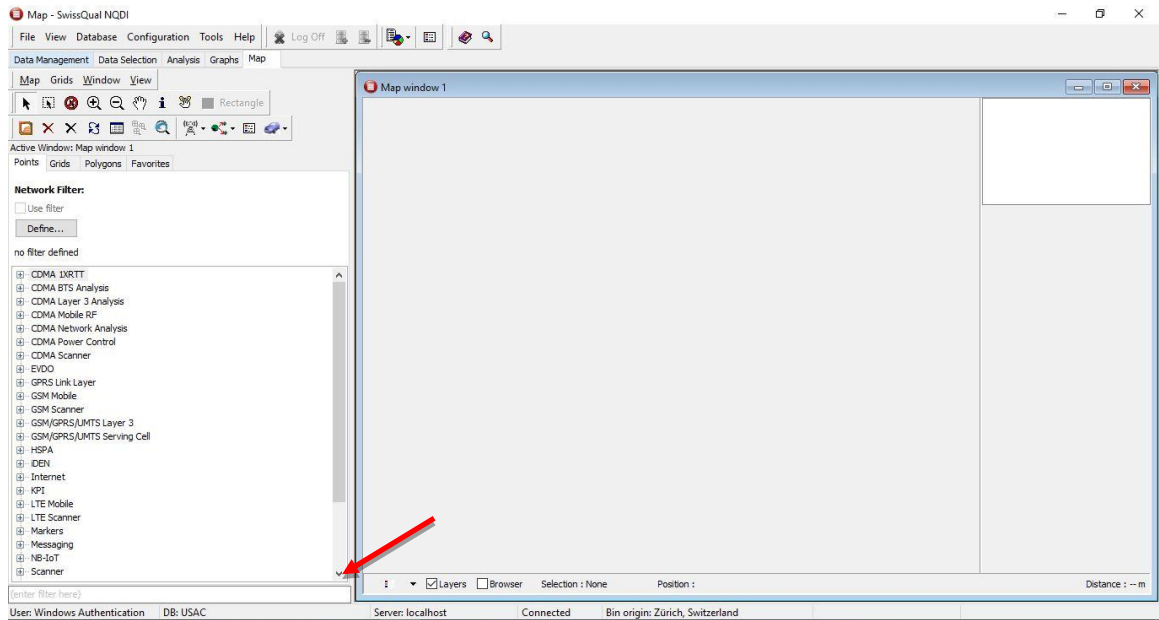
Figura 196. Pantalla de carga de base de datos 2



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

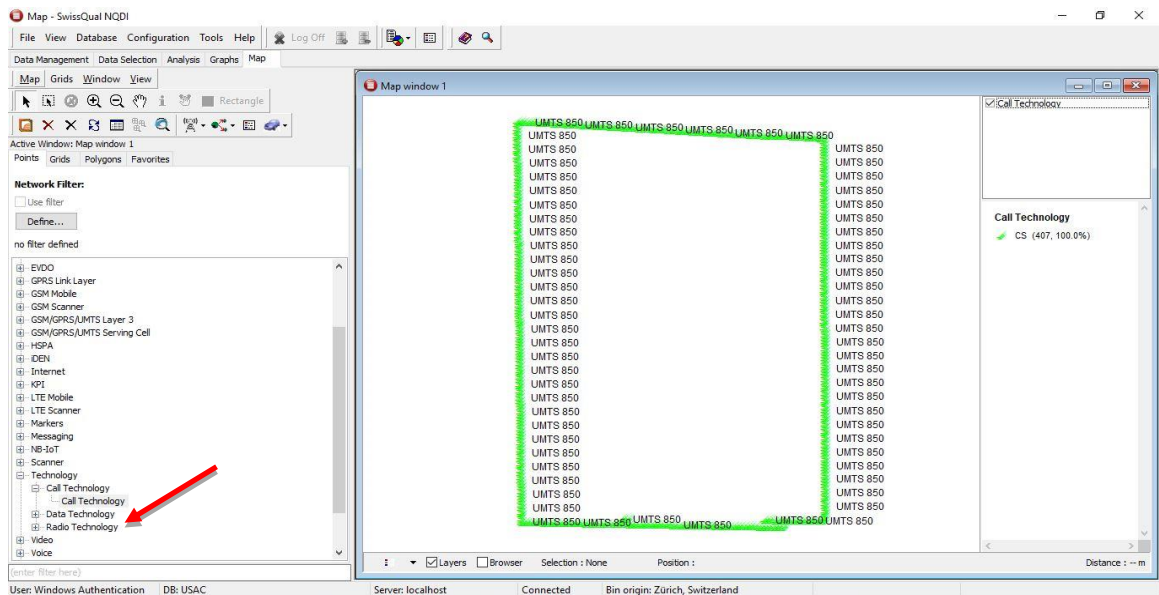
En la imagen anterior se ve como cargar la base de datos que ya se procesó, después de esto se cargará dicha base de datos con nombre USAC y se podrá generar los datos de manera visual.

Figura 197. Pantalla de visualización de los *plots*



Fuente: elaboración propia, con el software NQDI.

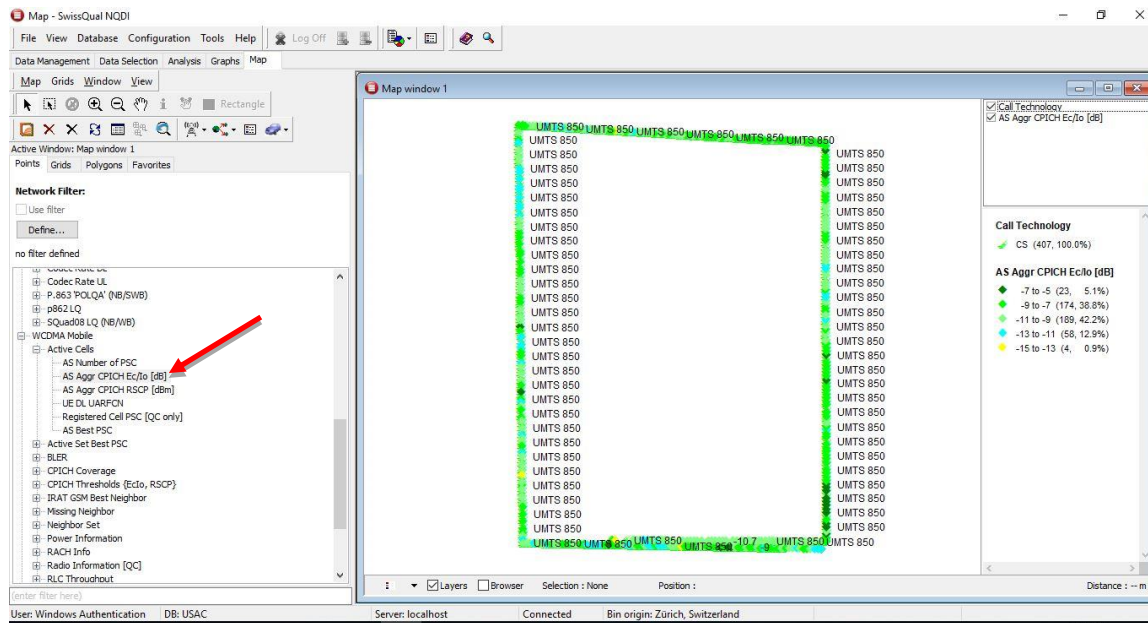
Figura 198. Pantalla de visualización de los *plots* 1



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Para desplegar la información bastará con realizar doble click en el *plot* deseado a ver para que cargue la información y aparezca ya en pantalla, en este caso se puede observar que la tecnología en que se generó la llamada fue en la frecuencia 850 Mhz que es donde este operador trabaja.

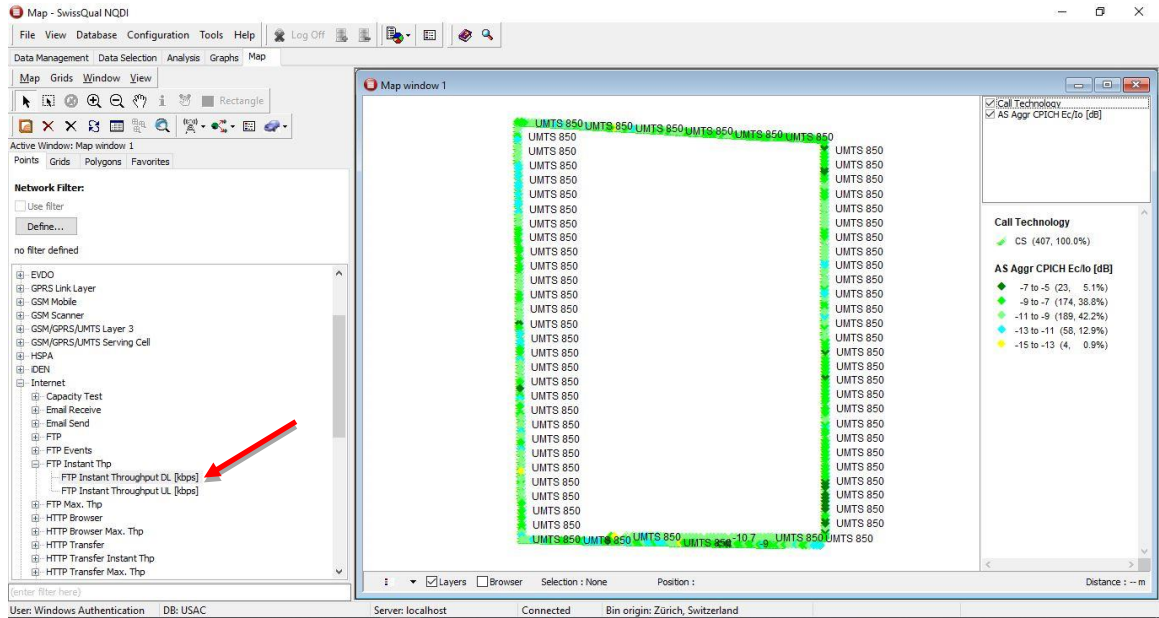
Figura 199. Pantalla de visualización de los *plots* 2



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Si se desea ver el *plot* de la calidad de llamada bastará con hacer doble click sobre esta opción y se podrá ver.

