



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES Y REDES

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE TRANSMISIÓN DE DATOS
EN REDES MÓVILES (2G, 3G, 4G) PARA DIFERENTES
CONFIGURACIONES DE LA PILA TCP-IP

Trabajo de Titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTORES: DELKER PAÚL CEVALLOS MORENO
ROBERTO VINICIO ORTIZ SÁNCHEZ

TUTOR: ING. ALEX JOHNINE TROYA ALDAZ MSc.

Riobamba-Ecuador

2016

@2016, Cevallos Moreno Delker Paúl y Ortiz Sánchez Roberto Vinicio

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN REDES MÓVILES (2G, 3G, 4G) PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE LA PILA TCP-IP, de responsabilidad de los señores Cevallos Moreno Delker Paúl y Ortiz Sánchez Roberto Vinicio, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Miguel Tasambay, Ph.D		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Alex Troya, MSc.		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Hugo Moreno, Ph.D		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

NOTA: _____

“Nosotros, Delker Paúl Cevallos Moreno y Roberto Vinicio Ortiz Sánchez somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”.

DELKER PAÚL CEVALLOS MORENO

ROBERTO VINICIO ORTIZ SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Este Trabajo de Titulación va dedicado a personas muy especiales, que siempre han estado a mi lado apoyándome y dando lo mejor de sí para que siga progresando personal y profesionalmente.

A mis padres que pusieron en mí su esfuerzo, esperanza, aliento y he podido ser feliz gracias a sus enseñanzas, mi mami Nubia Moreno que siempre estuvo ahí brindándome su apoyo, cariño y amor, mi papa Delker Cevallos que nunca dejo de apoyarme y siempre confió en mí, aparte de brindarme su amor de padre.

A mis hermanas, Saira que también puso su cariño y esperanza en mí, Astrid mi pequeña de apenas 5 años, que siempre me decía cuando volveré a casa, y mi pequeño Tiago mi querido sobrino que también quiere tenerme cerca del el esto va dedicado para ellos porque fueron mi motivación a seguir adelante.

Finalmente a Dios por darme la vida y permitirme vivir estos momentos tan maravillosos y a todas esas y cada una de las personas que han formado parte en mi camino en todos estos años, mis maestros, amigos, tíos, primos y abuelitos, estos también va dedicado para ustedes.

“Con todo mi amor los adoro”

Delker

Dedico este Trabajo de Titulación a Dios, al niño Jesús por ser el conductor para cada uno de mis pasos dados en mi vida diaria; a mi madre Marlene y a mi padre de corazón Olguer por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi abuelito Carlos que aunque ya no está presente físicamente siempre con sus palabras sabias me aconsejo para ser un hombre de bien. A mi abuelita Panchita por todo su cariño, apoyo y consejos.

A mis hermanos Alex y Jairo por compartir siempre momentos de alegrías y felicidad; a mis tíos Milton, Vicente, Ramiro, Edison, JR, Marisol y Isabel por estar conmigo y apoyarme siempre.

Finalmente a mis primos y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas.

¡Gracias a ustedes!

Roberto

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a Dios, por guiarnos en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de nuestro camino e iluminándonos en todo lo que realizamos en nuestro diario convivir.

A nuestros padres, por el apoyo moral y económico para poder culminar con nuestros estudios politécnicos.

A nuestro director y miembro de Trabajo de Titulación el Ingeniero Alex Troya, MSc, e Ingeniero Hugo Moreno, Ph.D por guiarnos en cada paso en el desarrollo de la investigación.

Agradecemos infinitamente a todo el personal de la AGENCIA DE REGULACIÓN CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES - ARCOTEL Coordinación Zonal 3 de la ciudad de Riobamba por prestarnos las instalaciones y los equipos de medición de dicha institución durante el tiempo que duró la investigación.

A nuestros maestros de la ESPOCH que nos impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de nuestra vida estudiantil y nos ayudaron de una u otra forma para hacer posible la realización del presente Trabajo de Titulación.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por ser la institución que nos abrió sus puertas en nuestra formación académica.

Delker y Roberto

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
PORTADA	
DERECHO DE AUTOR	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
TABLA DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Marco legal de las Telecomunicaciones en el Ecuador	5
<i>1.1.1 Introducción</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2 Institucionalidad para la Regulación y Control de las Telecomunicaciones</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2.1 MINTEL</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2.2 ARCOTEL</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3 Espectro Radioeléctrico</i>	<i>6</i>
<i>1.1.4 Prestadores del Servicio Móvil Avanzado</i>	<i>7</i>
<i>1.1.5 Banda Ancha Móvil</i>	<i>7</i>
<i>1.1.6 Operadoras de Servicio Móvil en el Ecuador</i>	<i>8</i>
<i>1.1.6.1 CONECEL S.A (CLARO)</i>	<i>9</i>
<i>1.1.6.2 OTECEL S.A (MOVISTAR)</i>	<i>10</i>
<i>1.1.6.3 TUENTI</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6.4 CNT EP</i>	<i>11</i>
<i>1.1.7 Sistema Autónomo de Mediciones Móviles (SAMM)</i>	<i>12</i>
<i>1.1.8 Parámetros de calidad para el servicio móvil avanzado</i>	<i>14</i>
<i>1.1.8.1 Grado de satisfacción del usuario del SMA encuestado (GSe).</i>	<i>14</i>
<i>1.1.8.2 Porcentajes de Reclamos Generales del SMA, en el mes.</i>	<i>14</i>
<i>1.1.8.3 Tiempo promedio de resolución de reclamos, en horas durante el mes (Tr)</i>	<i>14</i>

1.1.8.4	<i>Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano, en segundos (Ta) y porcentaje de cumplimiento (% C)</i>	15
1.1.8.5	<i>Porcentaje de Reclamos de facturación del SMA (Rf)</i>	15
1.1.8.6	<i>Porcentaje de llamadas establecidas exitosas (%llcom)</i>	15
1.1.8.7	<i>Tiempo de establecimiento de llamada (tell)</i>	15
1.1.8.8	<i>Porcentaje de llamadas caídas, por zona de medición (%allc)</i>	16
1.1.8.9	<i>Nivel mínimo de señal en cobertura (Zona de cobertura)</i>	16
1.1.8.10	<i>Calidad de conversación (MOS)</i>	17
1.1.8.11	<i>Porcentaje de mensajes cortos con éxito (Mr)</i>	17
1.1.8.12	<i>Tiempo promedio de entrega de mensajes (Tm)</i>	18
1.2	Técnicas de Acceso Múltiple	18
1.2.1	<i>Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)</i>	18
1.2.2	<i>Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)</i>	19
1.2.3	<i>Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)</i>	19
1.2.4	<i>Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA)</i>	20
1.3	Evolución de los Sistemas Celulares	22
1.3.1	<i>Primera Generación (1G)</i>	23
1.3.2	<i>Segunda Generación (2G)</i>	23
1.3.2.1	<i>Generaciones intermedias (2.5G y 2.75G)</i>	23
1.3.3	<i>Tercera Generación (3G)</i>	24
1.3.3.1	<i>Generaciones intermedias (3.5G y 3.75G)</i>	25
1.3.4	<i>Cuarta Generación (4G)</i>	26
1.4	Redes De Telefonía Móvil	27
1.4.1	<i>Los Sistemas Celulares</i>	27
1.4.2	<i>Estructura de una Sistema Celular</i>	28
1.4.2.1	<i>Estructura de un Sistema Celular 2G</i>	29
1.4.2.2	<i>Estructura de un Sistema Celular 3G</i>	31
1.4.2.3	<i>Estructura de un Sistema Celular 4G</i>	33
1.5	Pila TCP/IP	35
1.5.1	<i>Comparación entre Modelo OSI y Modelo TCP/IP</i>	36
1.5.2	<i>Arquitectura del protocolo TCP/IP</i>	37
1.5.2.1	<i>La capa de Aplicación TCP / IP</i>	38
1.5.2.2	<i>La capa de Transporte TCP / IP</i>	39
1.5.2.3	<i>La capa de Internet TCP / IP</i>	41
1.6	Parámetros para soportar conexiones más eficientes en la pila TCP	43
1.6.1	<i>Unidad Máxima de Transferencia (MTU)</i>	43
1.6.2	<i>Tamaño de la ventana apropiado en el Transmisor y Receptor</i>	44

1.6.3	SACK	48
1.6.4	Escalamiento de la ventana	48
1.6.5	Registro de tiempo (Time-Stamping)	49
1.6.6	Descubrimiento del MTU del enlace - Path MTU Discovery (PMTUD)	50
1.6.7	Máximo número de requerimientos de retransmisiones de conexión	50
2.	MARCO METODOLÓGICO	52
2.1	Tipo de la Investigación	52
2.2	Diseño de la Investigación	52
2.3	Unidades de prueba remota (RTUs)	53
2.3.1	Unidades de prueba remota (RTUs) Móviles y Fijas	53
2.3.2	Características de las Unidades de prueba remota (RTUs)	54
2.3.3	Transferencia Automática de Datos	56
2.4	Consola del operador - TEMS Automatic	57
2.4.1	Introducción	57
2.4.2	Características de TEMS Automatic	57
2.4.3	Generalidades de TEMS Automatic	58
2.4.4	Sistema de Comunicación	58
2.4.5	Sistema de Administración	59
2.5	Funciones de TEMS Automatic	60
2.5.1	Consola del operador	60
2.5.1.1	Ordenes de Trabajo (Work Order)	60
2.5.1.2	IDLE	63
2.5.1.3	Ejecución de las Órdenes de trabajo (Work Order)	64
2.5.2	Capacidad de pruebas	65
2.5.2.1	Registro Datos IP	65
2.5.2.2	Configuración de los ajustes TCP	66
2.5.2.3	Rendimiento y Latencia de Mediciones	67
2.5.3	Administración de la unidad de transmisión remota RTU	67
2.5.3.1	Configuración	67
2.5.3.2	Ajustes SIM	68
2.5.3.3	Asignación del flujo de trabajo, actual y anterior	70
2.5.4	Prueba en los Nodos	72
2.6	TEMS Automatic - Presentation	73
2.6.1	Descarga de datos	73
2.7	TEMS Discovery Device - Professional	75
2.7.1	Post-procesamiento con TEMS Discovery	76

2.8	Wireshark	84
3.	MARCO DE RESULTADOS.....	86
3.1	Análisis de la pila TCP/IP en el Sistema SAMM.....	86
3.1.1	<i>Parámetros para soportar conexiones más eficientes en la pila TCP.....</i>	88
3.1.1.1	<i>MTU (Unidad Máxima de Transferencia).....</i>	88
3.1.1.2	<i>Tamaño de ventana apropiado (transmisor y receptor).....</i>	89
3.1.1.3	<i>SACK</i>	91
3.1.1.4	<i>Escalamiento de la ventana.....</i>	91
3.1.1.5	<i>Registro de tiempo. (Time-Stamping).....</i>	92
3.1.1.6	<i>Descubrimiento del MTU del enlace.</i>	93
3.1.1.7	<i>Máximo número de requerimientos de retransmisiones de conexión.....</i>	94
3.1.1.8	<i>Deshabilitar Compresión de encabezado de TCP/IP (Host inalámbrico).</i>	94
3.2	Análisis de las pruebas realizadas.....	95
3.2.1	<i>Mediciones Realizadas.....</i>	95
3.2.2	<i>Descripción de las pruebas realizadas</i>	97
3.3	Análisis y Presentación de los Resultados.	103
3.3.1	<i>Velocidad Mínima, Promedio, Máxima y Accesibilidad a la Red.....</i>	103
3.3.1.1	<i>Tecnología GSM.....</i>	104
3.3.1.2	<i>Accesibilidad a la Red en la Tecnología GSM</i>	113
3.3.1.3	<i>Tecnología WCDMA.....</i>	114
3.3.1.4	<i>Accesibilidad a la Red en la Tecnología WCDMA.....</i>	123
3.3.1.5	<i>Tecnología LTE</i>	126
3.3.2	<i>Velocidad promedio obtenida para cada Tecnología y comparación entre cada uno de los Perfiles.....</i>	133
3.3.2.1	<i>Velocidad Promedio Download y Upload Tecnología GSM.....</i>	133
3.3.2.2	<i>Velocidad Promedio Download y Upload Tecnología WCDMA.</i>	136
3.3.2.3	<i>Velocidad Promedio Download y Upload Tecnología LTE.</i>	139
3.3.3	<i>Promedio de los Perfiles TCP en las operadoras móviles.</i>	141
3.3.3.1	<i>Promedio de los Perfiles TCP Download.....</i>	141
3.3.3.2	<i>Promedio de los Perfiles TCP Upload.</i>	143
	CONCLUSIONES.....	124
	RECOMENDACIONES.....	125
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Niveles mínimo de señal.....	16
Tabla 1-2	Evolución de la Tecnología HSPA	26
Tabla 1-3	Tecnologías Celulares 2G, 3G, 4G	27
Tabla 1-4	Arquitectura TCP/IP y ejemplos de Protocolos	37
Tabla 1-5	Aplicaciones populares y su número de puertos conocidos.....	41
Tabla 2-1	Código MCC y MNC Ecuador	69
Tabla 2-2	Potencia del código de la señal recibida (Rx Lev /RSCP).....	83
Tabla 2-3	Tasa entre Energía e Interferencia (Ec/Io)	84
Tabla 3-1	Parámetros de Perfil TCP/IP, Sistema SAMM	87
Tabla 3-2	Pruebas de datos en redes SMA.....	95
Tabla 3-3	Prueba 1 Tecnología GSM, Perfil GPRS. (Riobamba).....	98
Tabla 3-4	Prueba 2 Tecnología GSM, Perfil EDGE. (Riobamba)	98
Tabla 3-5	Prueba 3 Tecnología GSM, Perfil HSPA. (Riobamba).....	99
Tabla 3-6	Prueba 4 Tecnología GSM, Perfil LTE. (Riobamba).....	99
Tabla 3-7	Prueba 5 Tecnología WCDM, Perfil GPRS. (Riobamba).....	100
Tabla 3-8	Prueba 6 Tecnología WCDMA, Perfil EDGE. (Riobamba)	100
Tabla 3-9	Prueba 7 Tecnología WCDMA, Perfil HSPA. (Riobamba).....	101
Tabla 3-10	Prueba 8 Tecnología WCDMA, Perfil LTE. (Riobamba)	101
Tabla 3-11	Prueba 9 Tecnología LTE, Perfil GPRS. (Ambato).....	102
Tabla 3-12	Prueba 10 Tecnología LTE, Perfil EDGE. (Ambato)	102
Tabla 3-13	Prueba 11 Tecnología LTE, Perfil HSPA. (Ambato).....	102
Tabla 3-14	Prueba 12 Tecnología LTE, Perfil LTE. (Ambato)	102
Tabla 3-15	Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil GPRS pruebas FTP	104
Tabla 3-16	Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil EDGE, pruebas FTP.....	106
Tabla 3-17	Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil HSPA pruebas FTP.....	109
Tabla 3-18	Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil LTE, pruebas FTP.....	111
Tabla 3-19	Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil GPRS pruebas FTP	115
Tabla 3-20	Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil EDGE pruebas FTP.....	117
Tabla 3-21	Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil HSPA pruebas FTP.....	119
Tabla 3-22	Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil LTE pruebas FTP.....	121
Tabla 3-23	Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil GPRS pruebas FTP.....	126
Tabla 3-24	Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil EDGE pruebas FTP.....	128
Tabla 3-25	Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil HSPA pruebas FTP	129
Tabla 3-26	Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil LTE pruebas FTP	131

Tabla 3-27	Velocidad Promedio, Tecnología GSM Download.....	133
Tabla 3-28	Velocidad Promedio, Tecnología GSM Upload.....	135
Tabla 3-29	Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Download.....	136
Tabla 3-30	Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Upload.....	138
Tabla 3-31	Velocidad Promedio, Tecnología LTE Download.....	139
Tabla 3-32	Velocidad Promedio, Tecnología LTE Upload.....	140
Tabla 3-33	Promedio entre las tres operadoras Download.....	141
Tabla 3-34	Promedio de velocidad entre las tres operadoras Upload.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1	Subdivisión del Espectro Radioeléctrico	6
FIGURA 1-2	Líneas activas PREPAGO, POSPAGO y Telefonía de Uso Público	8
FIGURA 1-3	Participación de Mercado.....	9
FIGURA 1-4	Evolución por Tecnología, operadora CLARO	10
FIGURA 1-5	Evolución por Tecnología MOVISTAR	11
FIGURA 1-6	Evolución por Tecnología CNT	12
FIGURA 1-7	Técnica FDMA	18
FIGURA 1-8	Técnica de TDMA	19
FIGURA 1-9	Técnica CDMA	20
FIGURA 1-10	Funcionamiento de OFDM y OFDMA	21
FIGURA 1-11	Diferencia entre 1G, 2G, 3G, 4G	22
FIGURA 1-12	Esquema básico de un Sistema Celular.....	28
FIGURA 1-13	Arquitectura de un sistema celular 2G, 3G, 4G	28
FIGURA 1-14	Estructura Celular 2G.....	29
FIGURA 1-15	Estructura Celular 3G.....	31
FIGURA 1-16	Estructura Celular 4G.....	33
FIGURA 1-17	El papel de un paquete de protocolos de red.....	35
FIGURA 1-18	Diferencia de las capas TCP / IP y el Modelo OSI	36
FIGURA 1-19	Encapsulamiento de la pila TCP/IP.....	37
FIGURA 1-20	Protocolos de Transmisión TCP y UDP.....	39
FIGURA 1-21	Ejemplo de Red y comando Ping	43
FIGURA 1-22	Transmisión de paquetes	46
FIGURA 1-23	Proceso Stop and Wait	47
FIGURA 1-24	Negociación en tres pasos o Three-way handshake	51
FIGURA 2-1	Instalación de una RTU fijo	54
FIGURA 2-2	Característica de las RTUs.....	55
FIGURA 2-3	Dispositivos de medición módulos PCI-e	56
FIGURA 2-4	Conexión a Escritorio Remoto	59
FIGURA 2-5	Ingreso de Contraseñas	59
FIGURA 2-6	Consola de Programación del Sistema SAMM.....	60
FIGURA 2-7	Orden de Trabajo (Work Order)	61
FIGURA 2-8	Parámetros de configuración de la orden de trabajo PING	62
FIGURA 2-9	Parámetros de configuración de la orden de trabajo FTP	63
FIGURA 2-10	Parámetros de configuración de la orden de trabajo IDLE	64

FIGURA 2-11	Asignación de las órdenes de trabajo a cada módulo de la RTU.	65
FIGURA 2-12	Configuración del perfil TCP.....	66
FIGURA 2-13	Información de la unidad de prueba.....	67
FIGURA 2-14	Ajuste SIM (Parte 1)	68
FIGURA 2-15	Ajuste SIM (Parte 2)	68
FIGURA 2-16	Propiedades de configuración SIM (Parte1)	69
FIGURA 2-17	Propiedades de configuración SIM (Parte2)	70
FIGURA 2-18	Historial de las órdenes de trabajo - Work Order History.....	70
FIGURA 2-19	Estado de los equipos RTUs	71
FIGURA 2-20	Eventos reportados por cada unidad de prueba.....	72
FIGURA 2-21	Descarga de datos con Tems Presentation	74
FIGURA 2-22	Descarga de datos Filtrándolos con Tems Presentation	75
FIGURA 2-23	TEMS Discovery Device - Professional 11.0.1	75
FIGURA 2-24	Subida de datos a TEMS Discovery.....	76
FIGURA 2-25	Importación de los datos	77
FIGURA 2-26	Datos totalmente importados.....	77
FIGURA 2-27	Vista de nuestro proyecto - TRABAJO DE TITULACION	78
FIGURA 2-28	Visualización del lugar donde se realizan las pruebas en el mapa.....	79
FIGURA 2-29	Serie de tiempo estadística del dato FTP Download.....	80
FIGURA 2-30	Vista de los resultados obtenidos en las tablas.....	81
FIGURA 2-31	Vista de los datos obtenidos en el histograma.	82
FIGURA 2-32	Software Wireshark.....	85
FIGURA 2-33	Paquetes IP en el formato .PCAP.....	85
FIGURA 3-1	Perfiles Disponibles de la pila TCP/IP.....	87
FIGURA 3-2	Tecnologías de configuración RAT state	88
FIGURA 3-3	Tamaño del segmento máximo del perfil HSPA.....	89
FIGURA 3-4	Valor del tamaño de la ventana de recepción con el Perfil GPRS	90
FIGURA 3-5	Valor del tamaño de la ventana de transmisión con el Perfil HSPA	90
FIGURA 3-6	Opción de confirmación acknowledgment selectiva (SACK)	91
FIGURA 3-7	Segmento de la ventana inicial y valor del MSS.....	92
FIGURA 3-8	Marca de tiempo TCP Wireshark.....	93
FIGURA 3-9	Bandera ECN-Echo.....	94
FIGURA 3-10	Pruebas de datos.....	95
FIGURA 3-11	Lugar de las mediciones 2G y 3G.....	96
FIGURA 3-12	Lugar de las mediciones 4G.....	96
FIGURA 3-13	Cobertura de la red CNT 4G Ambato	97
FIGURA 3-14	Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil GPRS.....	105

FIGURA 3-15	Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil GPRS	105
FIGURA 3-16	Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil EDGE.....	107
FIGURA 3-17	Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil EDGE.....	108
FIGURA 3-18	Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil HSPA	109
FIGURA 3-19	Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil HSPA	110
FIGURA 3-20	Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil LTE	111
FIGURA 3-21	Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil LTE	112
FIGURA 3-22	Nivel de potencia de la señal GSM en la operadora Claro.....	113
FIGURA 3-23	Nivel de potencia de la señal GSM de la operadora CNT	113
FIGURA 3-24	Nivel de potencia de la señal GSM de la operadora Movistar	114
FIGURA 3-25	Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil GPRS	115
FIGURA 3-26	Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil GPRS	116
FIGURA 3-27	Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil EDGE.....	117
FIGURA 3-28	Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil EDGE.....	118
FIGURA 3-29	Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil HSPA	119
FIGURA 3-30	Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil HSPA	120
FIGURA 3-31	Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil LTE.....	121
FIGURA 3-32	Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil LTE.....	122
FIGURA 3-33	Nivel de potencia de la señal WCDMA en la operadora Claro.....	123
FIGURA 3-34	Relación de energía recibida y nivel de interferencia WCDMA - Claro	123
FIGURA 3-35	Nivel de potencia de la señal WCDMA en la operadora CNT	124
FIGURA 3-36	Relación de energía recibida y nivel de interferencia WCDMA – CNT.....	124
FIGURA 3-37	Nivel de potencia de la señal WCDMA en la operadora Movistar	125
FIGURA 3-38	Relación de energía recibida y nivel de interferencia WCDMA-Movistar... ..	125
FIGURA 3-39	Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil GPRS.....	126
FIGURA 3-40	Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil GPRS.....	127
FIGURA 3-41	Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil EDGE	128
FIGURA 3-42	Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil EDGE	129
FIGURA 3-43	Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil HSPA.....	130
FIGURA 3-44	Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil HSPA	130
FIGURA 3-45	Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil LTE	131
FIGURA 3-46	Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil LTE	132
FIGURA 3-47	Velocidad Promedio, Tecnología GSM Download.....	134
FIGURA 3-48	Velocidad Promedio, Tecnología GSM Upload	135
FIGURA 3-49	Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Download	137
FIGURA 3-50	Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Upload	138
FIGURA 3-51	Velocidad Promedio, Tecnología LTE Download.....	140

FIGURA 3-52	Velocidad Promedio, Tecnología LTE Upload.....	141
FIGURA 3-53	Promedio de velocidad entre las Operadoras Tecnología GSM-Download..	142
FIGURA 3-54	Promedio de velocidad entre las Operadoras Tecnología WCDMA-Down .	142
FIGURA 3-55	Promedio de velocidad de la operadora CNT Tecnología LTE-Download ..	143
FIGURA 3-56	Promedio de velocidad entre las 3 Operadoras Tecnología GSM – Upload.	144
FIGURA 3-57	Promedio de velocidad entre las Operadoras Tecnología WCDMA-Upload	144
FIGURA 3-58	Promedio de velocidad de la operadora CNT Tecnología LTE - Upload	145

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Mapas
Anexo B	Series de tiempo
Anexo C	Histogramas
Anexo D	Análisis capa tres interface aire sistemas móviles
Anexo E	Fotografías de los equipos del sistema SAMM
Anexo F	Laboratorio SAMM
Anexo G	Pruebas al Servidor FTP
Anexo H	Modo de acceso a la red de un dispositivo móvil
Anexo I	Capacidades de las RTUs

RESUMEN

La presente investigación consistió en el análisis del rendimiento de transmisión de datos en redes móviles (2G, 3G, 4G) para diferentes configuraciones de la pila TCP/IP, la misma que consta con varios parámetros configurables tales como la unidad máxima de transferencia (MTU), tamaño de la ventana apropiado del transmisor y receptor, registro de tiempos etc. En los equipos de medición de calidad de servicio de redes móviles (SAMM) de ARCOTEL, se realizó una investigación de campo, en la ciudad de Riobamba puesto que aquí contamos con la Coordinación Zonal 3 de dicha entidad. El análisis se enfocó en la transmisión de datos, comprobando la conexión del enlace y la velocidad de transmisión Download y Upload a través del protocolo FTP, para las operadoras de telefonía móvil (CNT EP, CONECEL SA, OTECEL SA). Además estudiamos el RFC 3481 el cual nos dio la pauta de los parámetros de configuración de los perfiles de la pila TCP/IP en redes móviles para un rendimiento óptimo. Para el desarrollo de la investigación ejecutamos las diferentes órdenes de trabajo en la Consola del Operador del SAMM, luego se procedió a descargar los datos de las pruebas realizadas a través del software Tems Presentation, posteriormente se procesó los datos en Tems Discovery para determinar qué perfil obtiene un mayor rendimiento para cada una de las tecnologías de las redes móviles (GSM, WCDMA, LTE), el promedio de la transmisión de datos en las tres operadoras tanto en Download como en Upload reflejó que la tecnología GSM obtuvo un mayor rendimiento con el perfil EDGE con 115.23 Kbps en Download y 58,05 Kbps en Upload; la tecnología WCDMA con el perfil HSPA con 1127.05 Kbps en Download y 572,52 Kbps en Upload; mientras la tecnología LTE el perfil adecuado es el LTE con 20488.69 Kbps en Download y 3662,31 Kbps en Upload, este último únicamente analizado para la operadora CNT. Se concluye que la utilización de un perfil TCP inadecuado si afecta a la velocidad de transmisión de datos que se alcanza en una red móvil, se recomienda a la ARCOTEL analizar la tecnología LTE para las operadoras CONECEL S.A y OTECEL S.A para los diferentes perfiles de la pila TCP/IP.

PALABRAS CLAVES: <AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES [ARCOTEL]> < UNIDAD MAXIMA DE TRANSFERENCIA [MTU]> <PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN / PROTOCOLO DE INTERNET [TCP/IP] > < TECNOLOGÍA MÓVIL [2G, 3G, 4G] > < VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN [DOWNLOAD]> < VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN [UPLOAD] > < SOLICITUD DE COMENTARIOS [RFC 3481] > < SISTEMA AUTÓNOMO DE MEDICIONES MÓVILES [SAMM] >

SUMMARY

This research is the analysis of the performance of data transmission on mobile networks (2G, 3G, 4G) for different configurations of the TCP/IP stack, the same that has several configurable parameters such as the maximum transmission unit (MTU), size appropriate window transmitter and receiver, time recording etc., measuring equipment service quality of mobile networks (SMM) of ARCOTEL, field research was conducted in the city of Riobamba since here we have the Zonal Coordination 3 of that entity. The analysis focused on data transmission, checking the connection of the link and the transmission speed download and upload via FTP protocol for mobile operators (CNT EP, CONECEL SA, OTECEL SA). We also study the RFC 3481 which gave us the patterned parameter configuration profiles TCP/IP stack in mobile networks for optimal performance. To develop research execute different work orders Console Operator SMM, then proceeded to download data from tests conducted through Tems Presentation software, then the data is processed in Tem Discovery to determine what profile obtains a higher yield for each mobile network technologies (GSM, WCDMA, LTE), average data transmission in both the three operators upload and download GSM reflex obtained with a higher yield EDGE profile with 115.23 Kbps 58.05 Kbps download and upload. WCDMA to HSPA profile Kbps 1127.05 572.52Kbps download and upload; while the right profile LTE technology is the LTE Kbps download 20488.69 and 3662.31 Kbps upload, the latter use only for CNT operator. It was concluded that the use of improper TCP profile if it affects the speed of data transmission is reached in a mobile network, it is recommended to ARCOTEL analyze the LTE technology for operators CONECEL S.A and OTECEL S.A for different profiles TCP/IP stack.

KEYWORDS: <REGULATORY AGENCY CONTROL OF TELECOMMUNICATIONS [ARCOTEL]> <UNIT MAXIMUM TRANSFER [MTU]> <TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL / INTERNET PROTOCOL [TCP/IP]> <MOBILE TECHNOLOGY [2G, 3G, 4G]> <SPEED TRANSMISION [DOWNLOAD]> <SPEED TRANSMISION [UPLOAD]> <REQUEST FOR COMMENTS [RFC 3481]> <SYSTEM SELF MOBILE MEASUREMENTS [SMM]>

INTRODUCCIÓN

La necesidad de los humanos de comunicarse a largas distancias ha llevado a desplegar la comunicación inalámbrica, lo que sobrellevó al uso de ondas de radio para la primera transmisión telegráfica inalámbrica en el año 1901. En la década de los 70 se da el inicio de la telefonía celular surgiendo el primer sistema que ofrecía servicio de telefonía móvil, el radioteléfono.

Este sistema era rigurosamente limitado por su corta movilidad, insuficiente capacidad, mal servicio y mala calidad de voz, de tal forma que los equipos eran muy grandes, pesados, caros y susceptibles a interferencias. La telefonía móvil ha evolucionado en diferentes generaciones (1G, 2G, 3G, 4G) descubriendo un impulso tecnológico muy evolucionado en los últimos años dando el bienestar y costos accesibles a los usuarios finales.

En el Ecuador el servicio móvil celular inició a finales de 1993 con la entrada en el mercado de CONECEL S.A. (Porta Celular, luego CLARO) y OTECEL S.A. (la que al inicio se denominaba Celular Power, luego Bellsouth y actualmente denominada Movistar), manteniéndose un duopolio hasta el año 2003 cuando entró en operación una tercera operadora TELECSA (al inicio Alegro y actualmente CNT E.P.). (SUPERTEL, 2012a: p.4)

Uno de los retos más interesantes fue la transición del protocolo de host de ARPANET de NCP a TCP/IP el 1 de enero de 1983. TCP/IP había suplantado o marginado a la mayoría de los demás protocolos de red de área amplia, e IP se estaba convirtiendo a pasos agigantados en el servicio portador de la infraestructura global de información. (Haro Macías Manuel, 2015a: p.266)

La pila TCP/IP está delineada para enrutar, caracterizándose por su alta fiabilidad. Se utiliza a nivel mundial para enlazar al Internet y a los servidores web, siendo útil para la implementación de redes grandes y medianas, así como en redes empresariales, por la compatibilidad con los equipos estándar para considerar el funcionamiento de la red.

Las recomendaciones de modificación de los parámetros de la pila TCP (Inamura. Hiroshi, 2003a: pp.10-15), para soportar conexiones TCP más eficientes sobre redes inalámbricas pueden implicar configuraciones especiales:

- En el receptor de datos (frecuentemente la pila TCP en o cerca del dispositivo inalámbrico)
- En el transmisor de datos (frecuentemente un host en Internet o posiblemente un gateway o proxy en el borde de una red inalámbrica); o en ambos.

En general se especifica que los métodos propuestos son seguros, pero se debe tomar en cuenta que aumentar el tamaño del MTU y desactivar RFC 1144, puede afectar la eficiencia del host, y que el cambio de tales parámetros debe hacerse con cuidado.

Entre los parámetros que se pueden modificar tenemos:

- Unidad máxima de transferencia (MTU)
- Tamaño de la ventana apropiado del transmisor y receptor.
- SACK
- Escalamiento de la ventana.
- Registro de tiempos.
- Descubrimiento del MTU del enlace.
- Máximo número de requerimientos de retransmisión de conexión
- Deshabilitar la Compresión de encabezado de TCP/IP (Host inalámbrico).

Justificación:

Justificación Teórica:

Este proyecto de Trabajo de Titulación busca aplicar e implementar todos los conocimientos adquiridos en la carrera universitaria para analizar el rendimiento de transmisión de datos en redes móviles (2G, 3G, 4G) mediante las diferentes configuraciones de la pila TCP/IP para verificar y contrastar con los datos y las recomendaciones planteadas en el RFC 3481.

El avance de la tecnología y el crecimiento de la demanda de estar comunicados en la actualidad nos obligan al estudio de las redes móviles SMA (Servicio Móvil Avanzado) y su rendimiento en la transmisión de datos, donde los principales problemas existen en la operación de TCP sobre redes o caminos inalámbricos.

Se proponen recomendaciones para optimizar la operación en base a mejores prácticas de configuración de la Pila TCP. Las recomendaciones son un compendio de soluciones que se presentan en otros RFC's y para otros medios de comunicación con problemas similares.

En las redes móviles, donde la velocidad de datos que se ofrece al usuario es variable de acuerdo a las condiciones de la red, es necesario medir bajo qué condiciones las empresas operadoras (CLARO, MOVISTAR, CNT EP) están prestando sus servicios, para lo cual se utiliza equipos de medición avanzados. Es necesario determinar la configuración adecuada mediante el uso de los equipos, para garantizar que las mediciones realizadas sean apegadas a la realidad.

Uno de los factores a tomar en cuenta, como parte de la configuración, es la pila TCP/IP para cada tecnología móvil, ya que tendría influencia en el rendimiento de la transmisión de datos en redes móviles.

Justificación Aplicativa:

El crecimiento de la capacidad del procesamiento de datos de los terminales móviles ha permitido la propagación de aplicaciones intensivas en el uso del ancho de banda.

Este enriquecimiento de los servicios ha permitido un aumento en el interés, por parte de los usuarios móviles, generando un aumento de la demanda, que a su vez, impulsan a los operadores a que mejoren la infraestructura de sus redes.

Los usuarios se ven atraídos por las velocidades de datos cada vez mayores que ofrecen las empresas operadoras, constituyéndose en un parámetro influyente para optar por una u otra operadora.

El organismo de control de los servicios de telecomunicaciones en el país, ARCOTEL - Agencia de Regulación Control de las Telecomunicaciones, es el llamado a regular y controlar el servicio a cada una de las operadoras y que cumplan con los parámetros ofrecidos e informar a los usuarios.

Para el caso de servicios de datos móviles la verificación se la realiza utilizando las herramientas de medición disponibles en ARCOTEL, SAMM (Sistema Autónomo de Mediciones Móviles), los cuales deben estar debidamente configurados para garantizar la validez de las mediciones.

Objetivo General:

Determinar la influencia de la configuración inadecuada, en los equipos de medición SMA, de los parámetros de la pila de protocolos TCP/IP para cada tecnología móvil (2G, 3G, 4G), para la medición de la calidad de servicio de datos en redes móviles.

Objetivos Específicos:

- Estudiar las diferentes tecnologías inalámbricas móviles.
- Realizar el análisis de cada uno de los perfiles TCP/IP existentes en el sistema SAMM.
- Realizar pruebas de datos en sitios fijos con los diferentes perfiles TCP/IP para cada una de las tecnologías móviles (2G, 3G, 4G), para examinar el comportamiento de los resultados.
- Procesar las mediciones utilizando las herramientas de pos procesamiento del sistema SAMM para obtener resultados.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Marco legal de las Telecomunicaciones en el Ecuador

1.1.1 Introducción

El marco legal de las telecomunicaciones en Ecuador, se da por un modelo de estado, estableciendo las telecomunicaciones en un eje indispensable para el progreso del país, por lo que es preciso diseñar un marco legal apropiado.

(MINTEL) el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información fue constituido el 13 de agosto de 2009, mediante Decreto Ejecutivo N° 8 firmado por el Presidente de la República, Econ. Rafael Correa Delgado, ratificando el avance hacia la sociedad de la información, optimizando los servicios que prestan los establecimientos del área de telecomunicaciones y garantizando la calidad de servicios para promover el progreso del sector y el buen vivir de la población ecuatoriana. (MINTEL, 2009)

1.1.2 Institucionalidad para la Regulación y Control de las Telecomunicaciones

1.1.2.1 MINTEL

El organismo superior de las telecomunicaciones en nuestro país es el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), comisionado de establecer políticas, directrices y reglas ajustables para el progreso de la colectividad de la información.

Las funciones primordiales de este organismo es la representación internacional del Estado ecuatoriano en el área de telecomunicaciones, espectro radioeléctrico, tecnologías de la información y administración ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y demás organismos internacionales.

1.1.2.2 *ARCOTEL*

Se formó la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) a través del Artículo 142 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones mediante decreto Ejecutivo No 602 el 27 de febrero del 2015, como persona jurídica de derecho público, adscrita al (MINTEL) Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

ARCOTEL posee la competitividad de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como elaborar, aprobar, modificar y actualizar el Plan Nacional de Frecuencias, homologar los equipos terminales de telecomunicaciones, realizar estudios sobre el sector de telecomunicaciones y publicar las estadísticas de dicho sector etc. (LEXIS, 2015a: p.49)

1.1.3 *Espectro Radioeléctrico*

El espectro radioeléctrico es el contorno en la que se propagan las ondas electromagnéticas, algunas de alta frecuencia y otras de baja frecuencia convencional por debajo de 3000 GHz. Convirtiéndose en un recurso natural limitado propio del estado que disponen las empresas de telecomunicaciones con el objetivo de ofrecer una diversidad de servicios con diferentes frecuencias y tecnologías.

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias como se detalla en la FIGURA 1-1, que se designan por números enteros, en orden creciente. Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz). (CONATEL y SENATEL, 2012a: p.30)

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

FIGURA 1-1 Subdivisión del Espectro Radioeléctrico

Fuente: CONATEL y SENATEL, 2012b: p.30

Todas las frecuencias juntas forman el espectro radioelctrico donde podemos comparar como carreteras que llevan todo tipo de datos transformándose en un factor progresivo para el desarrollo social y económico de una sociedad, necesitando una institución que regule y controle las telecomunicaciones (ARCOTEL), para que todas esas señales no causen conflictos entre sí, evitando interferencia.

1.1.4 Prestadores del Servicio Móvil Avanzado

Conforme la regulación vigente, el Servicio Móvil Avanzado (SMA) es un servicio final de telecomunicaciones del servicio móvil terrestre, que permite toda transmisión, emisión y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, voz, datos o información de cualquier naturaleza. (SENATEL, 2011a: p22)

En la actualidad cuatro empresas dan servicio de SMA que cuentan con el título habilitante, las cuales son:

- CONECEL S.A
- OTECEL S.A
- CNT EP
- TUENTI

1.1.5 Banda Ancha Móvil

Banda Ancha lo denominamos al ancho de banda suministrado a un cliente a través de velocidades de transmisión de bajada mayores a 1 Mbps, empleando en la telemedicina, ciberagricultura, aplicaciones para pequeñas empresas etc.

La tecnología inalámbrica es muy factible y su infraestructura se instala rápidamente, teniendo un acceso a alta velocidad con una cobertura geográfica relativamente amplia, permitiendo a la comunidad ir hacia el desarrollo.

La banda ancha móvil es la proporcionada por los concesionarios del Servicio Móvil Avanzado, a través de equipos terminales móviles. (SENATEL, 2011b: p.22)

1.1.6 Operadoras de Servicio Móvil en el Ecuador

El servicio móvil en nuestro país ha evolucionado a pasos gigantescos, al tener las operadoras una mayor competencia, convirtiéndose en un gran beneficio para los clientes porque tendrían más opciones para elegir un servicio de calidad con una cobertura a nivel nacional, planes económicos incluyendo voz y datos, tecnología 4G permitiendo una mayor velocidad de navegación, promoviendo el progreso de los ecuatorianos.

El reporte de estadísticas 2015 del Servicio Móvil Avanzado (SMA) publicado por la fuente de registros administrativos ARCOTEL como se detalla en la FIGURA 1-2, fecha de corte Octubre 2015, fecha de publicación Noviembre 2015, reportaron el total de 14.366.993 líneas activas, en la modalidad PREPAGO un total de 10.061.112, POSPAGO un total de 4.249.412 y Telefonía de Uso Público (TTUP) un total de 56.469.

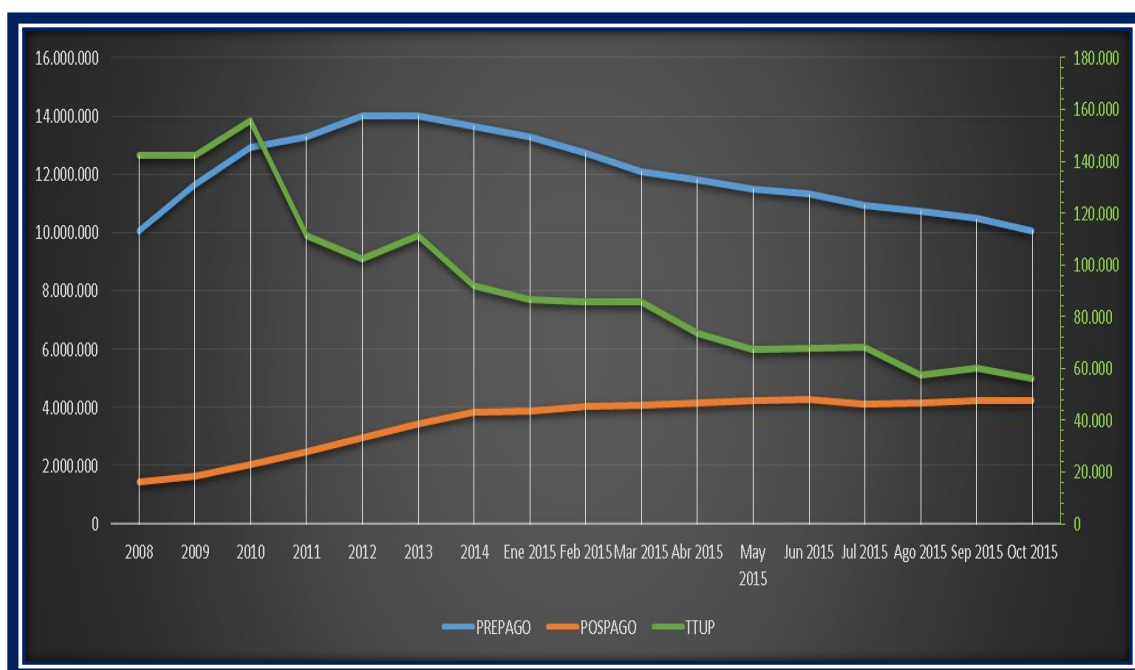


FIGURA 1-2 Líneas activas PREPAGO, POSPAGO y Telefonía de Uso Público

Fuente: ARCOTEL, 2015a

En la actualidad los usuarios han optado por tener una línea POSTPAGO al tener varias ventajas, en los diferentes planes de minutos y megas que ofrece cada operadora. Además en los planes nos ofrecen teléfonos inteligentes (Smartphone) teniendo una buena acogida por los clientes.

La participación del mercado de telefonía celular que lidera en el Ecuador es CLARO con un total de líneas activas de 9.084.496 equivalente al 63.23% a nivel nacional, seguida por MOVISTAR que cuenta con 4.232.428 líneas activas con el 29.46%. Finalmente CNT con el 7.31% del mercado con un total de 1.050.069 líneas activas como se detalla en la FIGURA 1-3.

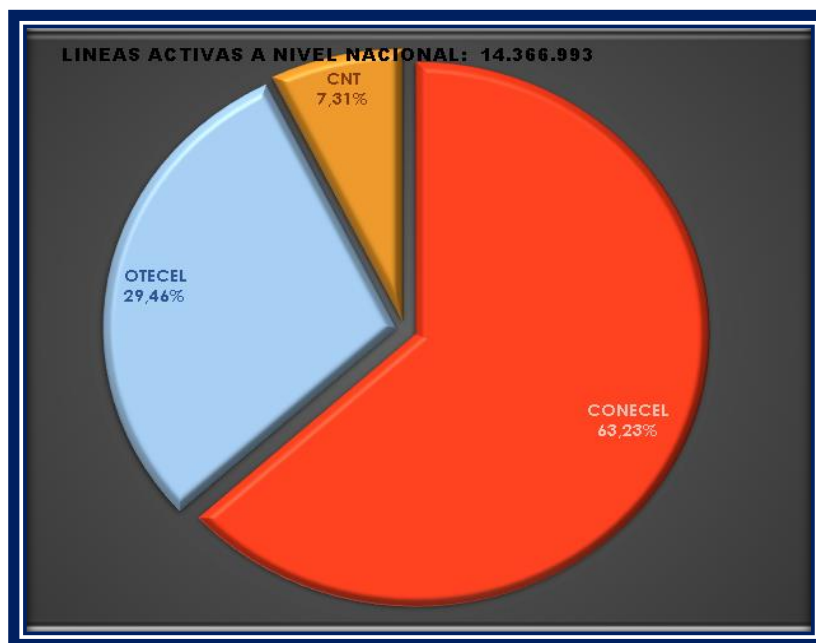


FIGURA 1-3 Participación de Mercado

Fuente: ARCOTEL, 2015b

1.1.6.1 CONECEL S.A (CLARO)

CONECEL S.A ópera a partir de 1993 siendo la primera operadora en llegar a nuestro país, al principio llamado Porta hasta marzo del 2011 y en la actualidad conocida como CLARO, convirtiéndose en una empresa líder en el continente capaz de proveer servicios inalámbricos. En el año 2000 es subsidiaria del grupo mexicano América Móvil liderado por Carlos Slim Helú.

CLARO posee una gran cantidad de antenas expandida en ciudades, pueblos y carreteras dando la mejor cobertura a nivel nacional. En la actualidad da servicio mediante la Tecnología GSM, UMTS, HSPA+ y en la ejecución creciente de la red 4G LTE en las diferentes zonas del país.

En la FIGURA 1-4 se detalla la información estadística del año 2015, de las líneas activas por tecnología de la operadora CONECEL S.A liderando la tecnología GSM con 7.225.301, seguido por UMTS con la cantidad de 1.450.148 y último por la tecnología HSPA+ con el número 409.047

de líneas activas tomando en cuenta que la tecnología LTE recién fue lanzada en Octubre del 2015.

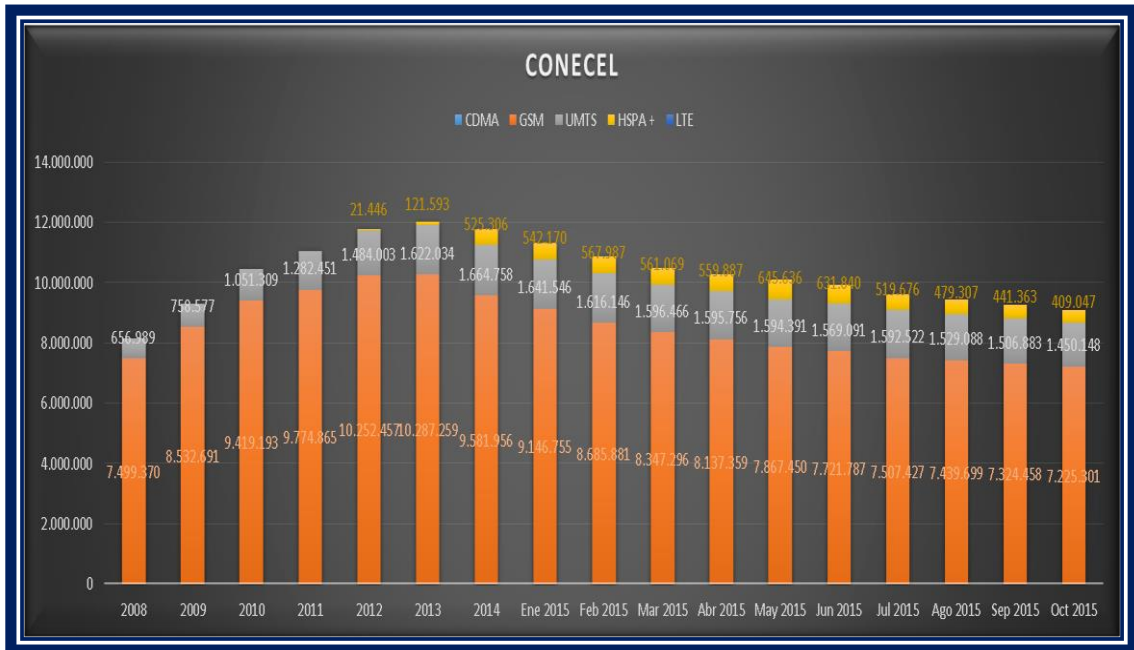


FIGURA 1-4 Evolución por Tecnología, operadora CLARO

Fuente: ARCOTEL, 2015c (fecha de publicación Noviembre 2015)

1.1.6.2 OTECEL S.A (MOVISTAR)

OTECCEL S.A es la segunda empresa celular que llegó a Ecuador, conocida al inicio como Celular Power luego fue adquirida por la corporación Bellsouth y actualmente es conocida como MOVISTAR subsidiaria del Grupo Telefónica.

MOVISTAR da servicio mediante la Tecnología GSM, UMTS, HSPA+ y LTE lanzado el 22 de mayo del 2014. Las ciudades que poseen tecnología 4G son Quito, Guayaquil, Ambato, Cuenca, Azogues, Tonsupa y Casa Blanca, optimizando una navegación más rápida.

En la FIGURA 1-5 se detalla el número de líneas activas por cada una de las tecnologías en la operadora OTECEL S.A, con un total de líneas activas de 4.232.428, la cual se dividen para las diferentes tecnologías, GSM con 3.648.796, UMTS con la cantidad de 333.836, HSPA+ con 127.633 y LTE 122.163 usuarios.



FIGURA 1-5 Evolución por Tecnología MOVISTAR

Fuente: ARCOTEL, 2015d (fecha de publicación Noviembre 2015).

1.1.6.3 TUENTI

Tuenti, es una operadora virtual de la concesionaria OTECEL S.A, da un nuevo servicio de telefonía móvil prepago que opera en el Ecuador desde el 30 de mayo del 2015. La meta de esta multiplataforma es satisfacer las necesidades de comunicación del mundo de los jóvenes digitales, en las redes sociales y la mensajería instantánea, brindando el control de su privacidad, entretenimiento y diversión ya que siempre desean estar conectados.

Ecuador es el quinto país donde llega esta marca, para ser clientes debemos adquirir un chip, y tener un Smartphone de 3G, porque da un servicio apuntado en datos a las necesidades de servicios móviles de quienes hacen un gasto intensivo de internet en el móvil y quieren sacarle el mejor provecho.

1.1.6.4 CNT EP

En el 2003 apareció TELECSA conocido como Alegro empresa pública ecuatoriana actualmente Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP fundada el 14 de enero del 2010, dando servicios de telefonía fija, telefonía móvil, internet fijo, internet móvil, y televisión satelital en todo el país.

CNT EP, despliega la primera red de telefonía móvil 4G LTE, operando primeramente en las principales ciudades de nuestro país Quito, Guayaquil, Manta, Ambato, Portoviejo y Santo Domingo, consecutivamente ampliará la señal LTE a las demás ciudades y zonas rurales el servicio se comenzó a brindar desde diciembre del 2013.

En la FIGURA 1-6 se detalla, el número total de líneas activas de telefonía móvil es de 1.050.069 comercializadas por las tecnologías GSM con un total 234.839 de usuarios, HSPA+ 311.560 y la mayoría de usuarios están con la Tecnología LTE con 503.670 publicado por la fuente de registros administrativos ARCOTEL.

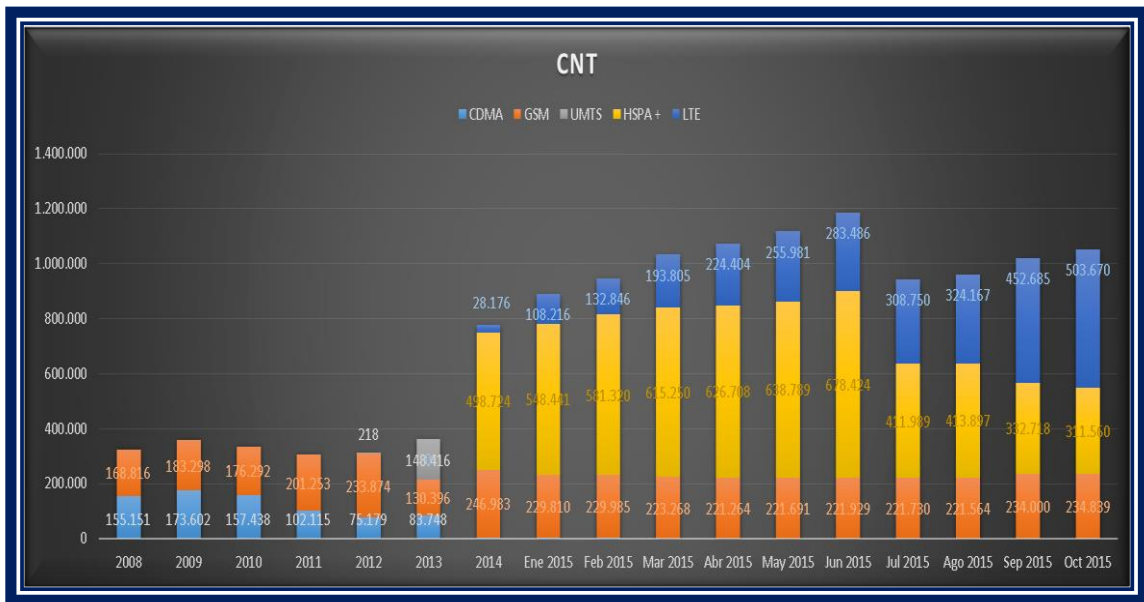


FIGURA 1-6 Evolución por Tecnología CNT

Fuente: ARCOTEL, 2015e (fecha de publicación Noviembre 2015)

1.1.7 Sistema Autónomo de Mediciones Móviles (SAMM)

En la actualidad ARCOTEL para el control de la calidad de las redes móviles en nuestro país, consta con el Sistema Autónomo de Mediciones Móviles (SAMM), obtenido en el año 2011 al fabricante ASCOM, basado en el sistema AUTONOMOUS, para la evolución de establecer parámetros de calidad, lo que se persigue es: (SUPERTEL, 2012b: p.11)

- Notificar a las operadoras los problemas de calidad del servicio detectados a fin de que se presente una propuesta de solución.
- Verificar las soluciones implementadas por las operadoras.
- Informar a la comunidad.

Para lo cual se establece dos formas de medición: (SUPERTEL, 2012c: p.11)

- Mediciones con equipos instalados en puntos fijos (RTUs fijos)
- Mediciones con equipos instalados en vehículos (RTUs móviles)

El SAMM es muy versátil para ejecutar mediciones sin la presencia de un técnico en un lugar determinado, donde se puede acceder de manera remota colectando datos y centralizando la información

La ARCOTEL actualmente está en el proceso de definir parámetros de Internet Móvil, para ser incluidos en los respectivos contratos de concesión a través del uso del SAMM midiendo los siguientes parámetros técnicos:

- Porcentajes de PINGS exitosos
- Porcentaje de HTTP fallidos
- Throughput en Uplink (FTP)
- Throughput en Downlink (FTP)

Porcentajes de PINGS exitosos: La utilidad de prueba de ping exitosa, verifica el estado de la conexión con uno o varios equipos remotos por medio de los paquetes de solicitud de eco ICMP, donde el host origen realice una solicitud de ping con la dirección IP del host destino, verificando la latencia o tiempo que tardan en comunicarse dos puntos remotos.

El ping fallido, se da cuando no encuentra la ruta de destino, dando como resultado un mensaje de error indicando que no ha recibido el mensaje de respuesta del ping en el período de tiempo designado a través del tiempo de vida expirado (TTL) evitando la circulación infinita del paquete en la red.

Porcentaje de HTTP fallidos: El porcentaje de HTTP fallidos corresponde al acceso a una página web, utilizando un cliente HTTP en el equipo de prueba.

Throughput en Uplink (FTP): El indicador de Throughput en Uplink (FTP), consisten en pruebas de subida de un archivo usando el protocolo FTP, medidos en Kbps. La conexión se realiza sobre un servidor FTP ubicado dentro de la red en las oficinas centrales de ARCOTEL.

Throughput en Downlink (FTP): El indicador de Throughput en Downlink (FTP), consisten en pruebas de descarga de un archivo usando el protocolo FTP, medidos en Kbps. La conexión se realiza sobre un servidor FTP ubicado dentro de la red en las oficinas centrales de ARCOTEL. Sin embargo, los parámetros actuales que se controla, sea con el SAMM o con otras herramientas de monitoreo son los siguientes:

1.1.8 Parámetros de calidad para el servicio móvil avanzado

Al momento estos parámetros cuentan con una regulación que permita garantizar a las operadoras un servicio de calidad establecido en el contrato de concesión. El valor objetivo es obligatorio al cumplimiento de parte del prestador del SMA.

1.1.8.1 Grado de satisfacción del usuario del SMA encuestado (GSe).

Valor Objetivo: GSe \geq 3.5, el valor objetivo se da trimestral.

Forma de Medición: Se toma una muestra de diferentes abonados del SMA de voz y datos consultado mediante encuestas. El abonado es consultado, quien calificara para cada servicio con valores del 1 malo, 2 regular, 3 bueno, 4 muy bueno y 5 excelente. (CONATEL, 2014a: p.9)

1.1.8.2 Porcentajes de Reclamos Generales del SMA, en el mes.

Valor Objetivo: $\% \leq$ 1%, el valor objetivo se da mensual a nivel nacional.

Forma de Medición: Medido a través del sistema de atención de Reclamos del prestador del servicio; el sistema de atención deberá reunir todos los canales de reclamos (personalizado, telefónico u otros) establecidos por la operadora. (CONATEL, 2014b: p.12)

1.1.8.3 Tiempo promedio de resolución de reclamos, en horas durante el mes (Tr)

Valor Objetivo: Tr \leq 120 horas continuas, contadas a partir de la realización del reclamo por parte del abonado. Valor objetivo mensual a nivel nacional evaluado por canales de reclamo.

Forma de Medición: Medido a través del sistema de atención de reclamos del prestador del servicio; el sistema de atención deberá reunir todos los canales de reclamos (personalizado, telefónico u otros) establecidos por la operadora. (CONATEL, 2014c: p.14)

1.1.8.4 *Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano, en segundos (Ta) y porcentaje de cumplimiento (% C)*

Valor Objetivo: $Ta \leq 20$ segundos y $E\% C \geq 85\%$. El valor objetivo se da semestral a nivel nacional.

Forma de Medición: La Sociedad Concesionaria deberá medir este parámetro, en los sistemas de control y distribución de llamadas en los call center. (CONATEL, 2014d: p.16)

1.1.8.5 *Porcentaje de Reclamos de facturación del SMA (Rf)*

Valor Objetivo: $\% Rf \leq 0.5\%$. El valor objetivo se da mensual a nivel nacional.

Forma de Medición: Medido a través del sistema de procesamiento de reclamos de facturación o débito, registrados por el prestador de servicios. (CONATEL, 2014e: p.18)

1.1.8.6 *Porcentaje de llamadas establecidas exitosas (%llcom)*

Valor Objetivo: $\%llcom \geq 96\%$. El valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición.

Forma de Medición: El prestador del servicio realizara la medición a través de los contadores existentes en su red, en cada uno de los centros de conmutación y los controladores. (CONATEL, 2014f: p.20)

1.1.8.7 *Tiempo de establecimiento de llamada (tell)*

Valor Objetivo: Las radiobases, Nodos B y E Nodos B sin enlaces satelitales: $tell < 12$ segundos, para al menos el 96% de las muestras. Las radiobases, Nodos B y E Nodos B con enlaces satelitales: $tell < 14$ segundos, para al menos el 96% de las muestras.

Forma de Medición: El prestador del servicio obtendrá las mediciones de su sistema de medición de control y calidad en la cuarta mayor hora cargada del mes de conformidad con la Recomendación ITU-T E.492, por zona de medición. (CONATEL, 2014g: p.23)

1.1.8.8 Porcentaje de llamadas caídas, por zona de medición (%allc)

Valor Objetivo: %allc \leq 2% (2G y 3G). El valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, por zona de medición.

Forma de Medición: La ARCOTEL por su parte podrá realizar mediciones a través de sus equipos de comprobación en campo para la verificación del valor objetivo del presente parámetro.

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA.

3G: Comprende las tecnologías WCDMA/UMTS hasta HSPA+. (CONATEL, 2014h: p.25)

1.1.8.9 Nivel mínimo de señal en cobertura (Zona de cobertura)

Valor Objetivo: % C \geq 95%. Para las mediciones superiores o iguales al nivel mínimo y calidad de señal establecido dentro de la zona de medición establecida por ARCOTEL. El valor objetivo se da para cada tecnología, por servicio, por zona de medición o carretera.

Forma de Medición: La medición con colección manual de datos se da dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador de servicio, ARCOTEL establecerá las zonas sobre cuales se realizara la medición de posición, nivel de señal y velocidad. El drive test se realizara a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos el 90% de muestras tomadas deberán estar dentro del límite de velocidad establecido. (CONATEL, 2014i: p.27)

La medición con colección automática de datos se da dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador de servicio, ARCOTEL establecerá las zonas sobre cuales se realizara la medición de nivel de señal. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Los niveles mínimos de acuerdo a la tecnología son:

Tabla 1-1 Niveles mínimo de señal

Servicio	2G	3G	
	RxLevel	RSCP	Ec/Io
Datos	\geq -80 dBm	\geq -80 dBm	\geq -12 dB
Voz	\geq -85 dBm	\geq -80 dBm	\geq -14 dB

FUENTE: CONATEL, 2014j: p.28

RxLevel: nivel de recepción sobre el canal de control en modo Idle.

RSCP:(Received Signal Code Power) Potencia recibida después del despreading en modo Idle.

Ec/Io: Energía chip / Interferencia, en los casos en que el equipo de colección y procesamiento no disponga del parámetro Ec/Io se podrá utilizar el parámetro Ec/No (Energía chip / Ruido del sistema) en modo Idle.

1.1.8.10 *Calidad de conversación (MOS)*

Valor Objetivo: MOS \geq 3.3 para 2G y 3G. El valor objetivo se da semestral, por zona de medición.

Forma de Medición: La medición con colección manual de datos se da dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador de servicio, ARCOTEL establecerá las zonas sobre cuales se realizara la medición de posición, nivel de señal y velocidad. El drive test se realizara con el equipamiento que permita la evaluación automática de la calidad de conversación percibida de acuerdo con la recomendación ITU-T P.862. (CONATEL, 2014k: p.30)

La medición con colección automática de datos se da dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador de servicio, ARCOTEL establecerá las zonas sobre cuales se realizara la medición. El procesamiento de las muestras se realizara dentro de la zona mediante métodos estadísticos. Se utilizara equipamiento que permita la evaluación automática de la calidad de conversación percibida de acuerdo con la recomendación ITU-T P.862.

Cada llamada durara al menos 60 segundos con pausas de al menos 30 segundos entre llamadas.

1.1.8.11 *Porcentaje de mensajes cortos con éxito (Mr)*

Valor Objetivo: % Mr \geq 98%. El valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, por cada centro de servicios de mensajes cortos.

Forma de Medición: El prestador del servicio realizara la medición en cada centro de servicios de mensajes cortos. (CONATEL, 2014l: p.32)

1.1.8.12 Tiempo promedio de entrega de mensajes (T_m)

Valor Objetivo: $T_m \leq 20$ segundos. El valor objetivo en la cuarta mayor hora cargada del mes, medido en los centros de servicios de mensajes cortos, de manera independiente.

Forma de Medición: El prestador del servicio realizara la medición en cada centro de servicios de mensajes cortos medido en segundos. (CONATEL, 2014m: p.34)

1.2 Técnicas de Acceso Múltiple

Los usuarios del sistema de telefonía móvil pueden comunicarse siempre que se encuentren en zona de cobertura cubierta por una estación base. La zona de cobertura se divide en espacios hexagonales denominados celda. La incorporación de las estaciones base del sistema forman una estructura celular, donde disponemos varias técnicas que intervienen para que los equipos terminales y la estación base se comuniquen. A estas técnicas se les denominan técnicas de Acceso Múltiple.

1.2.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

FDMA divide el espectro en frecuencia alrededor de 25 kHz en un conjunto de radiocanales o portadoras. Para comunicarse con la estación base, se asignara un radiocanal por usuario hasta que este no necesite el recurso. Esta técnica se aplica en modulaciones analógicas, sobre todo en FM.

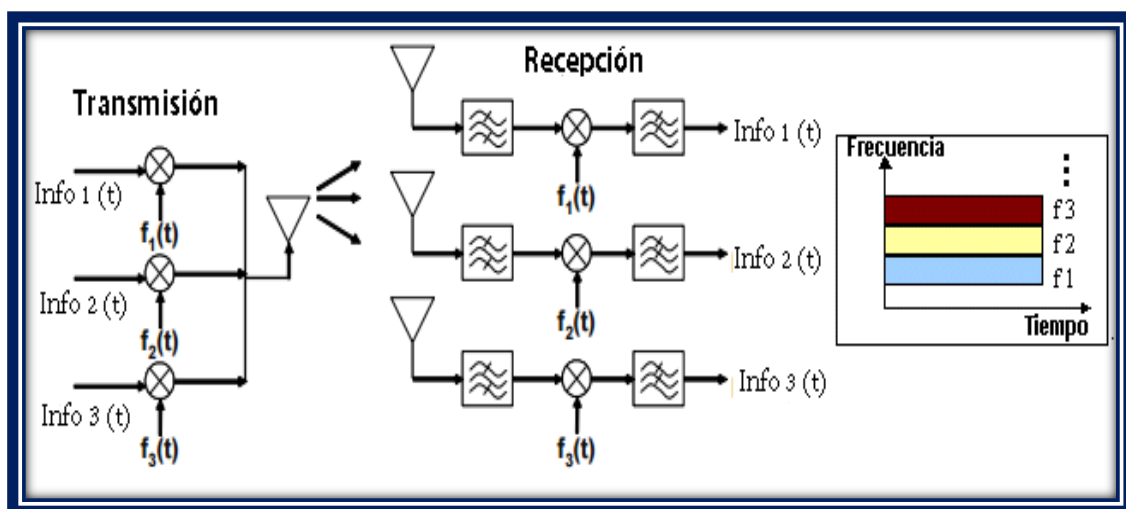


FIGURA 1-7 Técnica FDMA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. (Figuroa de la Cruz, 2008a: p.31)

1.2.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

TDMA utiliza toda la banda de frecuencia durante un período de tiempo determinado, es decir usa multiplexación por división de tiempo. TDMA divide un canal de frecuencia en intervalos de igual duración nombrados como slots de tiempo, permitiendo a múltiples usuarios hacer una transmisión, estableciendo un solo canal de frecuencia por un intervalo específico de tiempo y después se mueve a otro canal.

El inconveniente de TDMA es la interferencia cuando no se sincroniza entre canales adyacentes permitiendo la captación de la energía de una señal determinada.

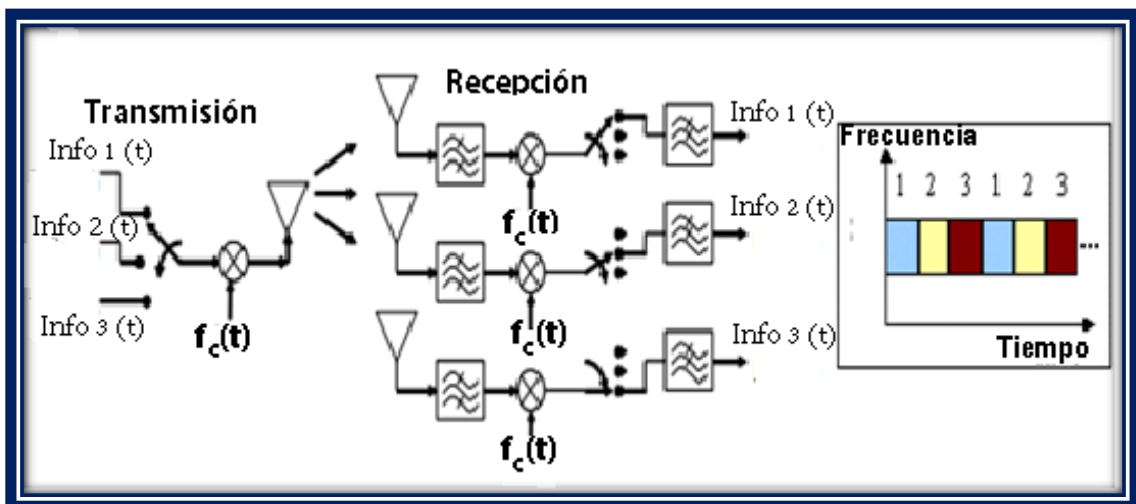


FIGURA 1-8 Técnica de TDMA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

1.2.3 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

El funcionamiento básicamente es que una señal de banda angosta que contiene la información sigue un patrón aleatorio de salto entre una y otra frecuencia, sin una localización fija en el espectro. Está claro que el receptor debe conocer también el patrón correcto de salto para demodular la señal. (Figuroa de la Cruz, 2008b: p.39)

CDMA realiza una división estableciendo a cada usuario un código diferente, permitiendo la comunicación a los usuarios en el mismo canal al mismo tiempo.

Ventajas del uso de CDMA.

Mayor Capacidad: Al usar la técnica CDMA es el gran número de usuarios que pueden transmitir al mismo tiempo y con la misma portadora.

Privacidad y Seguridad: Es dificultoso capturar y descifrar una señal.

Mayor Cobertura: Al existir un control en el nivel de potencia, es viable abastecer de una mayor cobertura.

Menor ruido e Interferencia: Es posible aumentar la potencia de las señales sin que se interfieran.

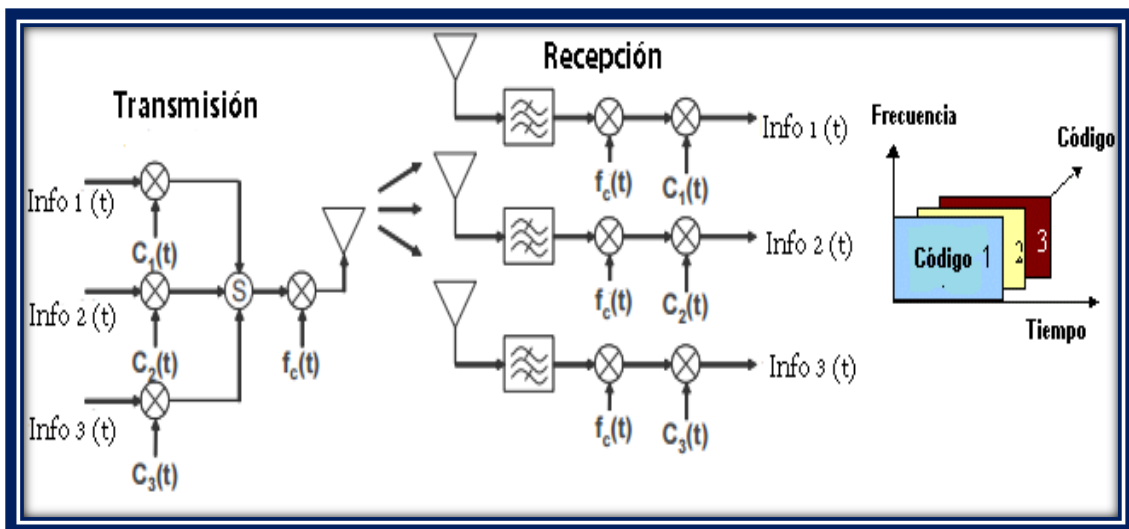


FIGURA 1-9 Técnica CDMA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

1.2.4 Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es una técnica de multicanalización, donde divide el canal en varias subportadoras o subcanales. La clave de OFDM está en la ortogonalidad de las señales, esto permite mezclar varias de ellas en transmisión para luego separarlas en recepción sin que exista interferencia. Diferentes usuarios comparten el canal, pero no al mismo tiempo. Cuando un usuario transmite ocupa todas las portadoras.

Los sistemas que usan tecnología OFMA son: la televisión digital terrestre; la radio digital; la tecnología ADSL; el protocolo de red de área local IEEE 802.11a/g; 3GPP release 8 y 9 conocido como LTE (Long Term Evolution) y release 10 (LTE-Advanced).

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) trabaja como OFDM, permitiendo el acceso múltiple dividiendo el canal en un conjunto de subportadoras (subcarriers) ortogonales que se reparten en grupos en función de la necesidad de cada uno de los usuarios. Diferentes usuarios comparten el canal al mismo tiempo. Cada usuario ocupa diferentes portadoras.

LTE se basa en OFDMA, para Downlink y en SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) para Uplink.

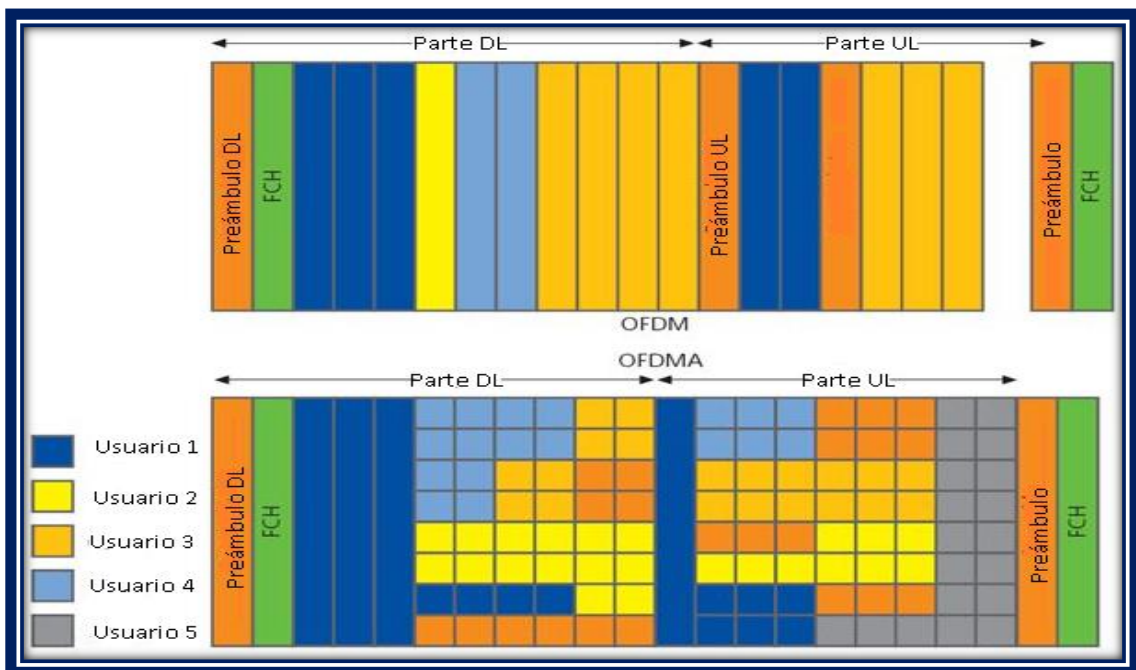


FIGURA 1-10 Funcionamiento de OFDM y OFDMA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Ventajas de OFDMA.

Flexibilidad del espectro. Es una de las características clave de LTE. La existencia de distintos marcos regulatorios dependiendo de la zona geográfica de despliegue, así como la compatibilidad con otros operadores u otros servicios y sistemas, hacen necesaria la flexibilidad en el ancho de banda usado dentro de la banda de despliegue.

Coordinación de interferencia intercelular. LTE permite la coordinación entre las distintas estaciones base con el objetivo de identificar que usuarios se encuentran en el centro o en el borde de la celda. La utilización de diferentes esquemas de reutilización de frecuencias permite reducir la interferencia intercelular.

1.3 Evolución de los Sistemas Celulares

La telefonía celular ha evolucionado en varias etapas designadas como generaciones. En el año 1970 se inicia el servicio de telefonía móvil cuando se introdujo el primer radioteléfono, dando un gran crecimiento a las comunicaciones inalámbricas, donde cada país lanzaba un sistema propio, proporcionando inconvenientes en la comunicación por la cual se apuntaba a nuevos diseños de sistemas universales.

	1G	2G	2.5G	3G	4G
Inicio/Evolución	1970/1984	1980/1991	1985/1999	1990/2002	2000/2006
Tecnología	Análogica	Digital	Digital	Banda ancha CDMS y Tecnología IP	LAN/WAN/ PAN y WLAN
Servicio	Telefonía Móvil (Voz)	Voz digital y mensajes cortos	Mayor capacidad, paquetes de datos	Integración de alta calidad de audio, video y datos	Acceso a la información dinámica, dispositivos portátiles
Multiplexación	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA
Conmutación	Circuito	Circuito	Circuito para red de acceso, interfaz de aire	Paquetes excepto el circuito para interfaz de aire	Todos los paquetes
Núcleo	PSTN	PSTN	PSTN y Red de datos	Red de datos	Internet

FIGURA 1-11 Diferencia entre 1G, 2G, 3G, 4G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En nuestro país la telefonía celular principia a finales del año de 1993 con el ingreso de dos operadoras CONECEL S.A y OTECEL S.A constituyendo un duopolio en las comunicaciones móviles hasta el año 2003 donde aparece TELECSA actualmente CNT EP

1.3.1 Primera Generación (1G)

Las redes móviles han avanzado con la primera generación iniciando en los años 80, basado en la técnica de transmisión analógica con la tecnología AMPS (Advanced Mobile Phone System) estándar americano que fue adoptado en nuestro país. Solo se podía ejecutar llamadas de voz de baja calidad y sus señales que se transmitían eran por FM (modulación de frecuencia).

1.3.2 Segunda Generación (2G)

La presencia de la segunda generación creció en los 90 con un gran cambio en la transmisión de analógico a transmisión digital, comprendido por distintos protocolos desarrollados por las diferentes compañías donde existía mucha incompatibilidad. Esta generación estaba liderada por el estándar más exitoso el GSM (Global System for Mobile Communications) con una gran conformidad en todo el mundo siendo el primer estándar que permite roaming.

Otros estándares apreciables fueron TDMA (Time División Múltiple Access) o también llamado Digital AMPS (D-AMPS), PDC (Personal Digital Communications) y CDMA IS-95 (Code División Múltiple Access).

Las mejoras que ofrecía esta generación son mejor calidad de voz, cobertura y capacidad. Se basa en la transmisión de la información a través de la conmutación por circuito donde fueron diseñados para la transmisión de mensajes cortos (Short Message Service - SMS), construyendo la tarjeta SIM (Modulo de Identificación del Suscriptor) para el equipo móvil que habilita su movilidad.

1.3.2.1 Generaciones intermedias (2.5G y 2.75G)

Las generaciones intermedias 2.5G y 2.75G representan a las perfecciones tecnológicas de la 2G, aumentando la capacidad de transferencia de datos, donde esta tecnología manipula más de un slot de tiempo para la conexión, teniendo una capacidad de tiempo real de transferencia de 9.6 Kbps.

La tecnología de transmisión de datos 2.5G (GPRS) engrandece la transmisión de datos de 56 Kbps a 115 kbps, semejante a una trama de 8 slots. GPRS consiente la transmisión por paquetes, donde accede a los servicios de navegación WAP, concluyendo que es perfecto para aplicaciones que no apliquen en tiempo real, tales como correo electrónico, envío de MMS y navegación por Internet.

La tecnología de transmisión de datos 2.75G (EDGE) es una evolución de GPRS, es planteado por un nuevo esquema definido por Modulación de Desplazamiento de Fase Octogonal el 8-PSK (Octogonal Phase Shift Keying) a través de la actualización del software de la radio base. Pero tiene un inconveniente al ser utilizado solo en distancias cortas ya que en grandes áreas de cobertura aun es necesario GMSK. (Figuroa de la Cruz, 2008c: p.18)

La tecnología EDGE se puede manipular para cualquier conmutación de paquetes consiguiendo velocidades de transmisión de datos hasta 236.8 Kbps para aplicaciones, tales como conexión a Internet.

1.3.3 Tercera Generación (3G)

En la Tercera Generación fueron planteados varios sistemas, fundamentados en diferentes Tecnologías, las cuales quedaron cuatro como los principales: UTRA-UTMS (WCDMA) siendo el más popular, CDMA 2000, Enhanced – GSM y UWC-136/EDGE.

3G (UMTS) está basada en la familia de estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) establecido en la IMT-2000. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) constituye uno de los miembros de esta familia de estándares IMT-2000. (SUPERTEL, 2012d: p.6)

(UMTS) permite comunicaciones de voz, video y datos a velocidades altas permitiendo servicios como navegación web todo el tiempo, ancho de banda asimétrico en el enlace ascendente y descendente, la tecnología IP garantiza la calidad de servicio (QoS) basada en paquetes estableciendo el núcleo de las redes 3G.

La compatibilidad de la tecnología y estándares de redes fijas y móviles existió, ya que los usuarios finales puedan usar al equipo terminal para varios servicios como voz y datos. La velocidad de navegación varía según al entorno, 144 Kbps en las zonas rurales, 384 Kbps en zonas suburbana.

UMTS ha sido un éxito total en el campo tecnológico pero no ha triunfado excesivamente en el aspecto comercial. Se esperaba que fuera un bombazo de ventas como GSM pero realmente no ha resultado ser así ya que, según parece, la mayoría de usuarios tiene bastante con la transmisión de voz y la transferencia de datos por GPRS y EDGE. (Haro Macías Manuel, 2015b: p.33)

1.3.3.1 Generaciones intermedias (3.5G y 3.75G)

3.5G denominado HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) Acceso a paquetes a alta velocidad es un cambio de la tecnología 3G por la evolución tecnológica de los equipos terminales que adquieren los usuarios, teniendo una gran funcionalidad en cada una de las herramientas, como el envío y recepción de datos entre varios Smartphone y acceso a Internet, con mayor ancho de banda y menor latencia.

El objetivo de esta tecnología es ofrecer mayor velocidad de transmisión a 1,8 Mbps, considerando a 3 o 4 veces más rápida que el la tecnología 3G, donde las imágenes, y sonidos pueden ser descargados y disfrutados con mayor calidad. Además permite aplicaciones en tiempo real (videostreaming).

HSPA también se despliega típicamente como tecnología multi-modal en dispositivos LTE para habilitar la amplia cobertura de roaming por banda ancha móvil.

HSPA y su evolución a HSPA+ (plus) es la tecnología de banda ancha móvil más ampliamente desplegada en el mundo y es la evolución de tercera generación (3G) de la familia de tecnologías 3GPP. HSPA es el término empleado para referirse al despliegue en una red de tecnología HSDPA (3GPP Release 5) como así también HSUPA (3GPP Release 6).

HSPA Plus (HSPA+ en el 3GPP Release 7 y posteriores) es también parte de la tecnología HSPA y proroga la inversión de un operador en la red antes de dar el siguiente paso a 3GPP Long Term Evolution (Evolución para el Largo Plazo o LTE, según la sigla en inglés, o 3GPP Release 8 y posteriores). HSPA se desarrolla a partir de UMTS/WCDMA de tercera generación (3G) y está fuertemente posicionada como la tecnología de datos móviles líder para el futuro previsible.

3.75G HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), es una mejora de HSDPA nombrado como Generación 3.75 o 3.5G Plus, estableciendo un protocolo de acceso de datos en la telefonía celular, incrementando a una tasa muy elevada de transferencia de subida de datos hasta 5.76 Mbps, mejorando las aplicaciones en tiempo real.

HSPA (High Speed Packet Access) No es más que HSDPA y HSUPA combinadas. La mejora permite multiplicar por cuatro la velocidad de subida de grandes ficheros a la red de Internet, pasando de los 384 Kbps disponibles a este ese momento a 1,4 Mbps. (RIVERO HERNÁNDEZ, 2011a, p.5)

HSPA/HPSPA+ pone a disposición de los operadores una tecnología eficiente de banda ancha móvil para satisfacer las necesidades inalámbricas avanzadas de los clientes. El trabajo de normalización desarrolló a HSPA+ hasta 336 Mbps a una tasa máxima teórica en caso de que los operadores elijan actualizar sus redes HSPA con la implementación de una serie de funcionalidades usadas en LTE.

Tabla 1-2 Evolución de la Tecnología HSPA

Nombre	Release	Velocidad de Descarga	Velocidad de Subida
HSDPA	Release 5	14.4 Mbps	384 Kbps
HSUPA	Release 6	14.4 Mbps	5.76 Mbps
HSPA+	Release 7	28 Mbps	11.5 Mbps
HSPA+MIMO	Release 8	42 Mbps	11.5 Mbps
HSPA+	Release 9	84 Mbps	12 Mbps
HSPA+	Release 10	168 Mbps	23 Mbps
HSPA+	Release 11	336 Mbps	69 Mbps

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

1.3.4 Cuarta Generación (4G)

La tecnología 4G se refiere a la tecnología de cuarta Generación basado en el protocolo IP, trabaja a través de conmutación de paquetes, obteniendo una velocidad de acceso de conexión mayor a 100Mbit/s en movimiento y un 1 Gbps en reposo, en las que podemos disfrutar la transferencia de videos en tiempo real, garantizando una calidad de servicio (QoS) a diferencia de las generaciones anteriores.

El estándar de la tecnología 4G está dado por LTE (Long Term Evolution) realizado por la 3GPP, la organización que desarrolló y mantiene GSM y UMTS. LTE está muy generalizado para los usuarios donde utilizaremos nuevas aplicaciones como VoIP en lugar de llamadas, whatsapps en lugar de SMS por el protocolo IP; también la duplexación es mediante TDD (Time Division Duplex) que ocupa una sola zona del espectro.

En la actualidad en nuestro país tenemos inconvenientes para muchos usuarios porque esta tecnología está limitada por territorios, es decir solo podemos disfrutar en las principales ciudades de nuestro país, así no llegando a todos los sitios en el Ecuador.

Tabla 1-3 Tecnologías Celulares 2G, 3G, 4G

	TECNOLOGÍA	ANCHO DE BANDA	VELOCIDAD PICO DE SUBIDA UL	VELOCIDAD PICO DE BAJADA DL	BANDA DE FRECUENCIA (MHz)
2G	GSM / GPRS / EDGE	200 kHz	56 Kbps 118 Kbps	114 Kbps 236 Kbps	900 / 1800
	WCDMA	5 MHz	384 Kbps	384 Kbps (2 Mbps)	900 / 1800 2100 / 2600
3G	HSPtA	5 MHz	5.7 Mbps	14 Mbps	DD / 900 / 2100 2600
	HSPA+	5 MHz	11.5 Mbps	28 Mbps (42 Mbps)	DD/ 900 / 2100 2600
	WiMax IEEE 802.16e	10 MHz	70 Mbps	70 Mbps 134 Mbps	2600 / 3500
4G	LTE-Advanced*	Variable sobre los 100 MHz	Mayor a 500 Mbps	Mayor a Gbps	2500
	"IMT-Advanced"	Variable sobre los 100 MHz	270 Mbps 675 Mbps	600 Mbps 1.5 Gbps	2500

Fuente: SUPERTEL, 2014a, p.6

1.4 Redes De Telefonía Móvil

1.4.1 Los Sistemas Celulares

Los sistemas celulares se establecen en la segmentación de una superficie geográfica relativamente grande en secciones más pequeñas llamadas celdas o células donde se presta servicio a los dispositivos móviles a través de las radio bases que depende de un sistema de conmutación, admitiendo la interconexión entre radio bases y la conexión del sistema a la red pública.

Las celdas son hexagonales ya que no dejan huecos entre ellas, con el fin de ocupar eficazmente el espectro radioeléctrico facilitando un gran número de usuarios. Las celdas se congregan en grupos llamados clusters, los cuales varían de tamaño de acuerdo a los números de celdas, con el propósito de usar las técnicas de reusó de frecuencia.

El enlace entre el terminal y la red se debe mantener cuando este de una célula a otra (handover), y cuando la red identifica la posición del móvil, realizando un seguimiento (roaming). (Figuroa de la Cruz, 2008d: p.47)

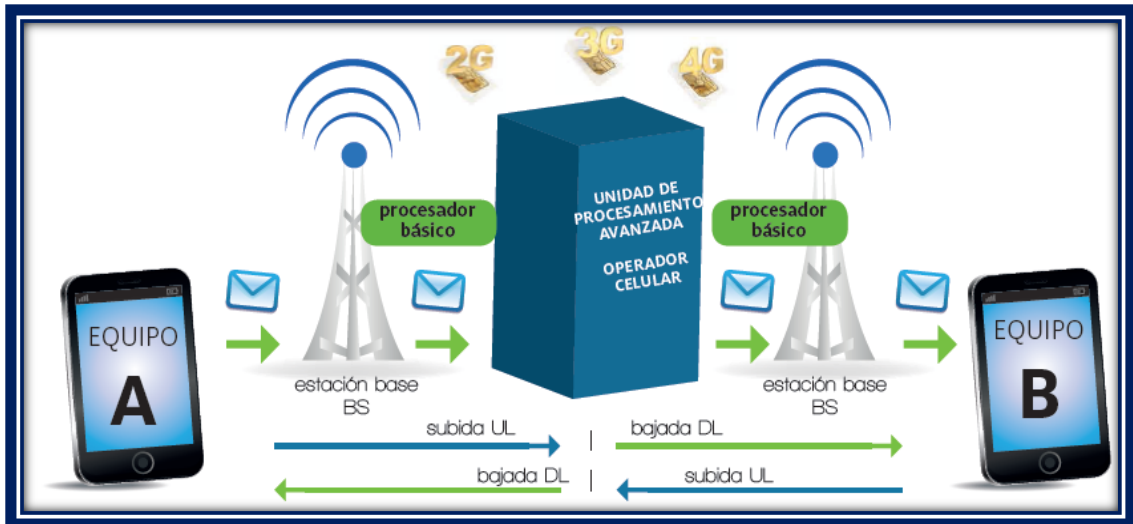


FIGURA 1-12 Esquema básico de un Sistema Celular

Fuente: SUPERTEL, 2014b, p.6

1.4.2 Estructura de una Sistema Celular

En una red móvil funcionan las tres generaciones juntamente, donde cada generación tiene elementos diferentes y elementos comunes que permiten que los usuarios puedan conectarse utilizando las diferentes tecnologías pasando de una a otra incluso durante una llamada.