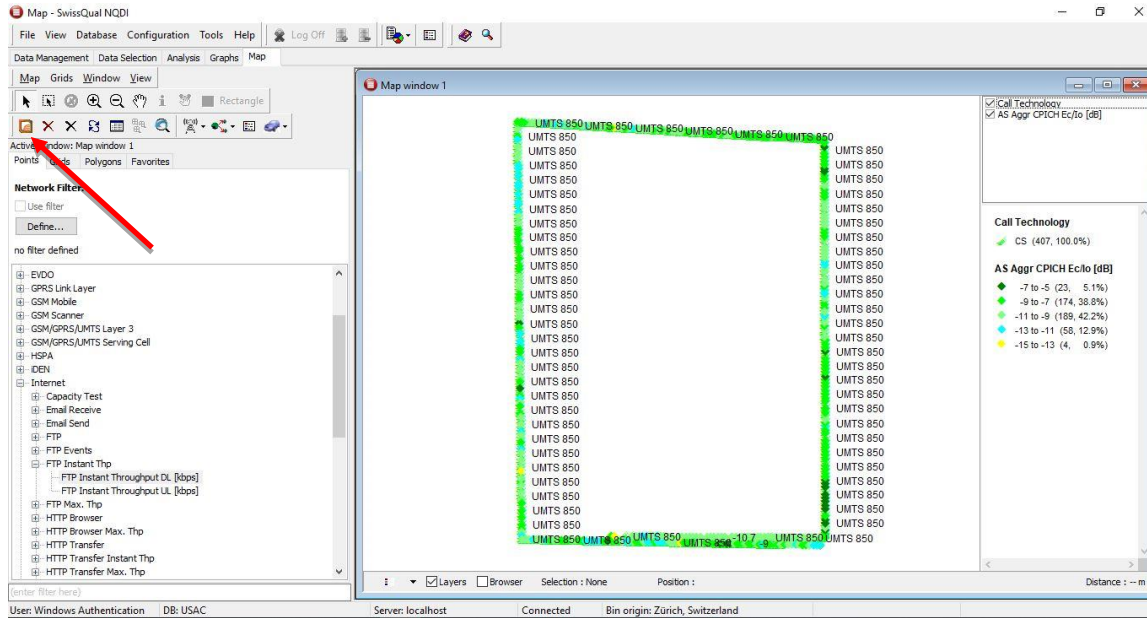
Figura 200. Pantalla de visualización de los *plots* 3



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Como esta actividad trabajo el servicio de datos, para desplegar esta información, se busca en el apartado *Internet* y después al *FTP Instant Thp* y allí se podrá ver esta información.

Figura 201. Pantalla de visualización de los *plots* 4



Fuente: elaboración propia, empleando NQDI.

Para guardar la información y exportarla a un programa de análisis de datos llamado mapinfo se debe seleccionar el botón que arriba se indica y el programa exportará la información al programa para ser guardada.

4.6. Práctica 6: Análisis de resultados en MapInfo Pro™

Mapinfo es el Software y utilizado para mapeo y análisis de información, el cual servirá para ver los datos obtenidos de las mediciones.

Se debe abrir el software Mapinfo, el icono variará dependiendo de la versión a utilizar.

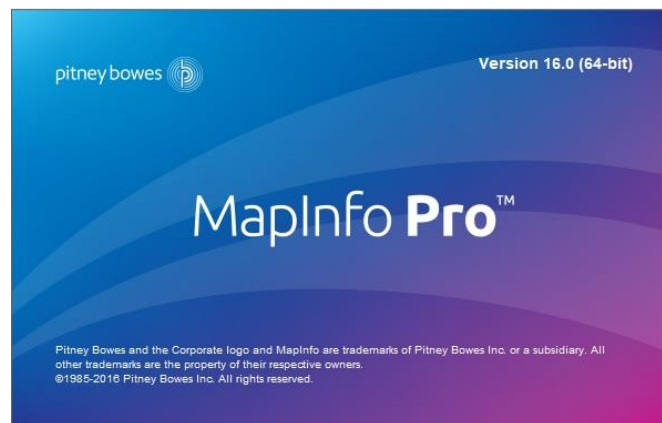
Figura 202. **Icono Mapinfo**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Para este caso se utilizará la versión 16, pero esta práctica es válida para versiones anteriores.

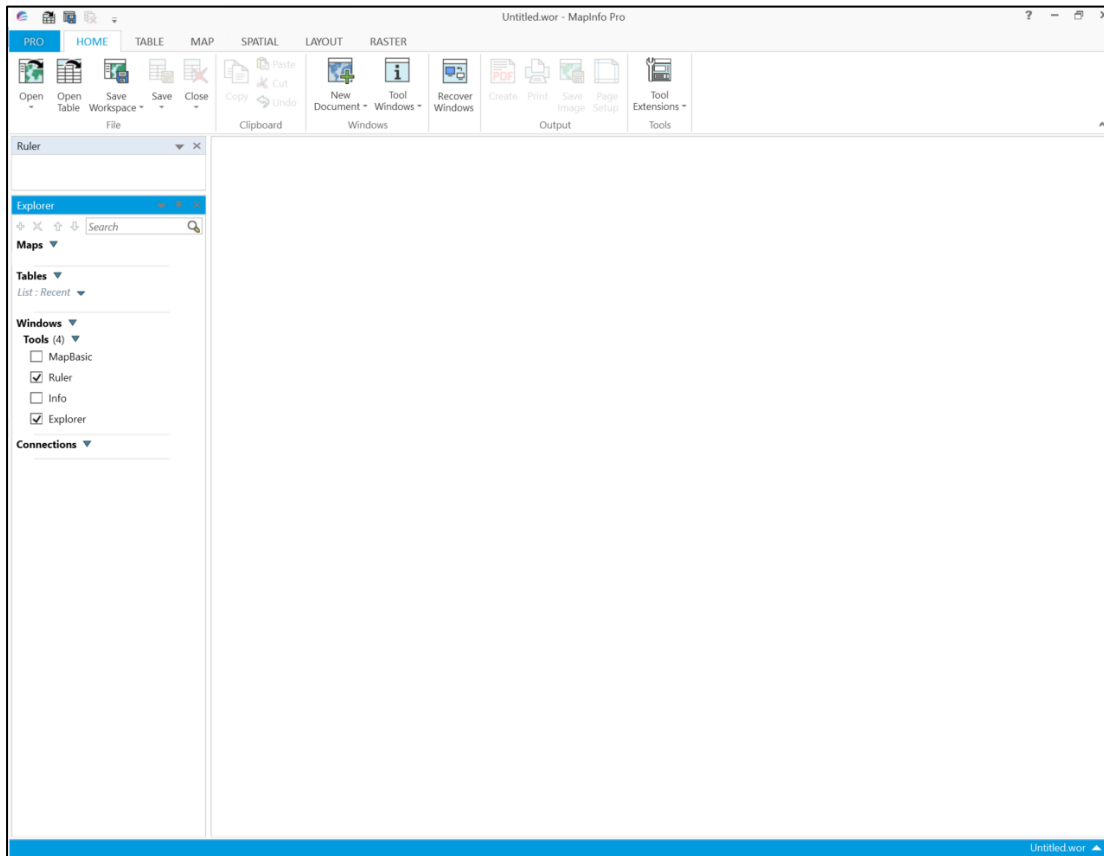
Figura 203. **Mapinfo versión 16**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Al abrirlo se tendrá la pantalla principal

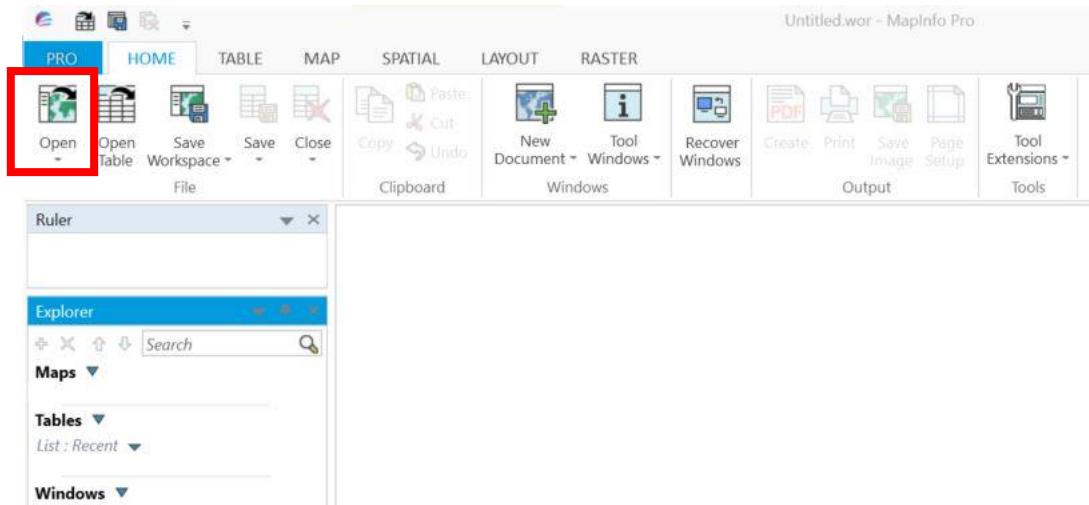
Figura 204. Pantalla principal Mapinfo



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

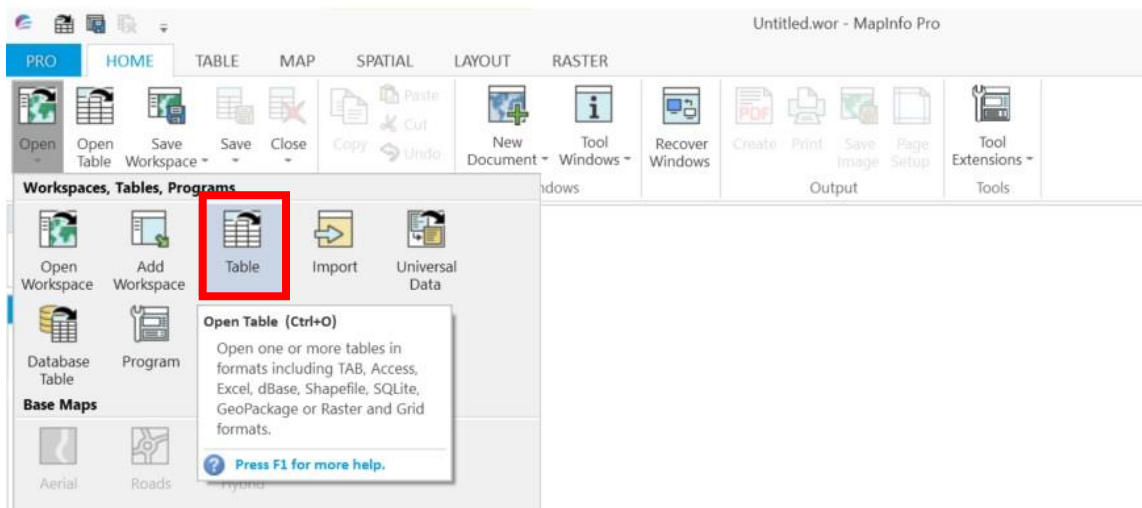
los archivos generados por el procesador deben estar ya guardados en la computadora en extensión .tab, para cargar esta información se debe hacer click en “open” y “table”.

Figura 205. **Click en *open***



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

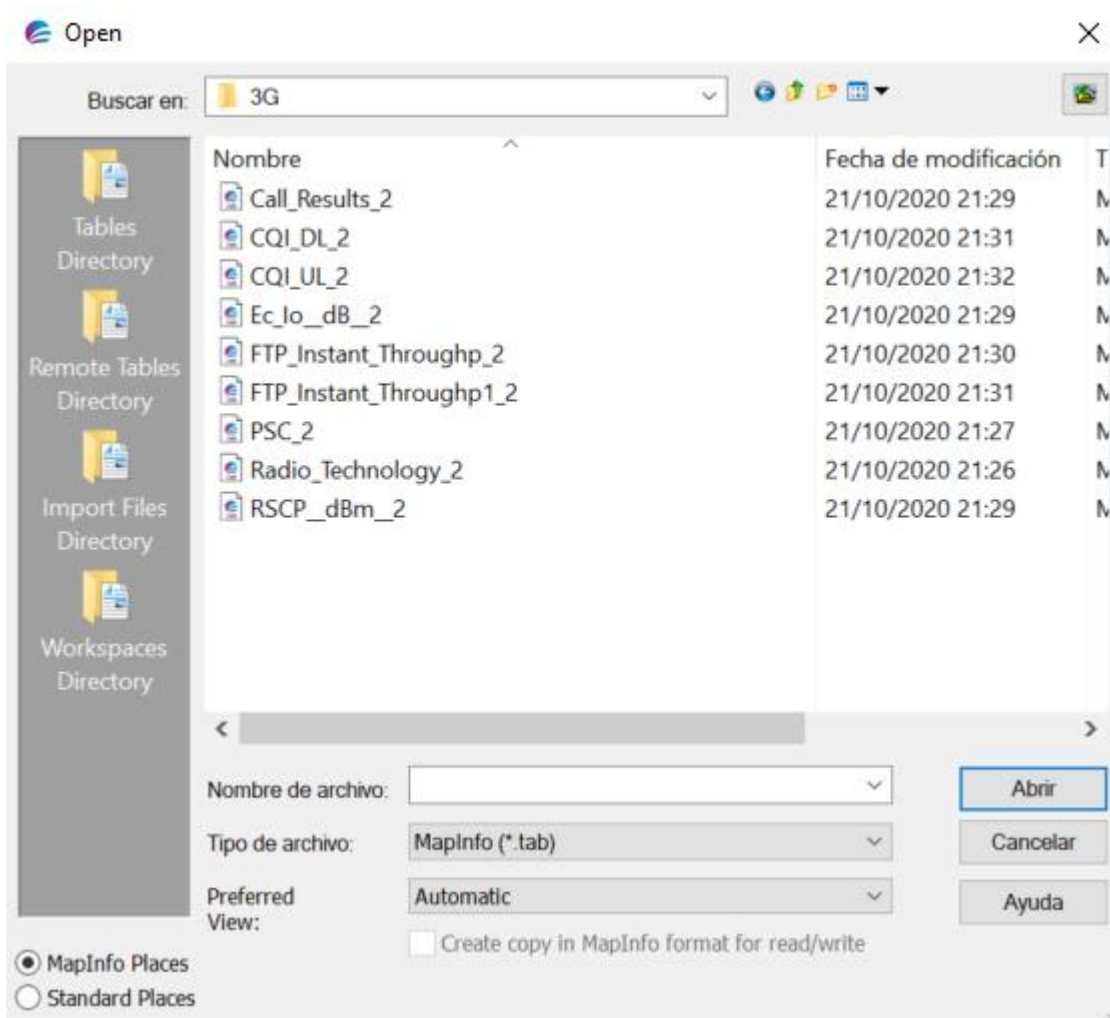
Figura 206. **Click en *table***



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Se abrirá una ventana y allí se debe cargar los *tabs* guardados en el equipo.

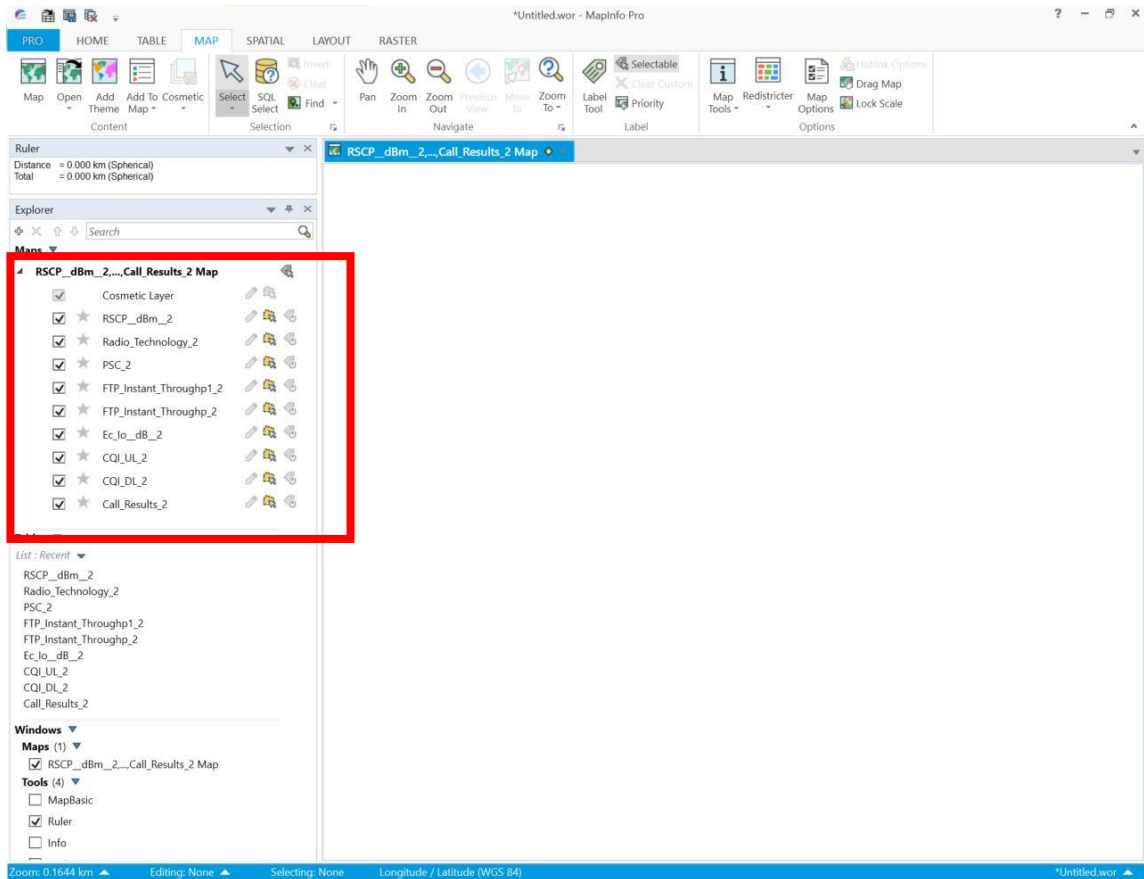
Figura 207. Carga de *tabs*



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Se puede realizar la carga de varios. *tabs* al mismo tiempo solo seleccionarlos y darle al botón abrir.

Figura 208. Opción abrir

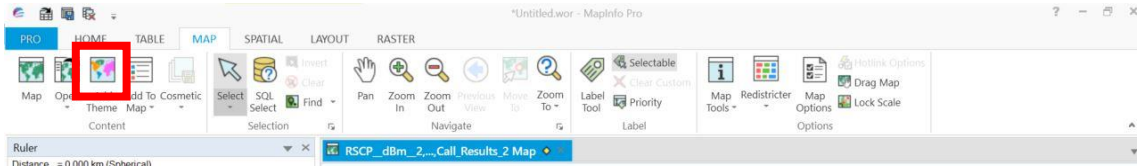


Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Se sabrá que ya se tienen cargados los archivos al ver que aparecen ya los nombres con que fueron guardados los archivos en la sección *maps* del menú “*explorer*”, pero acá aun no aparece información visible.