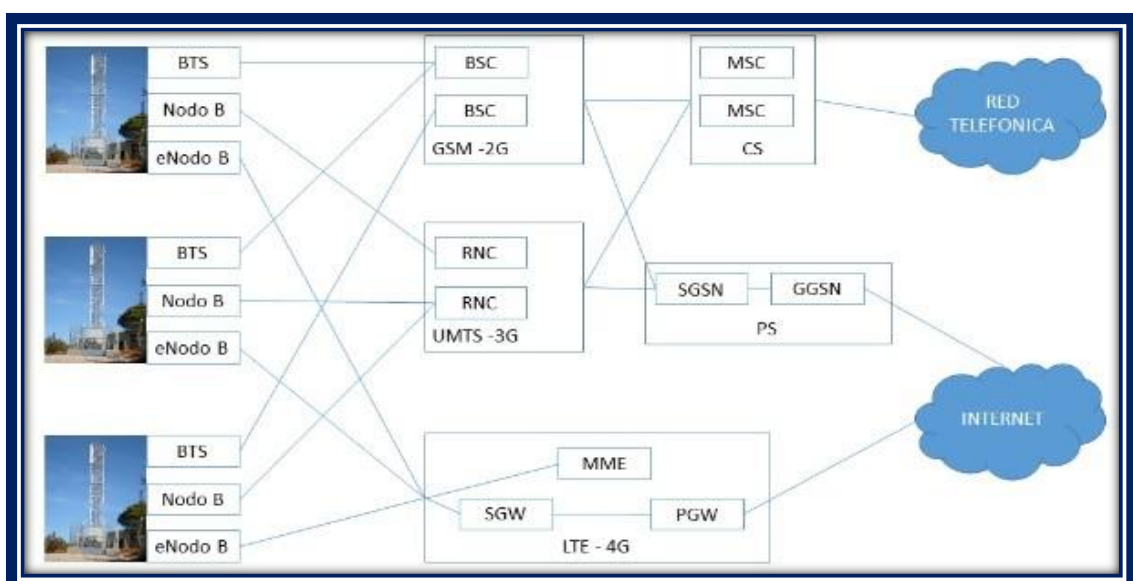


FIGURA 1-13 Arquitectura de un sistema celular 2G, 3G, 4G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

La evolución inicial de una nueva tecnología, las operadoras de telefonía móvil dan cobertura en todas las tecnologías disponibles. A partir de ahí la llamada o conexión de datos depende del teléfono móvil que poseen el usuario.

1.4.2.1 Estructura de un Sistema Celular 2G

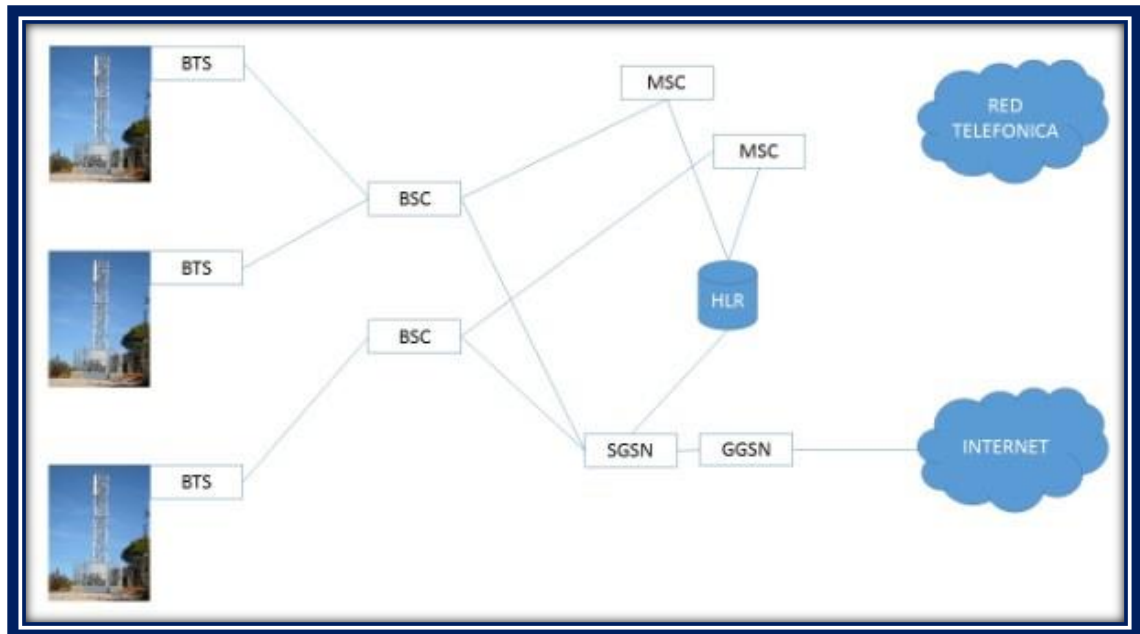


FIGURA 1-14 Estructura Celular 2G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Célula: Determinada también como celda, siendo el área geográfica de cobertura de una radiobase cubierta por señales de radiofrecuencia.

Estaciones Móviles (MS): Está formada por el terminal telefónico y el SIM que realiza la función de emisor o receptor proporcionando un enlace para poder realizar una comunicación telefónica ya sea voz, SMS, datos a través de una red inalámbrica.

Estaciones Base (BTS): Conocidas como radio bases autorizadas de mantener el enlace radioeléctrico entre la estación móvil y la estación de control de servicio durante la comunicación. Esta puede atender a una o varias estaciones móviles proporcionando una cobertura total de servicio en el área geográfica que se deba cubrir transformándose en el corazón de cada celda. (Huidobro y Conesa, 2006a: p.166)

Estaciones de Control (BSC): Ejecuta las funciones de gestión y mantenimiento del servicio, donde se asigna la radio base en un lugar determinado, a las estaciones móviles que se trasladan en dicho sector.

La función de conmutación de la comunicación entre radio bases (handover o handoff) permite cambiar el canal ocupado por la estación móvil en la estación base anterior por otro libre de la estación base próxima, mientras la función de localización de una estación móvil cuando está fuera de un sector habitual implica que cada radio base debe conocerse las estaciones móviles residentes y visitantes para que las estaciones de control puedan determinar su posición en cualquier instante. (Huidobro y Conesa, 2006b: p.166)

Centros de Conmutación (MSC): El sistema de conmutación desempeña el procesamiento de llamadas, análisis de numeración, control de tráfico y estadísticas de llamadas, soportando la conectividad entre redes públicas y privadas con la red de comunicaciones móviles, así como la interconexión entre estaciones móviles localizadas en distintas áreas geográficas de la red móvil. (Huidobro y Conesa, 2006c: p.166)

Registro de Ubicación de Base (HLR): El Home Location Register permite a la red telefónica móvil almacenar los datos de los usuarios como la posición del usuario dentro de la red, si está conectado, y las características de su abonado de un operador. Para dar de alta un usuario en una red móvil se deben introducir los datos en el HLR correspondiente. Por lo tanto los elementos de la red móvil que consultan la información del usuario deben saber, según el usuario, cual es el HLR que contiene su información.

Registro de Ubicación de Visitante (VLR): El Visitor Location Register es una base de datos volátil parte de la MSC. Donde se almacena la información de los abonados que están conectados en dicha MSC, para no estar preguntando continuamente al HLR por la información de un abonado. En el VLR contiene la información de la posición en la red y su estado actual.

Registro de Identificación (EIR): El Equipment Identification Register cumple con la función de comprobar el identificador del dispositivo o IMEI siendo único en el mundo. El operador tiene registrado el IMEI, donde los teléfonos informados robados pasan a la lista negra del EIR, interrumpiendo las llamadas aunque la SIM sea distinta.

El EIR admite también una lista gris en la que la llamada no se interrumpe pero envía un aviso informando de su uso. Algunos operadores tienen acuerdos para intercambiar el contenido de sus listas para impedir el uso de teléfonos robados aunque se cambie de operador.

Centro de Autenticación del Usuario (AuC): El Authentication Center es un elemento complementario del HLR. Se encarga del cifrado de las señales y de la identificación con seguridad de cada SIM dentro del sistema. Por seguridad estas claves no se almacenan en ningún otro sitio de la red y el AuC las mantiene protegidas.

1.4.2.2 Estructura de un Sistema Celular 3G

La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los que se encuentran, los Nodo B, los RNC formando el RNS (Radio Network Subsystem) un conjunto de subsistemas de radio, el modo de comunicación de la red UMTS.

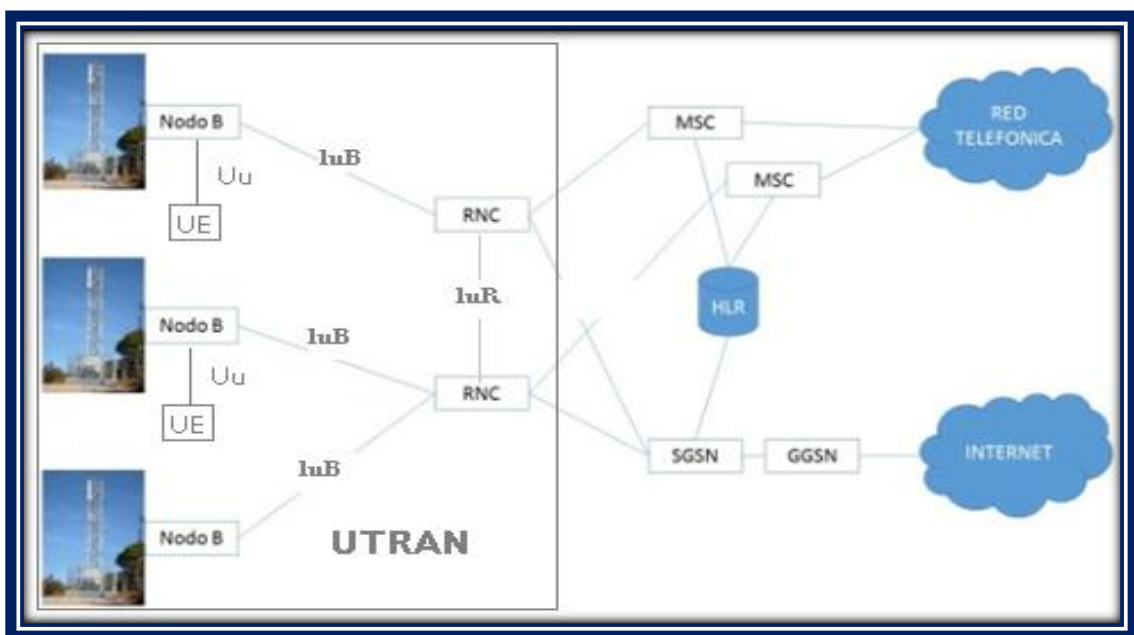


FIGURA 1-15 Estructura Celular 3G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Equipo de usuario (UE): llamado también móvil, preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado.

Interfaz Uu: es la conexión entre UE y la red UTRAN, a través de la tecnología WCDMA.

Nodo B: Es el equivalente a la BTS en la tercera generación. Los nodos B corresponden a las estaciones base donde se sitúan las antenas y elementos de transmisión radio, situados en la caseta de los emplazamientos conectados a las antenas que emiten y reciben las señales 3G. Al igual que el elemento BTS un nodo B maneja todas las celdas del emplazamiento donde está instalado.

Controladores de la red de radio (RNC): El Radio Network Controller realiza una función similar al elemento BSC en la tercera generación, donde controla la red de acceso al radio, maneja el tráfico en los canales compartidos del sistema y se encarga de que la llamada siga establecida aunque el teléfono se cambie de celda.

Las tecnologías 2G y 3G son muy diferentes tanto como sus funciones, el concepto de Single RAN intenta unificar las generaciones 2G y 3G en un único controlador que hace las funciones de BSC y RNC. Al igual que la BSC la RNC discrimina entre conexiones de voz y de datos que, a partir de ella, siguen caminos separados.

Red Central (Core Network): La red central se forma por varios elementos, los dos de mayor interés son el MSC, pieza central en una red basada en conmutación y el SGSN, pieza central en una red basada en conmutación de paquetes.

Interfaz lu: es la conexión entre la red central con la red de acceso de radio de UMTS. Es la interfaz central y la más importante para el concepto de 3GPP. La interfaz (lu) puede conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación o basada en conmutación de paquetes. La interfaz lu-CS sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz lu-PS la encargada de conectar a la red de acceso de radio con el SGSN de la red central.

MSC: Mobile Switching Center es un elemento central de una red basada en la conmutación de circuitos. El MSC es usado tanto por el sistema GSM como por UMTS donde se puede conectar la BSS de GSM y el RNS de UTRAN. Esto es posible ya que uno de los objetivos del 3GPP fue conectar a la red UTRAN con la red central de GSM /GPRS. El MSC tiene diferentes interfaces para conectarse con la red PSTN, con el SGSN y con otros MSC's.

SGSN: El Serving GPRS Support Node es el elemento central en una red basada en la conmutación de paquetes que recibe las comunicaciones de datos tanto de las BSCs como de las RNCs, contiene la información de suscripción (IMSI). Sus funciones son la distribución de los paquetes de datos y la localización y gestión de los usuarios conectados en el área gestionada.

Con el despliegue de las redes 4G el SGSN se comunica con los elementos MME y SGW para facilitar y hacer más rápidos los cambios entre la tecnología 3G y 4G cuando se pierde la cobertura de esta última.

GGSN: El Gateway GPRS Support Node recibe las comunicaciones de los usuarios desde los SGSNs. Los GGSNs no controlan los SGSNs por lo que pueden recibir comunicaciones de cualquier SGSN incluso en otro país. Las comunicaciones que se reciben son las de los usuarios pertenecientes al operador estén en el país que estén.

Este elemento es el final de la red móvil en cuanto a datos. A partir de él las comunicaciones son iguales a las de cualquier operador de internet pudiéndose unir a las comunicaciones de una red fija en una red fijo-móvil unificada. El elemento GGSN realiza también funciones de control y de tarificación. Todos los datos necesarios para la facturación son enviados desde este elemento.

1.4.2.3 Estructura de un Sistema Celular 4G

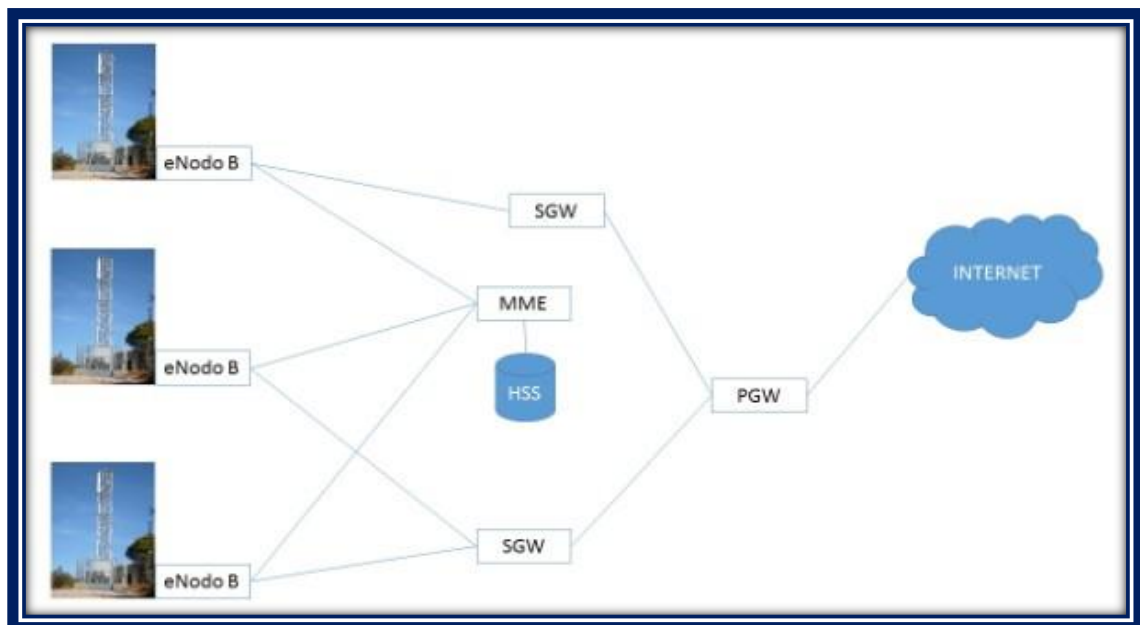


FIGURA 1-16 Estructura Celular 4G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

La estructura celular 4G contempla conexiones de datos, no hay conexiones de voz que actualmente se realizan en 2G o 3G pero que, en poco tiempo, se implantará las llamadas en VoLTE para permitir conexiones de voz y datos en 4G.

eNode B: El Enhanced Node B es el elemento situado en cada emplazamiento de cuarta generación o LTE. En este caso incorpora las funciones del elemento RNC por lo que no hay ningún controlador.

El elemento eNode B se conecta directamente a una red TCP/IP pero particular del operador. Aun así, al ser una red similar a internet, existen el riesgo de que se puedan espiar las conversaciones por lo que la comunicación se encripta. Toda la comunicación es TCP/IP por lo que no hay llamadas de voz y el teléfono tiene que pasar a 2G o 3G para realizar una llamada de voz.

HSS: Home Subscriber Server es la evolución del elemento HLR utilizando en las redes 4G o LTE. Al igual que el HLR almacena los datos estáticos de los usuarios así como los servicios que tienen activados.

Las operadoras tienen separados los HLR y los HSS por lo que es necesario dar de alta a un usuario en los dos sitios. La evolución de estos dos elementos será en el futuro una única base de datos con la información de todos los abonados con una capa sobre ella que ofrezca tanto un interfaz HLR como un interfaz HSS.

EPC: Evolved Packet Core constituye por MME, SGW y PGW.

MME: Mobility Management Entity es el elemento que gestiona una red de cuarta generación. Aunque los eNodes B no necesitan de un controlador es necesario un elemento común que gestione la red y que se encargue de las funciones que son comunes. Las labores de este elemento van desde el control del dispositivo móvil realizando la identificación del usuario en combinación con el HSS hasta la elección del elemento SGW que va a gestionar la comunicación,

SGW: Serving Gateway es el elemento que recibe las comunicaciones de datos de los eNodes B. Aísla al elemento PGW de la movilidad de la red. Cuando un dispositivo móvil se mueve a lo largo de la red cada cambio de un eNode B a otro implica un gran número de comunicaciones solamente en la gestión del cambio para que se produzca de una manera fluida.

El SGW aísla toda esta gestión para que no llegue al elemento PGW ya que una red móvil tiene unos pocos PGWs que no soportarían todo el tráfico de gestión que implica los movimientos de los dispositivos en la red.

PGW: Packet Data Network Gateway sustituye al GGSN, al igual que este, es la frontera entre la red móvil y la red TCP/IP del operador. Es el elemento que asigna las direcciones IP que utiliza cada usuario por lo que, cara a la red, es como si los datos partieran de él. Además realiza tareas de control de los datos y de tarificación. Toda la información necesaria para la facturación parte de este elemento.

1.5 Pila TCP/IP

En la actualidad las computadoras con sistemas operativos (Microsoft, Linux, Unix etc.), ordenadores de bolsillo y teléfonos móviles incluyen soporte para TCP/IP. La pila TCP/IP toma su nombre a una colección ordenada de protocolos TCP (Transmission Control Protocol) e IP (Internet Protocol), implicando a muchos más protocolos y establecida por varias capas.

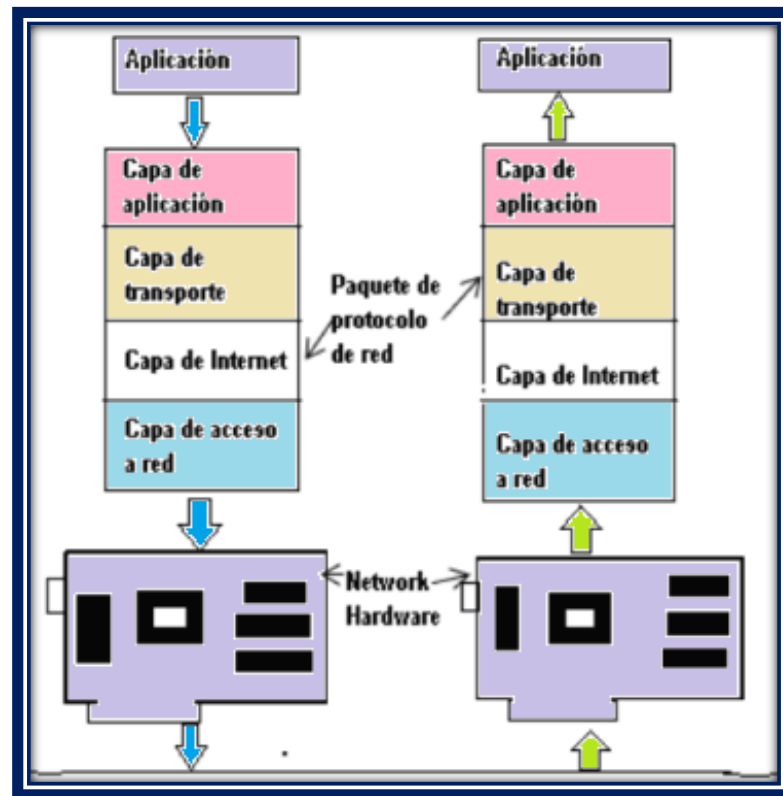


FIGURA 1-17 El papel de un paquete de protocolos de red.

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

La ISO (International Organization for Standardization) tenía una gran meta para el modelo OSI, sistematizar los protocolos de redes de datos para acceder la comunicación entre todos los ordenadores del mundo. Fue organizar un modelo de red normalizado y público, desarrollando otros protocolos dando como consecuencia un modelo de red competitivo nombrado TCP/IP.

Un protocolo de red es un sistema de reglas comunes que ayuda a definir el complejo proceso de comunicación en la red. Los protocolos guían el proceso del envío de datos de una aplicación en un ordenador a través de los componentes de red del sistema operativo al hardware de red, a través del medio de transmisión. (Casad Joe, 2012a: p.29)

1.5.1 Comparación entre Modelo OSI y Modelo TCP/IP

TCP/IP complementa a cuatro capas de las siete del modelo OSI. El modelo OSI fue determinado antes que se implementa los protocolos. La reducción de capas en el modelo TCP/IP se hizo referencia a las especificaciones de las funciones en cada capa, complementando con protocolos que estaban definidos para usar y controlar cada capa. Las capas refieren desde la capa superior (aplicación) hasta la capa inferior (acceso a la red).

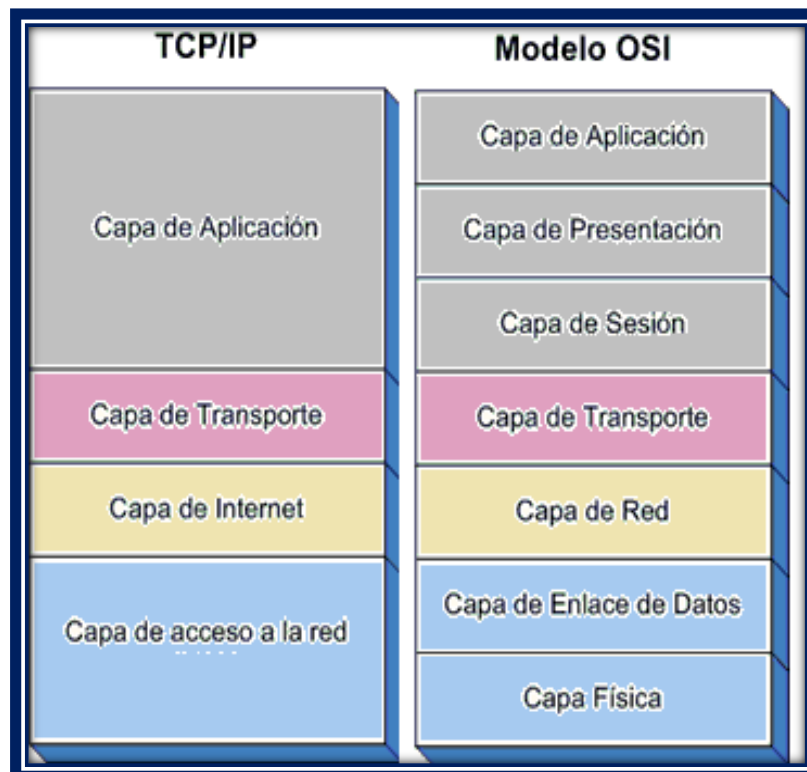


FIGURA 1-18 Diferencia de las capas TCP / IP y el Modelo OSI

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

El modelo OSI como el modelo TCP/ IP, los datos van descendiendo desde la capa superior hacia la capa inferior cruzando por la pila de protocolos, considerado como el emisor y suben hacia el extremo receptor, a través del control de información llamado cabecera. A la suma de esta información en cada una de las capas se le llama encapsulación, al recibir los datos proceden a proceso inverso y van ascendiendo por la pila de protocolos y eliminándose las oportunas cabeceras.

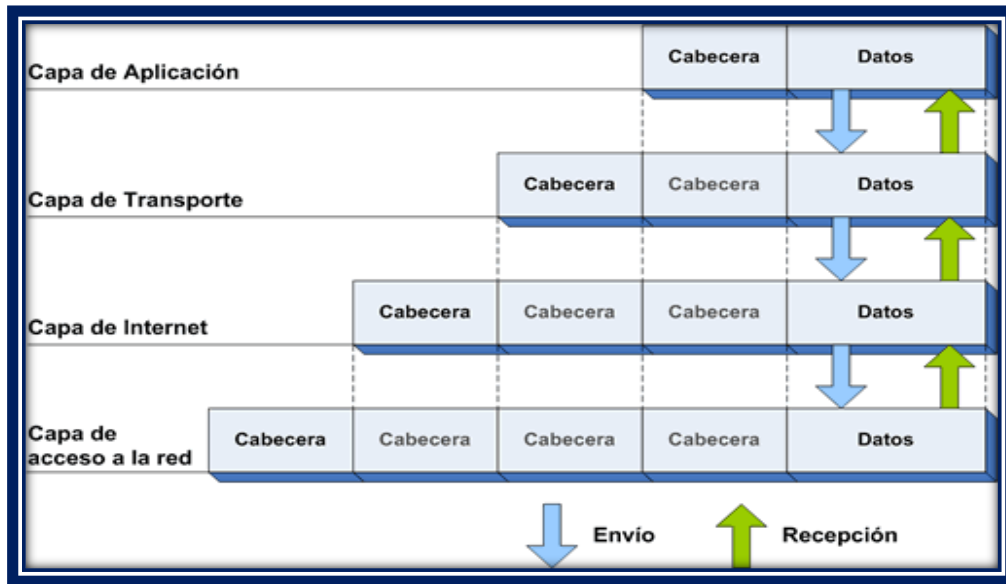


FIGURA 1-19 Encapsulamiento de la pila TCP/IP

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

1.5.2 *Arquitectura del protocolo TCP/IP*

TCP/IP es la lista de protocolos que permite la comunicación entre los terminales que poseen la misma arquitectura TCP/IP. Los creadores de los equipos terminales (celulares, computadoras, tablet, etc.) implementan los protocolos de red estándar puntualizados por TCP/IP siendo el más común y compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.

El modelo TCP/IP consta de cuatro capas y en cada capa existe varios protocolos para los diferentes tipos de comunicación entre equipos finales.

Tabla 1-4 Arquitectura TCP/IP y ejemplos de Protocolos

CAPA ARQUITECTÓNICA TCP/IP	PROTOCOLOS
Nivel de Aplicación	HTTP, FTP, POP3, TELNET, SSH, SMTP
Nivel de Transporte	Conexión extremo a extremo y fiabilidad de los datos TCP, UDP
Nivel de Red	IP, ICMP, ARP, RARP
Nivel Acceso a la red	Direccionamiento físico (MAC y LLC) Ethernet, Frame Relay

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

1.5.2.1 La capa de Aplicación TCP / IP

Los protocolos de la capa de aplicación suministran la interfaz de representación, codificación y control de diálogo que ejecuta el software de red y los servicios de Internet que realiza el usuario final, asegurando que los datos estén empaquetados correctamente antes de que transiten a la siguiente capa. Existen varios protocolos en esta capa.

FTP (Protocolo de transferencia de archivos) es un protocolo confiable encaminado a conexión que maneja TCP para transferir archivos a través del internet admitiendo trabajar con archivos y carpetas, para trabajar con un FTP hace falta un servidor que aloje los archivos y al cual se le asigne una dirección FTP, la que nos servirá como ruta para acceder a los mismos. Permite las transferencias bidireccionales de archivos binarios y archivos ASCII.

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) Protocolo para transferir archivos entre varias máquinas conectada a una red a través de un servicio no orientado a conexión UDP comunicación no fiable. Es ventajoso en algunas LAN porque se maneja más rápidamente que FTP en un medio estable.

NFS (Network File System) es una unión de protocolos para un sistema de archivos de red distribuido, que trabaja con el protocolo UDP admitiendo el acceso a los archivos de un dispositivo de almacenamiento remoto, por ejemplo, un disco rígido a través de una red.

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) Protocolo que hace transferencia de correo electrónico, donde el sistema de transmisión disponga de un canal de comunicación fiable y entrega ordenada de los paquetes usando un método de almacenamiento y reenvío de mensajes. SMTP usa el protocolo TCP en la capa de transporte a través del puerto 25.

TELNET (Emulación de terminal) Telnet posee la capacidad de ingreso remota a otro computador sobre TCP. Admite que el usuario se enlace a un host de Internet y ejecute comandos, ejecuta en varios sistemas operativos. El cliente de Telnet denominamos host local. El servidor de Telnet denominamos host remoto.

SNMP (Simple Network Management Protocol) Es un protocolo de administración de red mediante UDP, diseñado para monitorear, controlar y manejar la red detectando los diferentes problemas de la misma.

DNS (Domain Name System) Sistema de denominación de dominio que nos ayuda cambiar los nombres a equipos y servicios de red, la asignación de nombres de DNS se utiliza en las redes

TCP/IP, para localizar equipos y servicios con nombres numéricos (direcciones IP), permitiendo realizar la identificación respectiva y su conexión.

1.5.2.2 La capa de Transporte TCP / IP

La capa de transporte garantiza el servicio de transporte desde el host origen hasta el host destino, dando el direccionamiento de datos de extremo a extremo entre los puntos terminales de la red. Contiene una cifra relativamente grande de protocolos que ayuda a la segmentación y recuperación de los datos ordenados por las capas superiores en el mismo flujo.

Consta de dos protocolos principales el protocolo para el control de transmisión (TCP, Transmission Control Protocol) y el protocolo de datagrama de usuarios (UDP, User Datagram Protocol). Los protocolos TCP y SCTP facilitan un servicio justo y fiable. UDP provee un servicio de datagrama poco fiable.

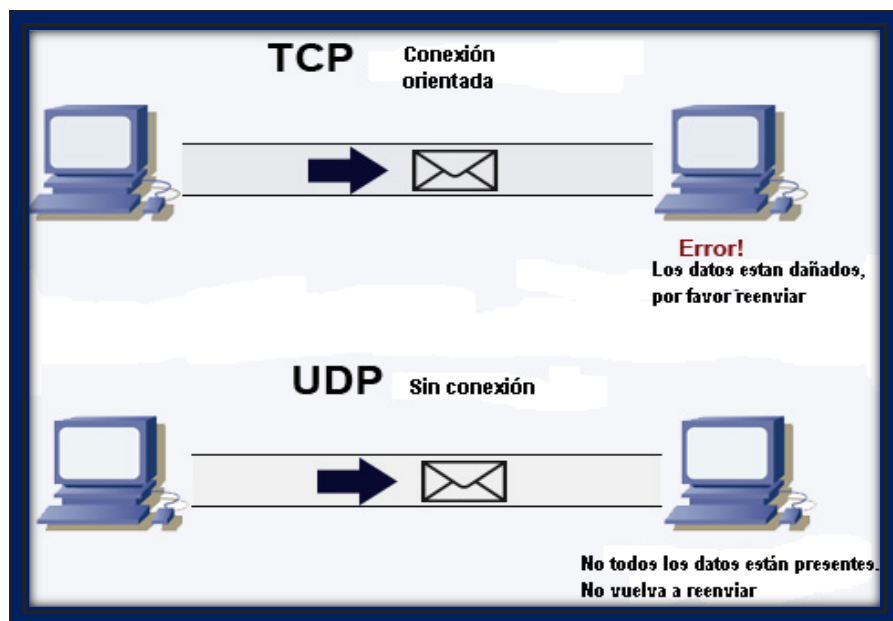


FIGURA 1-20 Protocolos de Transmisión TCP y UDP

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

- **TCP (Protocolo de Control de Transporte)**

TCP es uno de los protocolos esenciales que ofrece la retransmisión (recuperación ante errores), y ayuda para evitar la congestión (control de flujo) para ello consume más ancho de banda y utiliza más ciclo de procesamiento asegurando el éxito de la entrega de datos. TCP se apoya en IP para la entrega de los datos de extremo a extremo, incluyendo los temas relacionados con el

enrutamiento. Es decir, TCP solo realiza parte de las funciones necesarias para entregar los datos entre aplicaciones. (CISCO, 2008a: p.131)

TCP es un protocolo orientado a conexiones establecidas entre los host transmisor y receptor que se están comunicando y controla el estado de la conexión durante el tiempo de transmisión cerrando la conexión origen destino con el proceso de datos exitosos.

- **UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario)**

UDP es un protocolo sin conexión que facilita un servicio de transmisión de datagramas enviando en una sola dirección hasta su destino.

UDP no comprueba los enlaces entre los hosts origen y destino. Dado que UDP borra los procesos de establecimiento y comprobación de las conexiones, resultando ideal para las aplicaciones que remiten pequeñas cantidades de datos.

UDP es un protocolo que necesita menos bytes en su cabecera, opera en las aplicaciones de voz sobre IP (VoIP) y el video sobre IP al no retardar la transferencia de datos, convirtiéndose en un parte muy trascendental en las redes TCP/IP en la actualidad.

- **Puertos y Sockets**

La capa de transporte sirve como interfaz entre las aplicaciones de red y la red y proporciona un método para dirigir datos en la red hacia aplicaciones en particular. En el sistema TCP/IP las aplicaciones pueden dirigir sus datos a través de los módulos de protocolos TCP o UDP utilizando números de puertos. Un puerto es una dirección que sirve como ruta para la aplicación hacia la capa de transporte o desde la capa de transporte hacia la aplicación. (Casad Joe, 2012b: p.126)

La capa de transporte nos enseña que los datos TCP y UDP efectivamente se envían a un conector o socket. Un socket es una dirección establecida por el encadenamiento de la dirección IP y el número de puerto. El socket 192.168.12.4:22 se reseña al puerto 22 del computador de dirección IP 192.168.12.4

Tabla 1-5 Aplicaciones populares y su número de puertos conocidos

Número de Puerto	Protocolo	Aplicación
20	TCP	Datos FTP
21	TCP	Control FTP
22	TCP	SSH
23	TCP	Telnet
25	TCP	SMTP
53	TCP, UDP	DNS
67,68	UDP	DHCP
69	UDP	TFTP
80	TCP	HTTP(WWW)
110	TCP	POP3
161	UDP	SNMP
443	TCP	SSL
16,384-32,767	UDP	VoIP y Vídeo basado en RTP

Fuente: CISCO, 2008b

1.5.2.3 La capa de Internet TCP / IP

La capa de Internet facilita enviar paquetes desde un origen, a través de la red independiente de la ruta que viajan hasta llegar a su destino. El protocolo que administra esta capa es el Protocolo Internet (IP), el protocolo de resolución de direcciones (ARP) y el protocolo de diagnósticos y pruebas (ICMP).

Protocolo de Internet (IP)

El protocolo de Internet IP, proporciona un sistema de direccionamiento jerárquico independiente del hardware y ofrece los servicios necesarios para entregar datos en una red enrutada compleja. Todo adaptador de red en una red TCP/IP tiene una dirección IP única. (Casad Joe, 2012c: p.81)

Direcciones IP: es un número único la cual identifica de modo lógico y jerárquico a un dispositivo que se estructura por TCP/IP. Una dirección IP se divide en dos partes Identificador de la Red e Identificador de Host. Existen direcciones IPv4 e IPv6.

Identificador de red donde el protocolo IP establece la ruta que utiliza un paquete, fundamentando en la dirección IP del sistema de destino.

Las redes de un tamaño elevado reservan un gran número de bits para el host, existiendo un gran número de host.

IPv4 es una etiqueta de 32 bits en formato binario que identifica una interfaz de red en un sistema. IPv4 consta de cuatro campos de 8 bits separados por puntos.

IPv6 es una etiqueta de 128 bits y dispone de ocho campos de 16 bits, cada campo unido por dos puntos, que contiene un número hexadecimal.

Puerta de Enlace: es un dispositivo en el segmento local de la red capaz de dirigir un datagrama a otros segmentos de red. El datagrama se enruta a través de la puerta de enlace hacia un segmento de red de nivel superior, repitiéndose de nuevo el proceso. El datagrama pasa a través de la cadena de puertas de enlace hasta el segmento de destino, donde la dirección IP de destino se asocia con una dirección física utilizando ARP. (Casad Joe, 2012d: p.79)

Fragmentación: Si un paquete es excesivamente grande para su transmisión, el protocolo IP del sistema de envío segmenta el paquete en fragmentos de menor tamaño, cuando llega al receptor reconstruye los fragmentos y crea el paquete original.

Protocolo de Mensaje de Control de Internet (ICMP)

ICMP (Internet Control Message Protocol) detecta y notifica a la IP de origen las circunstancias de error de la red.

Redirección: el ICMP redirige un sistema de envío para acudir a otro enrutador.

Disminución de tráfico en el origen: si se remite grandes cantidades de datos a una máquina remota puede saturar el enrutador, el ICMP envía un mensaje de deducción de tráfico a la IP de origen, solicitando la disminución de la velocidad de remisión de datos.

Fallo de conectividad: Si no puede alcanzar el destino, ICMP repone a la IP de origen un mensaje revelando que no alcanzo el destino.

Petición de eco y respuestas de eco: La herramienta más importante para probar la conectividad básica de una red es el comando ping (Packet Internet Groper) utiliza el protocolo ICMP enviando un mensaje denominado solicitud de eco ICMP a otra dirección IP. El dispositivo con esta dirección IP debe contestar con una respuesta de eco ICMP. Si esto funciona, habrá probado con

éxito la red IP. Es decir, sabe que la red puede entregar un paquete de un host a otro, y en sentido inverso. (CISCO, 2008c: p.124)

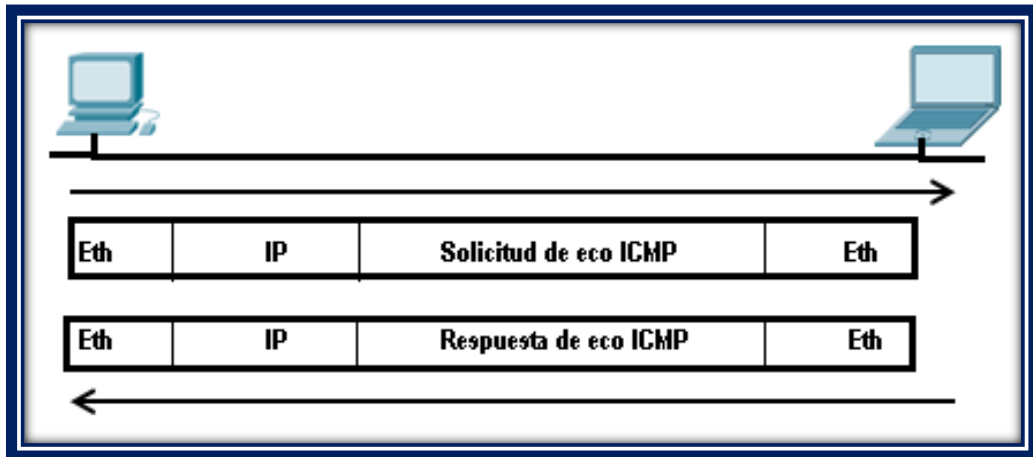


FIGURA 1-21 Ejemplo de Red y comando Ping

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Protocolo de resolución de direcciones (ARP)

Address Resolution Protocol (ARP) se localiza teóricamente entre el vínculo de datos y las capas de Internet. ARP colabora al protocolo IP a enviar los datagramas al sistema destino determinado, asociando direcciones IP con sus correspondientes direcciones físicas.

ARP contiene la dirección IP sin resolver. El marco de petición contiene también la dirección IP y la dirección física del host que envía dicha petición. Los otros host del segmento de red reciben la petición ARP y el propietario de la dirección IP responde enviando su dirección física al host que envió la petición. La nueva dirección IP resuelta con una dirección física se añade de esta manera a la cache ARP del host que realizó la petición. (Casad Joe, 2012e: p.79)

RARP (Reverse Address Resolution Protocol) es lo contrapuesto del protocolo ARP actúa cuando se conoce una dirección IP pero no se sabe la dirección física.

1.6 Parámetros para soportar conexiones más eficientes en la pila TCP

1.6.1 Unidad Máxima de Transferencia (MTU)

El MTU es el parámetro que muestra el tamaño máximo que debe tener un datagrama para que sea transmitido por una interfaz IP sin que necesite ser fragmentado en unidades más pequeñas.

El MTU debe ser superior al datagrama más grande que queramos transmitir para que no sea fragmentado.

Algunos valores del MTU:

Para Ethernet: 1500 bytes.

Para PPPoE: 1492 bytes

Para RTC: 576 bytes

La transmisión de una trama está determinada por su cuerpo (MMS = Tamaño máximo del segmento), que determina el mayor segmento de información TCP que puede ser transmitido, y la cabecera de TCP/IP.

Es decir:

$$\text{MTU} = \text{MSS} + \text{TCP/IP cabecera}$$

Eficiencia en la conexión

Si el MTU es pequeño, en la transmisión del archivo elevamos la parte del ancho de banda que se ocupa en información de control de los diversos protocolos de cabeceras.

Si el MTU es muy grande, en principio, el ancho de banda ocupado en esas cabeceras reducirá, estaríamos enviando el máximo de carga útil posible en cada paquete. Sin embargo, si un nodo intermedio por el que pase el paquete no puede manejar paquetes tan grandes, será necesario establecer un proceso de segmentación y reensamblado de paquetes que también reduce la eficiencia de la conexión.

El criterio para ajustar el MTU debe ser lo más considerado posible de manera que los protocolos implicados no introduzcan sobrecarga por segmentación y reensamblado.

1.6.2 Tamaño de la ventana apropiado en el Transmisor y Receptor

El Tamaño de la Ventana Apropriado es un parámetro dirigido al control de flujo de datos que existe entre un transmisor y un receptor pertenecientes a una red de telefonía móvil. Este parámetro es de tipo software, es decir, el control del flujo se lleva a cabo mediante el intercambio

específico de tramas de control, con los que el receptor indica al transmisor cuál es su estado de disponibilidad para recibir datos.

Este parámetro es necesario para no exceder al receptor con envíos de tramas de datos. El receptor al recibir datos debe procesarlo, si no lo realiza a la misma velocidad que el transmisor los envía se verá saturado de datos, y parte de ellos se pueden perder. Para evitar tal situación el parámetro de la ventana apropiado controla este ritmo de envíos de los datos del transmisor al receptor.

Con este parámetro se resuelven dos grandes dificultades: el control de flujo de datos y la eficiencia en la transmisión.

Funcionamiento de la ventana de transmisión

El parámetro del tamaño de la ventana apropiado permite al transmisor realizar la transferencia de múltiples segmentos de información antes de comenzar la espera para que el receptor le confirme la aceptación de los segmentos, tal confirmación se llama validación, y consiste en el envío de mensajes denominados ACK del receptor al transmisor.

La validación se realiza desde el receptor al transmisor y contiene el número de la siguiente trama que espera recibir el receptor, o el de la última trama recibida con éxito, ACK n (siendo n el número de la trama indicada). Con esta indicación el transmisor es capaz de distinguir el número de los envíos ejecutados con éxito, envíos perdidos y los envíos que se esperan recibir.

Los segmentos se denominaran Unacknowledge si han sido enviados pero no han sido validados.

Si el protocolo esperase una validación por cada trama enviada, no se enviarían más segmentos hasta recibir el reconocimiento del último paquete enviado. El concepto de tamaño de ventana apropiado hace que exista una continua transmisión de información, mejorando el desempeño de la red como ilustramos en la FIGURA 1-22.