Para poder ver ya los puntos de información, se debe crear un mapa temático donde se podrá escoger el rango de valores para ver los datos, para eso se debe hacer click en la opción “*add Theme*”

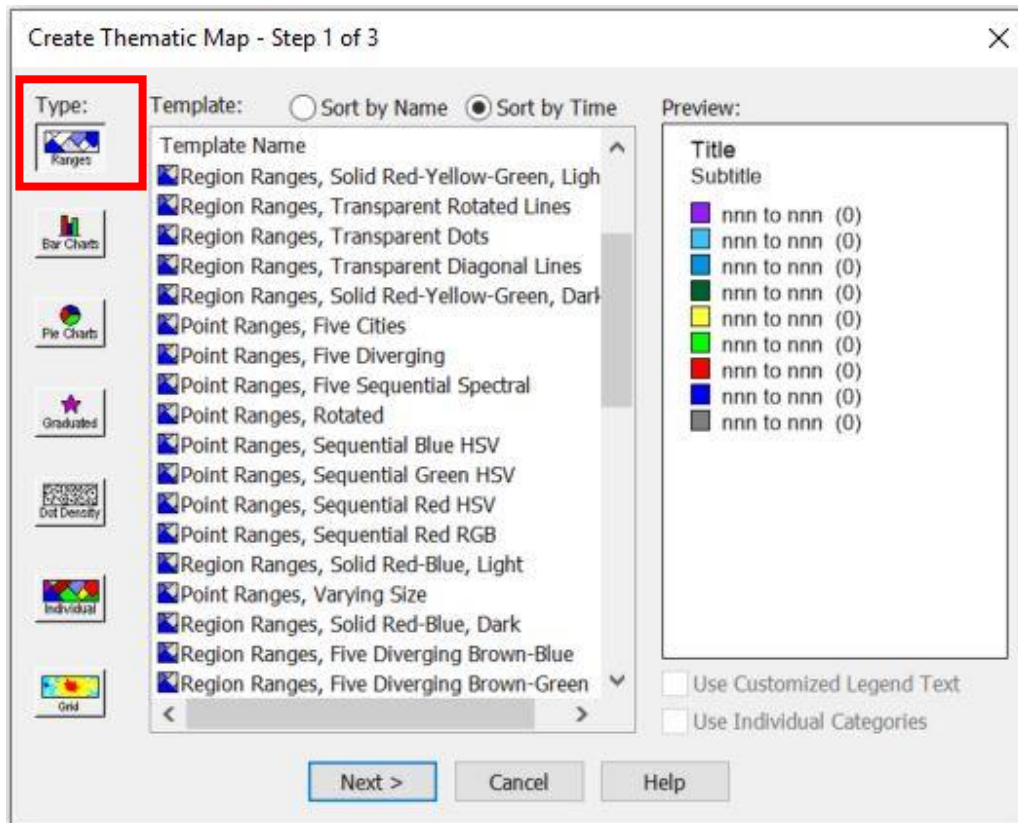
Figura 209. Click en *add Theme*



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Y desplegará una nueva ventana donde se podrá tener claro que información se puede plotear, por ejemplo, para este caso se ploteará la velocidad de descarga de datos, para esta información se podrá escoger la sección “*ranges*”.

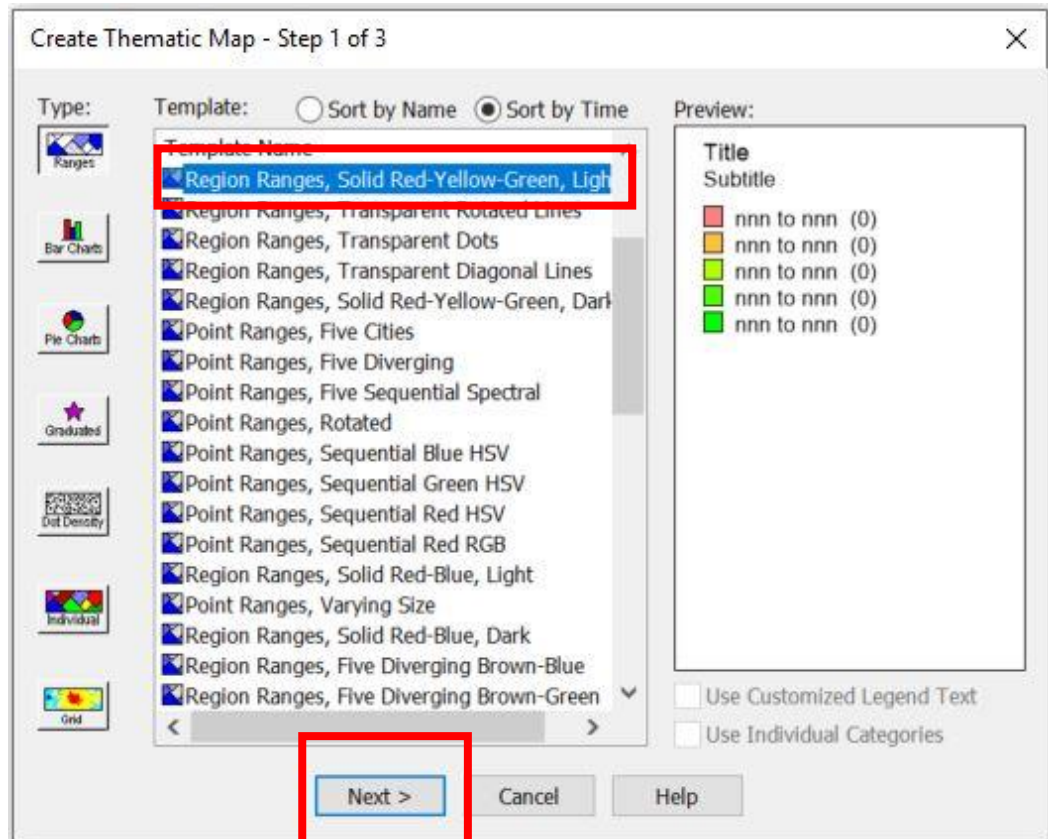
Figura 210. Sección *ranges*



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Y se escoge la plantilla, “región *ranges, solid*” y se da al botón *Next*

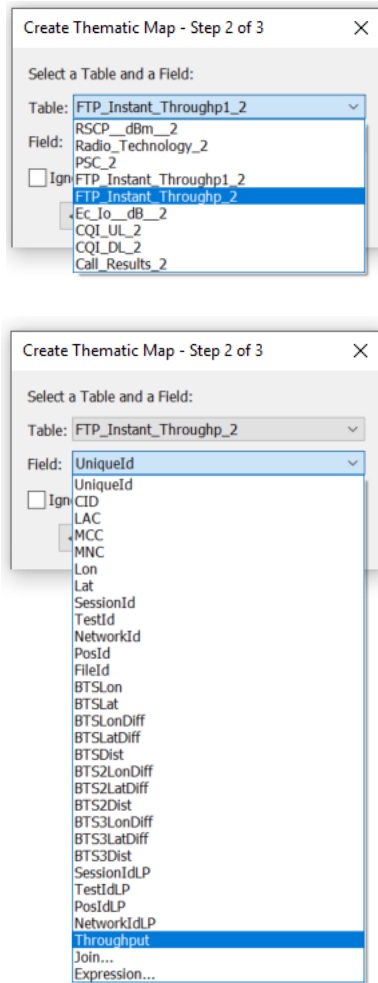
Figura 211. **Región *ranges, solid***



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

En este paso preguntara que tipo de información se quiere trabajar, (se debe recordar que hasta el momento no se le ha dado las instrucciones al software que se trabajará velocidad de descarga de datos). Se escogerá la tabla *FTP_Instant_throughput_2* y el campo *Throughput* y se seleccionará el botón “*next >*” (el campo “*ignore Zeroes or Blanks*” debe quedar desactivado ya que esta opción descarta aquellos valores que sean cero o estén en blanco, pero una conexión a internet puede haber velocidad de descarga 0 y no se puede descartar ese valor).

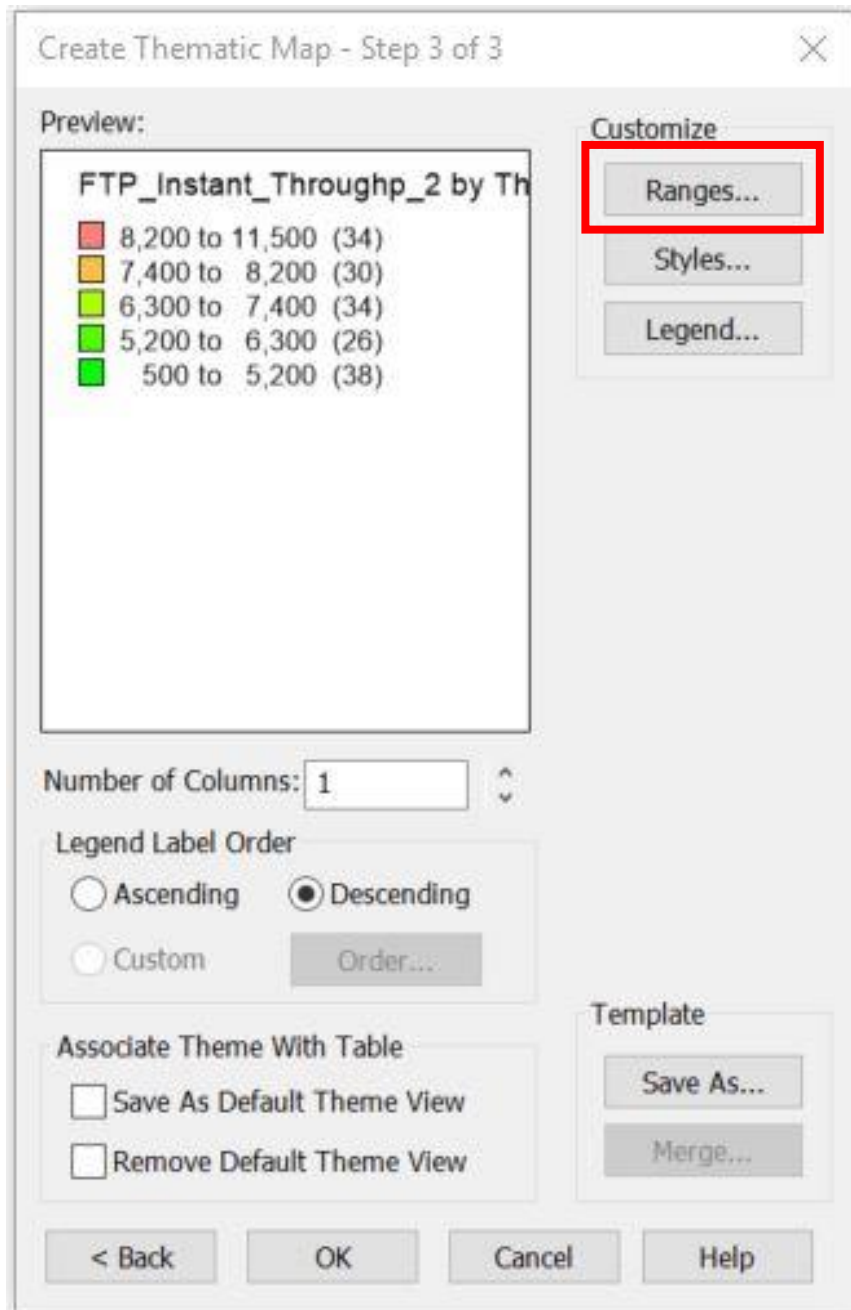
Figura 212. **Tabla FTP_Instant_throughput_2 y el campo Throughput**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

En la siguiente opción se debe crear los rangos de valores que se quieran ver en la pantalla, al ser una medición de datos se debe escoger un rango de valores que no puedan servir para identificar los puntos de velocidad de descarga baja y puntos con valores de descarga altos, para hacer esta modificación se usa la opción “*ranges*”