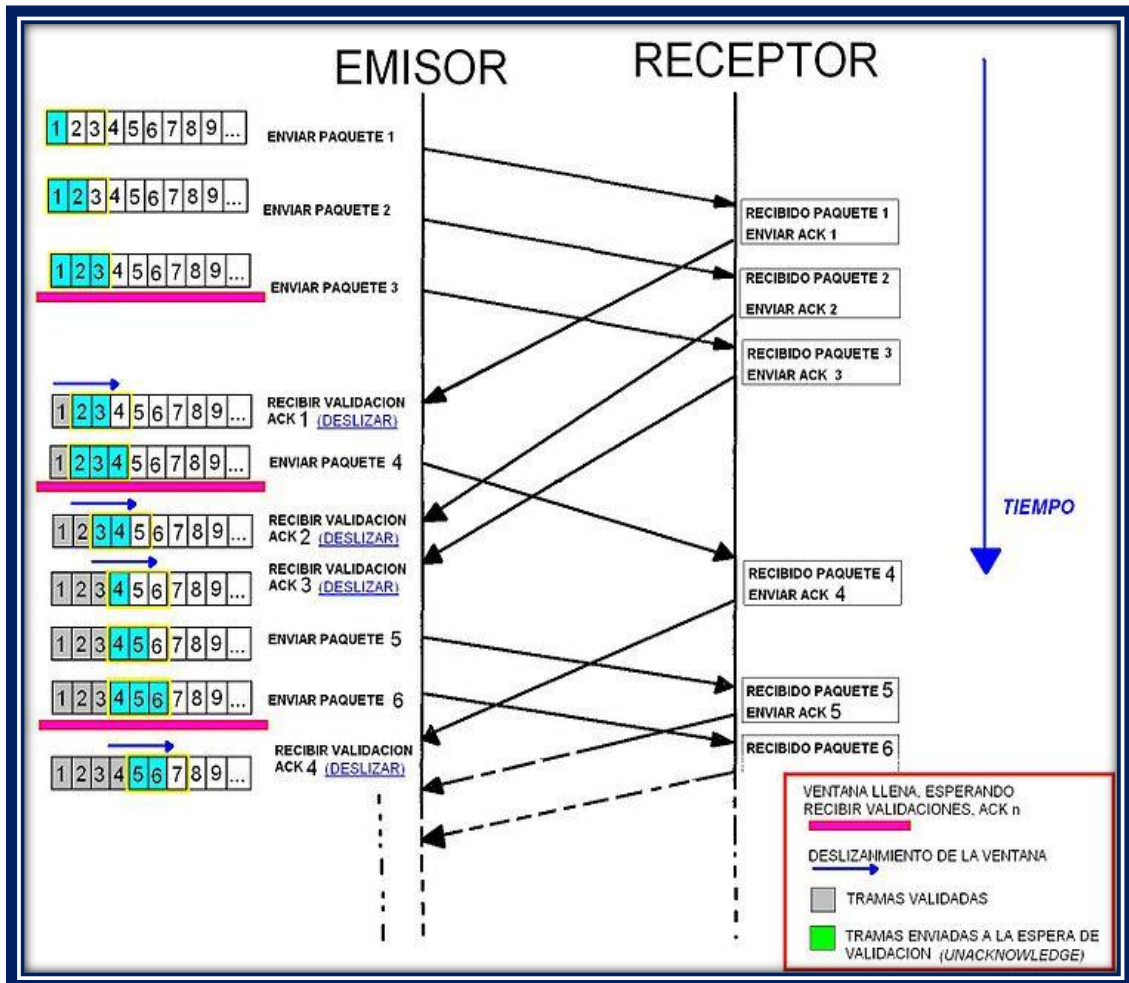


FIGURA 1-22 Transmisión de paquetes

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

A cada uno de los segmentos pertenecientes al buffer (aquellos paquetes enviados y no validados), se les asigna un temporizador. El temporizador es el límite de tiempo de espera para recibir la validación de un determinado paquete.

Si el paquete se pierde en el envío, el transmisor nunca recibiría validación. El paquete nunca llegaría al receptor, este continuaría a la espera de recibir el paquete perdido.

De esta manera el temporizador expiraría, tomando la decisión de reenviar la trama asignada al temporizador consumido. A este proceso se le conoce como "Stop and Wait", como observamos en la FIGURA 1-23.

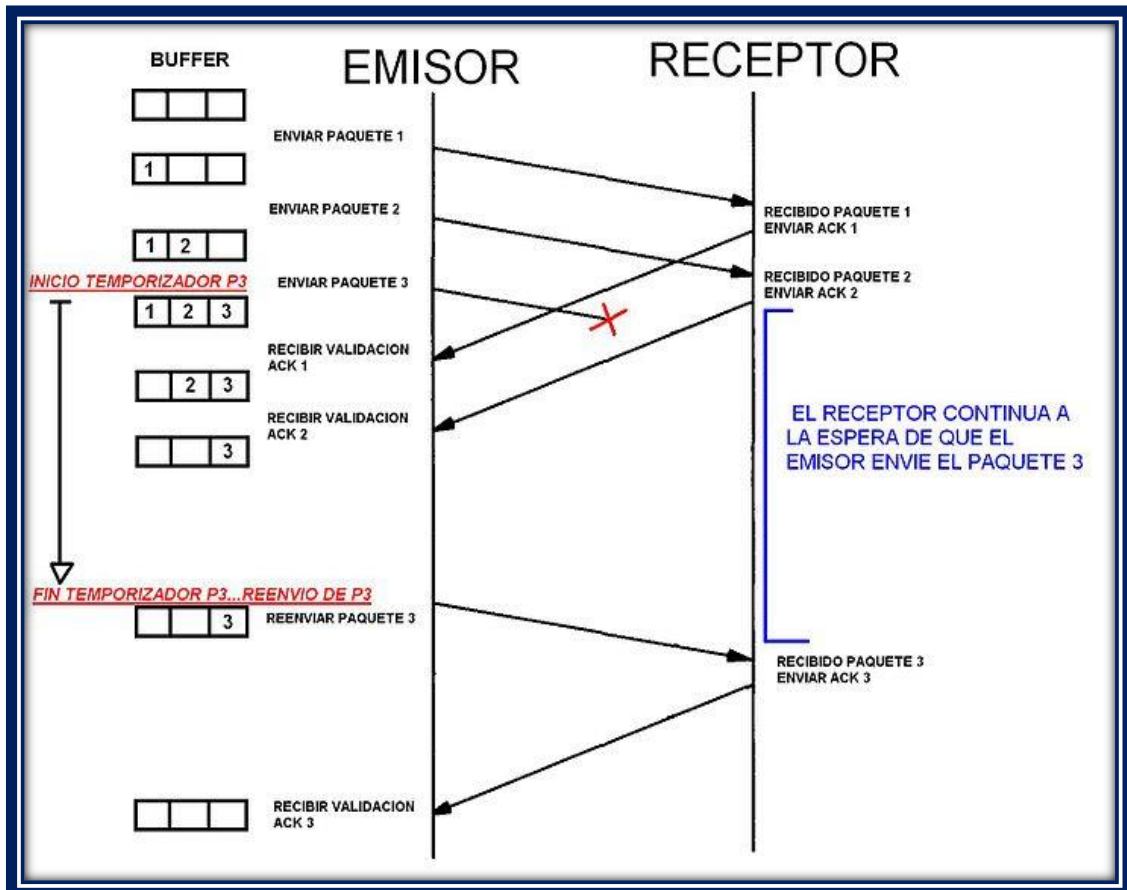


FIGURA 1-23 Proceso Stop and Wait

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Funcionamiento de la ventana de recepción

El receptor posee una ventana de recepción, similar a la ventana de transmisión, pero con una finalidad totalmente distinta. Su funcionalidad permite al receptor recibir un conjunto de tramas que le llegan en desorden.

La ventana de recepción es la lista que tiene el receptor con los números de la secuencia consecutivos de las tramas que puede aceptar. Almacena las tramas temporalmente en un buffer hasta el momento que posea todas las tramas esperadas y así ordenarlas. El receptor debe disponer de un buffer de igual tamaño que su ventana de recepción para almacenar temporalmente las tramas hasta ordenarlas.

Existen dos modos de trabajo en función del tamaño de la ventana de recepción, cuando:

- ✓ El tamaño de la ventana de recepción = 1, con lo cual la ventana de recepción dispone de un buffer. Sólo puede almacenar la trama que le llega en cada instante, es decir, debe recibir las

tramas en la secuencia correcta, ya que no dispone de recursos para ordenarlas después. Aplica al transmisor la condición de transmitir siempre las tramas en secuencia.

- ✓ El tamaño de la ventana de recepción > 1 , la ventana de recepción dispone de N buffers ($N =$ tamaño ventana de recepción) que le permiten recibir hasta N tramas desordenadas, almacenarlas y proceder a su ordenamiento posterior. Le permite al emisor transmitir tramas desordenadas, tantas como quepan en los buffers del receptor.

1.6.3 SACK

La opción acknowledgment selectiva SACK, es efectivo cuando múltiples segmentos TCP se pierden en una única ventana.

Al habilitar el parámetro SACK, se usa para ser enviada por un receptor de datos, para informar al remitente de bloques no contiguos de los datos que se han recibido y están en cola. El receptor de datos espera la recepción de los mismos para llenar los vacíos de la secuencia entre los bloques recibidos. (Mathis, 1996: p.3)

El procesamiento del parámetro SACK puede mejorar el rendimiento de la transmisión TCP, por lo que debería estar activado. A veces, el otro lado se puede confundir con la opción SACK activada frecuentemente. Si se produce esta confusión, establezca el valor en 1 para que el procesamiento SACK esté activado solo cuando las conexiones entrantes permitan el procesamiento SACK.

Si este parámetro se establece en 2, TCP siempre envía un segmento SYN con la opción permitida de reconocimiento selectivo SACK. Si TCP recibe un segmento SYN con una opción SACK permitida y este parámetro está establecido en 1, TCP responde con una opción SACK permitida. Si el parámetro está establecido en 0, TCP no envía una opción SACK permitida, independientemente de si el segmento entrante contiene la opción SACK permitida.

1.6.4 Escalamiento de la ventana

El tamaño de la ventana de la cabecera TCP tiene longitud de 16 bits, el tamaño máximo de la ventana sería de 64 Kbytes. Aunque ese tamaño era suficiente para las primeras redes, llegó la necesidad de utilizar tamaños más grandes en las redes más avanzadas. Para conseguirlo se propuso la opción de escalamiento de la ventana.

El escalamiento de la ventana consiste en tres octetos, un tipo, una longitud, y un valor de desplazamiento. Esencialmente el valor de desplazamiento especifica un factor de escalado que se le aplica al valor de la ventana. La opción puede ser negociada cuando la conexión es inicialmente establecida, en ese caso toda la comunicación se asume con el tamaño de ventana negociado.

Por otra parte, la opción puede ser especificada para cada segmento, en este caso el factor de escalado de la ventana varía de un segmento a otro.

Opción de tamaño máximo de segmento (MSS)

Los segmentos enviados a través de una conexión no son todos del mismo tamaño. Sin embargo, los dos extremos pueden acordar un tamaño máximo para los segmentos que serán transmitidos en la conexión. En TCP se utiliza el campo opciones para conseguir negociar ciertos parámetros con la capa de transporte del otro extremo.

Una de las opciones permite que el protocolo especifique un tamaño máximo de segmento (MSS), éste será el número máximo de bytes que está dispuesto a recibir en un mismo segmento.

En terminales conectados a una misma red móvil, TCP calculará un MSS de tal forma que los datagramas IP correspondan con la MTU de la red. Si los terminales no están en la misma red, se puede intentar descubrir cuál es la MTU mínima en el camino que hay entre los dos extremos.

La elección de un tamaño máximo de segmento apropiado puede llegar a ser bastante difícil ya que si se escoge demasiado grande o demasiado pequeño no se conseguirá una utilización apropiada de la red. Teóricamente el tamaño óptimo de segmento ocurre cuando los datagramas IP llevan segmentos lo más grande posibles sin que haya necesidad de fragmentarlos.

1.6.5 Registro de tiempo (Time-Stamping)

Este parámetro se utiliza para hacer un cómputo del tiempo que tarda un paquete por la red entre los extremos de la conexión. Para TCP, el tiempo medio que tarde un paquete en llegar al otro extremo determinará cuanto tendrá que esperar antes de retransmitir un paquete que no ha sido acusado de recibo.

Puesto que las características de latencia en redes distintas son únicas, TCP deberá adaptarse a ellas modificando convenientemente el valor de sus temporizadores de confirmación.

1.6.6 *Descubrimiento del MTU del enlace - Path MTU Discovery (PMTUD)*

Es una técnica estandarizada en las redes de datos para determinar el tamaño del MTU en la ruta de la red entre dos Protocolo de Internet (IP), por lo general para evitar la fragmentación IP.

PMTUD fue considerado originalmente para los routers de Protocolo de Internet Versión 4 (IPv4). Sin embargo, todos los sistemas operativos modernos usan en los puntos finales. En IPv6, esta función ha sido delegada expresamente a los puntos finales de una sesión de comunicación.

Sin embargo, no todas las partes de Internet soportan por ejemplo 1460 bytes de carga por paquete. Por tanto, se hace necesario probar hasta encontrar el mayor paquete que encaje, para optimizar una conexión. Este proceso se denomina Descubrimiento de MTU de la ruta (Path MTU Discovery), siendo MTU la unidad máxima de transferencia.

Cuando un router encuentra un paquete que es demasiado grande para enviarlo en un solo segmento, y que está marcado con el bit de no fragmentar, devuelve un mensaje ICMP que indica que se vio obligado a descartar un paquete por esta causa. El terminal que lo envió reacciona a esto enviando paquetes más pequeños, y redundando puede encontrar el tamaño del paquete óptimo para la conexión sobre determinada ruta.

1.6.7 *Máximo número de requerimientos de retransmisiones de conexión*

Aunque es posible que un par de terminales finales comiencen una conexión entre ellas simultáneamente, normalmente una de ellas abre un socket en un determinado puerto TCP y se queda a la escucha de nuevas conexiones, se determina el lado del servidor de una conexión. El lado del cliente de una conexión realiza una apertura activa de un puerto enviando un paquete SYN inicial al servidor como parte de la negociación en tres pasos.

En el lado del servidor se comprueba si el puerto está abierto, es decir, si existe algún proceso en ese puerto, pues se debe verificar que el dispositivo de destino tenga este servicio activo y esté aceptando peticiones en el número de puerto que el cliente usa para la sesión. En caso de no estarlo, se envía al cliente una respuesta con el bit RST (código que describe la calidad de las transmisiones de radio) activado, lo que significa el rechazo del intento de conexión.

En caso de que sí se encuentre abierto el puerto, el lado servidor respondería a la petición SYN válida con un paquete SYN/ACK. Finalmente, el cliente debería responderle al servidor con un ACK, completando así la negociación en tres pasos (SYN, SYN/ACK y ACK) y la fase de

establecimiento de conexión. Es interesante notar que existe un número de secuencia generado por cada lado, ayudando de este modo a que no se establezcan conexiones falsas (spoofing).

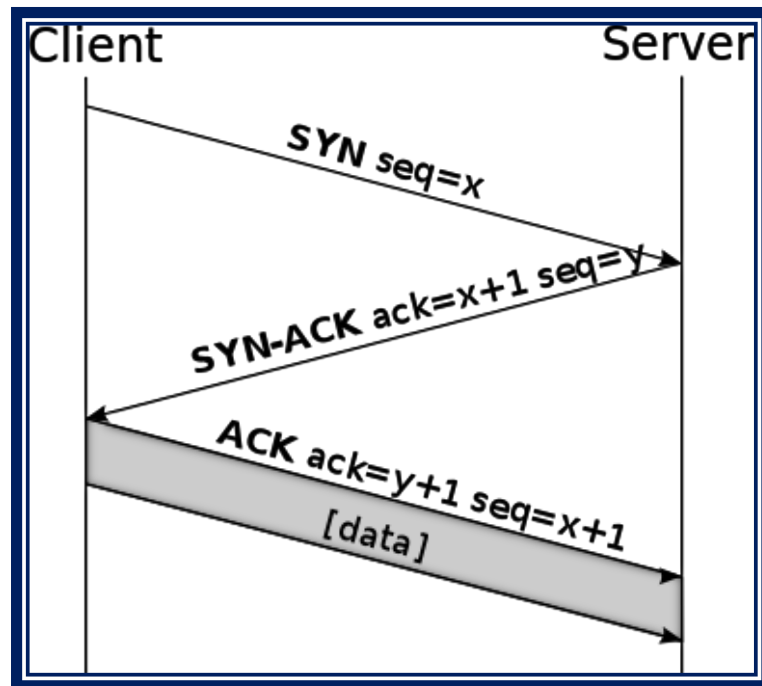


FIGURA 1-24 Negociación en tres pasos o Three-way handshake

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de la Investigación

En el presente Trabajo de Titulación es un Proyecto Técnico el cual se realizó una investigación de campo, desarrollado en la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), en la Provincia de Chimborazo en el cantón Riobamba y en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato.

La investigación se realizó en Riobamba puesto que en la ciudad tenemos la Coordinación Zonal 3 de la ARCOTEL, estación de comprobación técnica ubicada en el km 2 vía chambo, en el sector de la Inmaculada, es ahí donde podemos contar con el Sistema Autónomo de Mediciones Móviles (SAMM), propiedad de la misma entidad.

Parte de la investigación se realizó en la ciudad Ambato debido a que a la fecha de las pruebas era una de las ciudades más cercanas que disponía de la tecnología 4G-LTE de la operadora CNT E.P en operación, ya que no se encontraba en funcionamiento la tecnología 4G-LTE en la ciudad de Riobamba para octubre del 2015, mes que se realizó dichas pruebas.

Se realizó la investigación ya que el avance de la tecnología y el crecimiento de la demanda de estar comunicados en la actualidad nos obligan al estudio de las redes móviles SMA (Servicio Móvil Avanzado) y su rendimiento en la transmisión de datos, donde los principales problemas existen en la operación de TCP sobre redes o caminos inalámbricos.

Esta investigación se realizó en un ambiente natural, donde se procedió a utilizar el método científico.

2.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la estructura de la investigación es el de configurar los diferentes perfiles de la pila TCP/IP con las diferentes tecnologías de servicio móvil avanzado a través del software TEMS

Automatic - Operator Console, apoyándose en la recolección de datos con TEMS Automatic-Presentation, y para el pos procesamiento con Tems Discovery Device - Professional, importantes para el desarrollo de la investigación a fin de obtener resultados finales confiables.

Todo esto se lo conseguirá mediante las diferentes pruebas de mediciones que se realizaran con los equipos del SAMM propiedad de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL.

2.3 Unidades de prueba remota (RTUs)

2.3.1 Unidades de prueba remota (RTUs) Móviles y Fijas

Las RTUs son dispositivos de recolección de datos que permiten controlar un determinado número de entradas/salidas y enviarlas a un sistema de control, cuya función principal es hacer de interfaz entre los equipos de medición a través de un módulo de comunicación permitiendo el intercambio de dicha información a la estación de control central.

Una RTU tiene la capacidad de monitorear un número de entradas/salidas relacionadas con un proceso, analizar y mantener datos en tiempo real, ejecutar algoritmos de control programados por el usuario, comunicarse con la estación central y en algunos casos, con otras remotas.

Las RTUs se clasifican en RTUs fijas y RTUs móviles. Las RTUs son destinadas especialmente RTUs móviles, se instalan en vehículos preferentemente los que están en tránsito y cubren mucha área terrestre.

Las RTUs fijos son equipos que están estables en algún lugar, permitiendo tener información del mismo donde pueden ser instalados en el interior de algún sitio como son: aeropuertos, centros comerciales, centro de la ciudad, mercados etc.

Transitando al aire libre y estando en sitios fijos, las RTUs tienen por lo general la línea de vista de los satélites GPS, lo que permite el posicionamiento global de los datos de medición que manejan las RTUs mediante un GPS incorporado o un GPS externo acoplado.



FIGURA 2-1 Instalación de una RTU fijo

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.3.2 Características de las Unidades de prueba remota (RTUs)

Las RTUs se basan en una plataforma informática para uso exigente, con capacidad para cuatro dispositivos de medición en sus cuatro respectivas ranuras PCI-e internos, y además cuenta con dos puertos USB en donde los dispositivos de medición externos se pueden conectar.

Además, la RTU cuenta con cuatro módulos donde se incorporan las diferentes SIM, sin presentar problemas en todos los dispositivos de medición y accesibles desde el exterior, de modo que las tarjetas SIM se pueden cambiar sencillamente.

La RTU también incluye un GPS interno, esencial para la movilidad. Alternativamente, la RTU se puede conectar a un GPS externo acoplado.

Las RTUs pueden ser conectadas en cascada, que es ideal cuando varios RTUs se instalan en el mismo lugar, las unidades de prueba pueden compartir un GPS y ser monitoreadas con el mismo estado remoto.

Las cubiertas protectoras pueden fijarse en los paneles traseros y de frente a la RTU y para proteger los cables y conectores de los cables. La RTU es apilable, hasta cuatro unidades RTU se pueden montar fácilmente en la parte superior de uno al otro por medio de un kit de apilamiento simple con pasadores de resorte, sin necesidad de herramientas.



FIGURA 2-2 Característica de las RTUs

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Para tareas como pruebas de rutina o pruebas de laboratorio exigente, cualquier dispositivo RTU que no esté en uso se puede apagar de forma remota desde la consola del operador para liberar recursos del sistema y mejorar el rendimiento.

Los Dispositivos de medición módulos PCI-e de uso común en la actualidad son los módulos móviles de banda ancha Ericsson F3607gw y Sierra Wireless MC7700 / MC7710.

- **Ericsson F3607gw**

F3607gw es un módulo de banda ancha móvil avanzada que soporta una experiencia de Internet enriquecida y rentable. El F3607gw ha mejorado la funcionalidad, como Wake-on inalámbrica, menor consumo de energía y el GPS. Esta versión (/022) es compatible con las frecuencias UMTS 900/1900/2100 y es por lo tanto muy adecuado para Europa y Asia, con soporte limitado para los EE.UU. (1900). (Techship, 2016a: p.1)

- **Sierra Wireless MC7700 / MC7710**

El Mini PCI Express Card MC7700 / MC7710 Sierra Wireless es un módem ligero, LTE-inalámbrico y UMTS basadas en compacto, diseñado para ser AT & T certificada. El MC7700 / MC7710 ofrece LTE, DC-HSPA +, HSDPA, HSUPA, WCDMA, GSM, GPRS, EDGE y conectividad GPS para las computadoras portátiles y de mano, dispositivos de punto de venta, productos de telemetría y otra máquina a máquina y la aplicación vertical sobre varias bandas de frecuencia de radio. (Techship: 2016b: p.1)



FIGURA 2-3 Dispositivos de medición módulos PCI-e

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.3.3 *Transferencia Automática de Datos*

La RTU al subir automáticamente sus datos a la parte fija de forma normal, de acuerdo con las condiciones especificadas por el usuario. Una opción avanzada de especial interés es la subida de los datos donde el RTU se pone en marcha de forma independiente de la operación regular para transferir sus datos.

La transferencia tiene lugar a través de cualquier módulo que está actualmente asignado a esta tarea. El módulo de transferencia puede ser dedicado, en cuyo caso no se utiliza para la medición, lo que significa que tiene la tarea solo de transferir los datos al servidor. Mientras los otros módulos se encuentran realizando las pruebas, uno de ellos está transmitiendo los datos a medida que se van realizando.

2.4 Consola del operador - TEMS Automatic

2.4.1 Introducción

Para las diferentes pruebas en las redes móviles inalámbricas de extremo a extremo, ASCOM brinda una herramienta de monitorización de interfaz de aérea TEMS Automatic.

TEMS Automatic provee soporte integral en la recopilación de datos, comprendidas las pruebas de servicio a través de conmutación de paquetes y portadoras de radio de conmutación de circuitos, La herramienta es compatible con las principales tecnologías de redes móviles inalámbricas, tales como GSM, WCDMA y LTE, para el mercado local, nacional, internacional y mundial.

2.4.2 Características de TEMS Automatic

TEMS Automatic es un recurso multipropósito para la recolección de datos de las diferentes pruebas de extremo a extremo, desarrollado para el monitoreo, solución de problemas y la evaluación comparativa. TEMS Automatic provee al administrador.

- La comprensión de la apreciación del usuario de la red, gracias a las pruebas recogidas en la interfaz de aire del sitio que están ubicados los distintos nodos de la red. A medida que la prueba de calidad se efectúa de extremo a extremo se obtiene tanto para voz y para la transmisión de datos.
- Optimización de recursos, horas y días de mediciones sin el costo de las horas y los días del personal que podría estar realizando estas actividades. Cada sitio de la red se sondea todo el tiempo que se le designe a las unidades la recolección de los datos.
- Mediciones de la manera más confiable automatizada, No sólo las llamadas de prueba y mediciones, sino también transferencia de datos se llevan a cabo automáticamente. Esto permite un rápido reconocimiento sobre el estado de la red, casi en tiempo real a toda la organización en este caso ARCOTEL.
- La recolección de datos de forma remota, permite a las unidades de prueba tener la capacidad de cargarles sus órdenes de trabajo de la prueba a realizar y a si mismo descargar los datos de dichas pruebas ejecutadas.

2.4.3 Generalidades de TEMS Automatic

Para el servicio de datos, así como las pruebas de voz, ya sea para la evaluación comparativa o la inspección de la calidad de uso general, TEMS Automatic utiliza RTUs (Unidades de prueba remota). Estos son dispositivos de recolección de datos instalados en vehículos que viajan por toda el área de la red, o bien están situados en lugares fijos.

Las RTUs interactúan con los nodos para las distintas pruebas, servicio de la telefonía de voz y servicios de datos, además tiene incorporado en los registros de la unidad GPS para la dirección de las rutas o lugares donde se hicieron las pruebas.

La administración del sistema es directa y se la realiza desde la consola del operador (TEMS Automatic - Operator Console), que puede ser operado remotamente. El administrador tiene un enfoque completo de las unidades de prueba remota como órdenes de trabajo, ubicación, estado de las RTUs, etc.

Una parte importante de esta administración es la asignación de órdenes de trabajo (Work Orders) para las RTUs, diciéndoles cuando, como y donde realizar las diferentes pruebas.

Las RTUs hacen contacto regular con la parte fija del sistema para subir archivos de registro y recibir nuevas instrucciones. Los archivos de registro se almacenan posteriormente en un servidor de datos relacionado a TEMS Automatic, en nuestro caso se guardan en un servidor centralizado en la ciudad de Quito propiedad de la ARCOTEL al cual accedemos remotamente para el post procesamiento.

Desde la consola del operador se visualiza la actuación de cada RTU, además se pueden controlar en tiempo real y las unidades de prueba se pueden actualizar de forma remota.

2.4.4 Sistema de Comunicación

Todos los componentes del sistema de TEMS Automatic se comunican a través de redes de comunicación de datos estándar basadas en TCP/IP. Esto permite una amplia variedad de soluciones de configuración. La comunicación entre las unidades de prueba y el servidor se basa en el enlace de comunicación de datos móvil.

2.4.5 Sistema de Administración

Entre las funciones de administración del sistema se pueden mencionar la capacidad de controlar y diferenciar el acceso del usuario a la consola del operador. Los nuevos usuarios pueden ser asignados a grupos de usuarios predefinidos con privilegios establecidos.

Lo primero que debemos hacer en nuestro caso es conectarnos remotamente al equipo que administra el SAMM.

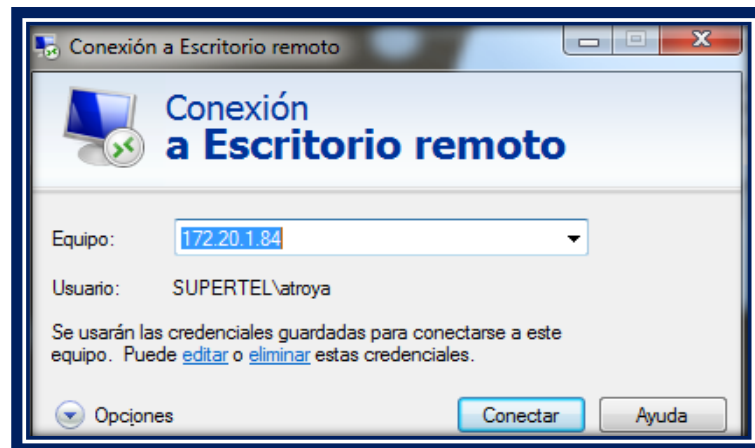


FIGURA 2-4 Conexión a Escritorio Remoto

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Para poder conectarnos necesitamos un usuario y una contraseña que es manejado por el personal que labora en ARCOTEL en este caso el administrador del sistema SAMM el Ing. Alex Troya.

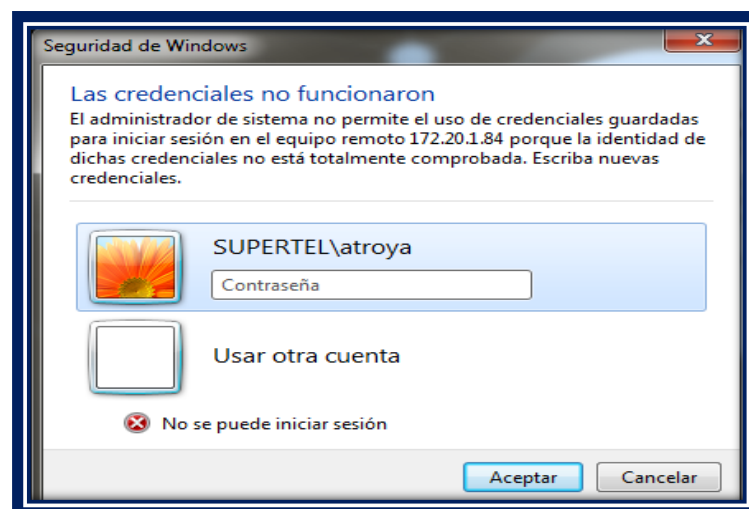


FIGURA 2-5 Ingreso de Contraseñas

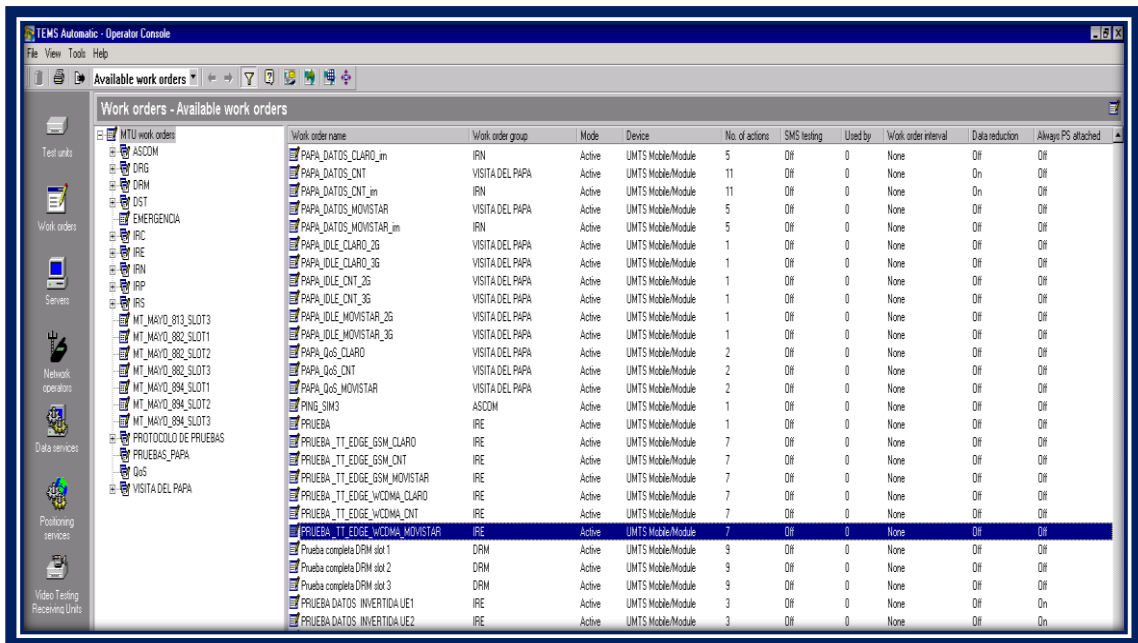
Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5 Funciones de TEMS Automatic

2.5.1 Consola del operador

Para la administración de las pruebas remotas utilizamos la consola del operador que es una aplicación que tenemos en el computador remoto cuya función primordial es controlar las unidades de prueba remota (RTUs) que realizan las distintas mediciones. Tiene una herramienta que nos permite ver la constitución del flujo de trabajo de los RTUs.

Otras acciones que se realizan desde la consola del operador tienen que ver con el monitoreo de las aplicaciones de servidor, así como diversos trabajos de administración del sistema.



The screenshot shows the TEMS Automatic - Operator Console interface. It features a tree view on the left for navigation and a main table displaying a list of work orders. The table columns include Work order name, Work order group, Mode, Device, No. of actions, SMS testing, Used by, Work order interval, Data reduction, and Always PS attached.

Work order name	Work order group	Mode	Device	No. of actions	SMS testing	Used by	Work order interval	Data reduction	Always PS attached
PAPA_DATOS_CLARO_in	IRN	Active	UMTS MobileModule	5	Off	0	None	Off	Off
PAPA_DATOS_CNT	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	11	Off	0	None	On	Off
PAPA_DATOS_CNT_in	IRN	Active	UMTS MobileModule	11	Off	0	None	On	Off
PAPA_DATOS_MOVISTAR	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	5	Off	0	None	Off	Off
PAPA_DATOS_MOVISTAR_in	IRN	Active	UMTS MobileModule	5	Off	0	None	Off	Off
PAPA_IDLE_CLARO_3G	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PAPA_IDLE_CLARO_3G	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PAPA_IDLE_CNT_3G	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PAPA_IDLE_CNT_3G	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PAPA_IDLE_MOVISTAR_3G	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PAPA_IDLE_MOVISTAR_3G	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PAPA_QoS_CLARO	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	2	Off	0	None	Off	Off
PAPA_QoS_CNT	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	2	Off	0	None	Off	Off
PAPA_QoS_MOVISTAR	VISITA DEL PAPA	Active	UMTS MobileModule	2	Off	0	None	Off	Off
PING_SIM3	ASCOM	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA	IRE	Active	UMTS MobileModule	1	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA_IT_EDGE_GSM_CLARO	IRE	Active	UMTS MobileModule	7	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA_IT_EDGE_GSM_CNT	IRE	Active	UMTS MobileModule	7	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA_IT_EDGE_GSM_MOVISTAR	IRE	Active	UMTS MobileModule	7	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA_IT_EDGE_WCDMA_CLARO	IRE	Active	UMTS MobileModule	7	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA_IT_EDGE_WCDMA_CNT	IRE	Active	UMTS MobileModule	7	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA_IT_EDGE_WCDMA_MOVISTAR	IRE	Active	UMTS MobileModule	7	Off	0	None	Off	Off
Prueba completa DRM slot 1	DRM	Active	UMTS MobileModule	9	Off	0	None	Off	Off
Prueba completa DRM slot 2	DRM	Active	UMTS MobileModule	9	Off	0	None	Off	Off
Prueba completa DRM slot 3	DRM	Active	UMTS MobileModule	9	Off	0	None	Off	Off
PRUEBA DATOS INVERTIDA UE1	IRE	Active	UMTS MobileModule	3	Off	0	None	Off	On
PRUEBA DATOS INVERTIDA UE2	IRE	Active	UMTS MobileModule	3	Off	0	None	Off	On

FIGURA 2-6 Consola de Programación del Sistema SAMM

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.1.1 Ordenes de Trabajo (Work Order)

Cada operación de una RTU se las analizó mediante las ordenes de trabajo que se les designa, especificando que mediciones van hacer, dónde y cuándo las van a realizar y por cuánto tiempo. Además se les configura sus diferentes parámetros con los respectivos valores que conocemos dependiendo la orden de trabajo que queramos hacer.

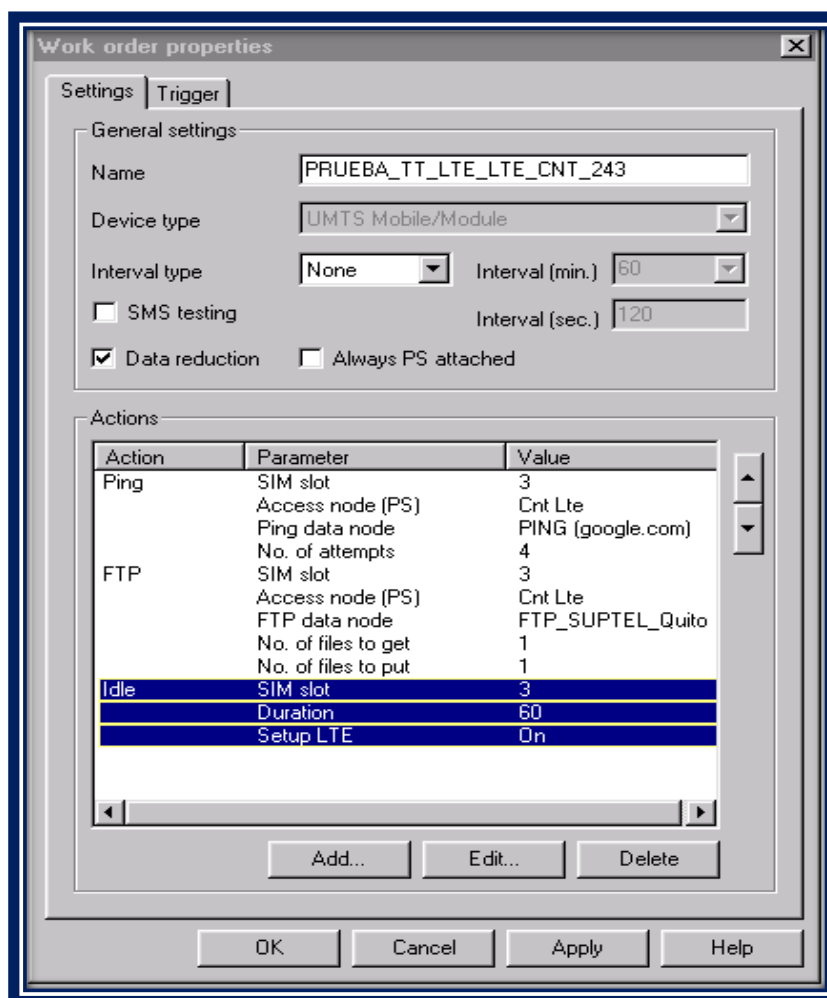


FIGURA 2-7 Orden de Trabajo (Work Order)

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL con el uso del SAMM medimos los siguientes parámetros técnicos para el desarrollo de nuestro trabajo de titulación que son:

- **PING**

Este comando es muy importante considerar antes de realizar cualquier prueba ya que permite determinar el estado de la conexión del usuario de banda ancha.

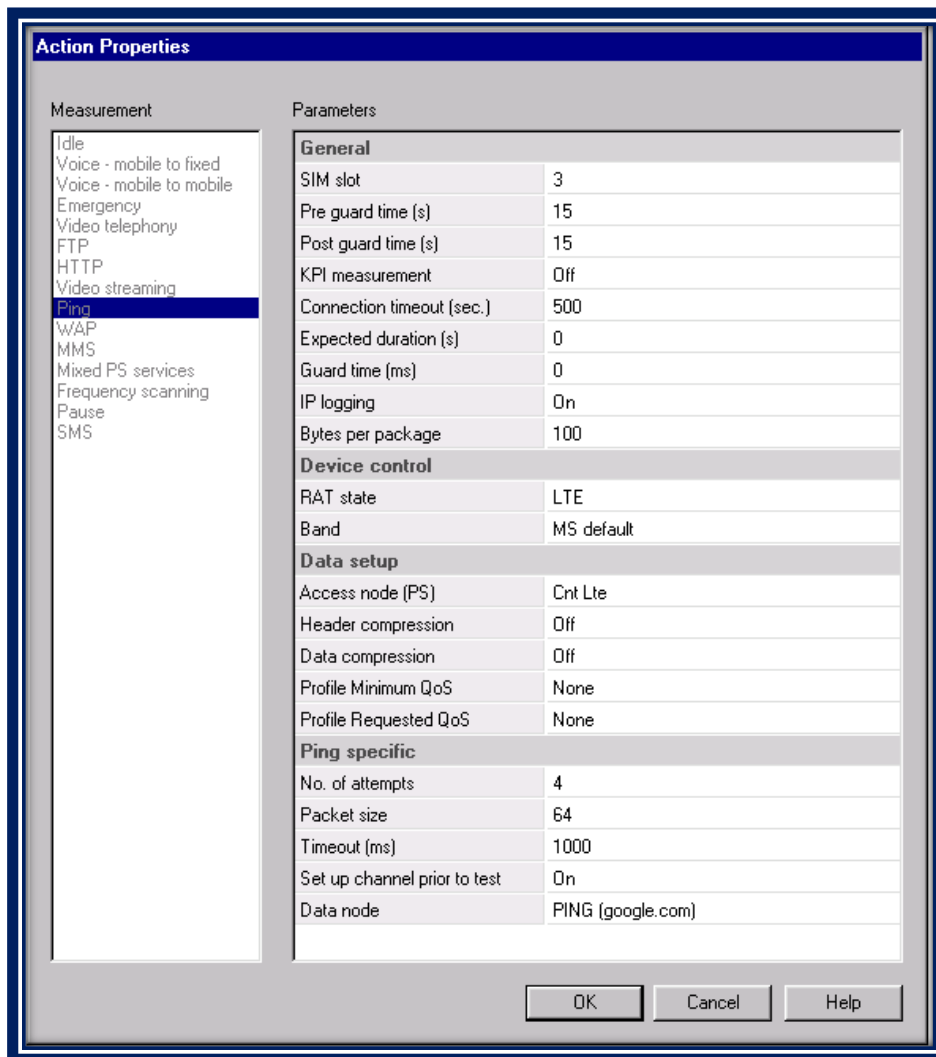


FIGURA 2-8 Parámetros de configuración de la orden de trabajo PING

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

- **Throughput en uplink FTP y Throughput en downlink FTP**

Throughput es la cantidad neta de datos transmitidos que fluye a través de las redes móviles, para nuestro caso de las pruebas de transmisión de datos tenemos que analizar el rendimiento en enlace ascendente (Throughput en uplink FTP) entregados desde el cliente al servidor y el rendimiento en enlace descendente (Throughput en downlink FTP) desde el servidor al cliente, utilizando el protocolo de transferencia de archivos (FTP).

Como un análisis del rendimiento, una transmisión FTP puede llevarse a cabo durante un período de tiempo fijo (por ejemplo, 30 segundos) utilizando un tipo de archivo muy grande que no se termine dentro de aquel lapso de tiempo. El rendimiento promedio de la prueba se calcula luego que la sesión termina.

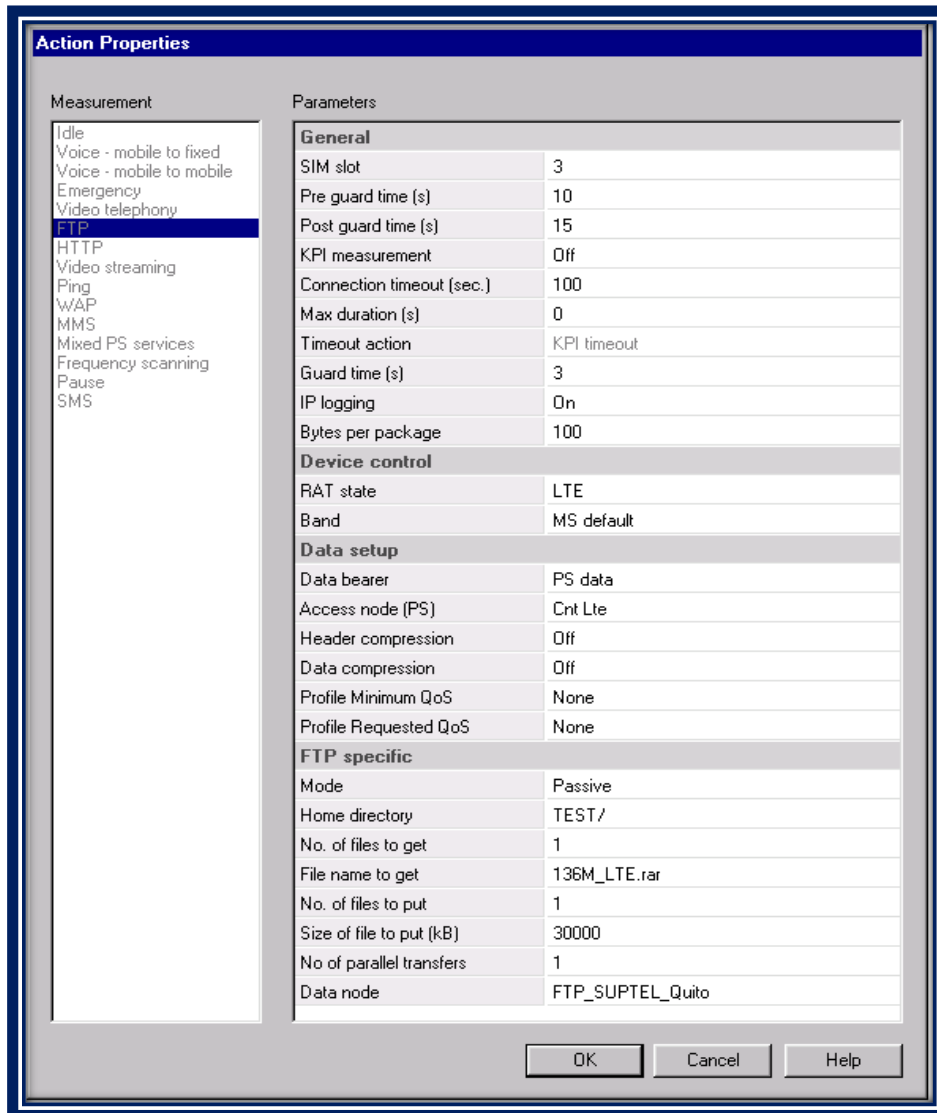


FIGURA 2-9 Parámetros de configuración de la orden de trabajo FTP

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.1.2 IDLE

El idle es un estado de inactividad que entran las unidades de prueba remota (RTUs), que no quiere decir que no estén, sólo toma una fase de descanso o reposo, la inactividad de las unidades las realizan en tiempos programados por el administrador del SAMM en las distintas configuraciones de las ordenes de trabajo y su tiempo de duración es en segundos.