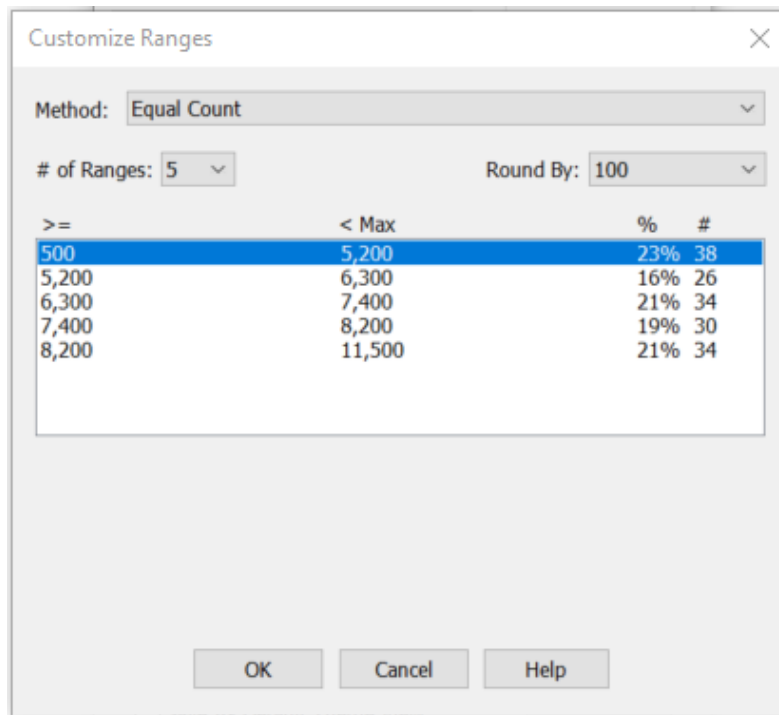
Figura 213. Creación de rangos de valores



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Al seleccionar esta opción se desplegará otra ventana

Figura 214. Desplegado de otra ventana 1



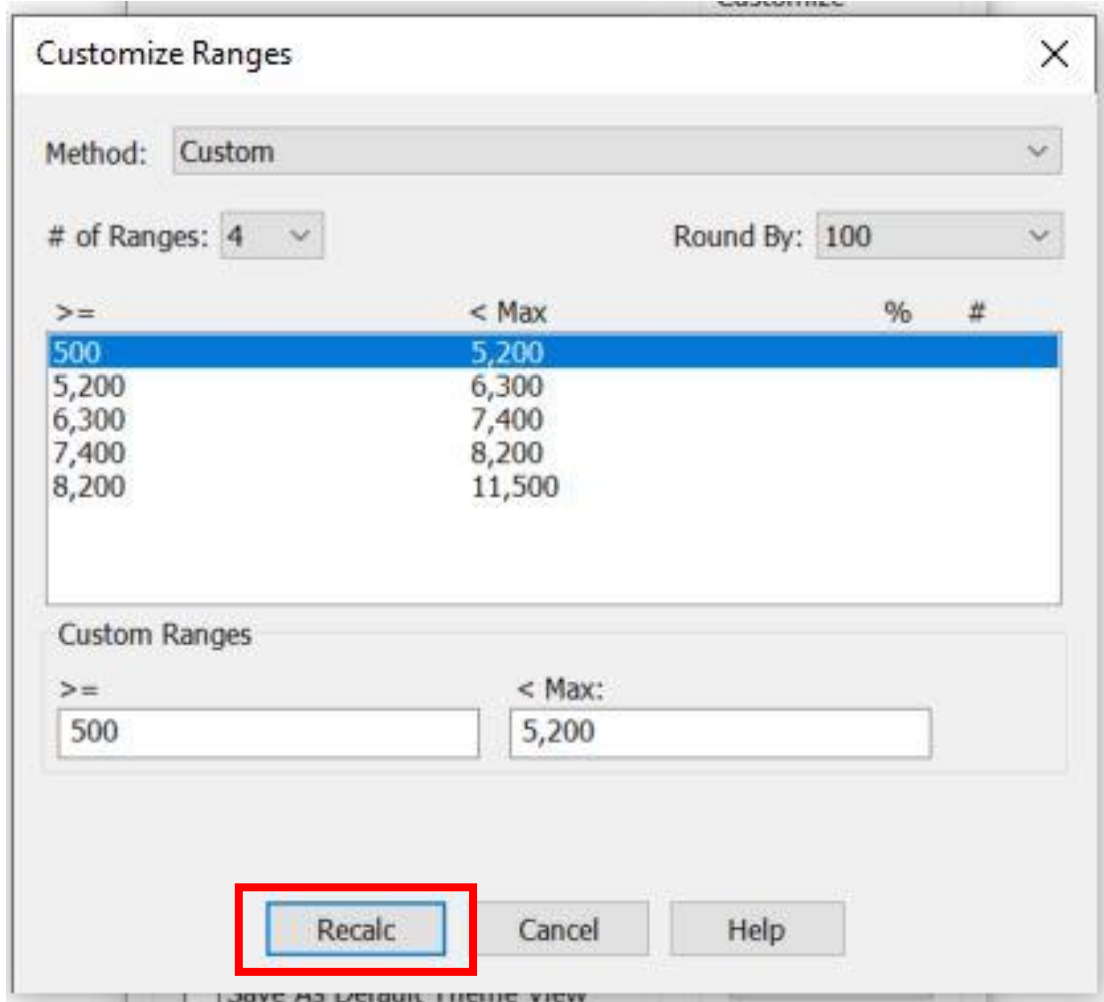
Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Para esta práctica se utilizará 4 rangos comprendidos de la siguiente manera:

- 0 a 512mbps
- 512 a 1024mbps
- 1024 a 2048 mbps
- 2048 mbps en adelante

Para eso se debe seleccionar en el campo “*Method*” la opción “*custom*” y en la opción “*# of ranges*” el número 4 se da click en el botón que habilitado después de ejecutar estos cambios “*recalc*” y hará el cambio a cuatro rangos.

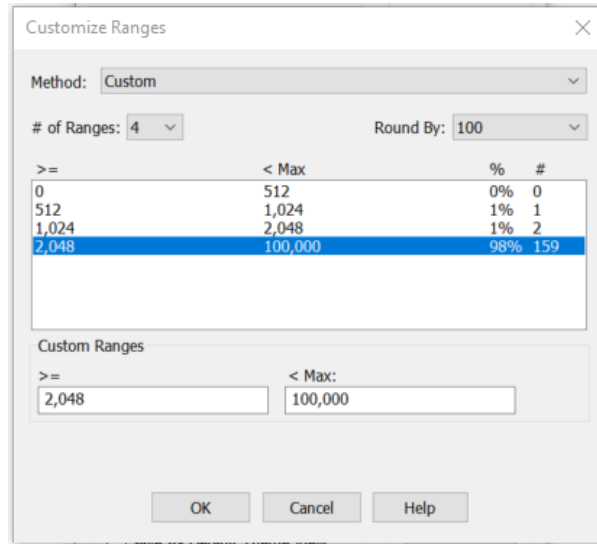
Figura 215. Desplegado de otra ventana 2



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

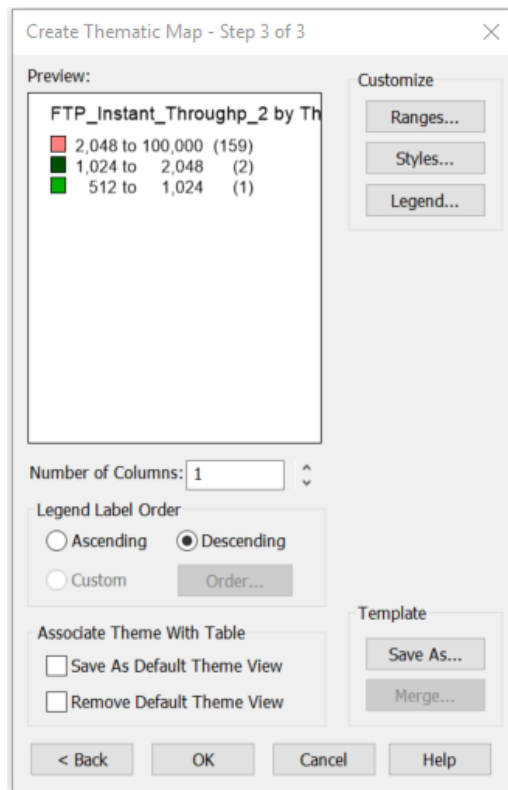
Generará 4 rangos y se podrá cambiar los valores manualmente, se seleccionará el botón "recalc" nuevamente y se verá la distribución, dar click en el botón "OK"

Figura 216. **Distribución**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Figura 217. **Vrate Thematic Map**

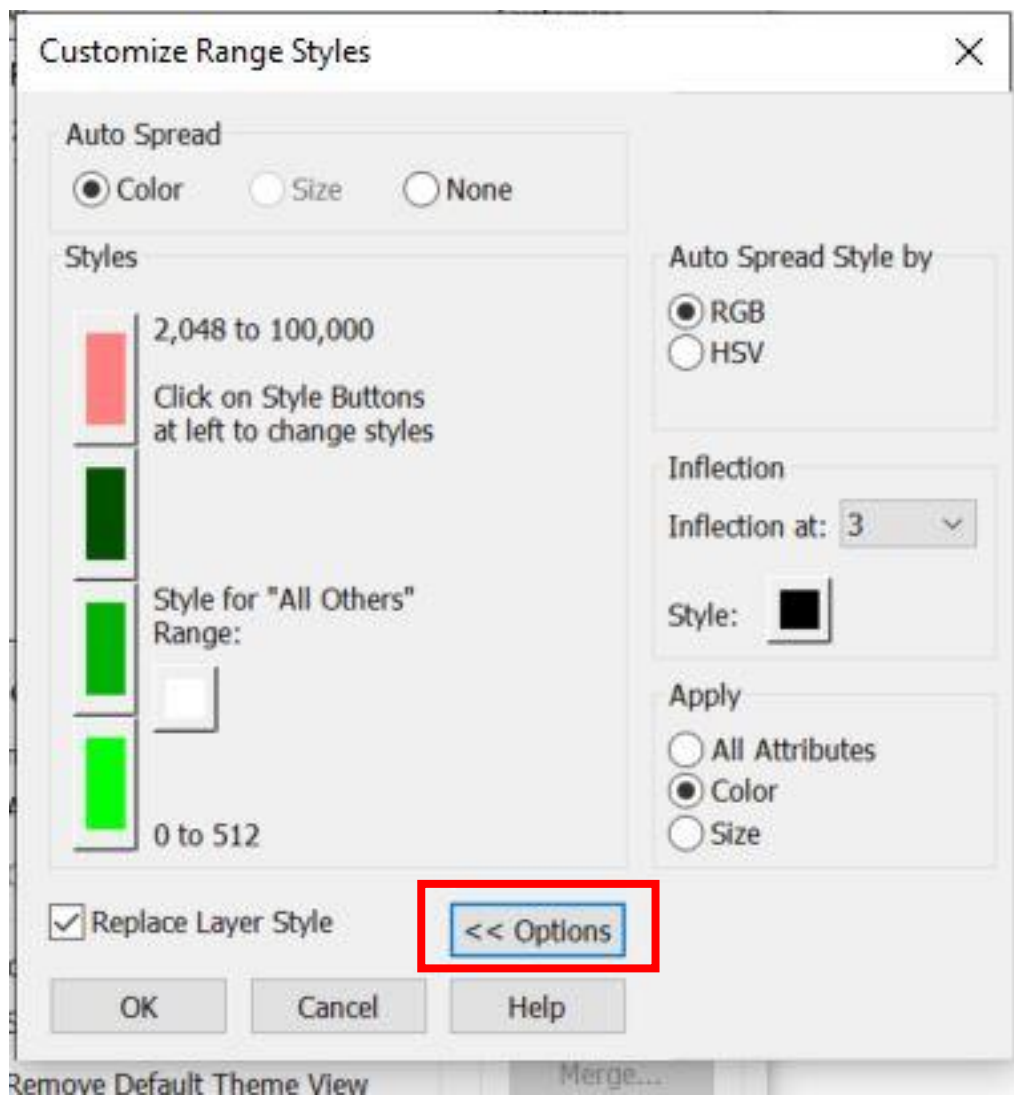


Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

La distribución quedará con tres categorías, ¿Por qué si se eligió 4?, la respuesta es porque en la medición no hay valores comprendidos entre 0 a 512 entonces la herramienta no muestra ese rango ya que no existe.

Para cambiar los colores a los rangos, se selecciona el botón “*styles*” y desplegará una ventana, en esta ventana se debe dar click en el botón “*options >>*”

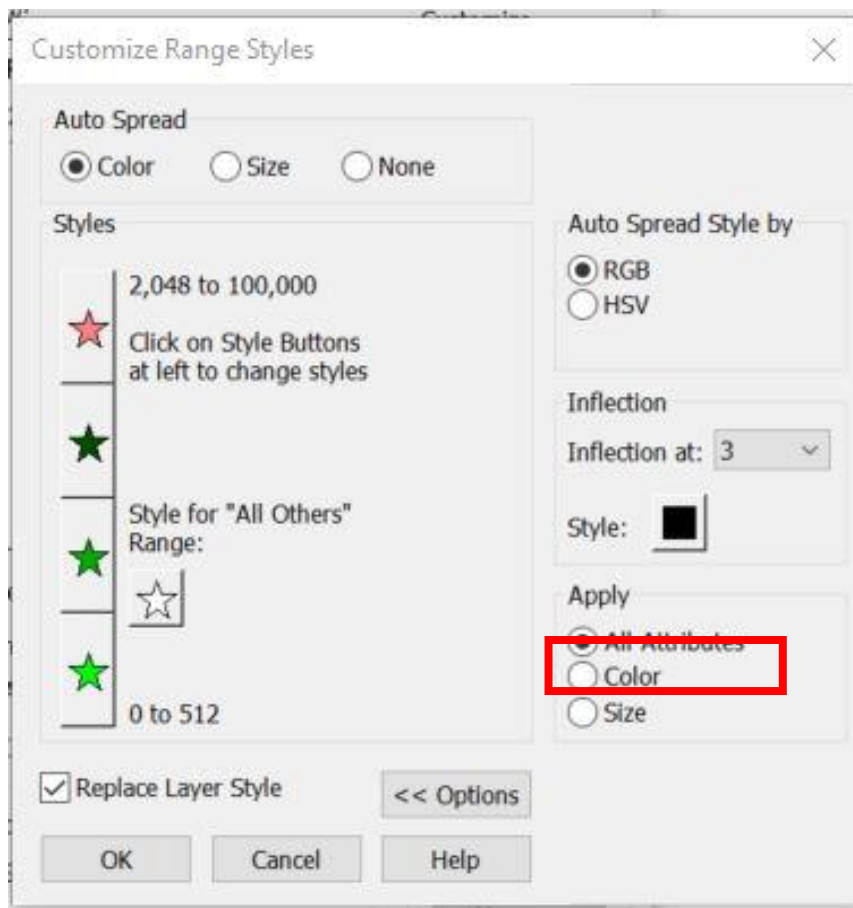
Figura 218. **Styles**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Y se desplegará más opciones, acá se debe escoger la opción “*all attributes*” en el apartado “*apply*”.

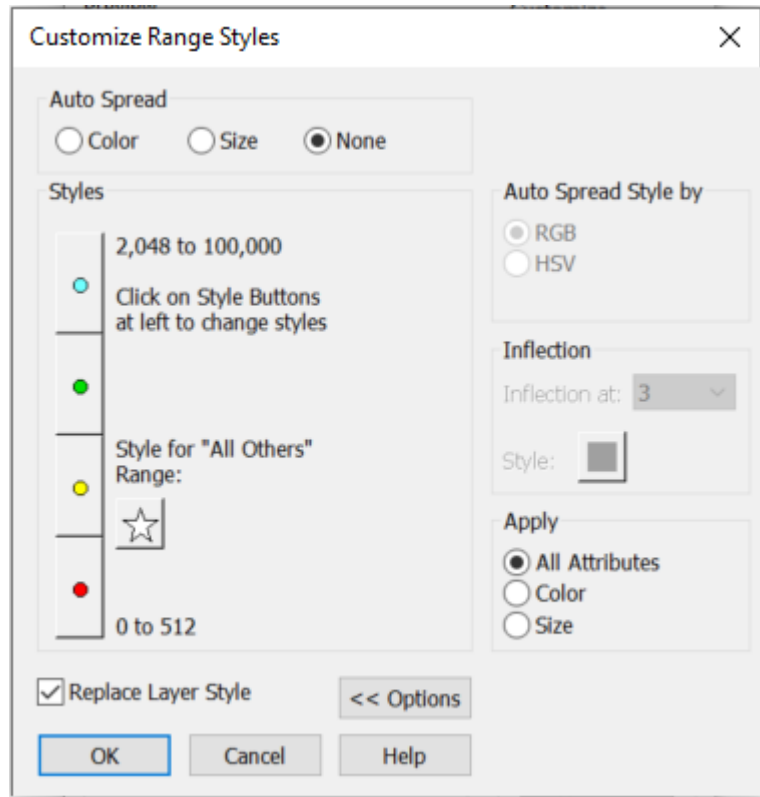
Figura 219. **All Attributes**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Y partir de allí se puede cambiar la figura, el color y tamaño de fuente de la distribución con hacer clic en cada una de las estrellas, allí se desplegará una nueva ventana donde se escogerá formas y colores para cada distribución cambiar el tamaño de fuente al más pequeño posible ya que si se deja una fuente muy grande no se podrá apreciar todos los valores correctamente, al finalizar cada selección de colores y formas se da clic en el botón *OK* y al terminar de cambiar todas las formas de nuevo clic en el botón *OK*.

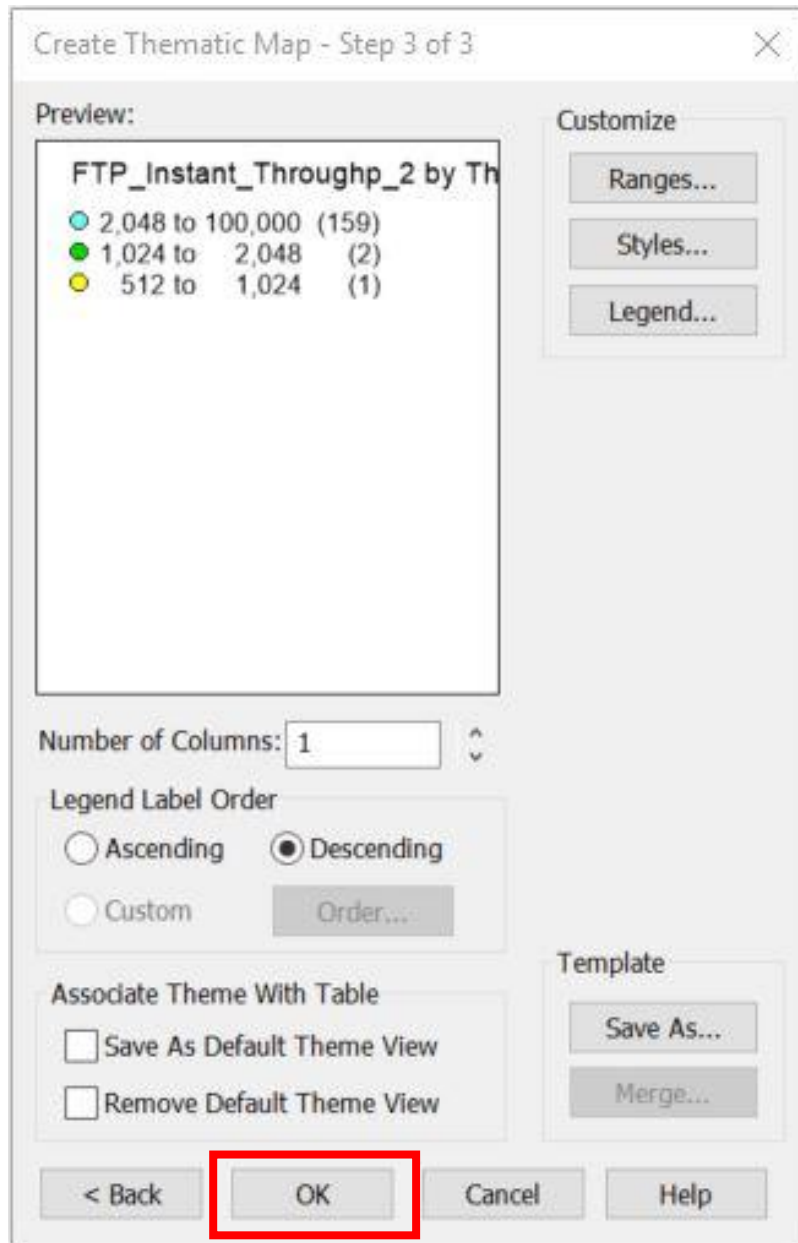
Figura 220. Selección de atributos 1



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Se regresa nuevamente a la ventana de crear temático paso 3 y se da click en el botón *OK* para finalizar la creación del temático.