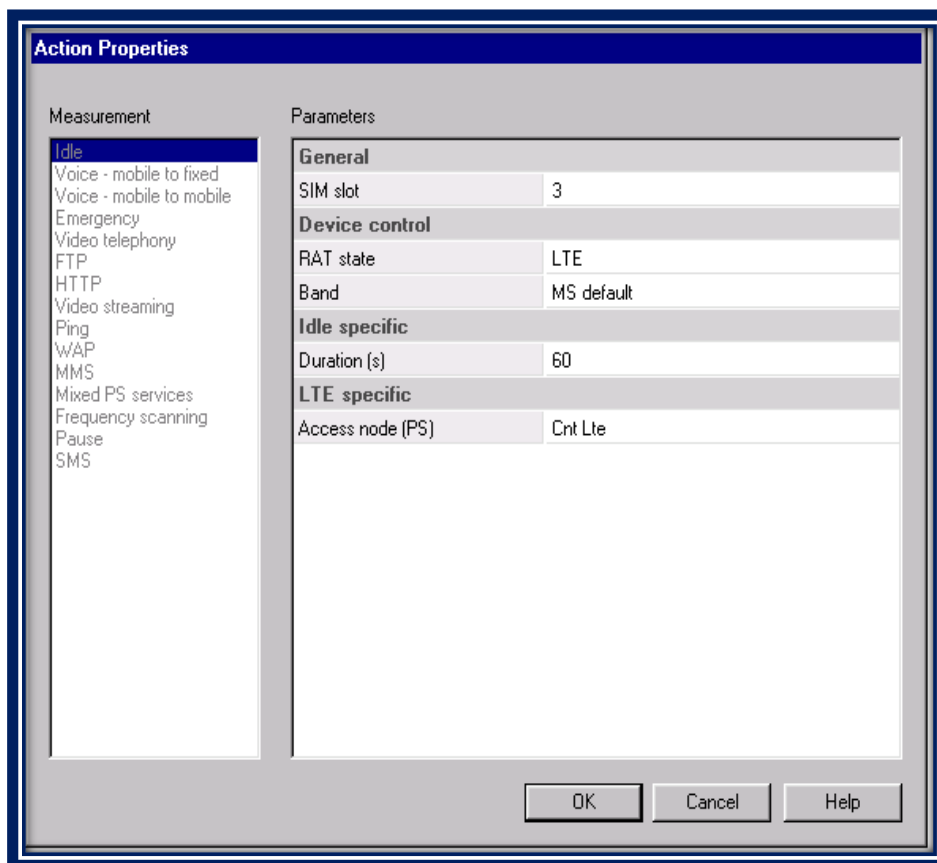


FIGURA 2-10 Parámetros de configuración de la orden de trabajo IDLE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.1.3 Ejecución de las Órdenes de trabajo (Work Order)

Antes de iniciar debe asignarse cada orden de trabajo al módulo respectivo en cual va a realizar dichas pruebas. Al iniciar una orden de trabajo se pasa por un conjunto de factores desencadenantes.

Cuando se ejecuta una orden de trabajo se registran los parámetros de radio al igual que los parámetros de rastreo IP, durante las pruebas de transmisión de datos el rendimiento de la conexión de datos en las redes móviles se mide en simultáneo.

En fin, la ejecución de una Work Order puede limitarse a intervalos de tiempos fijos o zonas particulares en la cual se realizaran las pruebas de medición, además también estar condicionada por los valores de los parámetros de la red. Las órdenes de trabajo también tienen un parámetro que regula la frecuencia con que debe ejecutarse la orden de trabajo.

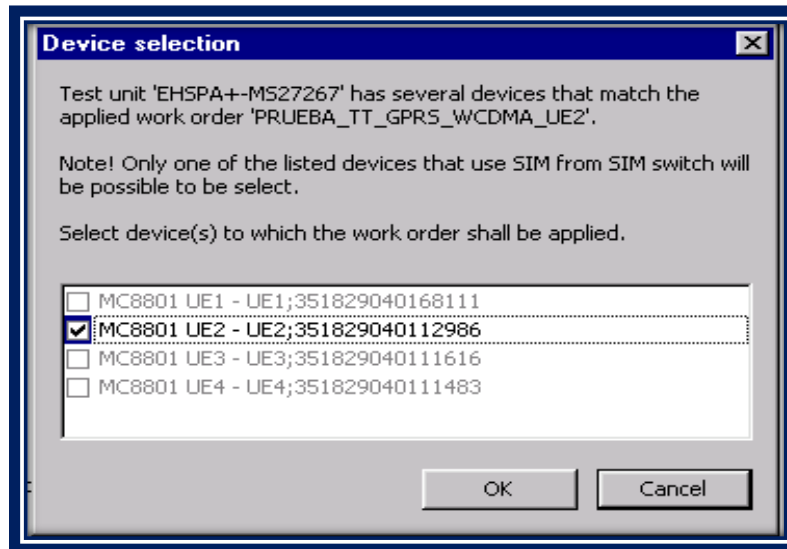


FIGURA 2-11 Asignación de las órdenes de trabajo a cada módulo de la RTU.

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.2 *Capacidad de pruebas*

Para la transferencia de datos con conmutación de paquetes sobre redes móviles celulares (SMA), TEMS Automatic ofrece un conjunto de indicadores importantes del rendimiento para la rigidez que describe el funcionamiento de los servicios de datos percibida por el usuario final.

Estos incluyen el tiempo del acceso de extremo a extremo, el rendimiento medio, y el tiempo de transferencia. Otros indicadores importantes de rendimiento indican las tasas de fracaso la relación de corte no accesibilidad y la transferencia de datos.

Varios eventos informan sobre el estado de la conexión de datos, tales como conexión /desconexión, activación / desactivación, enrutamiento y actualización del área de trabajo.

2.5.2.1 *Registro Datos IP*

TEMS Automatic posee la función de grabar la señalización de la capa de aplicación para los servicios de la transmisión datos. Esta es una herramienta importante para los servicios de datos en la solución de problemas. Dentro de una orden de trabajo, la función se puede activar y desactivar para cada una de las acciones de pruebas de servicio de datos.

Los paquetes IP se registran en un archivo en el formato .PCAP, que es utilizada por varias aplicaciones sniffer de paquetes de código abierto, incluyendo Wireshark que es la aplicación que usaremos en nuestro trabajo de titulación.

2.5.2.2 Configuración de los ajustes TCP

En esta opción seleccionamos el perfil de la configuración de la pila TCP/IP, el cual vamos hacer el respectivo análisis del rendimiento de transmisión de datos en las redes móviles (2G, 3G, 4G).

Una razón frecuente que tenemos para que las tasas de transmisión de datos en redes móviles no se logren de la mejor manera es una configuración no adecuada en el perfil del protocolo TCP. Los perfiles TCP, especifican parámetros importantísimos, como enviar y recibir tamaños de ventana, además son configurables desde la consola del operador y asignados específicamente a las unidades de prueba remota RTUs.

Tenemos un conjunto de perfiles TCP predefinidos: EDGE, GPRS, HSPA, LTE, que analizaremos con TEMS Automatic en las diferentes pruebas de mediciones que realizaremos.

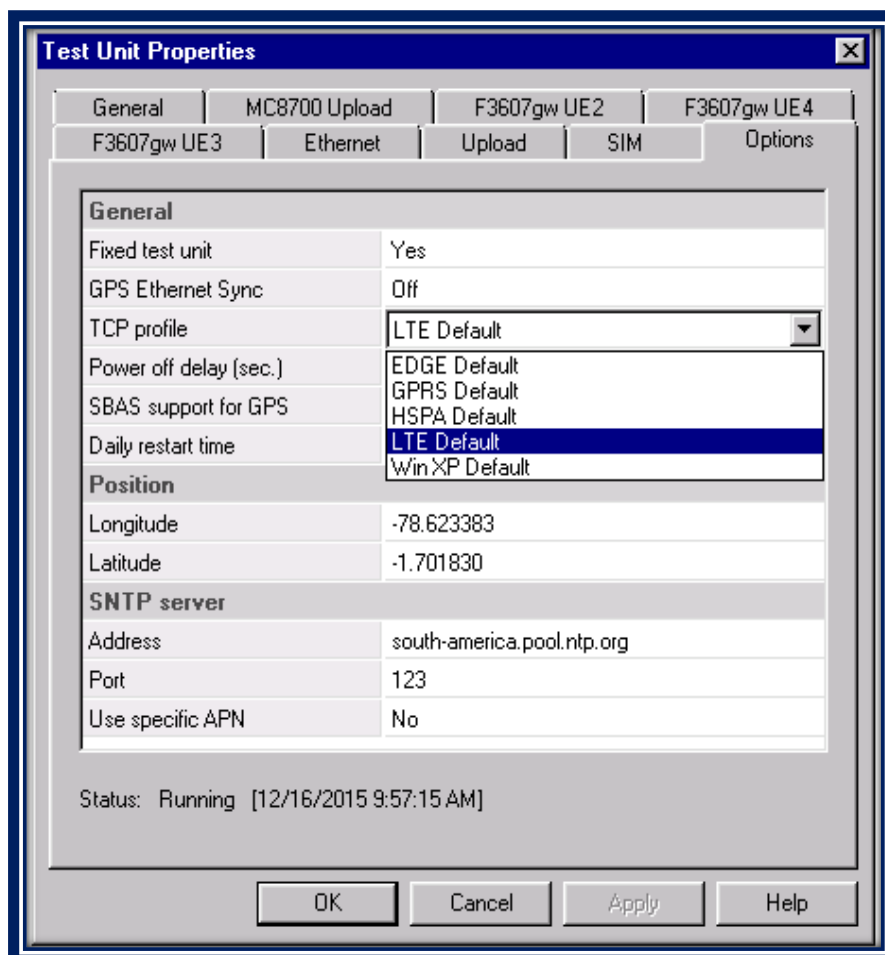


FIGURA 2-12 Configuración del perfil TCP

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.2.3 Rendimiento y Latencia de Mediciones.

El rendimiento en la transmisión de datos en redes móviles se puede medir utilizando una serie de servicios, en particular el de protocolo FTP.

Este servicio está diseñado específicamente para medir máxima TCP y el rendimiento del ancho de banda UDP mediante la interacción con un servidor de FTP.

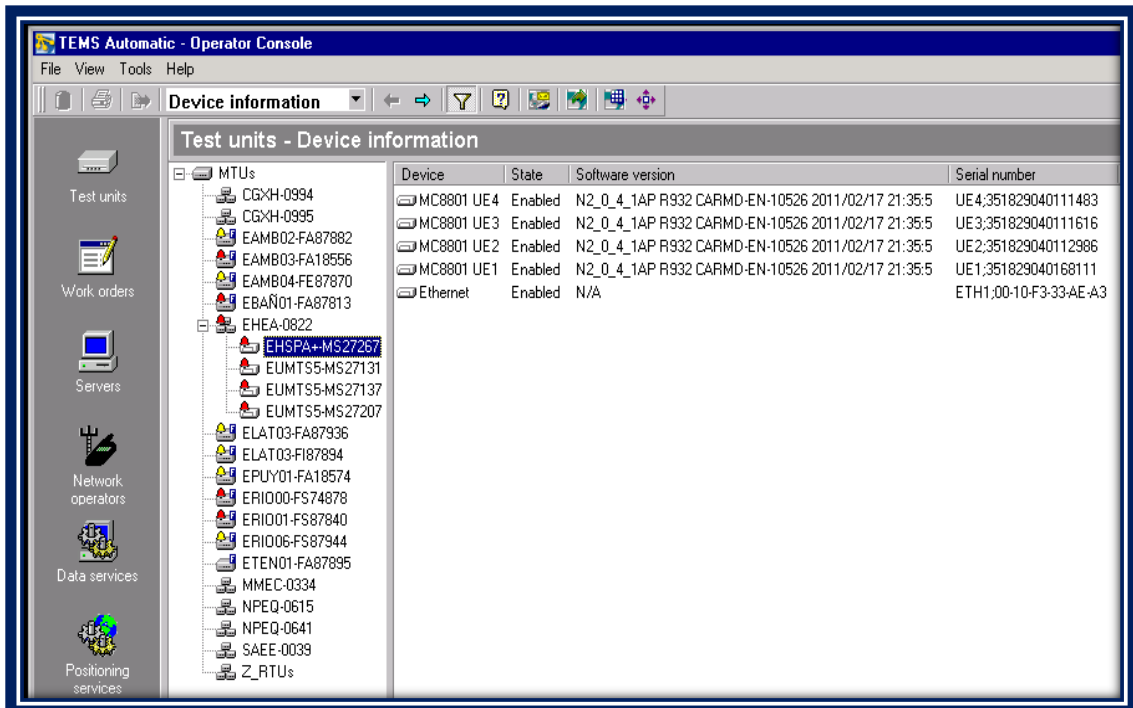
La latencia de la red móvil convenientemente se mide con Ping.

2.5.3 Administración de la unidad de transmisión remota RTU

2.5.3.1 Configuración

Para cada uno de los RTUs se puede observar la siguiente información desde la consola del operador.

- **Parámetros del RTU que componen la identidad de la unidad de prueba**



The screenshot shows the 'TEMS Automatic - Operator Console' interface. The main window displays 'Test units - Device information' with a tree view on the left and a table on the right. The tree view shows a hierarchy of test units under 'MTUs', including 'EHSPPA++MS27267' which is highlighted. The table on the right lists the following data:

Device	State	Software version	Serial number
MC8801 UE4	Enabled	N2_0_4_1AP R932 CARMD-EN-10526 2011/02/17 21:35:5	UE4:351829040111483
MC8801 UE3	Enabled	N2_0_4_1AP R932 CARMD-EN-10526 2011/02/17 21:35:5	UE3:351829040111616
MC8801 UE2	Enabled	N2_0_4_1AP R932 CARMD-EN-10526 2011/02/17 21:35:5	UE2:351829040112986
MC8801 UE1	Enabled	N2_0_4_1AP R932 CARMD-EN-10526 2011/02/17 21:35:5	UE1:351829040168111
Ethernet	Enabled	N/A	ETH1.00-10-F3-33-AE-A3

FIGURA 2-13 Información de la unidad de prueba

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.3.2 Ajustes SIM

En la figura 2-14 y 2-15 podemos observar las cuatro SIM que utilizamos tres de las cuales se utilizan para realizar mediciones de calidad de servicio de las respectivas operadoras CLARO, MOVISTAR Y CNT y la cuarta para la transferencia de resultados a un servidor de base de datos centralizado en la ciudad de Quito.

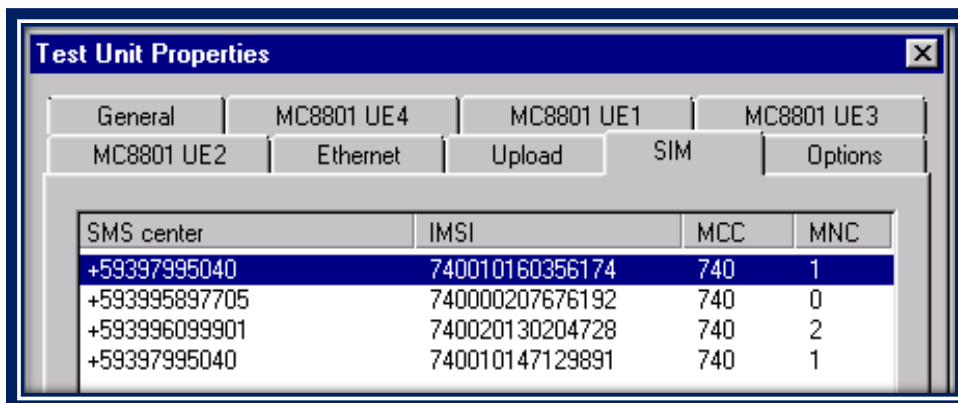


The screenshot shows the 'Test Unit Properties' window with the 'SIM' tab selected. It displays a table with the following data:

Device	SIM slot	Network operator	Voice number
SIM switch	1	Claro	0985105468
SIM switch	2	Movistar	0958925796
SIM switch	3	CNT	0982475568
SIM switch	4	Claro	0993094054

FIGURA 2-14 Ajuste SIM (Parte 1)

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016



The screenshot shows the 'Test Unit Properties' window with the 'SIM' tab selected. It displays a table with the following data:

SMS center	IMSI	MCC	MNC
+59397995040	740010160356174	740	1
+593995897705	740000207676192	740	0
+593996099901	740020130204728	740	2
+59397995040	740010147129891	740	1

FIGURA 2-15 Ajuste SIM (Parte 2)

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

IMSI o International Mobile Subscriber Identity: Es un código de identificación único. Este número se almacena en la tarjeta SIM. Tiene 15 dígitos entre los cuales consta un código de 3 cifras del país, 2 a 3 cifras del proveedor y por ultima su identificación única que son de 9 a 10 dígitos como máximo.

MCC o Mobile Country Code: Es un código numérico que identifica el país donde se encuentra el móvil. Se utiliza en combinación con el MNC.

MNC o Mobile Network Code: Es un código que Identifica al operador móvil. Ecuador cuenta con los siguientes códigos MCC y MNC:

Tabla 2-1 Código MCC y MNC Ecuador

MCC	MNC	IMSI	OPERADOR	ESTADO
740	0	74000	Movistar	Operativa
740	1	74001	Claro	Operativa
740	2	74002	CNT EP.	Operativa

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Configuración de las propiedades SIM

Configuración de las propiedades de cada una de las tarjetas SIM instaladas con su respectiva IMSI, número de teléfono, MCC, MNC, APN, etc.

APN Access Point Name: Es un nombre del punto de acceso que se configura en los módulos de medición de las unidades de prueba remota (RTUs), con su correspondiente APN para cada operadora de telefonía móvil celular, además un punto de acceso es una dirección IP con las que los equipos hacen la conexión para realizar las prueba de la transmisión de los datos.

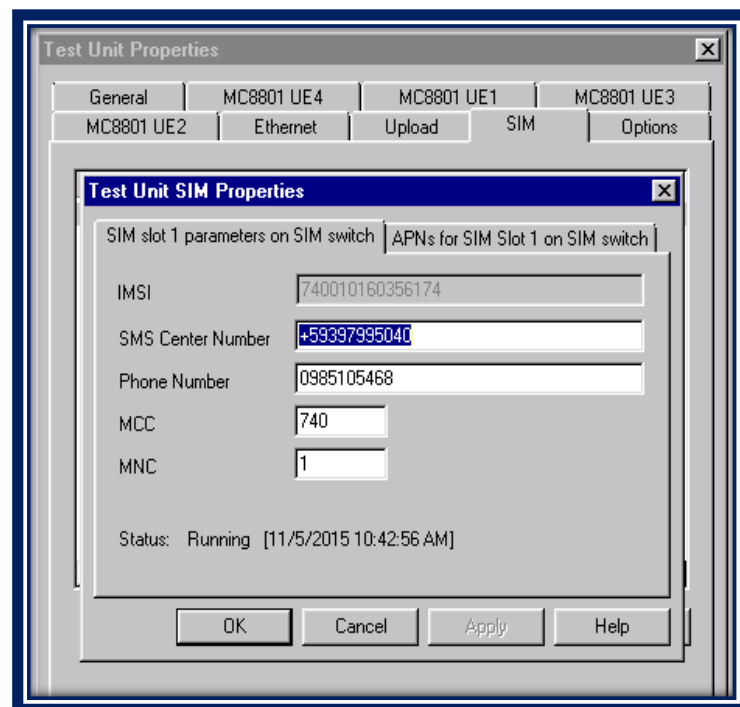


FIGURA 2-16 Propiedades de configuración SIM (Parte1)

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

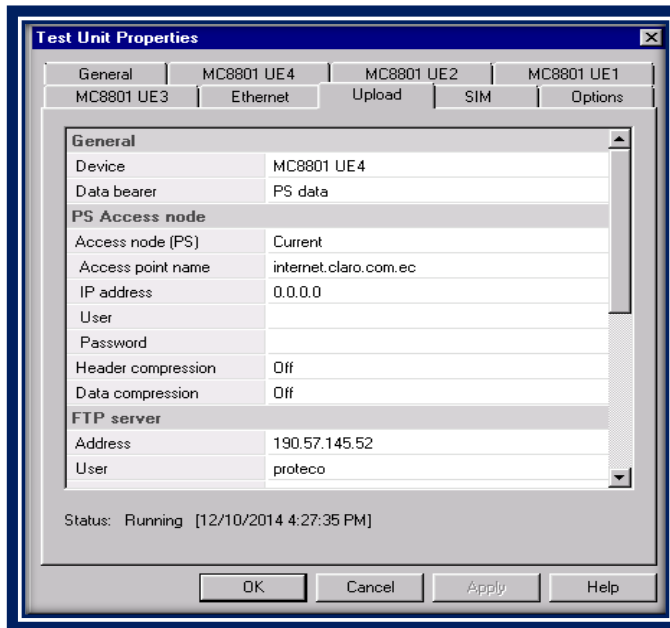


FIGURA 2-17 Propiedades de configuración SIM (Parte2)

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.5.3.3 Asignación del flujo de trabajo, actual y anterior

Esta es la parte del historial de las órdenes de trabajo (Work Order History) la cual nos permite observar y hacer un seguimiento del trabajo actual que están realizando las RTUs y el trabajo que realizó anteriormente.

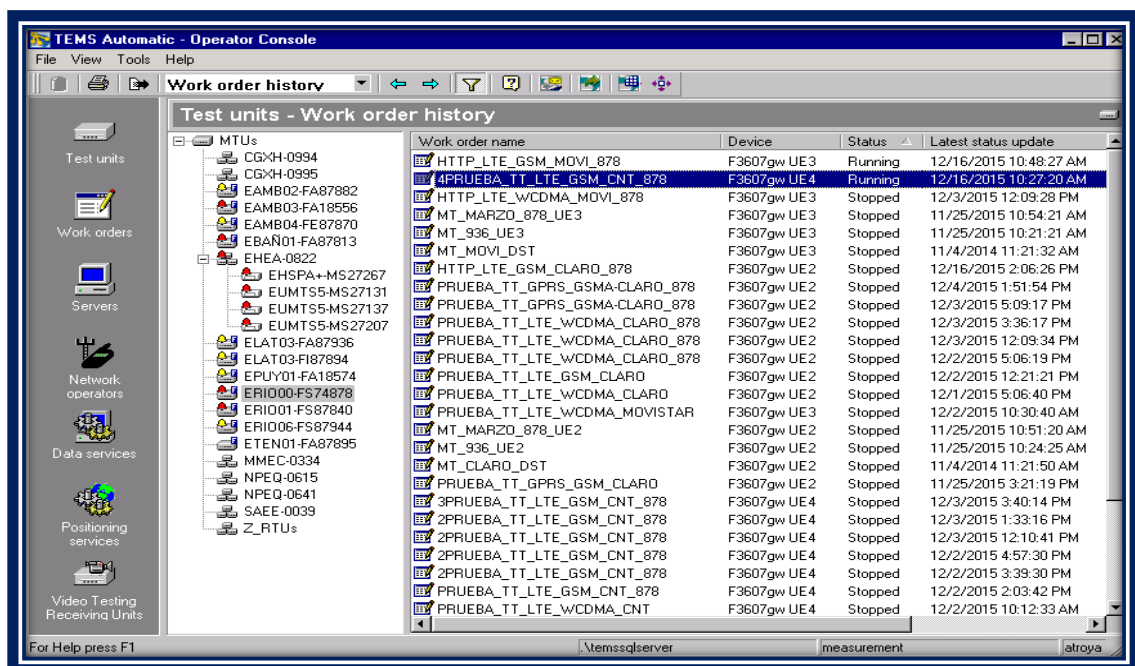


FIGURA 2-18 Historial de las órdenes de trabajo - Work Order History

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Monitoreo

El sistema examina los reportes del período real de las RTUs y muestra el estado de las unidades de prueba remota en la consola del operador.

Una situación de un error alcanzado en una unidad de prueba remota se muestra en la interfaz de consola del operador mediante un etiquetado en el icono de unidad de prueba con una campana de color amarillo o rojo, el cual nos indica un estado de advertencia el amarillo y el rojo un estado de alarma que algo está sucediendo o está saliendo mal.

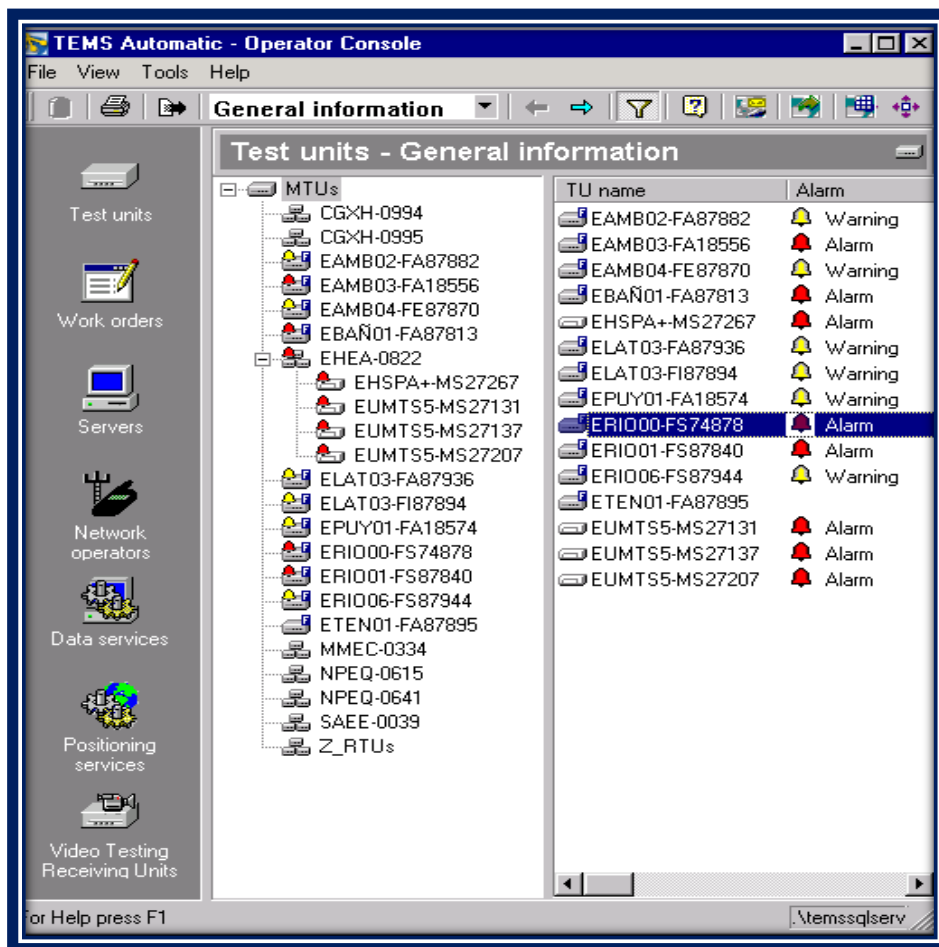


FIGURA 2-19 Estado de los equipos RTUs

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Eventos

Podemos observar como las unidades de prueba remota RTUs están trabajando, esto se lo hace a través de la revisión del registro de los eventos que reporta cada unidad de prueba.

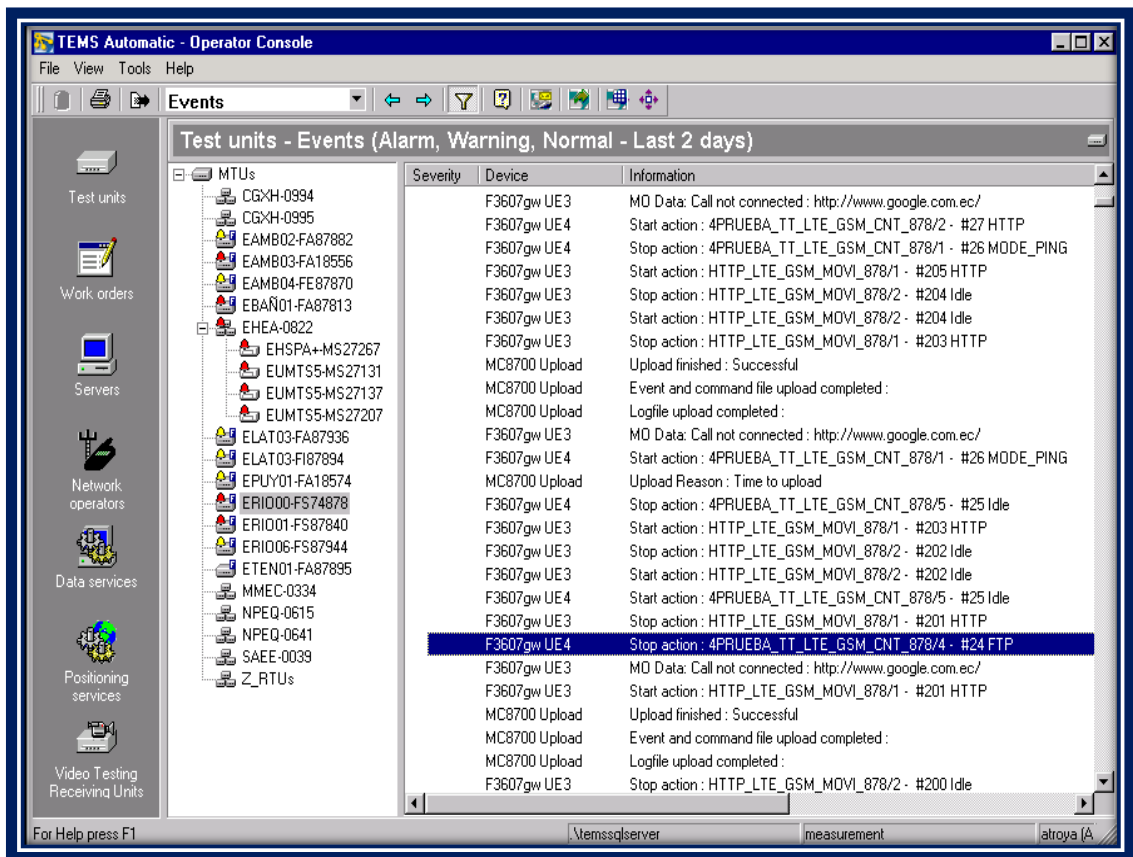


FIGURA 2-20 Eventos reportados por cada unidad de prueba.

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Además, la consola del operador también nos muestra las estadísticas de uso de los RTUs, los tiempos de medición de cada una de las pruebas, la cobertura de GPS donde fueron realizadas las mismas, etc.

2.5.4 Prueba en los Nodos

Los nodos para las diversas pruebas de calidad del servicio con el sistema TEMS Automatic se utilizan para determinar la calidad de los servicios de voz y datos de conexión directa del usuario.

Prueba de Datos en los Nodos

Los datos pueden estar situados dentro de la red del operador o en cualquier lugar en Internet. Consisten en un equipo que ejecuta el servidor FTP. Los nodos de prueba para la transmisión de datos se denominan nodos transmitiendo datos.

Mediante el despliegue de nodos de datos de prueba, tanto dentro de su propia red de telefonía móvil y en otros lugares en el Internet, los operadores pueden determinar si los problemas de comunicación residen en su propia infraestructura o tienen causas externas.

Durante una conexión de conmutación de paquetes, todos los servicios de datos compatibles se pueden probar.

Al iniciar la orden de trabajo FTP, el nodo de pruebas de datos será el servidor FTP_SUPTEL_QUITO para Claro y CNT EP. Mientras que para Movistar será el servidor FTP_MOVISTAR en el sistema TEMS Automatic, o cualquier servidor FTP que permite a la unidad de prueba leer y escribir datos.

2.6 TEMS Automatic - Presentation

TEMS Automatic-Presentation se utiliza para post procesar grandes cantidades de datos de medición recogidos para optimizar y mejorar la calidad de servicio de forma cómoda y sencilla.

Da acceso completo a todas las estadísticas de evaluación de rendimiento de la red a través de un documento Microsoft Excel donde presentan los desenlaces de una serie de informes detallados e informativos, así como los propios datos del trayecto original de las pruebas.

TEMS Presentación utiliza un alto rendimiento ya que posee un sistema de información geográfica (GIS), con una amplia gama de formatos de mapas, ofreciendo visualización y funcionalidad de informes que permiten a los datos de la red ser visto, comprendido y utilizado por los administradores en la organización.

2.6.1 Descarga de datos

Funcionamiento de la RTU en la descarga de datos, también se detalla por el administrador en la consola del operador. Se facilitan varias opciones, la RTU se puede establecer para descargar los datos de las pruebas en un tiempo fijo de días que se han realizado las mismas, después de que finalizó de realizar alguna medición, o cuando el vehículo en el cual están instaladas las RTUs está encendido o apagado.

No sucede nada si el equipo RTU esta encendido o apagado ya que los datos se almacenan en un servidor.

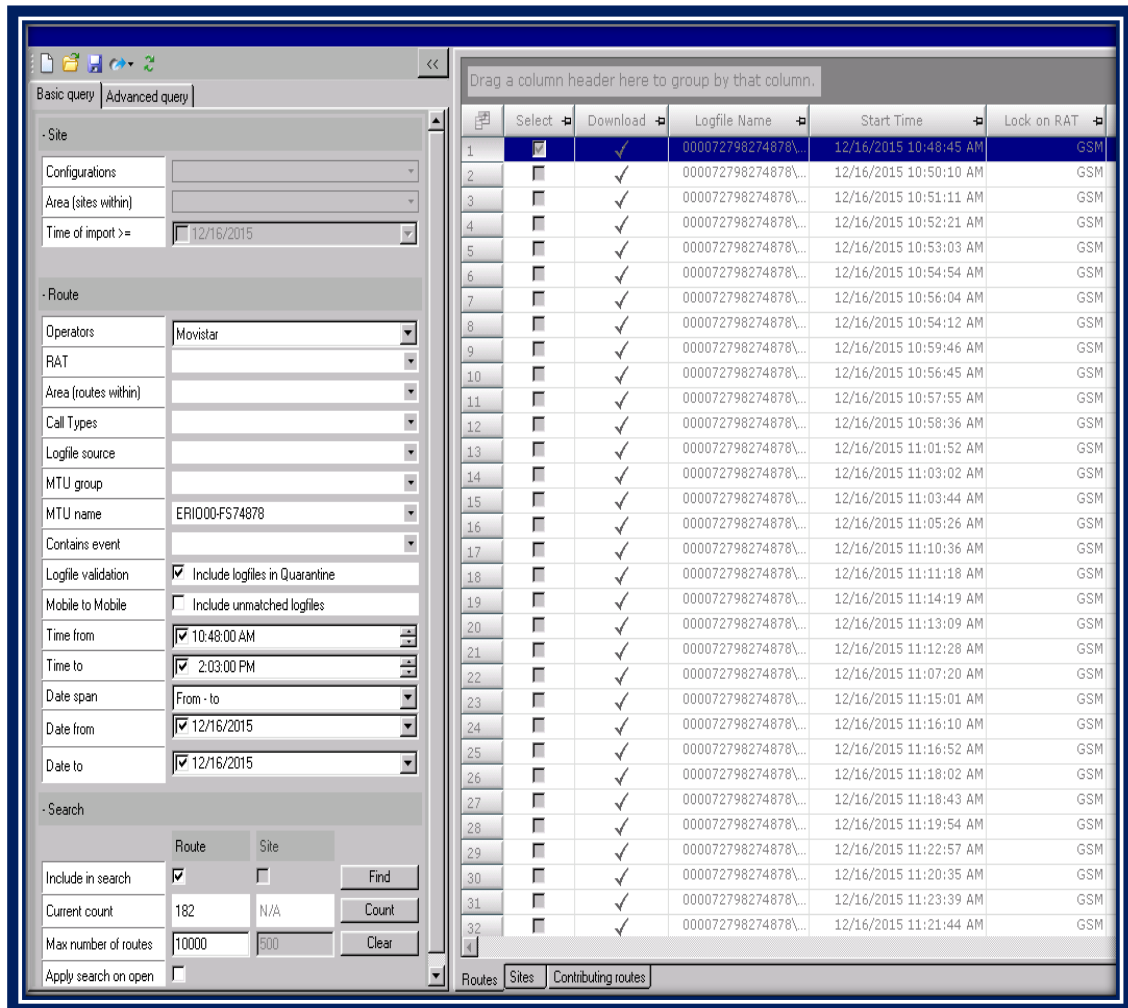


FIGURA 2-21 Descarga de datos con TMS Presentation

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

También existe la posibilidad de descargar archivos de registro seleccionados manualmente, desde la RTU elegida. Esto se realiza con la herramienta de descarga manual, inicializado desde la consola del operador (TMS Presentation).

Podemos también descargar los archivos de las mediciones por el tipo de prueba que realizó las RTUs y además si queremos las mediciones de todas las operadores o filtrando una a una ya sea Claro, Movistar o CNT EP.

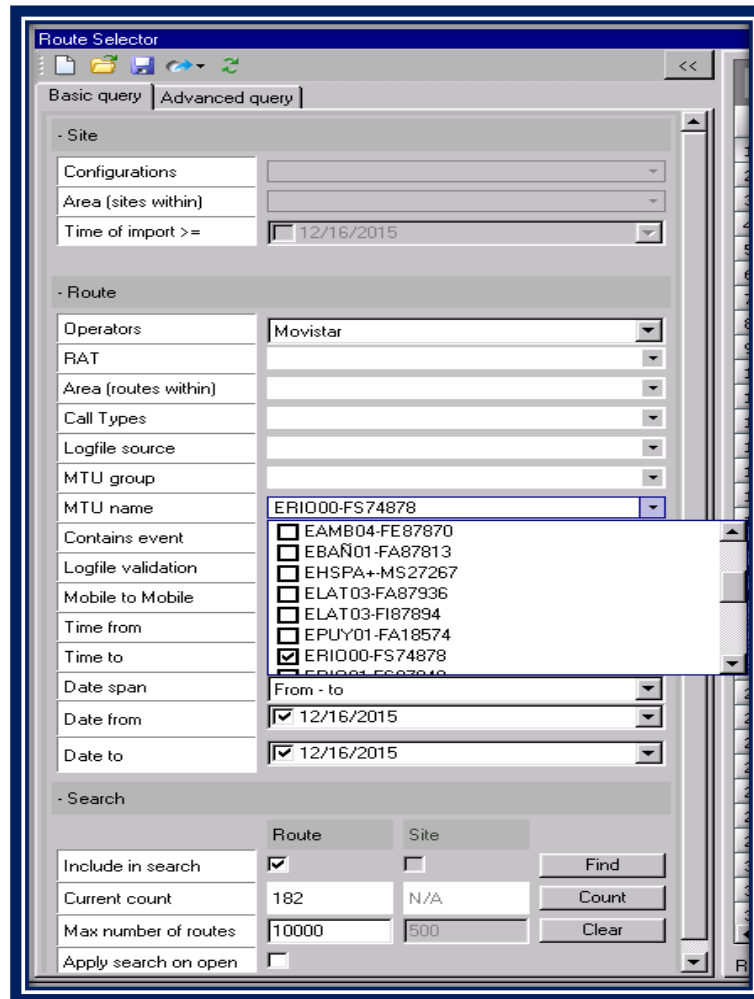


FIGURA 2-22 Descarga de datos Filtrándolos con Tems Presentation

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

2.7 TEMS Discovery Device - Professional



FIGURA 2-23 TEMS Discovery Device - Professional 11.0.1

Fuente: SAMM

2.7.1 Post-procesamiento con TEMS Discovery

TEMS Discovery Device - Professional es la herramienta de ASCOM que nos brinda su apoyo para el post-procesamiento de los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas en las redes móviles, incluyendo los datos de TEMS Automatic.

Indicaremos algunos puntos destacados de TEMS Discovery y que sobresalen en nuestro trabajo de titulación.

- **Volumen de los datos procesados.** TEMS Discovery maneja una gran variedad de elementos de información que permite un análisis exhaustivo de los datos recogidos.

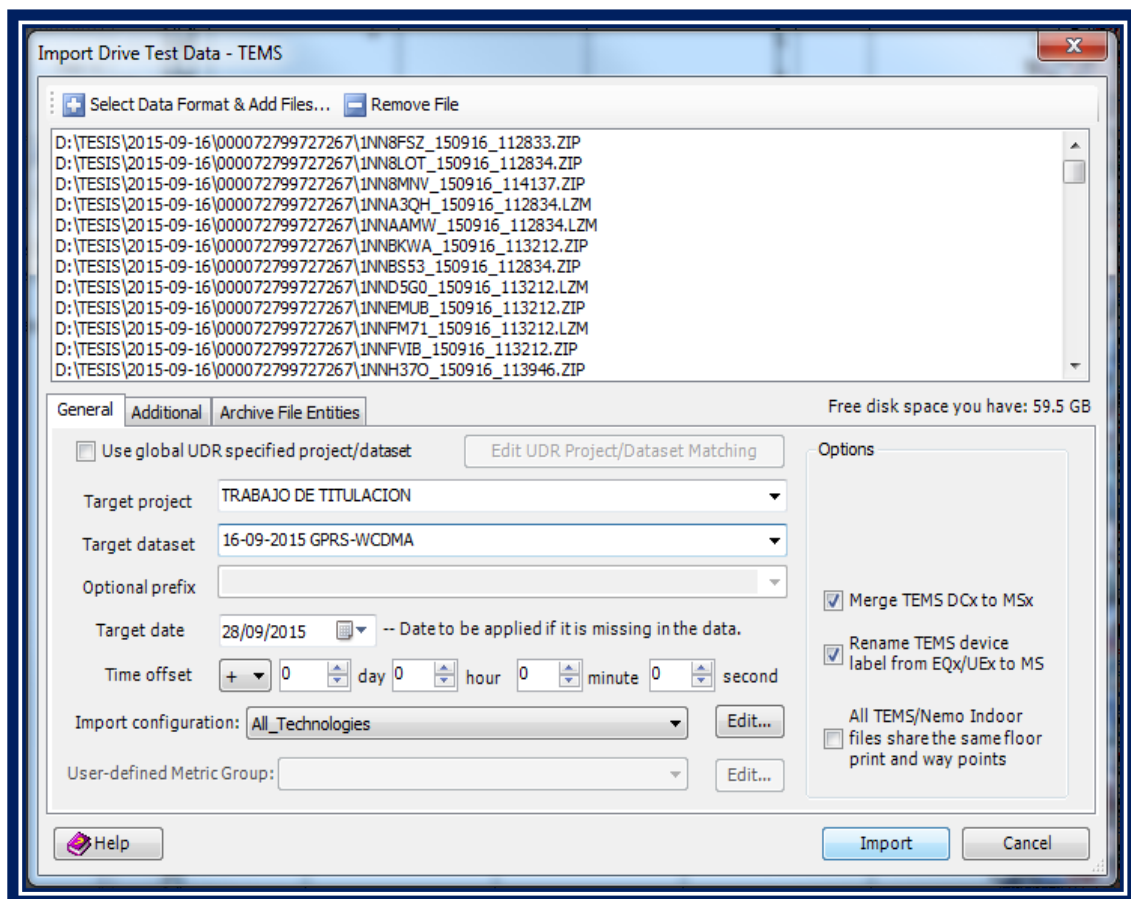


FIGURA 2-24 Subida de datos a TEMS Discovery

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 2-25 y 2-26 vemos como están siendo importados los archivos de las pruebas, observamos cómo va el proceso y cuando ya están completamente importados.