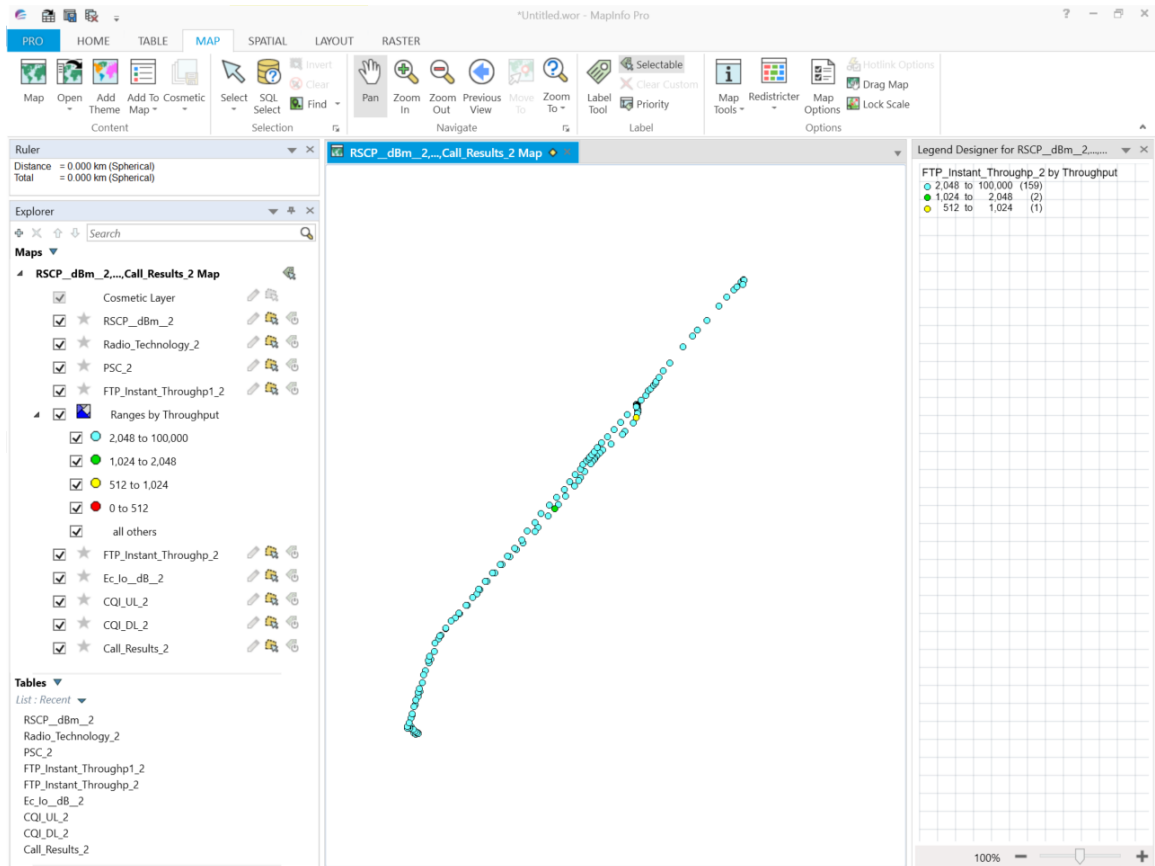
Figura 221. Selección de atributos 2



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Al dar finalizar, comenzará la herramienta a trabajar en el mapa temático y al finalizar mostrará la información.

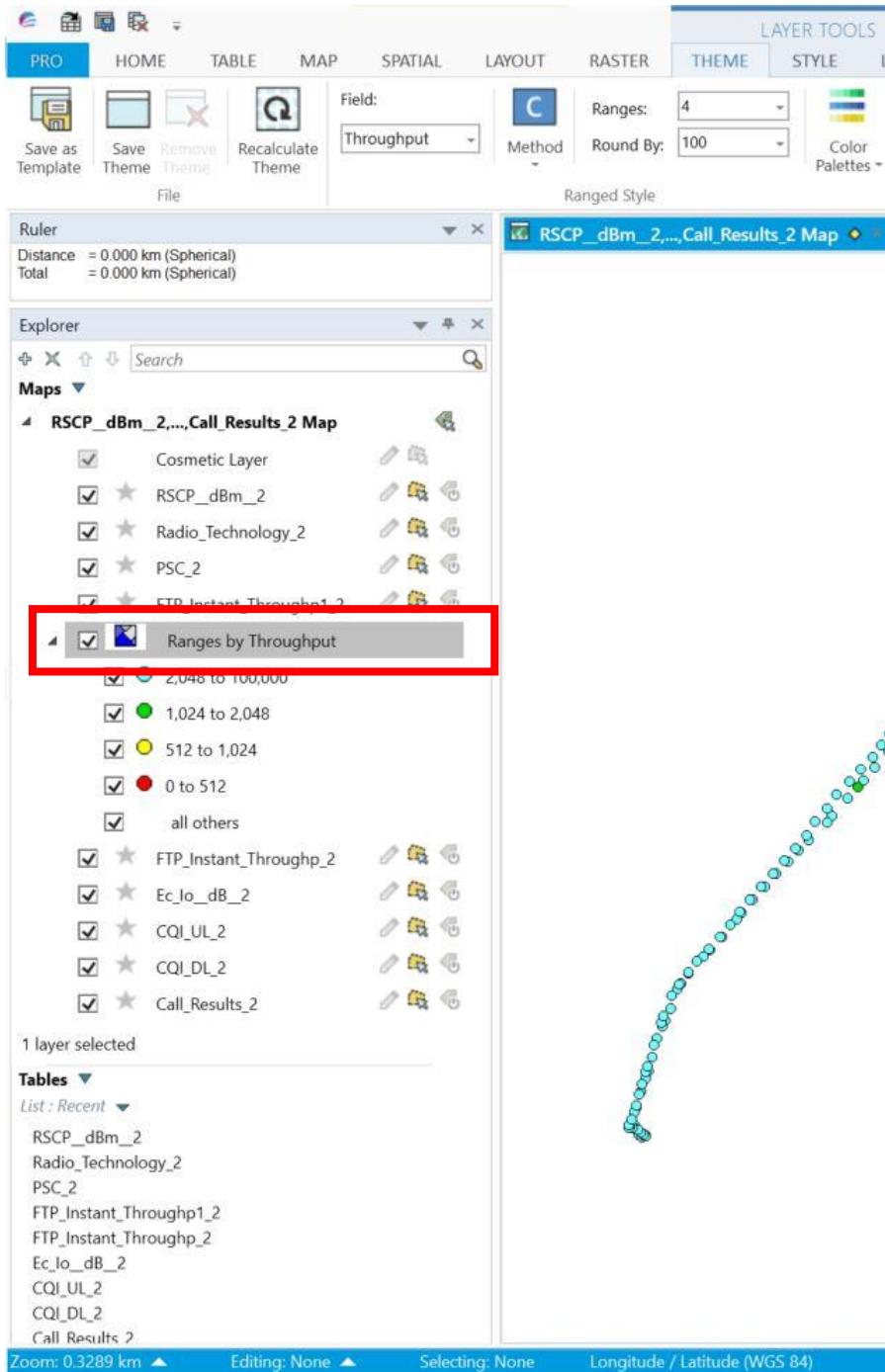
Figura 222. Mapa temático



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Si se quiere cambiar los valores de rangos, basta con hacer doble clic en las opciones laterales izquierdas en la parte de "ranges by throughput", desplegará nuevamente la ventana de crear temático en el paso tres y de allí se podrá cambiar el temático.

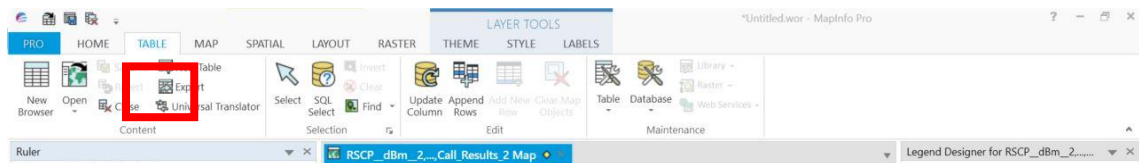
Figura 223. **Ranges by throughput**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

También se puede exportar la tabla con toda la información “cruda” para poder verla en Microsoft Excel, para hacer esto se debe dar clic en el botón exportar.

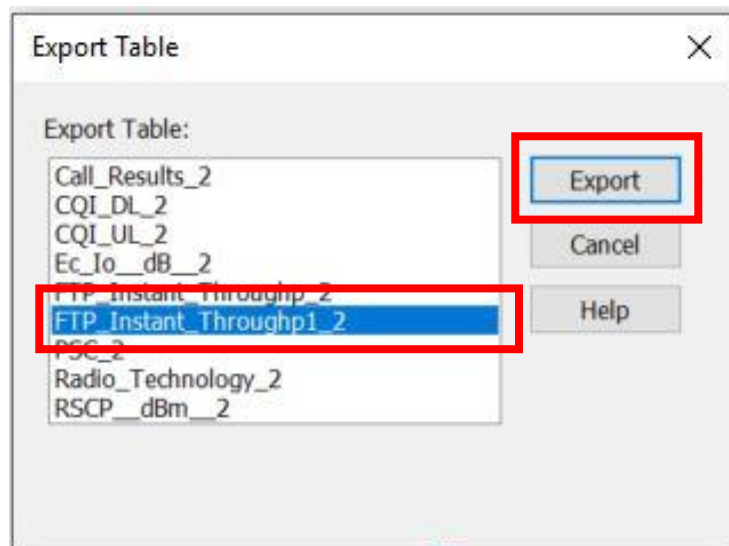
Figura 224. **Exportar tabla**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Se desplegará una nueva ventana y se seleccionará la tabla que se desee ver en Excel y se da exportar.