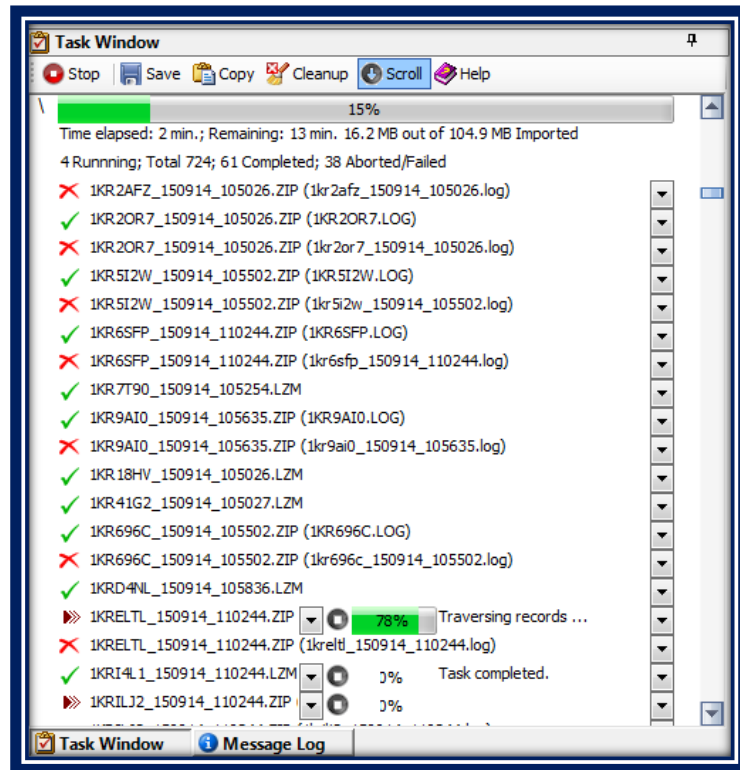


FIGURA 2-25 Importación de los datos

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

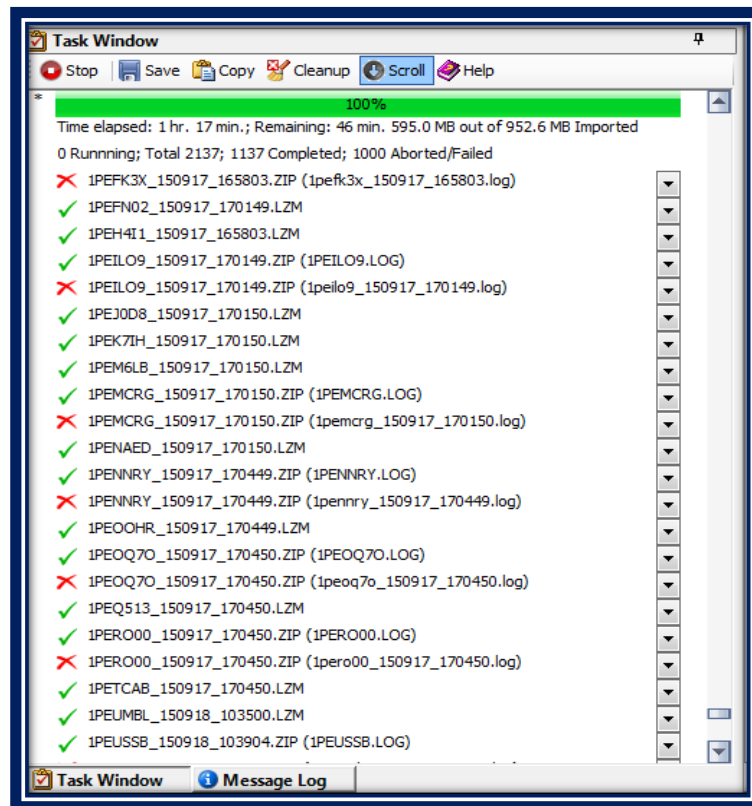


FIGURA 2-26 Datos totalmente importados

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 2-27 vemos que se ha creado nuestro nuevo proyecto llamado TRABAJO DE TITUACION y los respectivos archivos de las pruebas ya están importados y agregados a nuestro proyecto.

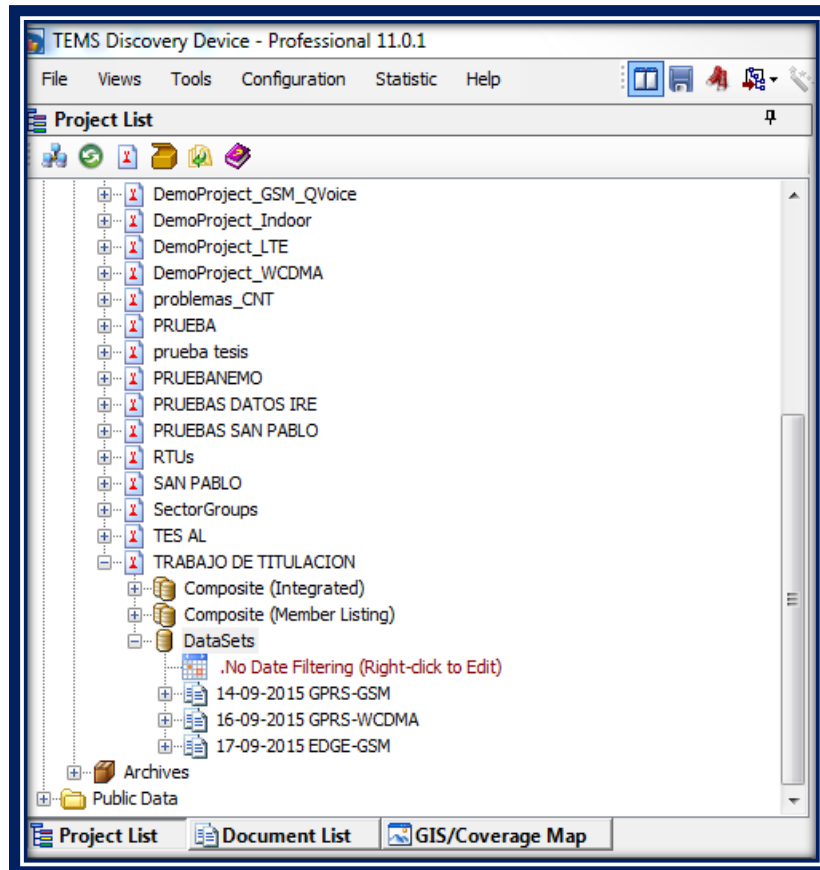


FIGURA 2-27 Vista de nuestro proyecto - TRABAJO DE TITULACION

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

- **Fácil y amplias capacidades de personalización.** Los diferentes puntos de vista y los buscadores de datos se pueden organizar en un sinnúmero de combinaciones. Los datos pueden ser presentados en múltiples sub vistas para facilitar la comparación punto a punto, o en más puntos de vista convencionales como mapas, series de tiempo, mensajes, tablas, histogramas, e informes.

MAPAS

Punto de vista del mapa en esta opción vemos el lugar exacto donde se han realizado la o las diferentes pruebas siendo de esta manera que el RTU este en un sitio fijo o que haya estado en

movimiento, vamos a tener la perspectiva de la ubicación en el mapa. Además debemos mencionar que tenemos diferentes tipos de mapas para una mejor percepción los cuales son:

- ✓ GoogleMap
- ✓ GoogleHybridMap
- ✓ GoogleTerrainMap

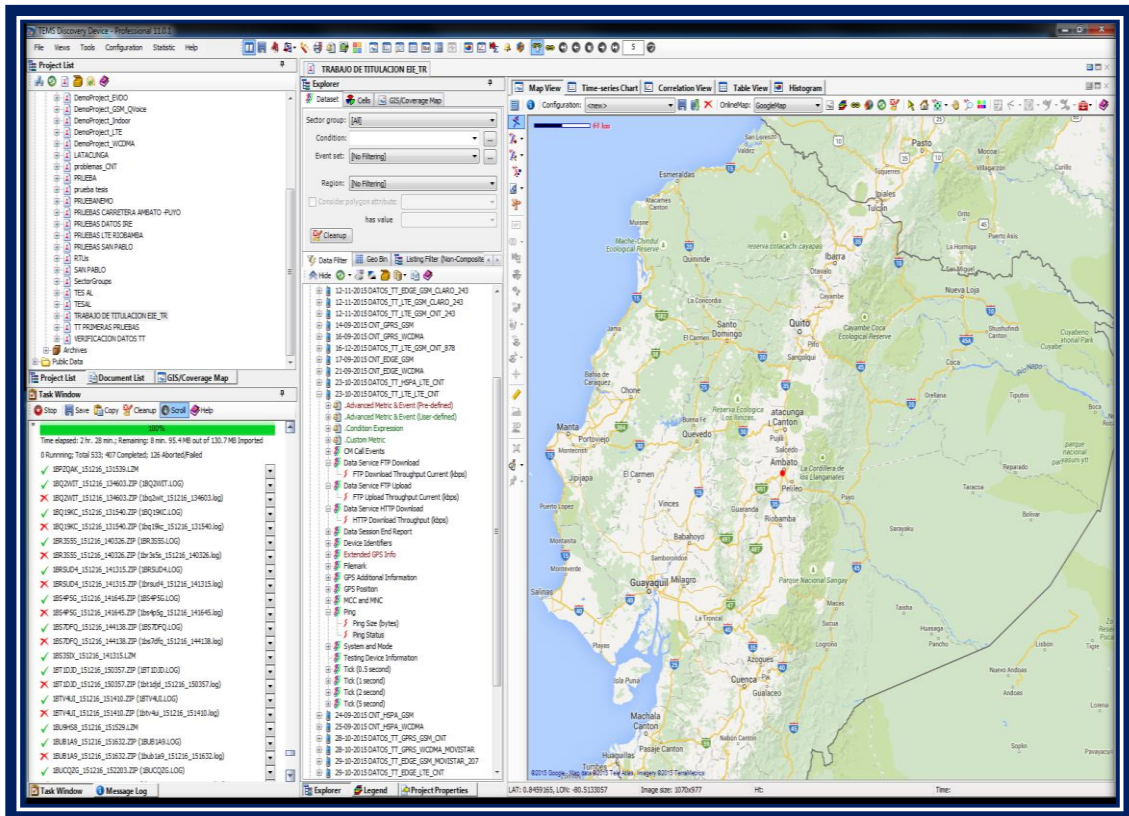


FIGURA 2-28 Visualización del lugar donde se realizan las pruebas en el mapa

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

SERIES DE TIEMPO

Serie de tiempo en esta sección nos referimos a los datos estadísticos que se recopilan en las pruebas que realizamos, se observa que se registran en intervalos de tiempo regulares (horas, días, semanas). El análisis de las series de tiempo cumple un papel importante en los futuros análisis de nuestro trabajo de titulación.

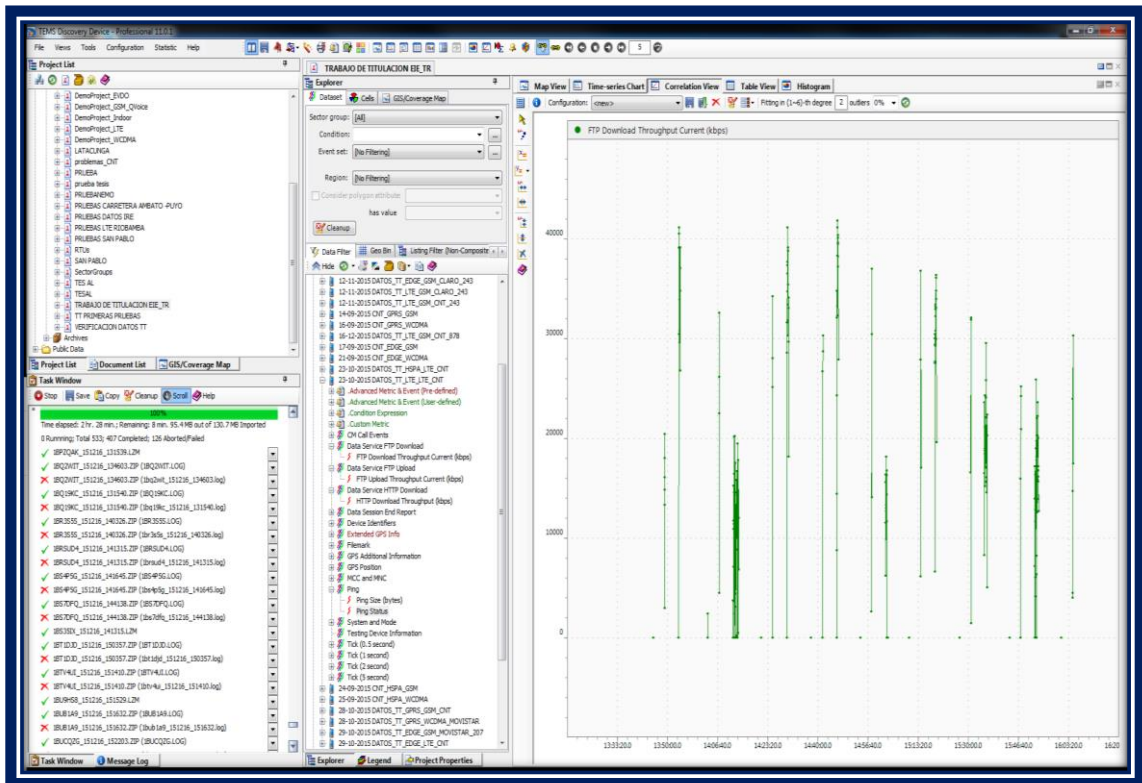


FIGURA 2-29 Serie de tiempo estadística del dato FTP Download

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Además podemos revisar diferentes parámetros que influyen en el servicio de transmisión de datos en el usuario.

TABLAS

Las tablas de datos constituyen parte de las herramientas para el análisis final de los resultados que nos permitirán observar el valor de los datos obtenidos en las pruebas siendo las mismas resultados originales. En la tabla de datos analizamos un conjunto de valores que nos ayudaran a determinar los posibles resultados de la investigación.

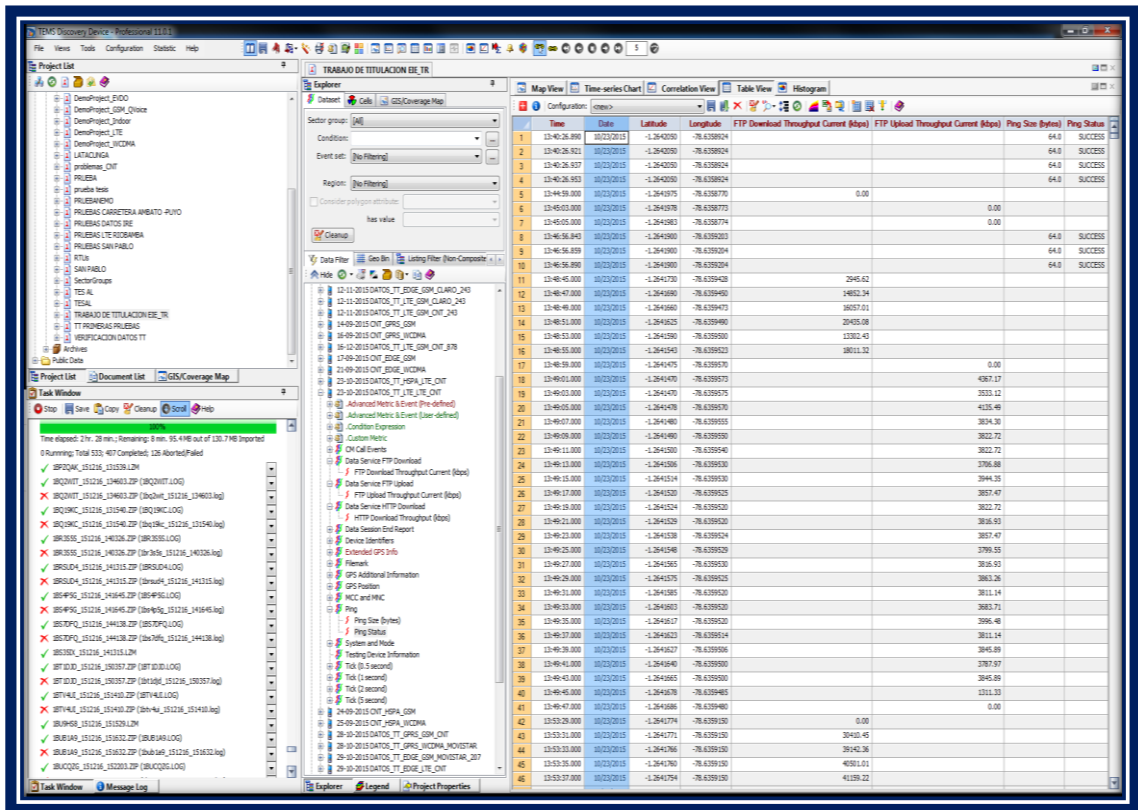


FIGURA 2-30 Vista de los resultados obtenidos en las tablas

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

HISTOGRAMAS

Esta parte es la de la representación gráfica que permite ver a primera vista una estadística de las diferentes pruebas obtenidas y diferenciándolas por el tipo de prueba que se realizó su respectivo Perfil TCP que se usó y la tecnología también que trabajo. En el histograma observamos la representación gráfica de las diferentes variables en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores obtenidos en las pruebas.

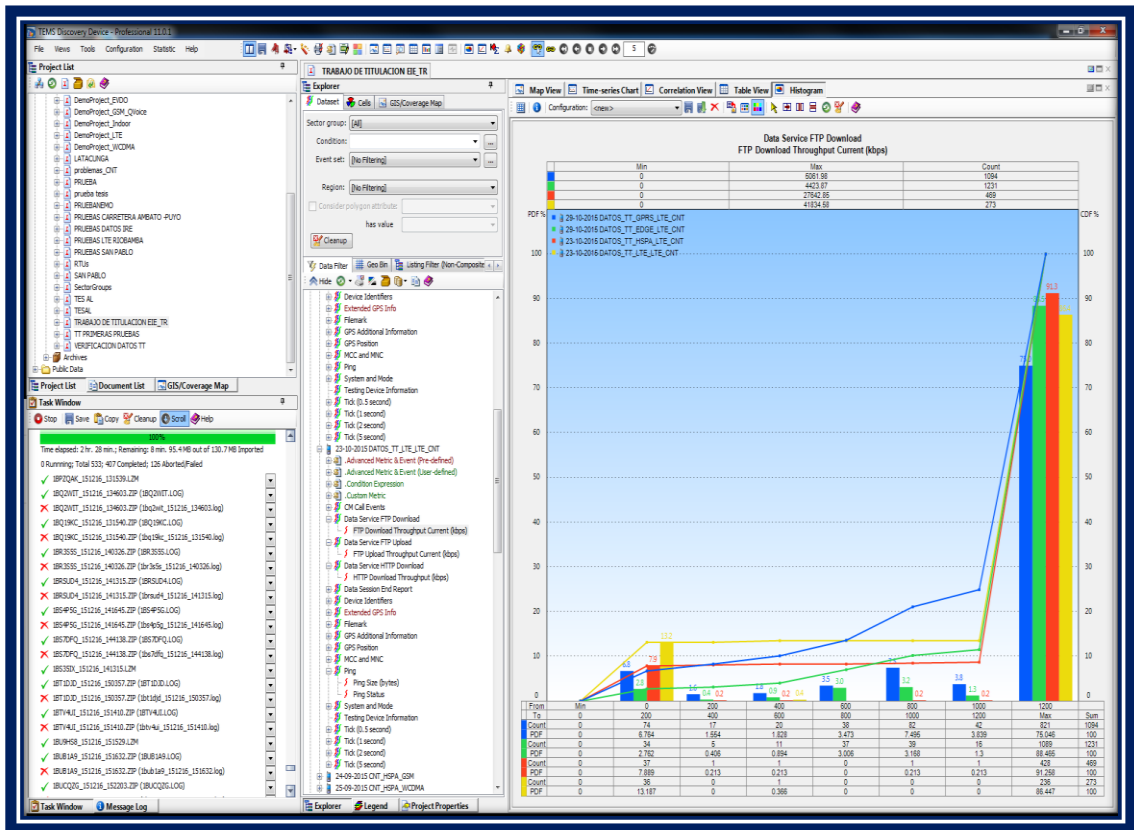


FIGURA 2-31 Vista de los datos obtenidos en el histograma.

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

- **Potencia del código de la señal recibida (Rx Lev /RSCP)**

Es la potencia del canal recibido por un dispositivo, permitiendo señalar la potencia proveniente de la estación base a la que está conectado el dispositivo móvil para medir la cobertura del enlace descendente y normalmente se expresa en dBm.

Tabla 2-2 Potencia del código de la señal recibida (Rx Lev /RSCP)

RSCP (dBm)	Nivel de cobertura	Descripción
Rx < -105	Nivel 6	Baja cobertura. El servicio no se puede iniciar.
-105 < Rx < -95	Nivel 5	Baja cobertura. El servicio puede ser aceptable en lugares al aire libre, con una tasa de éxito de llamada muy baja.
-95 < Rx < -85	Nivel 4	La cobertura normal. El servicio de voz es aceptable en todos los lugares tanto en aire libre como en el interior, dando el inicio al servicio de datos de baja velocidad.
-85 < Rx < -75	Nivel 3	Buena cobertura. El servicio de voz es bueno en todos los lugares tanto en aire libre como en el interior, dando el inicio al servicio de datos de velocidad media.
-75 < Rx < -65	Nivel 2	Mejor cobertura. El servicio de datos se obtiene una alta velocidad en aire libre y bajo techo obtendrá servicio de datos de velocidad media. Excelente servicio de voz.
Rx > -65	Nivel 1	Excelente cobertura. El servicio de voz y datos es excelente.

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

- **Tasa entre Energía e Interferencia (Ec/Io)**

Es la relación entre la energía recibida por la tarjeta SIM en el canal y la densidad de potencia del ruido. Se expresa normalmente en dB. Al igual que para RSCP se puede usar para comparar celdas en una misma portadora, cambio de celda, entre otros. (Galeano, Poveda y Merchán; 2014a, p 35)

Tabla 2-3 Tasa entre Energía e Interferencia (Ec/Io)

Ec/Io (dB)	Nivel de Calidad	Observación
Rx < -15	Nivel 7	Calidad muy pobre. Donde el servicio no se puede iniciar
-15 < Ec/Io < -13	Nivel 6	Mala calidad. Baja tasa para el éxito de llamadas.
-13 < Ec/Io < -11	Nivel 5	Mala calidad. Nivel mínimo para el servicio de datos de baja velocidad y llamadas de voz de calidad normal.
-11 < Ec/Io < -9	Nivel 4	Calidad normal. Nivel aceptable para el servicio de datos de baja velocidad y llamadas de voz calidad normal
-9 < Ec/Io < -7	Nivel 3	Buena calidad. Nivel para datos de velocidad media y la llamada de voz calidad normal
-7 < Ec/Io < -5	Nivel 2	Mejor calidad. Nivel muy bueno para el servicio de datos de alta velocidad.
Ec/Io > -5	Nivel 1	Excelente calidad. Soporte de servicios de datos de alta velocidad

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

- **Caudal de datos (Throughput)**

Es el tamaño real máximo a la cual los datos pueden ser transportados a través de la red en un contexto de protocolo de paquetes de data. (Galeano, Poveda y Merchán; 2014b, p 35)

2.8 Wireshark

Wireshark es un programa que nos ayuda a analizar los paquetes de red entre varias funcionalidades más, para el caso específico en nuestro trabajo de titulación, es con la finalidad de analizar los datos transmitidos en las redes móviles (2G, 3G, 4G).

TEMS Automatic posee la función de grabar la señalización de la capa de aplicación para los servicios de la transmisión datos en las redes móviles. Esta es una opción importante para los servicios de datos en la solución de problemas. Dentro de una orden de trabajo.

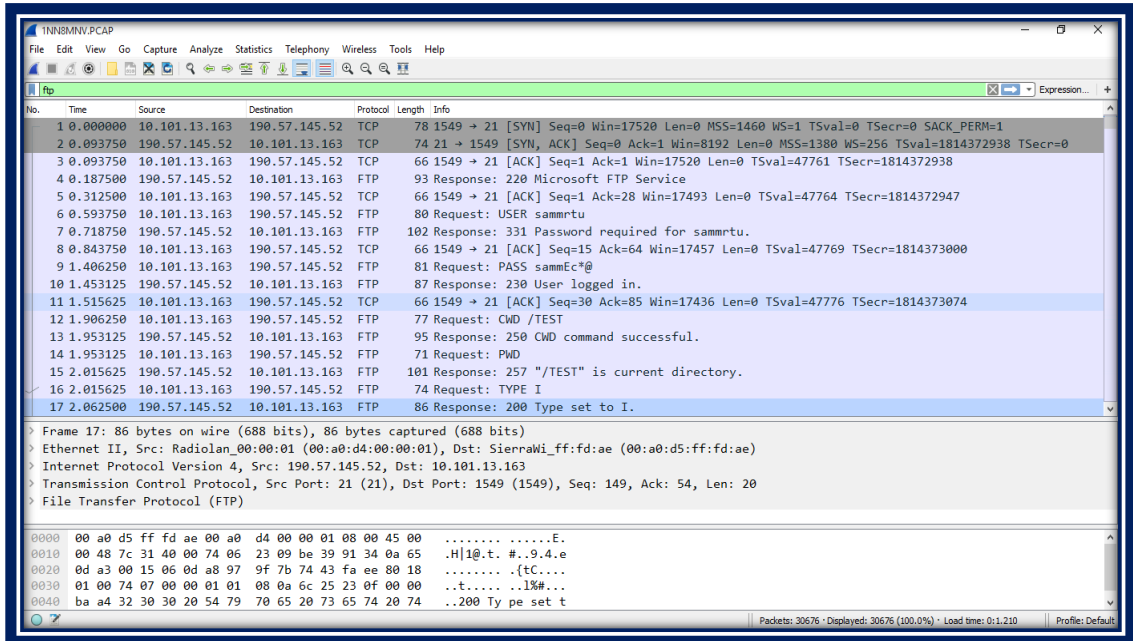


FIGURA 2-32 Software Wireshark

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Los paquetes IP se registran en un archivo en el formato .PCAP, que es utilizada por varias aplicaciones sniffer de paquetes de código abierto, para nuestro proyecto usaremos Wireshark que es la aplicación elegida en nuestro trabajo de titulación.

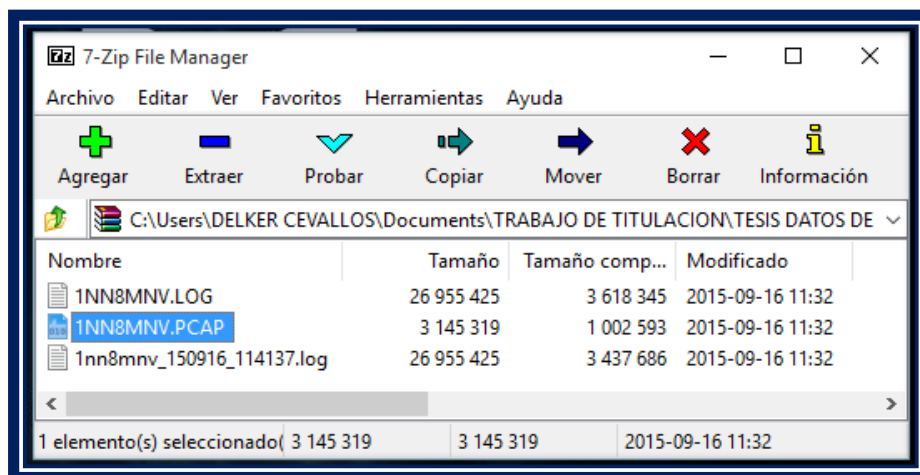


FIGURA 2-33 Paquetes IP en el formato .PCAP

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

Para el análisis y representación de los resultados obtenidos se utilizara tablas con los datos alcanzados en cada una de las pruebas realizadas, además una representación gráfica a través de histogramas que reflejaran los resultados arrojados por el SAMM, permitiendo tener un perspectiva clara sobre las diferentes configuraciones de la pila TCP/IP para cada uno los perfiles y tecnologías.

El análisis de resultados se originó primero en base al estudio del RFC 3481 donde nos da la pauta de los parámetros de configuración de un perfil en la pila TCP en redes inalámbricas para un rendimiento óptimo. Consecutivamente procedemos a analizar las diferentes configuraciones de la pila TCP/IP en el SAMM.

Luego que ejecutamos las órdenes de trabajo en la Consola del Operador, procedemos a descargar los datos de las pruebas realizadas a través del software Tems Presentation, seguidamente procesamos los datos en Tems Discovery, para determinar qué perfil obtiene mejor rendimiento para cada una de las tecnologías de las redes móviles.

El análisis se enfocó en el servicio de transmisión de datos, dentro del cual se analizó la conexión del enlace y la velocidad de transmisión tanto de subida como de bajada de datos, a través del protocolo FTP, para las operadoras de telefonía móvil (CNT EP, CONECCEL SA, OTECEL SA).

3.1 Análisis de la pila TCP/IP en el Sistema SAMM

Analizando el Sistema Autónomo de Mediciones Móviles SAMM se observa que existen varios perfiles de la pila TCP/IP, y cada equipo de prueba puede configurarse con un perfil determinado. Todos los equipos vienen configurados por defecto con el perfil para HSPA.

Al momento de realizar una prueba de datos en el SAMM, podemos crear nuevos perfiles modificando sus parámetros que son: MTU, Tamaño de ventana de Transmisión / Recepción, SACK, Escalamiento de Ventana, Registro de tiempo, Descubrimiento del MTU del enlace y Máximo número de requerimientos de retransmisiones de conexión estudiando el RFC 3481.

Tabla 3-1 Parámetros de Perfil TCP/IP, Sistema SAMM

PARAMETROS	Perfil TCP/IP			
	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
MTU (Unidad Máxima de Transferencia)	1500	1500	1500	1360
Tamaño de Ventana de Recepción (bytes)	17520	41500	131072	4194304
SACK	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
Escalamiento de Ventana	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
Registro de Tiempo (Time-Stamping)	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
Descubrimiento de MTU del enlace	Deshabilitado	Deshabilitado	Habilitado	Habilitado
Máximo número de requerimientos de retransmisiones de conexión	2	2	5	5
Tamaño de la ventana de transmisión (bytes)	16384	16384	65536	1048576

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación Sistema SAMM

La finalidad es evaluar el efecto de los perfiles en el rendimiento de la pila TCP/IP al cambiar el perfil TCP a GPRS, EDGE, HSPA y LTE para cada una de las tecnologías GSM, WCDMA, LTE, comprobando que perfil con que tecnología es la más óptima para ejecutar las pruebas de transmisión de datos a través del SAMM, realizadas en la ARCOTEL a todas las operadoras de telefonía móvil del país.

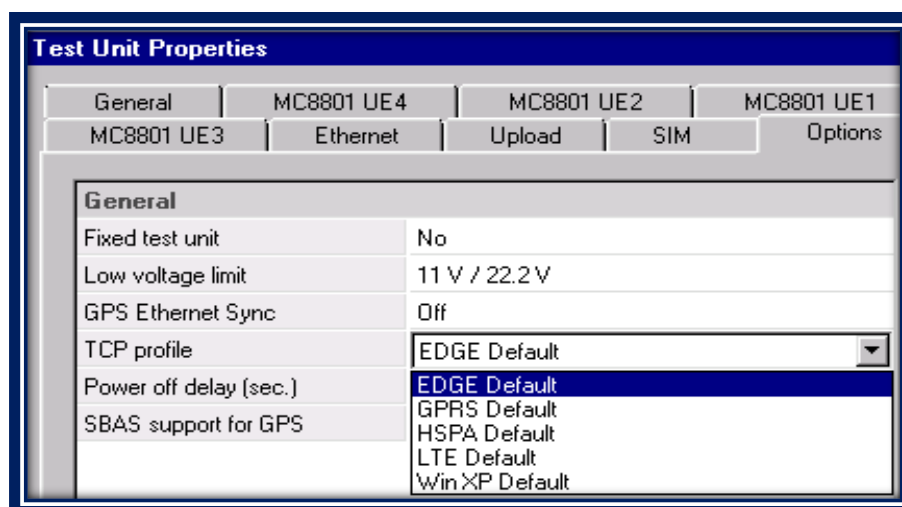


FIGURA 3-1 Perfiles Disponibles de la pila TCP/IP

Fuente: Consola del Sistema SAMM

Al crear una orden de trabajo (Work Order) una de las propiedades es la configuración del RAT state, que hace referencia a la tecnología que se va aplicar en el perfil de prueba asignado, donde nos permite escoger cualquier opción de las tecnologías que tenemos en las redes móviles o dejarlo por defecto, debemos destacar que podemos elegir una tecnología para un módulo específico, es decir, hacer que cada equipo trabaje con una tecnología diferente.

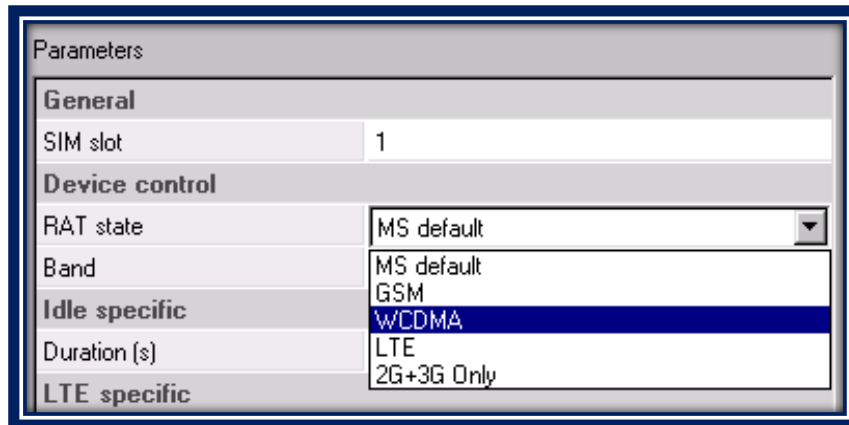


FIGURA 3-2 Tecnologías de configuración RAT state

Fuente: Consola del Sistema SAMM

3.1.1 *Parámetros para soportar conexiones más eficientes en la pila TCP.*

En general se especifica que los métodos propuestos son seguros, pero se debe tomar en cuenta que al aumentar el tamaño del MTU y desactivar RFC 1144 - compresión de encabezado puede afectar la eficiencia del host, y que el cambio de tales parámetros debe hacerse con cuidado.

Las recomendaciones pueden implicar configuraciones especiales:

- En el receptor de datos (frecuentemente la pila TCP en o cerca del aparato inalámbrico).
- En el transmisor de datos (frecuentemente un host en Internet o posiblemente un gateway o proxy en el borde de una red inalámbrica); o,
- En ambos

3.1.1.1 *MTU (Unidad Máxima de Transferencia)*

El tamaño máximo de un datagrama IP soportado por la capa red es el MTU (Unidad Máxima de Transferencia). La capa de enlace puede también fragmentar los datagramas IP en PDUs (unidad de datos de protocolo). (Inamura, 2003b: p.12)

En ambientes con altas tasa de error, la transmisión de PDU de enlace más pequeños incrementa el chance de transmisiones exitosas. Con ARQ capa 2 y fragmentación transparente de capa de enlace, la capa de red puede disfrutar de un MTU más grande inclusive en ambientes de alto BER (tasa de error binario). Sin esas características, se sugiere MTU más pequeño. (Inamura, 2003c: p.12)

TCP debería dar la libertad a los diseñadores para poder elegir los valores de la MTU que van desde valores pequeños como 576 bytes hasta valores mayores, como por ejemplo, 1500 bytes para paquetes IP sobre Ethernet. Dado que la ventana se encuentra en unidades de segmentos, en TCP una MTU más grande permite aumentar el tráfico de datos de la ventana. Por lo tanto los diseñadores en general piensan en elegir valores más grandes. (Inamura, 2003d: p.12)

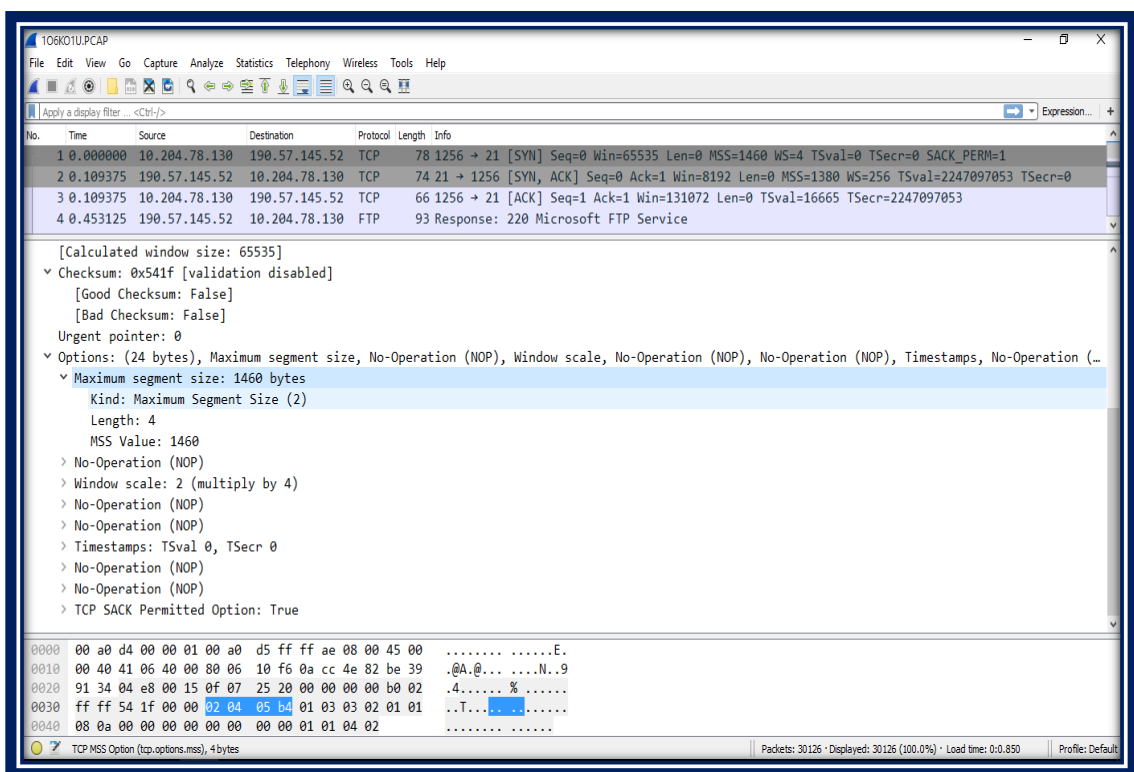


FIGURA 3-3 Tamaño del segmento máximo del perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.1.1.2 *Tamaño de ventana apropiado (transmisor y receptor)*

TCP tendría que apoyar con tamaños de ventana apropiados basados en el ancho de banda.

La especificación del estándar TCP limita la ventana de recepción a 64KB, si se espera que el BDP (Producto del retardo del ancho de banda) end-to-end (extremo a extremo) sea mayor a 64KB, se debe utilizar la opción de escalación de ventana para sobrellevar esta limitación, de tal manera que el tamaño de la ventana vaya de la mano del valor de BDP. (Inamura, 2003e: p.13)

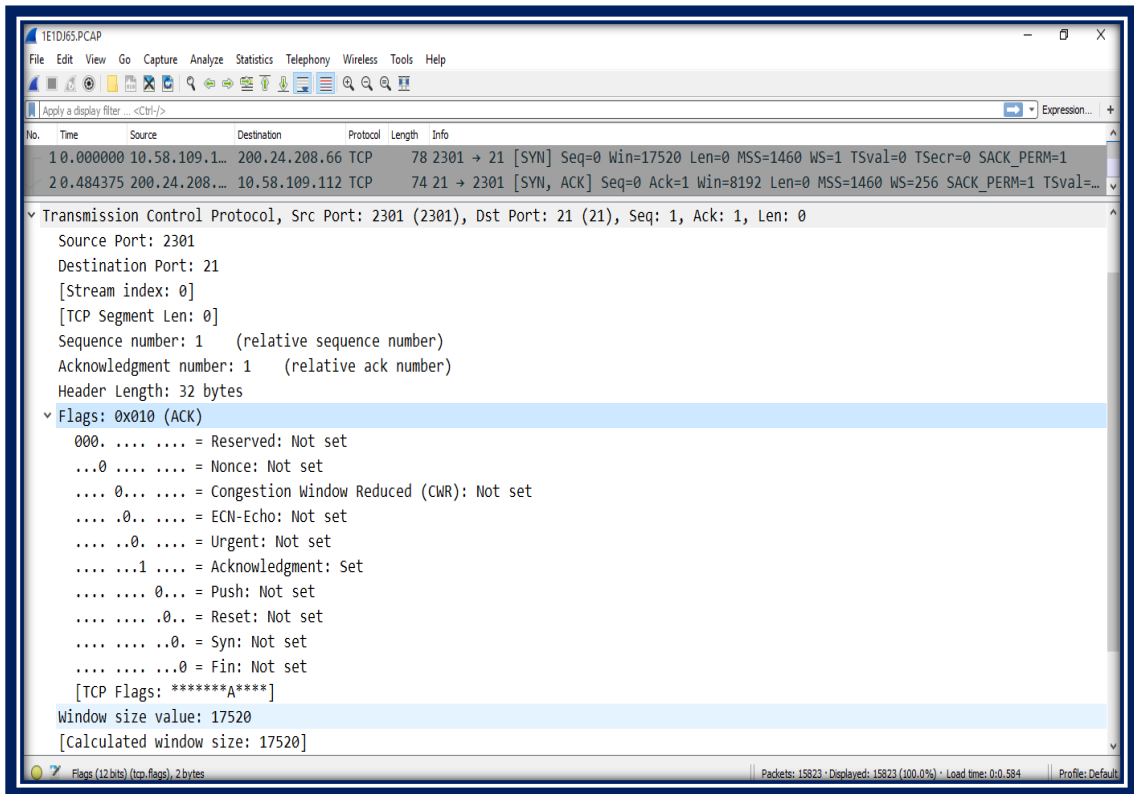


FIGURA 3-4 Valor del tamaño de la ventana de recepción con el Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

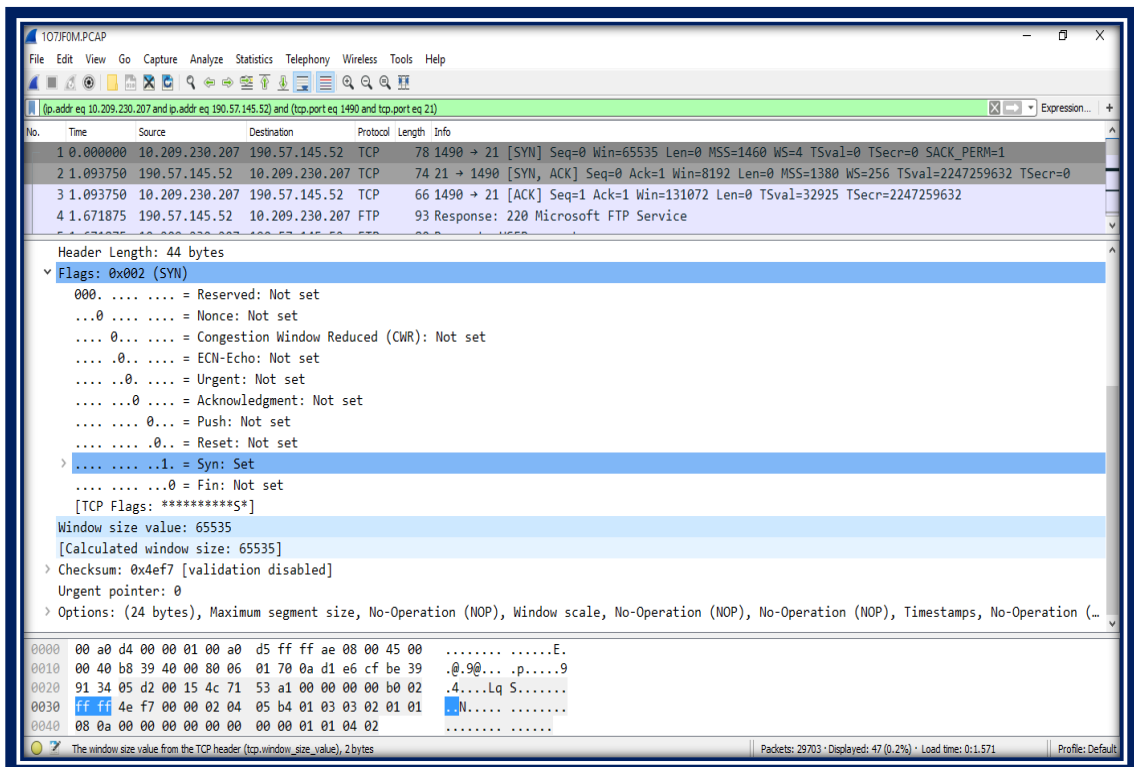


FIGURA 3-5 Valor del tamaño de la ventana de transmisión con el Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.1.1.3 SACK

Al habilitar el parámetro SACK, se usa para ser enviada por un receptor de datos, para informar al remitente de bloques no contiguos de los datos que se han recibido y están en cola. El receptor de datos espera la recepción de los mismos para llenar los vacíos de la secuencia entre los bloques recibidos. (Mathis, 1996b: p.3)

La opción acknowledgment selectiva (SACK), (Mathis, 1996c: p.3) es efectivo cuando múltiples segmentos TCP se pierden en una única ventana. En particular si el camino end-to-end (extremo a extremo) tiene un gran BDP y una alta tasa de paquetes perdidos, la probabilidad de pérdida de múltiples segmentos en una ventana única de datos se incrementa.

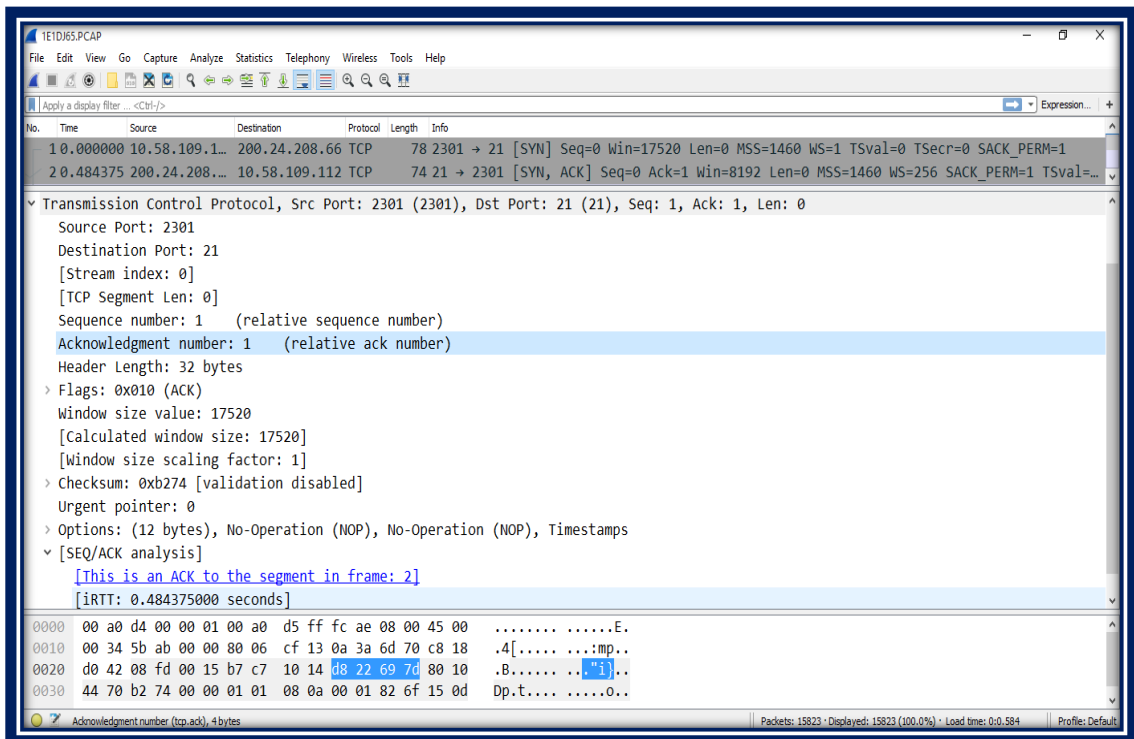


FIGURA 3-6 Opción de confirmación acknowledgment selectiva (SACK)

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.1.1.4 Escalamiento de la ventana

El estándar TCP controla su velocidad de transmisión inicial manejando el mecanismo de tráfico de datos en la ventana.

Tradicionalmente la ventana inicial es de 1 segmento, que adicionado con el mecanismo ACK retrasado, implican un tiempo innecesario en idle de 200ms a 500ms. Se puede evitar esto aumentando la ventana hasta 4 segmentos (sin exceder aproximadamente 4KB), se ha probado

que esto es efectivo para transmisiones de pocos segmentos TCP, comunes en aplicaciones internet habilitadas en dispositivos móviles. (Inamura, 2003f: p.11)

TCP debe establecer la ventana de transmisión inicial de acuerdo con la ecuación:

$$\text{Min}(4 * \text{MSS}, (2 * \text{MSS}, 4380 \text{ bytes}))$$

MSS = tamaño máximo de segmento

Los segmentos enviados a través de una conexión no son todos del mismo tamaño. Sin embargo, los dos extremos pueden acordar un tamaño máximo para los segmentos que serán transmitidos en la conexión. En TCP se utiliza el campo opciones para conseguir negociar ciertos parámetros con la capa de transporte del otro extremo.

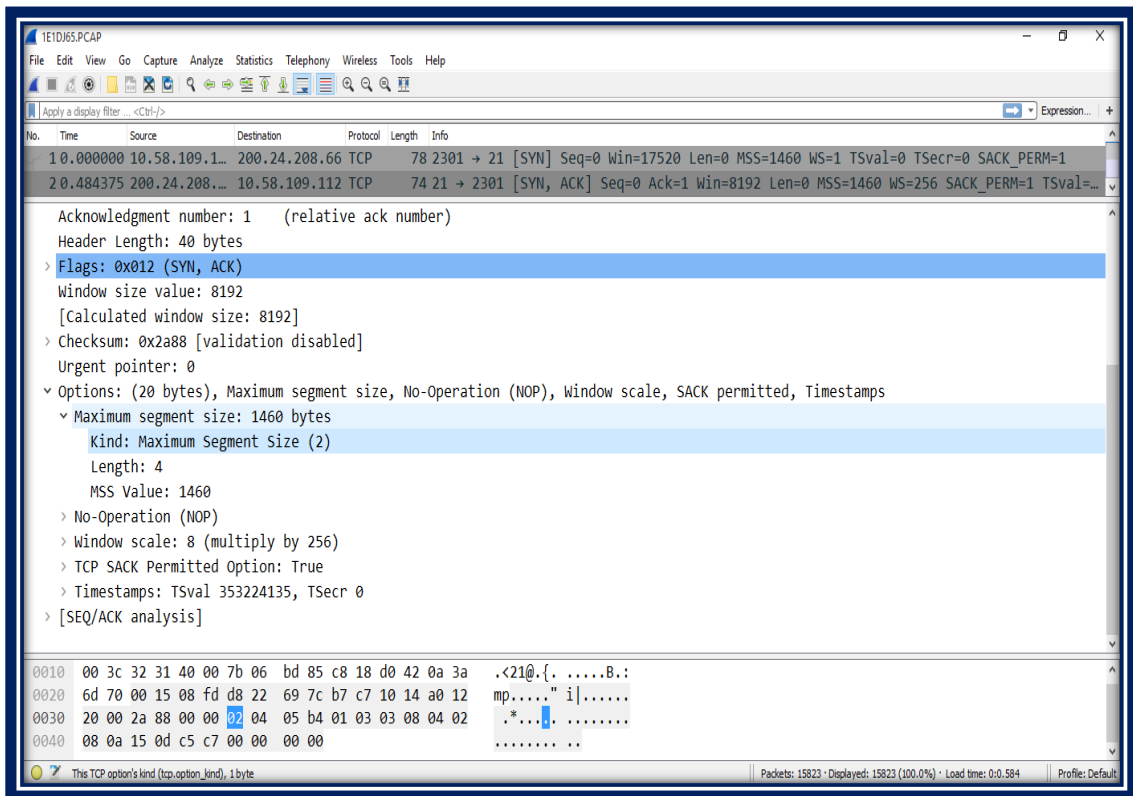


FIGURA 3-7 Segmento de la ventana inicial y valor del MSS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.1.1.5 Registro de tiempo. (Time-Stamping)

La definición original de la opción de marcas de tiempo TCP específica que los segmentos duplicados de ACK (acuse de recibo) acumulados no se les actualiza el valor de la marca de

tiempo en el receptor. Esto puede llevar a la sobreestimación del RTT (tiempo de demora de ida y vuelta) para segmentos retransmitidos. (Inamura, 2003g: p.13)

Tradicionalmente TCP recolecta una muestra RTT por ventana de datos. Esto puede llevar a una subestimación del RTT, llevando a tiempos fuera espurios. Se implementa la opción de etiquetas de tiempo TCP para monitorear de mejor manera el RTT. La desventaja se refiere al overread adicional introducido en la cabecera TCP. Existen problemas en la compresión del encabezado al utilizar ciertas opciones TCP. (Inamura, 2003h, p.13)

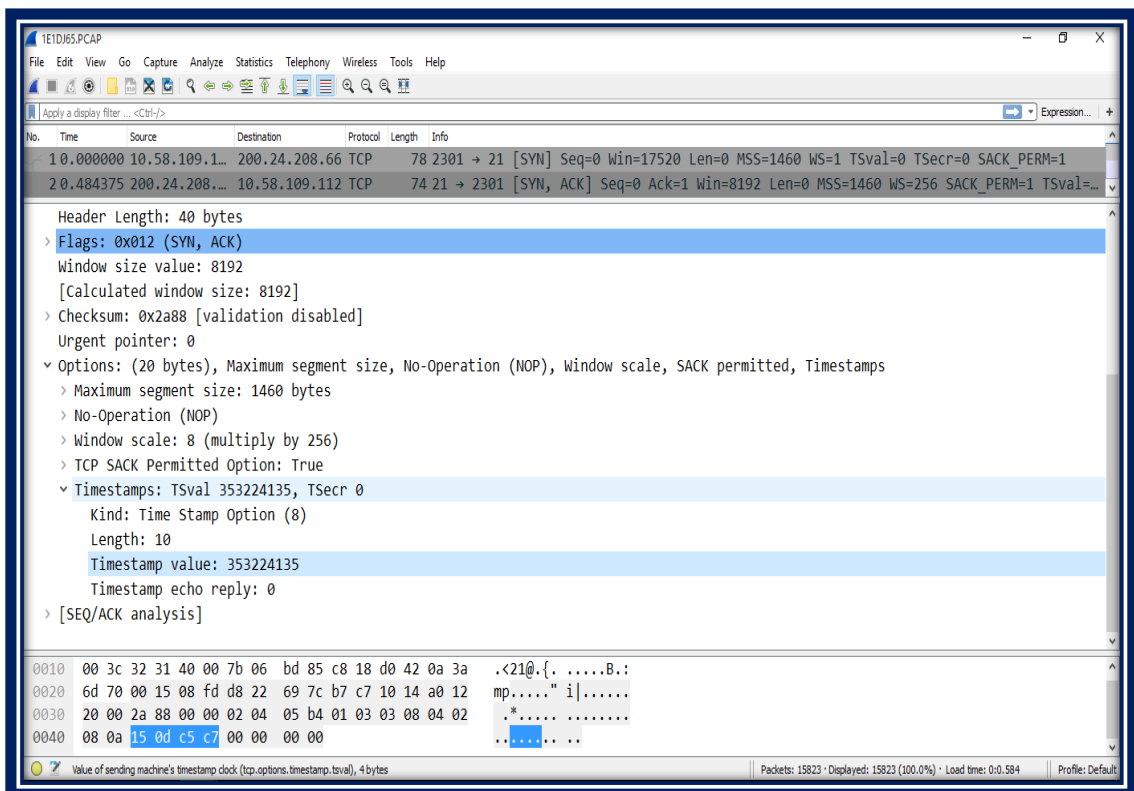


FIGURA 3-8 Marca de tiempo TCP Wireshark

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.1.1.6 Descubrimiento del MTU del enlace.

Se debería implementar PMTU, para permitir enviar MTU más grandes sin fragmentación. Se requiere que los routers intermedios soporten la generación de los mensajes ICMP (protocolo de mensaje de control de internet) necesarios. (Inamura, 2003i: p.12)

3.1.1.7 *Máximo número de requerimientos de retransmisiones de conexión.*

Permite a un receptor TCP informar al transmisor acerca de congestión en la red al configurar la bandera ECN-Echo. Al recibir un paquete IP marcado con el bit(s) CE el transmisor reducirá por tanto la ventana de congestión. Por lo tanto el uso de ECN es para proporcionar ventajas en el rendimiento. (Ramakrishanan, 2001, p.12)

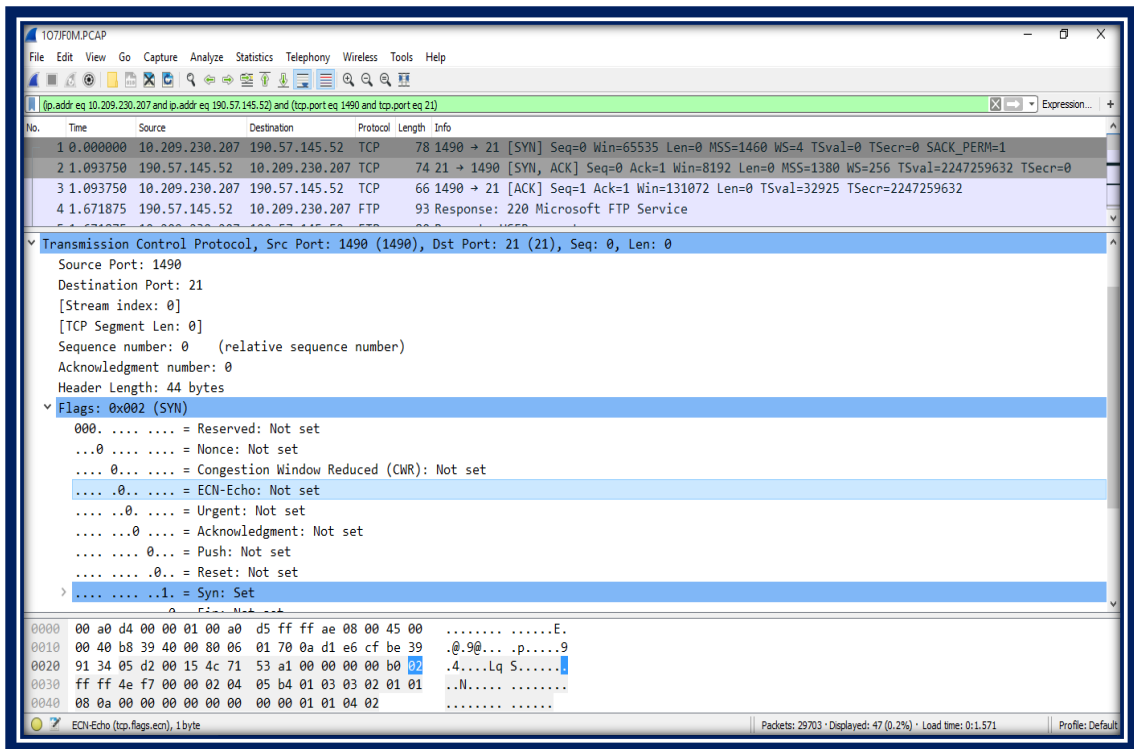


FIGURA 3-9 Bandera ECN-Echo

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.1.1.8 *Deshabilitar Compresión de encabezado de TCP/IP (Host inalámbrico).*

La compresión de encabezado TCP puede causar problemas en ambientes con una alta tasa de bits errados, ya que con la pérdida de un segmento se descartarían los subsiguientes debido a fallas en el CRC. Normalmente la compresión de encabezado se recomienda para enlaces seriales con bajas velocidades de 300 a 19200 bps. (Inamura, 2003j: p.13)

El algoritmo de compresión de cabecera no trasmite todas las cabeceras TCP/IP, sino solo los cambios en las cabeceras de segmentos consecutivos. Por lo tanto la pérdida de un solo segmento TCP en el enlace hace que los números de secuencia TCP de transmisión y recepción se crean fuera de sincronización. (Inamura, 2003k: p.13)

3.2 Análisis de las pruebas realizadas

El análisis se plasmó en dos aspectos, el primero encierra el estudio del RFC 3481 en sí y el otro con los datos adquiridos de las pruebas Idle, Ping y FTP, para las diferentes configuraciones de la pila TCP/IP en el SAMM.

Tabla 3-2 Pruebas de datos en redes SMA

PRUEBA	SERVIDOR/DESTINO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
IDLE		Reposo de 60 segundos	Después de cada prueba FTP, Ping, necesitamos un reposo.
FTP	190.57.145.52/TEST	Descarga de un archivo de 1000KB desde el servidor.	El servidor se encuentra ubicado dentro de la red en las oficinas centrales de la ARCOTEL
PING	PING (google.com.ec)	Ping a la dirección indicada, con un tamaño de paquete de 64 bytes.	El tiempo de espera será 1000ms

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Action	Parameter	Value
Ping	SIM slot	3
	Access node (PS)	Cnt Lte
	Ping data node	PING (google.com)
	No. of attempts	4
FTP	SIM slot	3
	Access node (PS)	Cnt Lte
	FTP data node	FTP_SUPTTEL_Quito
	No. of files to get	1
	No. of files to put	1
Idle	SIM slot	3
	Duration	60
	Setup LTE	On

FIGURA 3-10 Pruebas de datos

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

3.2.1 Mediciones Realizadas

Para la realización de las mediciones se establecieron con equipos instalados en puntos fijos (RTUs fijos). Durante las pruebas de configuración de la pila TCP/IP, constaron de pruebas de datos, para las tecnologías GSM-2G y WCDMA-3G en las tres operadoras Claro, Movistar y CNT, y en la tecnología LTE-4G únicamente analizado para la operadora CNT.

Las pruebas se llevaron a cabo para las redes móviles 2G y 3G en las instalaciones de la Coordinación Zonal 3 de la ARCOTEL como se muestra en la FIGURA 3-11, ubicada en el km 2 vía chambo, sector de la Inmaculada en la ciudad de Riobamba, por el motivo de tener instalados los RTUs fijos.



FIGURA 3-11 Lugar de las mediciones 2G y 3G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Para la tecnología 4G, se realizó las mediciones en la ciudad de Ambato como se aprecia en la FIGURA 3-12 en la calle Cuenca y Martínez, por el motivo de tener presente la tecnología 4G-LTE de la operadora CNT EP, y no contar con dicha tecnología en la ciudad de Riobamba.

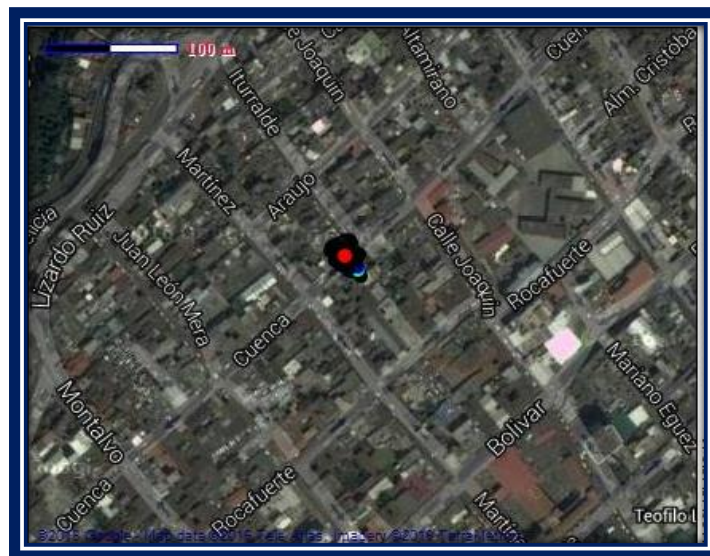


FIGURA 3-12 Lugar de las mediciones 4G

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

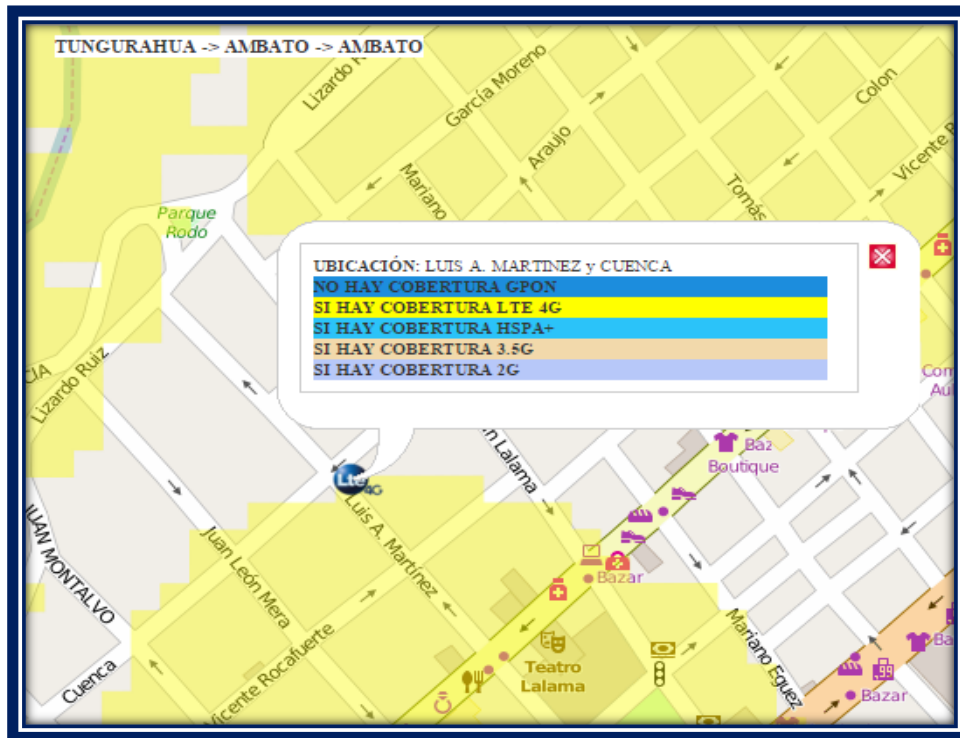


FIGURA 3-13 Cobertura de la red CNT 4G Ambato

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016 Cobertura de red CNT EP.

Las pruebas fueron realizadas en el mes de septiembre a diciembre del 2015 para las tecnologías 2G y 3G en el horario aproximado desde las 9:00 a.m. a 5:00 p.m.

En el mes de octubre se realizaron las pruebas para la tecnología LTE solo de la operadora CNT, por la razón de tener el equipo de medición de ARCOTEL Quito disponible en la Coordinación Zonal 3, donde lo instalamos en el vehículo de dicha entidad. Para realizar las pruebas el carro estuvo encendido y estacionado, permitiendo actuar como una RTUs fija.

3.2.2 Descripción de las pruebas realizadas

Las pruebas se ejecutan con cinco RTUs fijas del SAMM, con los equipos EHSPA+-MS27267, EUMTS5-MS27207, NHSPA+-MS71243, las cuales se hallan instaladas en el vehículo TOYOTA PRADO, y las RTUs ERIO00-FS74878, ELAT03-FI87894 las cuales se hallan instaladas en el interior de la ARCOTEL de la ciudad de Riobamba. Los equipos constan con 4 módulos de las estaciones de prueba, cada módulo posee una ranura para el chip de cada operadora de telefonía móvil.

En las siguientes tablas se hace referencia al nombre del equipo que usamos para cada prueba en cada una de las operadoras de telefonía móvil.

Tabla 3-3 Prueba 1 Tecnología GSM, Perfil GPRS. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
ERIO00-FS74878 (RTU Fijo ARCOTEL)	CLARO	IDLE	GPRS	GSM	<ul style="list-style-type: none"> Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	GPRS	GSM	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	GPRS	GSM	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-4 Prueba 2 Tecnología GSM, Perfil EDGE. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CLARO	IDLE	EDGE	GSM	<ul style="list-style-type: none"> Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EUMTS5-MS27207 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	EDGE	GSM	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	EDGE	GSM	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-5 Prueba 3 Tecnología GSM, Perfil HSPA. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CLARO	IDLE	HSPA	GSM	<ul style="list-style-type: none"> • Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido. • Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil. • Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EUMTS5-MS27207 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	HSPA	GSM	
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	HSPA	GSM	
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-6 Prueba 4 Tecnología GSM, Perfil LTE. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CLARO	IDLE	LTE	GSM	<ul style="list-style-type: none"> • Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido. • Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil. • Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EUMTS5-MS27207 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	LTE	GSM	
		PING			
		FTP			
ERIO00-FS74878 (RTU Fijo ARCOTEL)	CNT	IDLE	LTE	GSM	
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-7 Prueba 5 Tecnología WCDM, Perfil GPRS. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CLARO	IDLE	GPRS	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	GPRS	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil.
		PING			
		FTP			
ELAT03-FI87894 (RTU Fijo ARCOTEL)	CNT	IDLE	GPRS	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-8 Prueba 6 Tecnología WCDMA, Perfil EDGE. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CLARO	IDLE	EDGE	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	EDGE	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil.
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	EDGE	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-9 Prueba 7 Tecnología WCDMA, Perfil HSPA. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
ELAT03-FI87894 (RTU Fijo ARCOTEL)	CLARO	IDLE	HSPA	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> • Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido. • Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil. • Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	HSPA	WCDMA	
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	HSPA	WCDMA	
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-10 Prueba 8 Tecnología WCDMA, Perfil LTE. (Riobamba)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
ERIO00-FS74878 (RTU Fijo ARCOTEL)	CLARO	IDLE	LTE	WCDMA	<ul style="list-style-type: none"> • Cada módulo de prueba realiza las pruebas de manera cíclica y durante todo el tiempo que el vehículo se encuentre encendido. • Los equipos están programados para realizar la captura de capa 3 de la señalización del interfaz aire de la tecnología móvil. • Los equipos están programados para capturar la mensajería IP de las pruebas de datos (se entrega un archivo .PCAP, por cada prueba de datos)
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	MOVISTAR	IDLE	LTE	WCDMA	
		PING			
		FTP			
EHEA-0822 EHSPA+-MS27267 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	LTE	WCDMA	
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-11 Prueba 9 Tecnología LTE, Perfil GPRS. (Ambato)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	GPRS	LTE	En esta prueba solo se realiza para la operadora CNT.
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-12 Prueba 10 Tecnología LTE, Perfil EDGE. (Ambato)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	EDGE	LTE	En esta prueba solo se realiza para la operadora CNT.
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-13 Prueba 11 Tecnología LTE, Perfil HSPA. (Ambato)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	HSPA	LTE	En esta prueba solo se realiza para la operadora CNT.
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

Tabla 3-14 Prueba 12 Tecnología LTE, Perfil LTE. (Ambato)

NOMBRE DEL EQUIPO	OPERADORA	PRUEBAS	PERFIL	TECNOLOGÍA	OBSERVACIONES
EHEA-0822 NHSPA+-MS71243 (RTU Fijo Vehículo)	CNT	IDLE	LTE	LTE	En esta prueba solo se realiza para la operadora CNT.
		PING			
		FTP			

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

3.3 Análisis y Presentación de los Resultados.

En base a los parámetros previamente establecidos, a continuación se presentan los resultados obtenidos luego del post-procesamiento a través de TEMS Discovery y el análisis correspondiente de dichos resultados.

En la primera parte se presentan y analizan los resultados obtenidos de las velocidades de transmisión de datos mínimas, máximas y promedio tanto en Download como Upload, al hacer uso de las tecnologías GSM, WCDMA en todas las operadoras y para la tecnología LTE solo en la operadora CNT en cada uno de los perfiles TCP. Además también verificaremos la accesibilidad que tenemos a la red.

La segunda parte se halla compuesta por los resultados y el análisis correspondiente a la velocidad promedio de la transmisión de datos de todas las operadoras de telefonía móvil del país en las tecnologías GSM, WCDMA y para LTE solo la operadora CNT EP con la respectiva comparación del rendimiento de los diferentes perfiles TCP.

Por último hacemos un promedio total de las pruebas de velocidades de datos entre las tres operadoras de telefonía móvil, esto consiste en promediar las velocidades finales de transmisión de datos de los perfiles GPRS, EDGE, HSPA, LTE para las tecnologías GSM, WCDMA y LTE.

3.3.1 Velocidad Mínima, Promedio, Máxima y Accesibilidad a la Red

Después de realizar las mediciones correspondientes de acuerdo a los parámetros de configuración del perfil TCP/IP del SAMM, en definitiva, se presentan únicamente aquellos parámetros que influyen directamente en la condición en que el usuario experimenta el servicio.

Las pruebas de transmisión de datos analizamos el rendimiento del enlace ascendente (Throughput en uplink FTP) entregados desde el cliente al servidor y el rendimiento del enlace descendente (Throughput en downlink FTP) desde el servidor al cliente, utilizando el protocolo de transferencia de archivos FTP.

Para cada una de las pruebas realizadas obtendremos valores de velocidades de transmisión de datos mínimos, promedios y máximos de todas las operadoras con su respectiva tecnología y los diferentes perfiles TCP.

La accesibilidad de la red se refiere a la disponibilidad de recursos de red suficientes para conectarse a un servicio, a través del parámetro, nivel de potencia de recepción en el área de cobertura de la celda. El parámetro que indica la cobertura de un terminal móvil es el RxLev en GSM, el RSCP en WCDMA y RSRP en LTE.

Otro parámetro a analizar es la tasa entre Energía e Interferencia E_c/I_o para WCDMA y para LTE RSRO, siendo la relación entre la energía recibida por la tarjeta SIM en el canal y la densidad de potencia del ruido. Se expresa normalmente en dB.

3.3.1.1 Tecnología GSM.

En las siguientes tablas presentadas se da a conocer la velocidad mínima, velocidad promedio y velocidad máxima de los servicios de datos por medio de sesiones FTP, en la tecnología GSM con cada uno de los diferentes perfiles disponibles.

- **Tecnología GSM con el Perfil GPRS.**

Tabla 3-15 Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil GPRS pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: GSM					
	PERFIL: GPRS					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	2.09	42.85	213.41	5.79	44.43	81.09
CONECCEL S.A.	5.47	133.56	202.46	1.06	44.88	115.84
OTECCEL S.A.	5.79	96.24	231.68	2.11	56.97	139.01

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

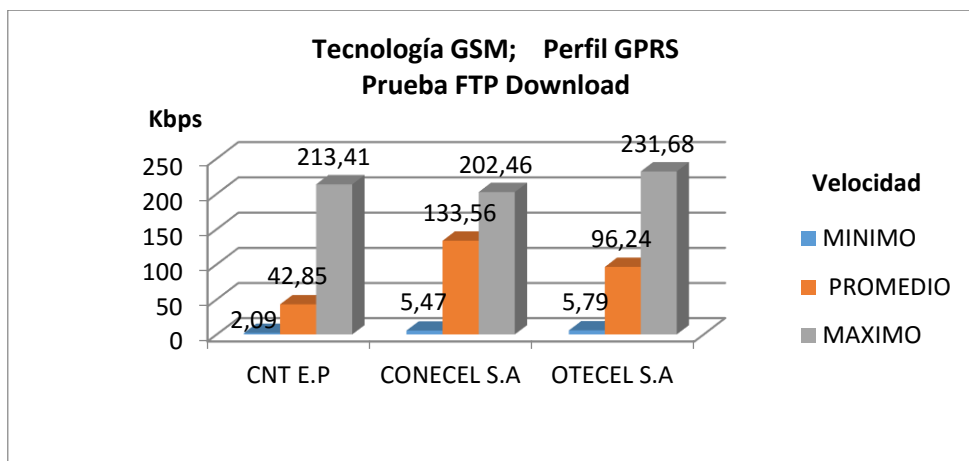


FIGURA 3-14 Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-14 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil GPRS, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 231.68 Kbps, 213.41 Kbps y 202.46 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CNT E.P y CONECEL S.A respectivamente, lo cual representa un valor alto de descarga, pero este valor alto de descarga no es registrado de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que tanto en la operadora CNT E.P como OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está por debajo del rango (114 Kbps – 236 Kbps) con respecto a la teoría de la tecnología GSM, mientras la operadora CONECEL S.A esta en dicho rango.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

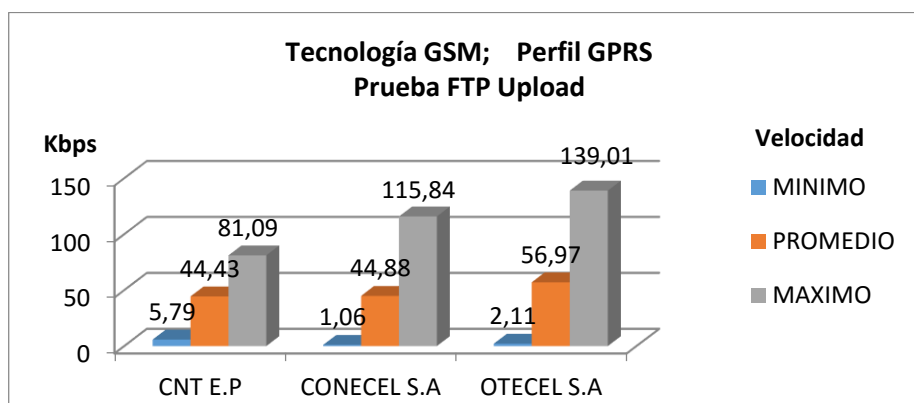


FIGURA 3-15 Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-15 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil GPRS, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 139.01 Kbps, 115.84 Kbps y 81.09 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora CNT E.P y CONECEL S.A cumple con el rango de la velocidad pico de subida, mientras Movistar representa un valor alto de subida, pero este valor alto de subida no es registrado de forma continua al ejecutar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad nos muestra que tanto la operadora CNT E.P como CONECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Uplink (FTP) está por debajo del rango (56 Kbps – 118 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de subida de la Tecnología GSM, mientras la operadora OTECEL S.A, está en dicho rango.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

- **Tecnología GSM con el Perfil EDGE.**

Tabla 3-16 Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil EDGE, pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: GSM					
	PERFIL: EDGE					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	0.92	82.27	259.02	5.79	61.01	92.67
CONECEL S.A.	5.47	166.34	290.02	1.06	57.73	254.85
OTECCEL S.A.	5.79	97.096	266.43	2.11	57.40	121.63

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

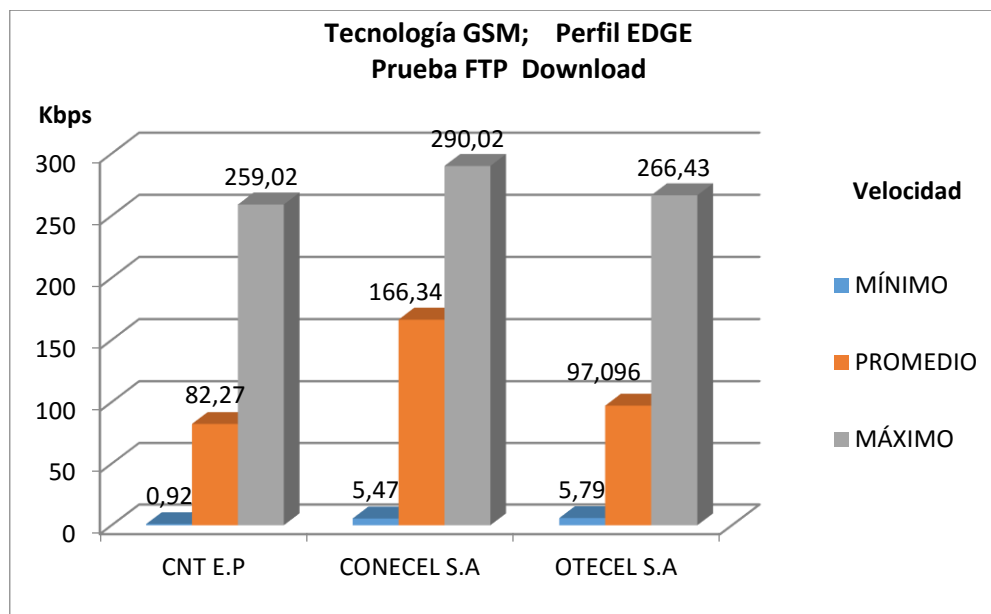


FIGURA 3-16 Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil EDGE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-16 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 290.02 Kbps, 266.43 Kbps y 259.02 Kbps por la operadora CONECEL S.A, OTECEL S.A, y CNT E.P respectivamente, lo cual representa un valor alto de descarga, pero este valor alto de descarga no es registrado de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que tanto en la operadora CNT E.P como OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está por debajo del rango (114 Kbps – 236 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en 2G, mientras la operadora CONECEL S.A esta en dicho rango.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

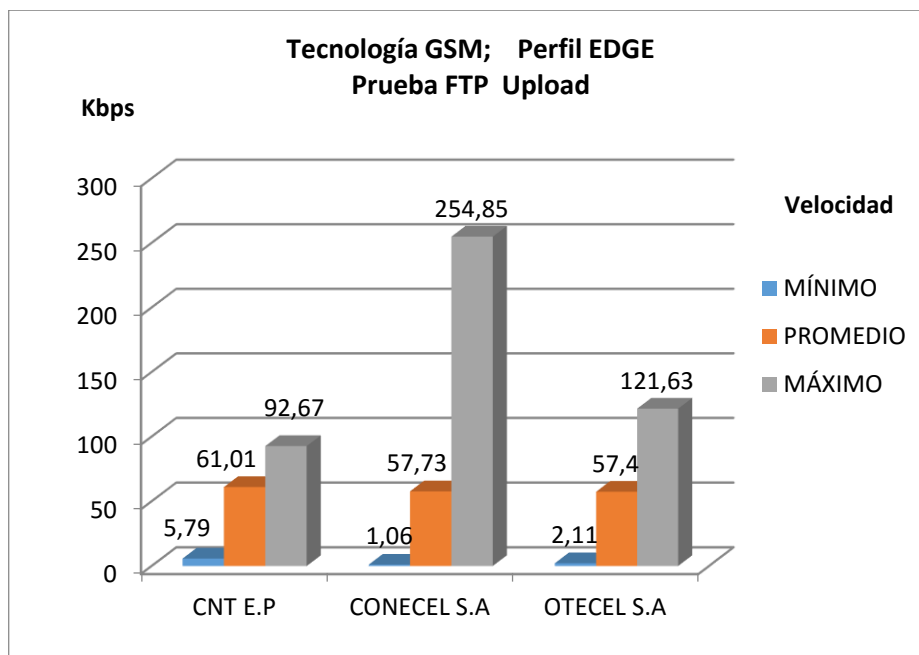


FIGURA 3-17 Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil EDGE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-17 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 254.85 Kbps, 121.63 Kbps y 92.67 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora CNT cumple con el rango de la velocidad pico de subida, mientras CONECEL S.A y OTECEL S.A representa un valor alto de subida, pero este valor alto de subida no es registrado de forma continua al ejecutar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad nos indica que en las tres operadoras, la velocidad promedio de Throughput en Uplink (FTP) está en el rango de (55 Kbps – 118 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de subida de la Tecnología GSM.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares en las tres operadoras.

- **Tecnología GSM con el Perfil HSPA.**

Tabla 3-17 Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil HSPA pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: GSM					
	PERFIL: HSPA					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	1.21	43.91	350.21	1.06	23.17	260.64
CONECCEL S.A.	0.95	149.65	596.45	5.79	67.12	295.39
OTECCEL S.A.	1.46	44.36	388.06	5.79	28.35	266.43

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

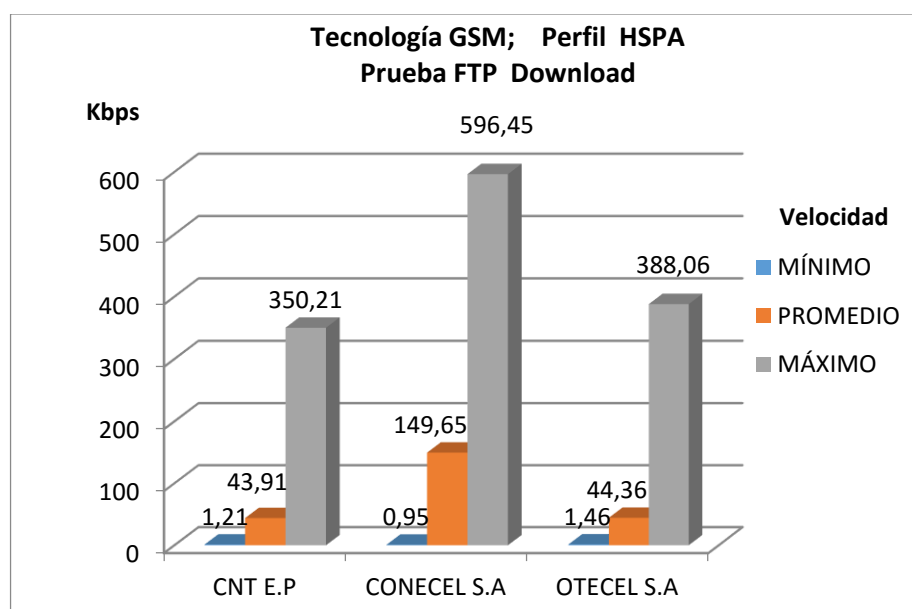


FIGURA 3-18 Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-18 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil HSPA, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downplink (FTP) alcanzado es de 596,45 Kbps, 388,06 Kbps y 350,21 Kbps por la operadora CONECCEL S.A, OTECEL S.A, y CNT E.P respectivamente, lo cual representa un valor alto de descarga, pero este valor alto de descarga no es registrado de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que tanto en la operadora CNT E.P como OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downplink (FTP) está por debajo del rango (114 Kbps –

236 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en 2G, mientras la operadora CONECEL S.A esta en dicho rango.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

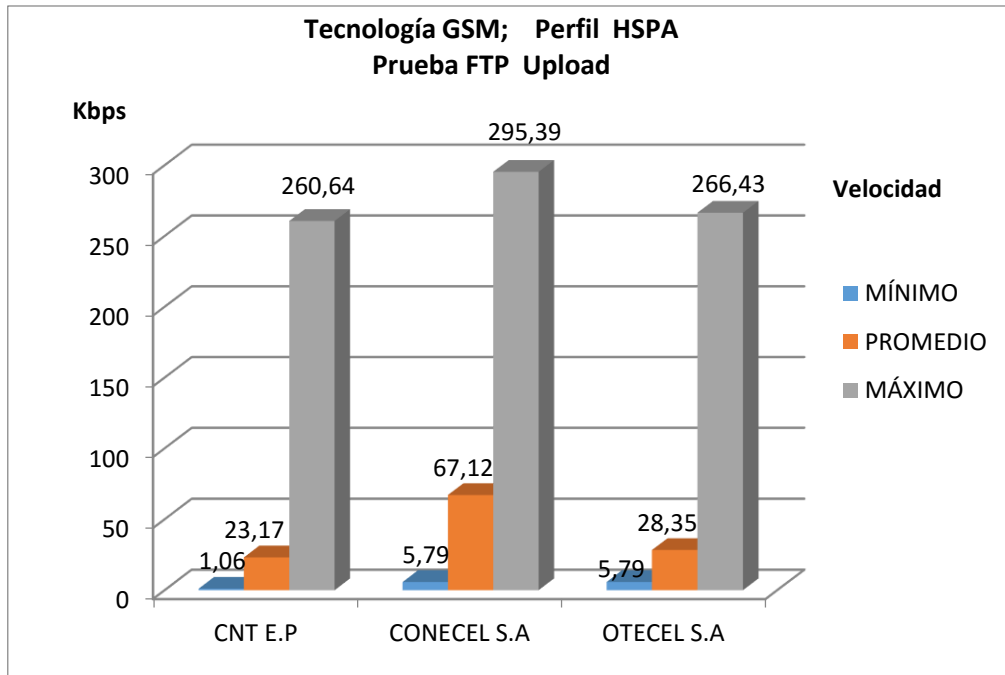


FIGURA 3-19 Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-19 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 295.39 Kbps, 266.43 Kbps y 260.64 Kbps por la operadora CONECEL S.A, OTECEL S.A, y CNT E.P respectivamente. Las tres operadoras representa un valor alto de subida, pero este valor alto de subida no es registrado de forma continua al ejecutar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que tanto en la operadora CNT E.P como OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está por debajo del rango (56 Kbps – 118 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en 2G, mientras la operadora CONECEL S.A esta en dicho rango.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares en las tres operadoras.