Figura 225. **Selección de tabla**

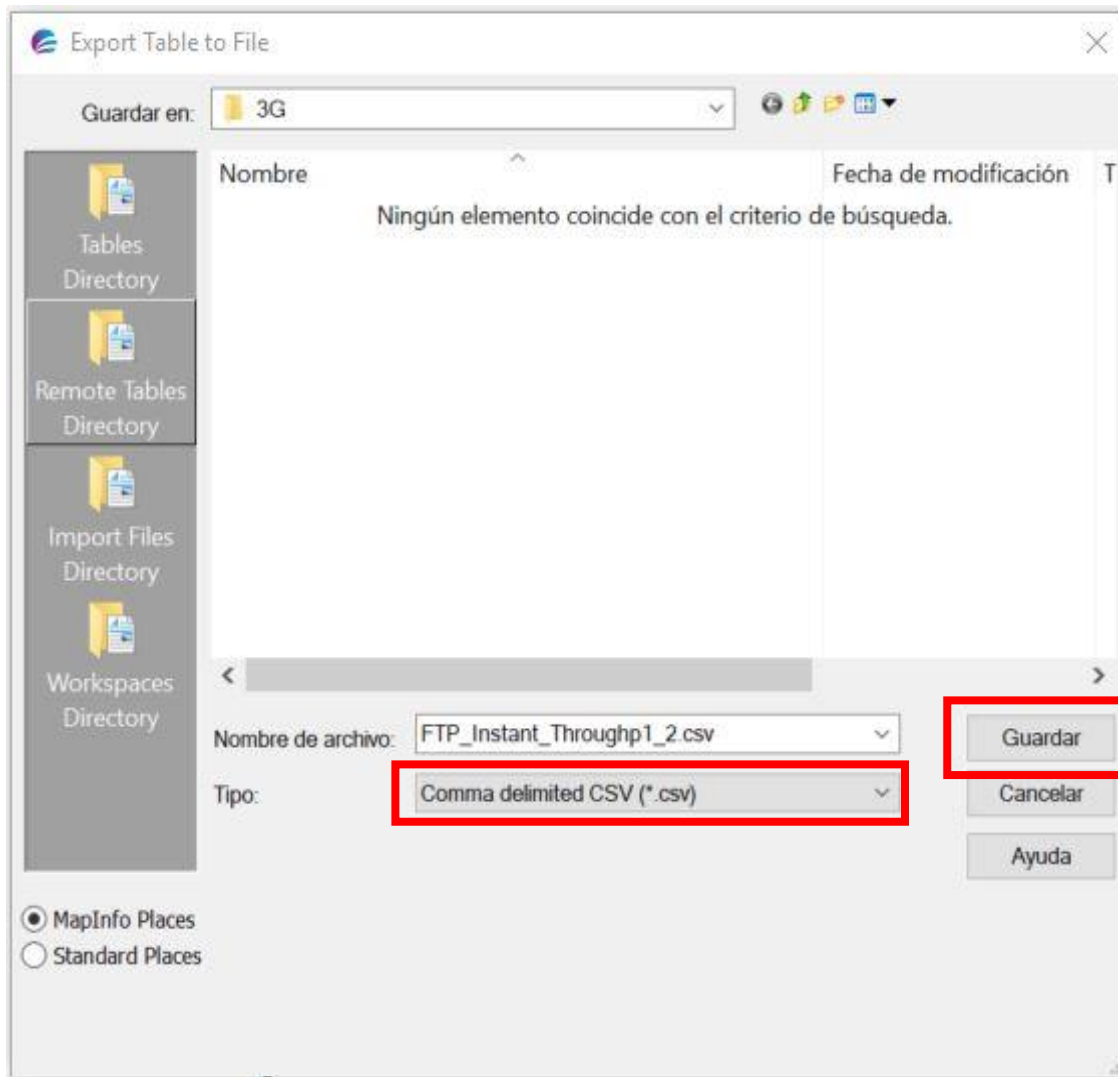


Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Se desplegará una ventana donde preguntará la información a guardar en algún lugar en el equipo, también es importante cambiar el tipo de archivo a

exportar, se debe seleccionar el *comma delimited* CSV para que sea un valor que se pueda trabajar de forma correcta en Excel.

Figura 226. **Ubicación para guardar**



Fuente: elaboración propia, empleando Mapinfo Pro 16.0 (64-bit).

Y con eso solo será de ir a la ubicación donde se guarde el archivo CSV y se podrá abrir en Excel y se tendrá toda la data cruda para trabajarla de otra manera en Excel.

CONCLUSIONES

1. El funcionamiento de una red UMTS se basa en un sistema universal de telecomunicaciones móviles, que es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, la cual permite utilizar aplicaciones para Videoconferencia, TV Móvil en tiempo real, video en demanda, acceso banda ancha a lugares remotos, rurales y acceso masivo en ambientes públicos, entre otros en la cual funciona la red celular que permite la comunicación con voz y datos.
2. Los fundamentos de los parámetros de radiofrecuencia de los equipos móviles para la comunicación son por medio de un canal piloto (*pilot channel*) el cual es fundamental en un sistema UMTS. Es usado para la estimación del canal y para evaluar las mediciones en los algoritmos de *Handover* y *reselection*. La relación de la calidad medida entre los dos canales piloto determina el área de *Handover*.
3. Las prácticas aplicables al laboratorio del curso de comunicaciones se desarrollaron en seis formas, 1) configuración del equipo de medición, 2) validación del servicio de voz, 3) validación del servicio de datos, 4) forzado del equipo hacia otras tecnologías, 5) extracción y carga de logs y procesamiento de datos NQDI y 6) análisis de resultados en MapInfo Pro.

RECOMENDACIONES

1. A las empresas desarrolladoras y quienes emplean la red UMTS, realizar manuales y programas de capacitación para que los usuarios, implementadores y estudiantes conozcan la red celular que permite la comunicación con voz y datos, pudiendo ampliar su uso.
2. A los estudiantes de ingeniería eléctrica investigar y desarrollar informes de resultados sobre los fundamentos de los parámetros de radiofrecuencia de los equipos móviles para la comunicación como el presente trabajo.
3. En los contenidos programáticos del curso comunicaciones 3 se deben ampliar el desarrollo del tema de señal UMTS y establecer plataformas y ejercicios para realizar prácticas aplicables de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. APOLO CALLE, Ruth Maribel; RAMÍREZ FARFÁN, Carlos Enrique. *Evaluación del impacto en el mercado de las telecomunicaciones según la regulación actual sobre servicios y un posible cambio a la regulación de redes*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. [en línea]. <<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/10392/D-42558.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Consulta: 10 de octubre de 2020].
2. Brightcomms. *Node B. Huawei DBS3800*. Estados Unidos: Brightcomms, 2008. 1803 p.
3. _____. *Optimización Básica en Redes UMTS Huawei*. Estados Unidos: Brightcomms, 2008. 40 p.
4. CHANDER, Punnam; BABU, Srihari. *Basic concepts of WCDMA & WCDMA radio access network*. La India: JNTU Kakinada, 2018 9 p.
5. Comtech. *Signal to interference plus noise ratio*. [en línea]. VSB. <https://comtech.vsb.cz/qualmob/sinr_lte.html>. [Consulta: 3 de noviembre de 2020].
6. DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, Rafael. *Métodos para el aumento de la capacidad UMTS en Atoll*. [en línea]. E.T.S.I.

<<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11744/fichero/Capitulo2%252Fcapitulo2.pdf>>. [Consulta: 2 de octubre de 2020].

7. FLORES ARMAS, Kevyn Rene. *Análisis del impacto de los principales indicadores de la red para una estación celular como consecuencia de la migración de la tecnología GSM a GSM/UMTS/LTE*. [en línea]. Escuela Politécnica Nacional. <<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20168>>. [Consulta: 12 de octubre de 2020].
8. GARCÍA GONZÁLEZ, Antony. *Handover en Telecomunicaciones, parte I*. [en línea]. <<http://panamahitek.com/handover-en-telecomunicaciones-parte/>>. [Consulta: 7 de noviembre de 2020].
4. GONZÁLEZ CORTÉS, Eugenia. *Sistemas de Localización en UMTS*. [en línea]. <<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11844/fichero/Portada.%C3%8Dndice.Introducci%C3%B3n.pdf>>. [Consulta: 12 de octubre de 2020].
9. GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ Néstor Fabián; ROJAS QUINTANA, Darwin. *Estudio y medición de causas de interrupción o terminación del servicio en llamadas de telefonía móvil*. [en línea]. <<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2836/Guti%20rrezHern%20andezN%20storFabi%20n2016.pdf?sequence=1>>. [Consulta: 7 de noviembre de 2020].
10. Leopredrini. *What are Modes, States and Transitions in GSM, UMTS and LTE?* [en línea]. <<https://www.telecomhall.net/t/what-are->

modes-states-and-transitions-in-gsm-umts-and-lte/6373>.
[Consulta: 22 de octubre 2020].

11. MADRILES, Luis. *Guía de monitoreo y optimización de una red de radio frecuencia*. Trabajo de graduación de Ing. Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 115 p.
12. Orange. *¿Cómo funciona una red móvil?* [en línea]. <<https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>>. [Consulta: 3 de noviembre de 2020].
13. Overview of The Universal Mobile. *Telecommunication System. DRAFT*. [en línea]. <<http://www.umtsworld.com>>. [Consulta: 2 de octubre de 2020].
14. PRISMA. *Conceptos básicos de ingeniería de RF. El ambiente de de RF 2/6*. Guatemala: GRUPO PRISMA, 2009. 34 p.
15. REYES BELLORIN, Kevin Ariel. *Implementación de guías de laboratorio para realizar mediciones y análisis de eventos en la banda de 850 Mhz de la tecnología WCDMA*. [en línea]. <<http://ribuni.uni.edu.ni/1274/1/80609.pdf>>. [Consulta: 25 de octubre de 2020].
16. SÁNCHEZ MARTÍNEZ, Rut. *3G Systems WCDMA (UMTS) & CDMA 2000*. España: EPSG. 2005. 55 p.
17. SÁNCHEZ, José Orlando; GIL, Roberto. *Introducción a UMTS, Redes Tigo*. Estados Unidos: Brightcomms, 2008. 58 p.