- **Tecnología GSM con el Perfil LTE.**

Tabla 3-18 Velocidad de Datos, Tecnología GSM, Perfil LTE, pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: GSM					
	PERFIL: LTE					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	5.23	27.63	224.98	5.79	39.6	260.57
CONECEL S.A.	2.32	131.25	530.27	5.79	78.11	272.22
OTECEL S.A.	5.23	64.84	612.14	5.79	41.60	596.58

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

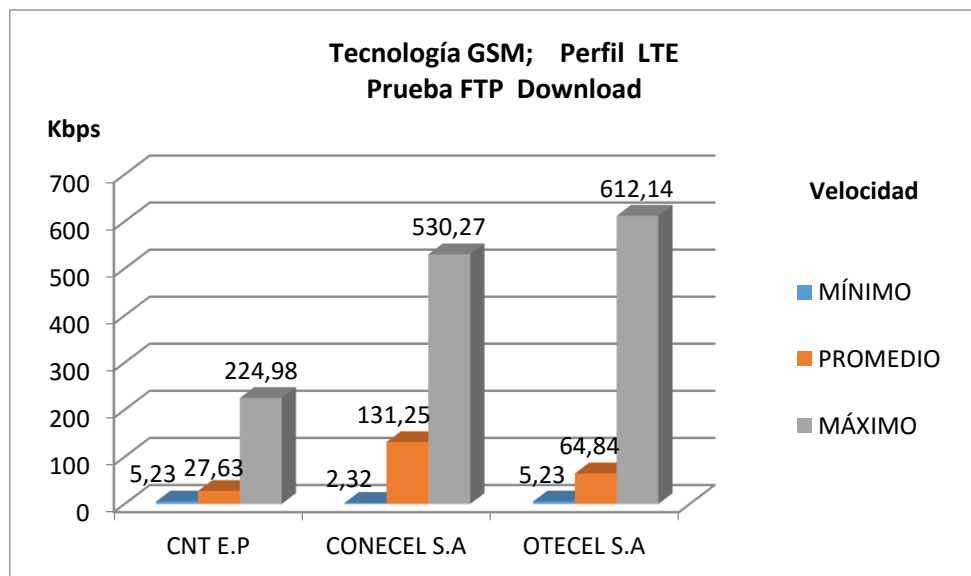


FIGURA 3-20 Prueba Download, Tecnología GSM, Perfil LTE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-20 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil LTE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 612,14 Kbps, 530,27 Kbps y 224,98 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente, lo cual representa un valor alto de descarga, pero este valor alto de descarga no es registrado de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que tanto en la operadora CNT E.P como OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está por debajo del rango (114 Kbps –

236 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en 2G, mientras la operadora CONECEL S.A esta en dicho rango con 131,25 Kbps.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

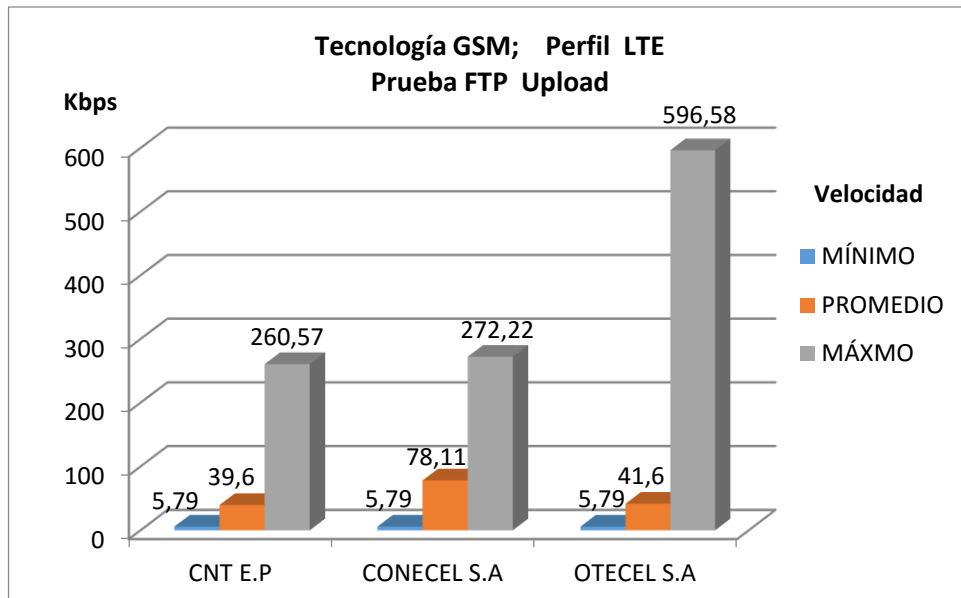


FIGURA 3-21 Prueba Upload, Tecnología GSM, Perfil LTE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-21 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología GSM con el perfil LTE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 596,58 Kbps, 272,22 Kbps y 260,57 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. Las tres operadoras representa un valor alto de subida, pero este valor alto de subida no es registrado de forma continua al ejecutar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que tanto en la operadora CNT E.P como OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está por debajo del rango (56 Kbps – 118 Kbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en 2G, mientras la operadora CONECEL S.A esta en dicho rango con 78,11 Kbps.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares en las tres operadoras.

3.3.1.2 Accesibilidad a la Red en la Tecnología GSM

Dentro de esta sección, lo que se toma en consideración el nivel de potencia en el área de cobertura de cada radiobase, el cual nos presenta el nivel de potencia recibida.

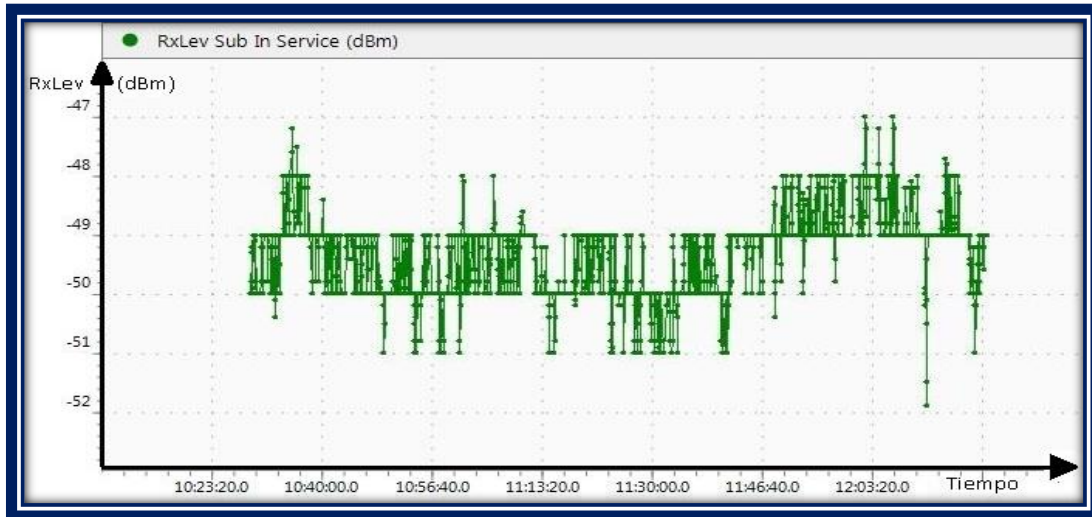


FIGURA 3-22 Nivel de potencia de la señal GSM en la operadora Claro

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-22 muestran los resultados obtenidos de la señal recibida para el equipo de pruebas de la tecnología GSM de la operadora CLARO, se encuentra en un rango de -47 a -52 dBm, podemos decir que la señal es idónea con tasa de transferencia estable, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

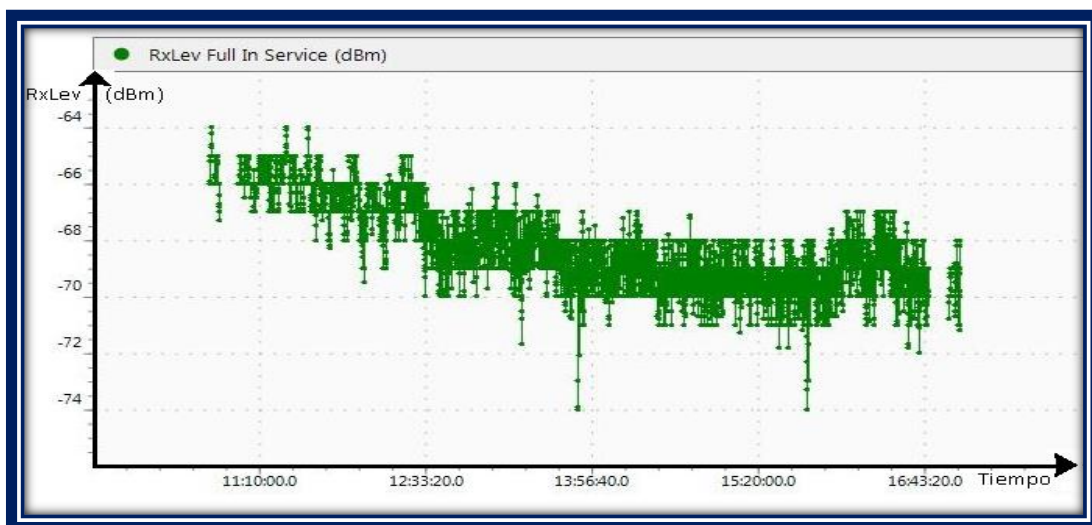


FIGURA 3-23 Nivel de potencia de la señal GSM de la operadora CNT

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-23 muestran los resultados obtenidos de la señal recibida para el equipo de pruebas de la tecnología GSM de la operadora CNT, se encuentra en un rango de -64 a -74 dBm, podemos decir que la señal es buena, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.



FIGURA 3-24 Nivel de potencia de la señal GSM de la operadora Movistar

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-24 muestran los resultados obtenidos de la señal recibida para el equipo de pruebas de la tecnología GSM de la operadora MOVISTAR, se encuentra en un rango de -70 a -80 dBm en su mayor tiempo, podemos decir que la señal es buena y de -80 a -90 dBm la señal es mínima aceptable para establecer la conexión, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

3.3.1.3 Tecnología WCDMA.

En las siguientes tablas presentadas se da a conocer la velocidad mínima, velocidad promedio y velocidad máxima de los servicios de datos por medio de sesiones FTP, en la tecnología WCDMA con cada uno de los diferentes perfiles disponibles.

- **Tecnología WCDMA con el Perfil GPRS.**

Tabla 3-19 Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil GPRS pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGÍA: WCDMA					
	PERFIL: GPRS					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	10.94	362.70	403.23	5.79	216.90	254.85
CONECCEL S.A.	1.47	327.84	1834.37	5.79	126.37	776.13
OTECCEL S.A.	1.93	633.78	1589.52	5.79	754.42	1534.88

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

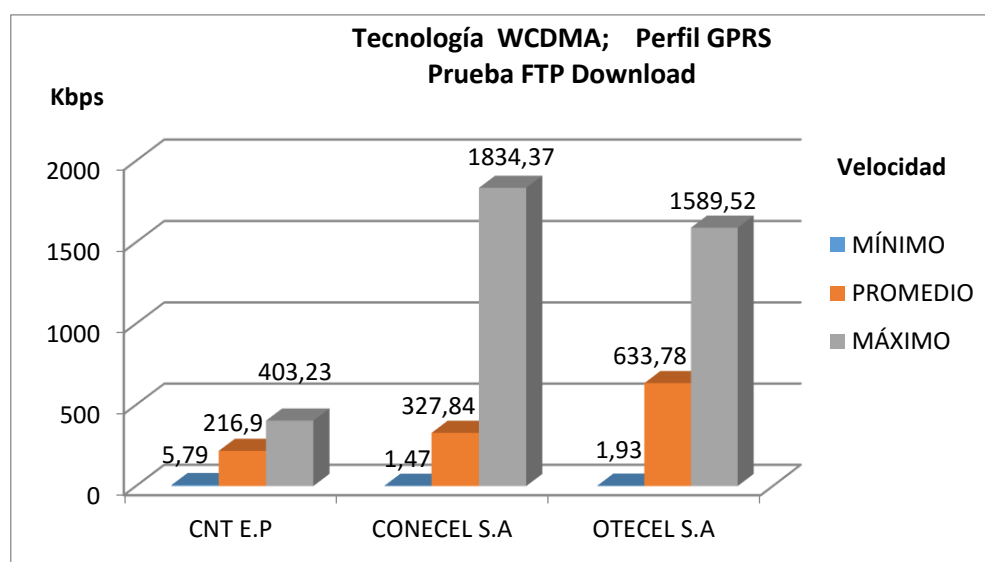


FIGURA 3-25 Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-25 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil GPRS, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 1834,37 Kbps, 1589,52 Kbps y 403,23 Kbps por la operadora CONECCEL S.A, OTECEL S.A y CNT E.P respectivamente. Las tres operadoras CONECCEL S.A, OTECEL S.A y CNT E.P cumple con el rango de (384 Kbps – 2Mbps) la velocidad pico de bajada de la Tecnología WCDMA.

Los valores arrojados de velocidad Download no son siempre los mismos por lo cual promediamos todos los datos recolectados, para sacar la velocidad Promedio de descarga. La operadora CNT E.P como CONECCEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink

(FTP) está por debajo del rango (384 Kbps – 2Mbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en WCDMA, mientras la operadora OTECEL S.A esta en dicho rango con 633,78 Kbps.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

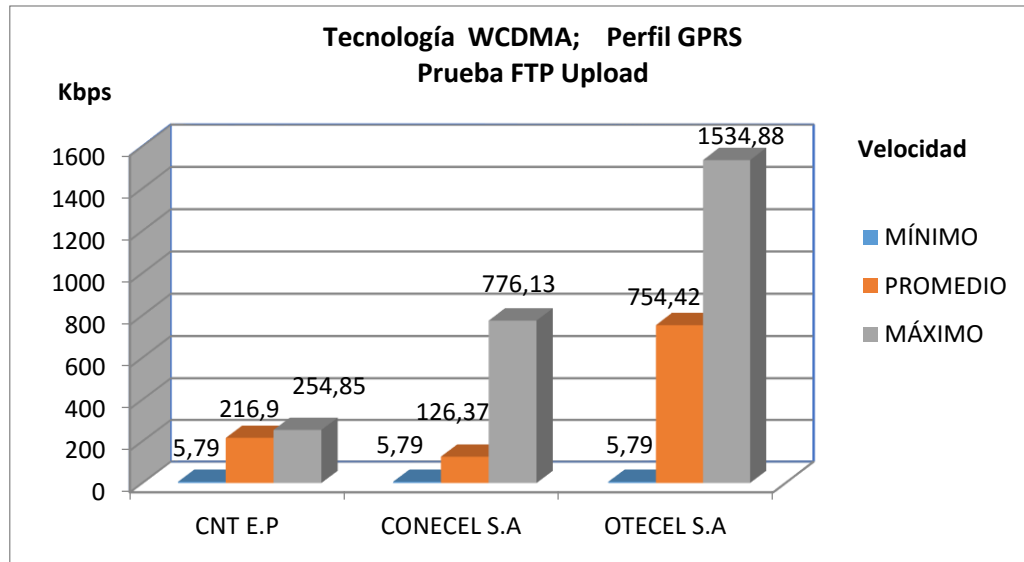


FIGURA 3-26 Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-26 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil GPRS, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 1534,88 Kbps, 776,13 Kbps y 254,85 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora OTECEL y CONECEL S.A cumple con el valor mayor a 384 Kbps de la velocidad pico de subida de la Tecnología WCDMA, mientras CNT E.P está por debajo de dicho valor.

Los valores arrojados de velocidad Upload no son siempre los mismos por lo cual promediamos todos los datos recolectados, para sacar la velocidad promedio de subida. La operadora CNT E.P como CONECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Uplink (FTP) está por debajo del valor de velocidad de 384 Kbps con respecto a la teoría de velocidad pico de subida en WCDMA, mientras la operadora OTECEL S.A esta con 757,42 Kbps representando un valor alto de subida.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

- **Tecnología WCDMA con el Perfil EDGE.**

Tabla 3-20 Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil EDGE pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGÍA: WCDMA					
	PERFIL: EDGE					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	2.29	211.98	443.23	5.79	92.41	347.52
CONECEL S.A.	5.47	724.74	3456.51	5.79	160.41	799.30
OTECEL S.A.	5.52	966.44	3638.08	5.78	615.86	1633.34

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

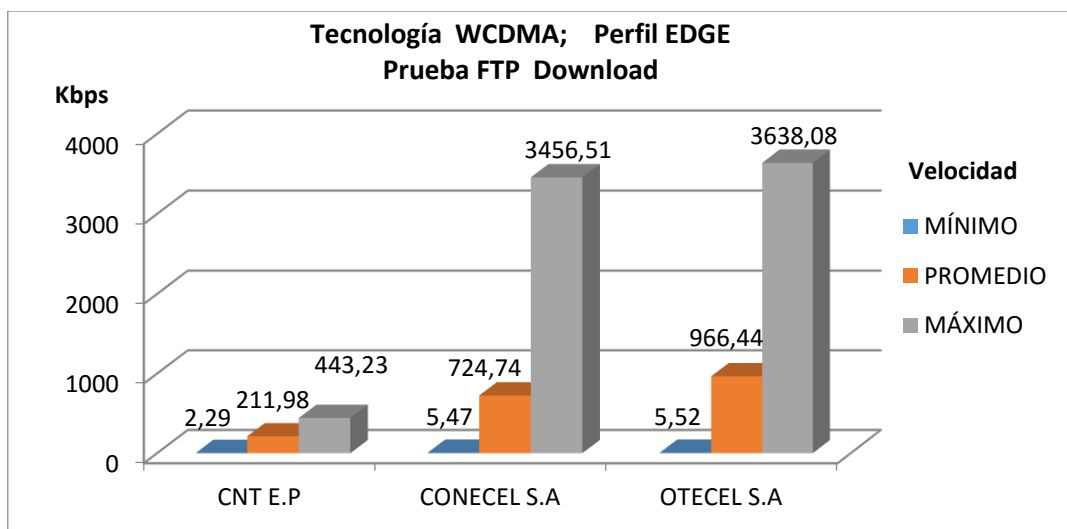


FIGURA 3-27 Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil EDGE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-27 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 3638,08 Kbps, 3456,51 Kbps y 443,23 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. Las tres operadoras OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P cumple con el rango de (384 Kbps – 2Mbps) la velocidad pico de bajada de la Tecnología WCDMA.

Los valores arrojados de velocidad Download no son siempre los mismos por lo cual promediamos todos los datos recolectados, para sacar la velocidad promedio de descarga. Las operadoras OTECEL S.A como CONECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está dentro del rango de (384 Kbps – 2Mbps) con respecto a la teoría de

velocidad pico de bajada en WCDMA, mientras la operadora CNT E.P está por debajo de dicho rango con 211,98 Kbps.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

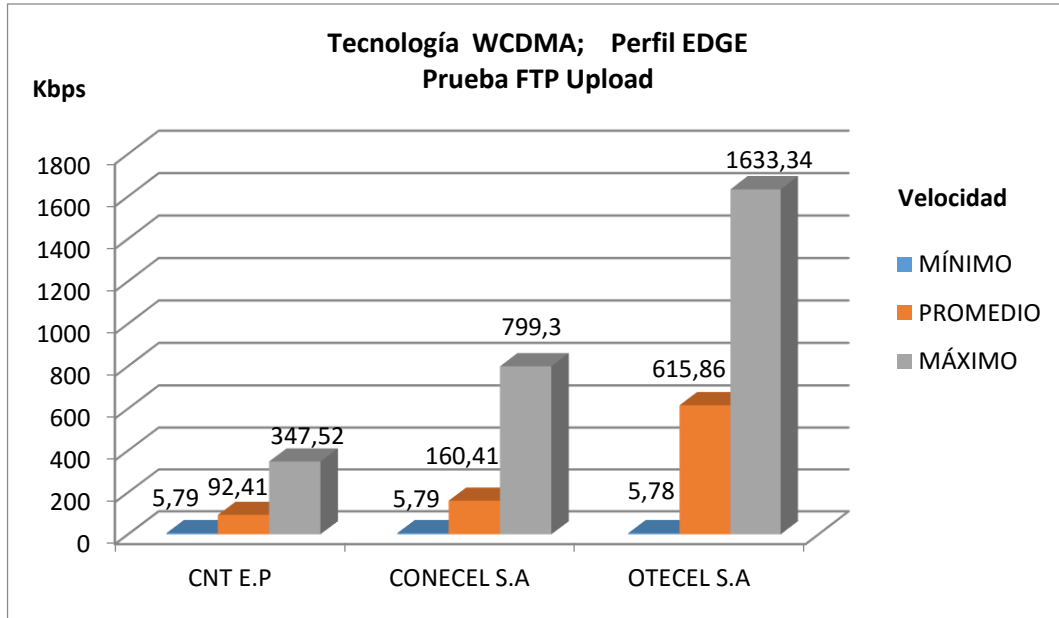


FIGURA 3-28 Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil EDGE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-28 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 1633,34 Kbps, 799,30 Kbps y 347,52 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora OTECEL S.A y CONECEL S.A cumple con el valor mayor a 384 Kbps de la velocidad pico de subida de la Tecnología WCDMA, mientras CNT E.P está por debajo de dicho valor.

Los valores arrojados de velocidad Upload no son siempre los mismos por lo cual promediamos todos los datos recolectados, para sacar la velocidad Promedio de subida. La operadora CNT E.P como CONECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Uplink (FTP) está por debajo del valor de velocidad de 384 Kbps con respecto a la teoría de velocidad pico de subida en WCDMA, mientras la operadora OTECEL S.A esta con 615,86 Kbps representando un valor alto de subida.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

- **Tecnología WCDMA con el Perfil HSPA.**

Tabla 3-21 Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil HSPA pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: WCDMA					
	PERFIL: HSPA					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	5.47	385,83	832.26	5.79	247.30	289.60
CONECEL S.A.	2.10	1753.92	7061.44	1.06	228.31	341.73
OTECEL S.A.	5.52	1080.45	5616.96	5.79	1241.96	1760.77

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

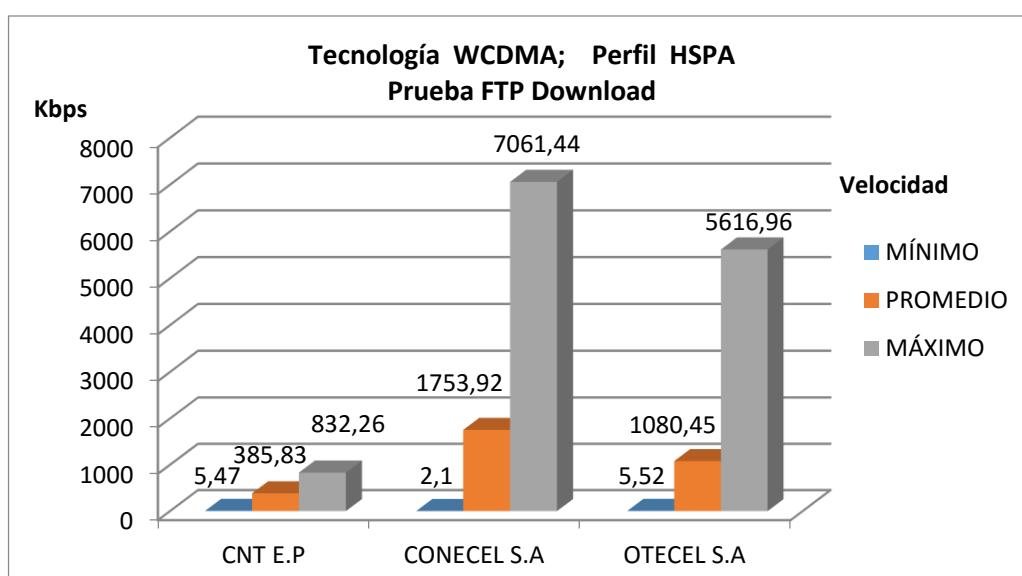


FIGURA 3-29 Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-29 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil HSPA, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 7061.44 Kbps, 5616,96 Kbps, y 832,26 Kbps por la operadora CONECEL S.A, OTECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora CNT E.P cumple con el rango de la velocidad pico de descarga teórico en WCDMA, mientras OTECEL S.A y CONECEL S.A representa un valor alto de descarga, pero este valor alto de descarga no es registrado de forma continua al ejecutar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica que las operadoras las tres operadoras CONECEL S.A, OTECEL S.A y CNT E.P la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está en el rango de (384 Kbps – 2Mbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de bajada en WCDMA.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

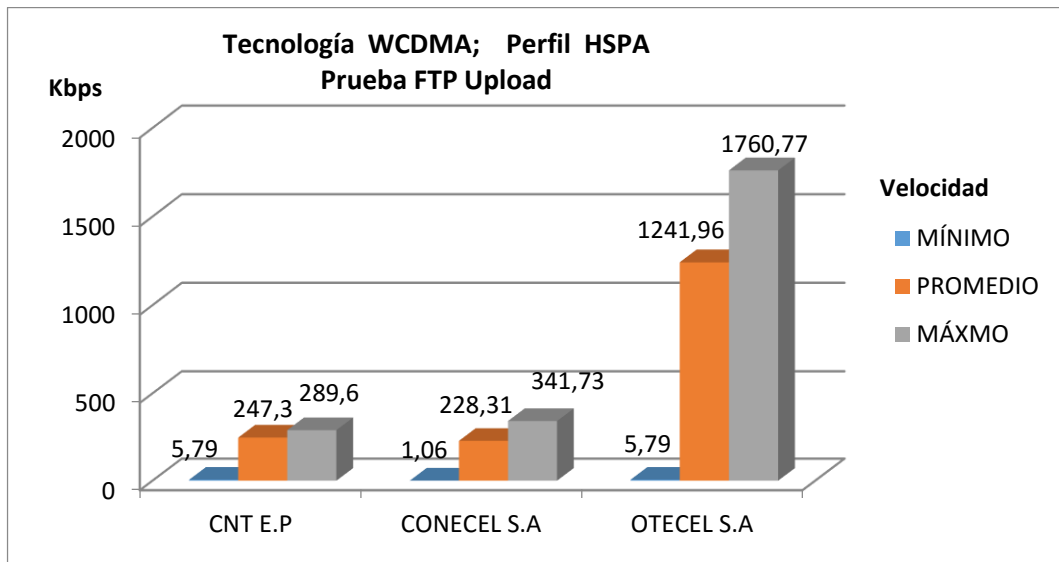


FIGURA 3-30 Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-30 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil HSPA, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 1760,77 Kbps, 341,73 Kbps y 289.6 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CONECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora CONECEL S.A y OTECEL S.A cumple con el valor mayor a 384 Kbps de la velocidad pico de subida de la Tecnología WCDMA, mientras CNT E.P está por debajo de dicho valor.

Los valores arrojados de velocidad Upload no son siempre los mismos por lo cual promediamos todos los datos recolectados, para sacar la velocidad Promedio de subida. La operadora CNT E.P como CONECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Uplink (FTP) está por debajo del valor de velocidad de 384 Kbps con respecto a la teoría de velocidad pico de subida en WCDMA, mientras la operadora OTECEL S.A esta con 1241,96 Kbps representando un valor alto de subida.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

- **Tecnología WCDMA con el Perfil LTE**

Tabla 3-22 Velocidad de Datos, Tecnología WCDMA, Perfil LTE pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: WCDMA					
	PERFIL: LTE					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	15.70	239.32	437.83	5.79	235.99	515.49
CONECCEL S.A.	5,23	2049,03	7348,32	5,79	213,60	364,90
OTECCEL S.A.	1.04	558.45	2929.72	5.79	431.71	1697.06

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

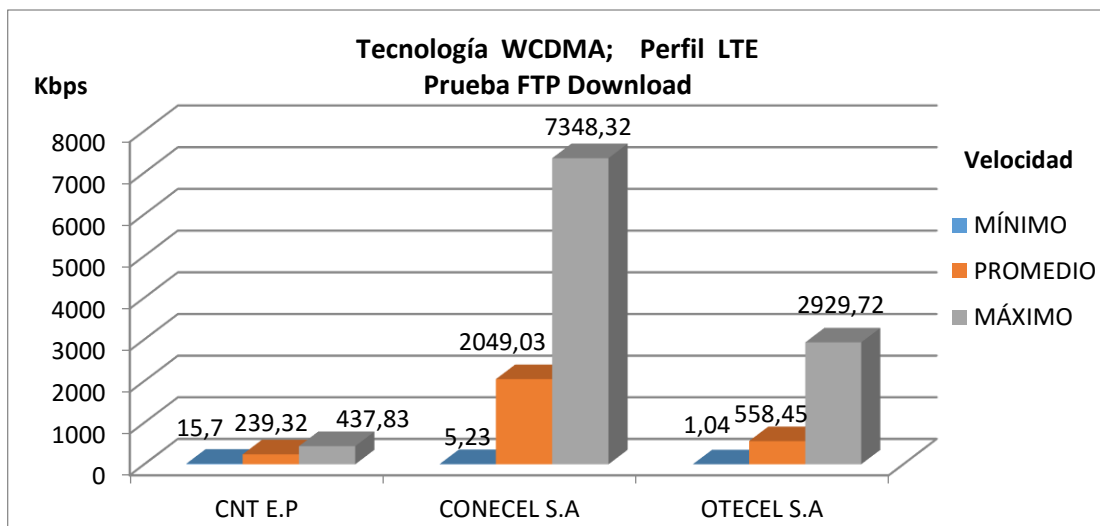


FIGURA 3-31 Prueba Download, Tecnología WCDMA, Perfil LTE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-31 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil LTE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 7348,32 Kbps, 2929,72 Kbps y 437,83 Kbps por la operadora CONECCEL S.A, OTECEL S.A y CNT E.P respectivamente. La operadora CNT E.P cumple con el rango de la velocidad pico de descarga teórico en WCDMA, mientras CONECCEL S.A y OTECEL S.A representa un valor alto de descarga, pero este valor alto de descarga no es registrado de forma continua al ejecutar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad indica, que las operadoras CONECEL S.A y OTECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Downlink (FTP) está en el rango de (384 Kbps – 2Mbps) con respecto a la teoría de velocidad pico de descarga en WCDMA, mientras la operadora CNT E.P está por debajo de dicho rango con 239,32 Kbps.

La velocidad mínima Throughput en Downlink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

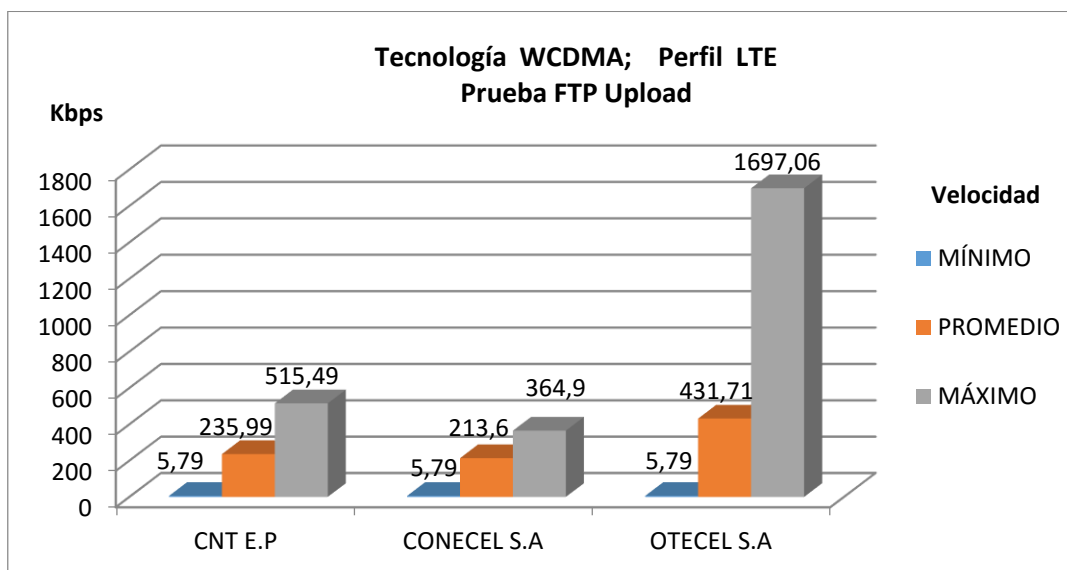


FIGURA 3-32 Prueba Upload, Tecnología WCDMA, Perfil LTE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-32 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología WCDMA con el perfil LTE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 1697,06 Kbps, 515,49 Kbps y 364,9 Kbps por la operadora OTECEL S.A, CNT E.P, CONECEL S.A respectivamente. La operadora OTECEL S.A y CNT E.P cumple con el valor mayor a 384 Kbps de la velocidad pico de subida de la teoría de la Tecnología WCDMA, mientras OTECEL S.A está por debajo de dicho valor.

Los valores arrojados de velocidad Upload no son siempre los mismos por lo cual promediamos todos los datos recolectados, para sacar la velocidad promedio de subida. La operadora CNT E.P como CONECEL S.A, la velocidad promedio de Throughput en Uplink (FTP) está por debajo del valor de 384 Kbps con respecto a la teoría de velocidad pico de subida en WCDMA, mientras la operadora OTECEL S.A esta con 431,71 Kbps representando un valor alto de subida.

La velocidad mínima Throughput en Uplink (FTP) es muy baja siendo similares para las tres operadoras.

3.3.1.4 Accesibilidad a la Red en la Tecnología WCDMA

Dentro de esta sección, lo que se toma en consideración el nivel de potencia en el área de cobertura de cada radiobase, el cual nos presenta el nivel de potencia recibida, la relación de energía recibida y nivel de interferencia de la tecnología WCDMA.

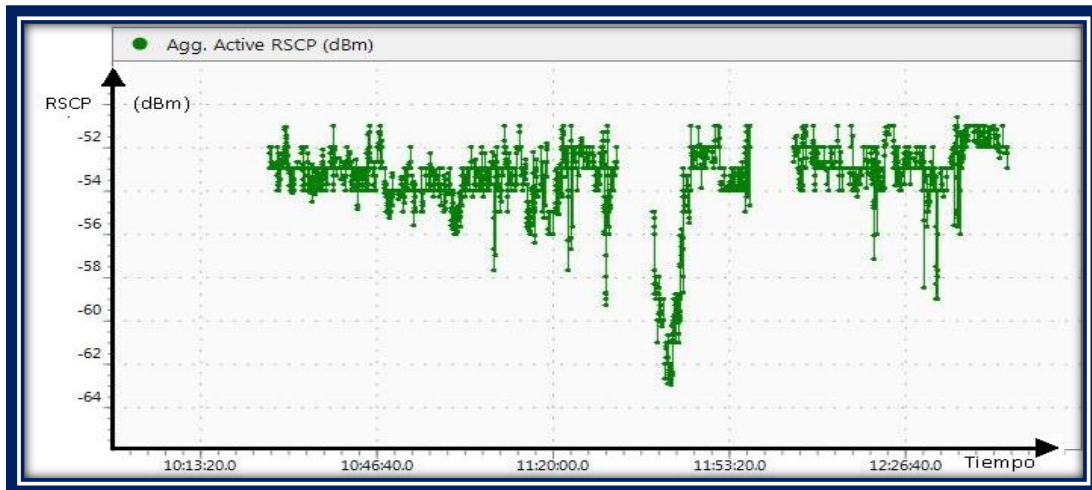


FIGURA 3-33 Nivel de potencia de la señal WCDMA en la operadora Claro

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-33 muestran los resultados obtenidos en la señal recibida para el equipo de pruebas de la tecnología WCDMA de la operadora CLARO, se encuentra en un rango de -50 a -58 dBm en su mayor tiempo de prueba podemos decir que la señal es idónea con una tasa de transferencia estable, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

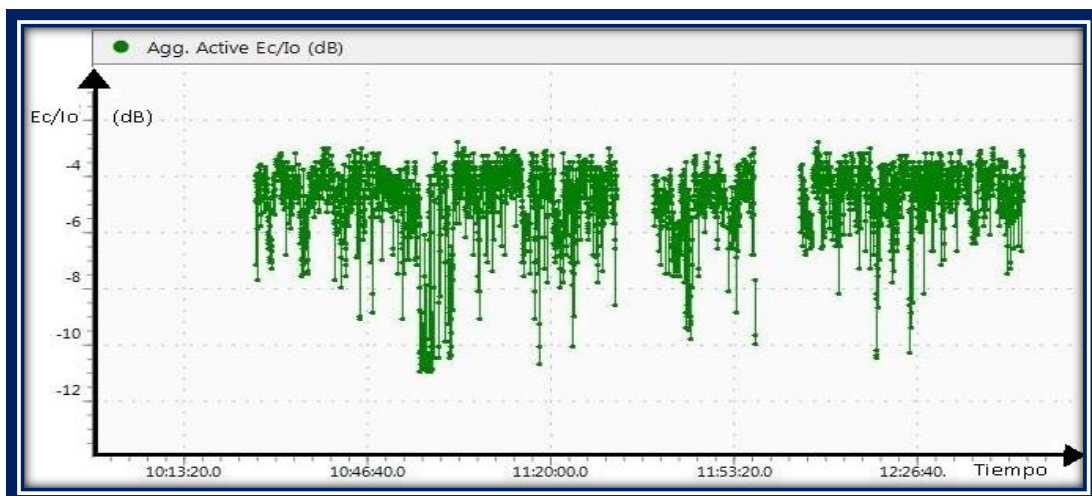


FIGURA 3-34 Relación de energía recibida y nivel de interferencia WCDMA - Claro

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-34 muestran los resultados obtenidos en la relación de energía recibida y nivel de interferencia de la tecnología WCDMA de la operadora CLARO, se encuentra en un rango de -3 a -8 dB en su mayor tiempo de prueba podemos decir que la relación de energía recibida y nivel de interferencia es bueno, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.



FIGURA 3-35 Nivel de potencia de la señal WCDMA en la operadora CNT

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-35 muestran los resultados obtenidos en la señal recibida para el equipo de pruebas de la tecnología WCDMA de la operadora CNT, se encuentra en un rango de -75 a -79 dBm en su mayor tiempo de prueba podemos decir que la señal es buena dando un enlace normal de conexión, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

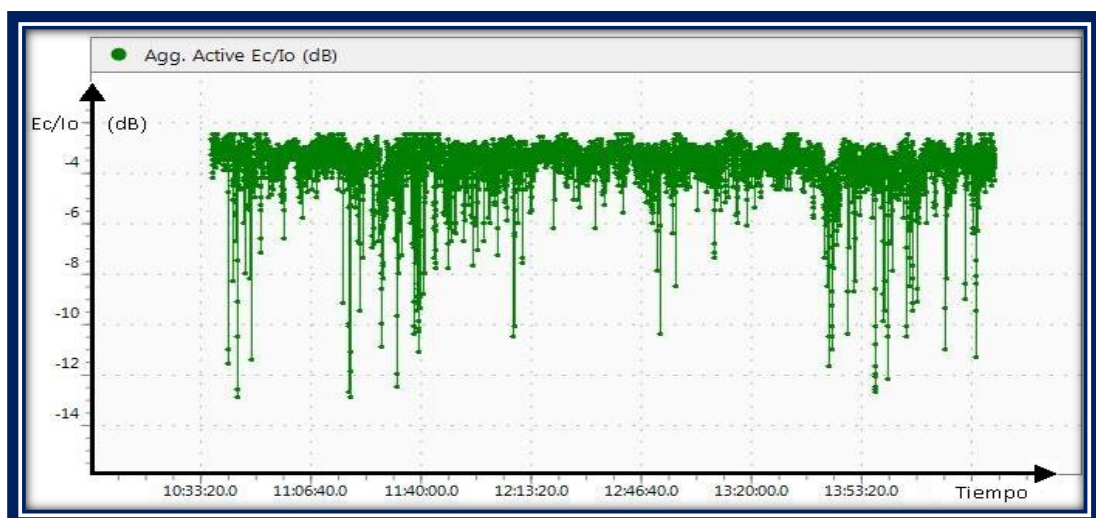


FIGURA 3-36 Relación de energía recibida y nivel de interferencia WCDMA – CNT

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-36 muestran los resultados obtenidos en la relación de energía recibida y nivel de interferencia de la tecnología WCDMA de la operadora CNT, se encuentra en un rango de -3 a -6 dB en su mayor tiempo de prueba podemos decir que la relación de energía recibida y nivel de interferencia es bueno, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

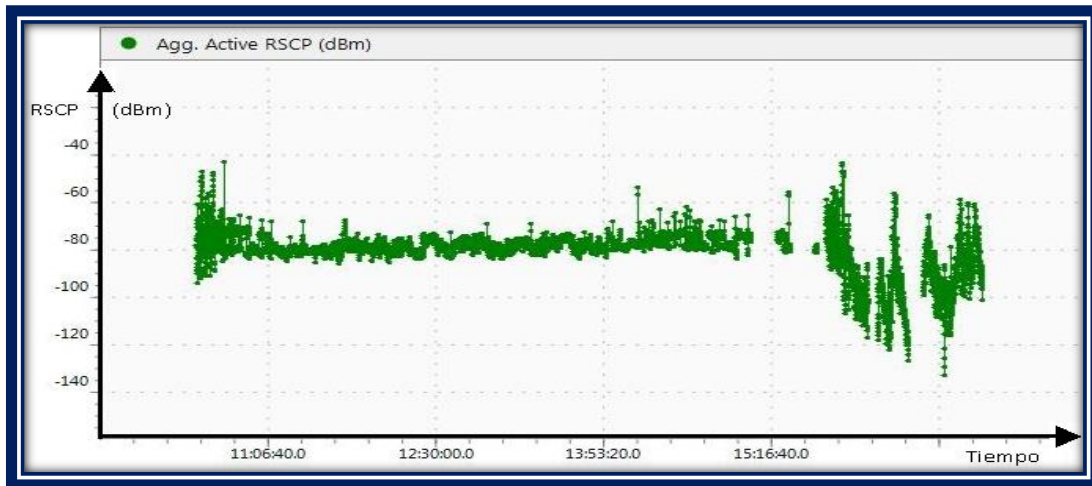


FIGURA 3-37 Nivel de potencia de la señal WCDMA en la operadora Movistar

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-37 muestran los resultados obtenidos en la señal recibida para el equipo de pruebas de la tecnología WCDMA de la operadora MOVISTAR, se encuentra en un rango de -65 a -85 dBm, en su mayor tiempo de prueba podemos decir que la señal es buena, además tenemos algunos rangos de -85 a -90 dBm donde la señal es mínima aceptable para establecer la conexión, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

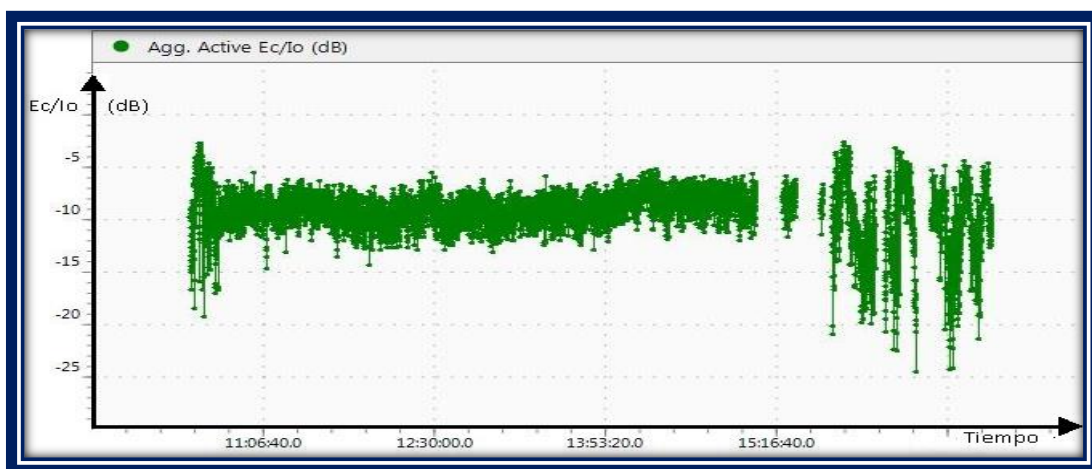


FIGURA 3-38 Relación de energía recibida y nivel de interferencia WCDMA-Movistar

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-38 muestran los resultados obtenidos en la relación de energía recibida y nivel de interferencia de la tecnología WCDMA de la operadora Movistar, se encuentra en un rango de -5 a -14 dB en su mayor tiempo de prueba podemos decir que la relación de energía recibida y nivel de interferencia es aceptable. Si el valor comienza a ser demasiado baja, a < de 14 dB comenzamos a tener a la perdida de conexión, se da a conocer información procedente de la monitorización del interfaz aire a través del TEMS Discovery.

3.3.1.5 Tecnología LTE

En las siguientes tablas presentadas se da a conocer la velocidad mínima, velocidad promedio y velocidad máxima de los servicios de datos por medio de sesiones FTP, en la tecnología LTE con cada uno de los diferentes perfiles disponibles.

- **Tecnología LTE con el Perfil GPRS.**

Tabla 3-23 Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil GPRS pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGÍA: LTE					
	PERFIL: GPRS					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	5.47	2384.16	5061.68	5.79	308.59	3741.63

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

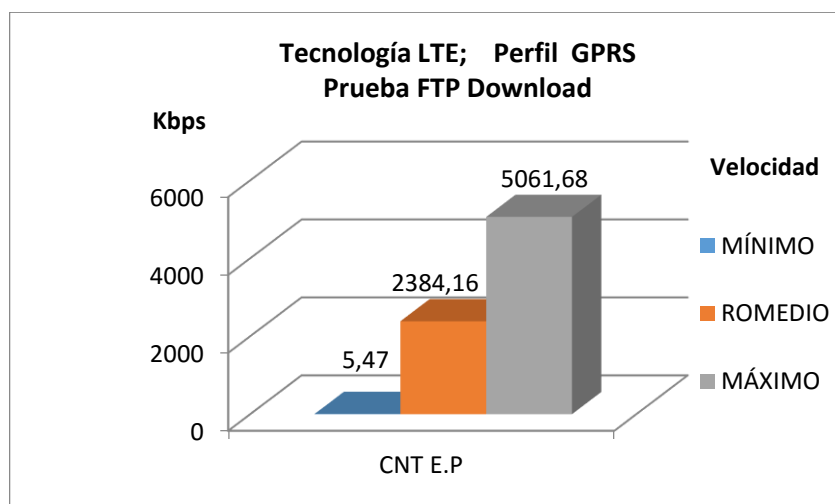


FIGURA 3-39 Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-39 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil GPRS, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 5061,68 Kbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de descarga. Todos los valores arrojados de descarga no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Downlink (FTP) es de 2,84 Mbps, indicando que está por debajo del valor de 1Gbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

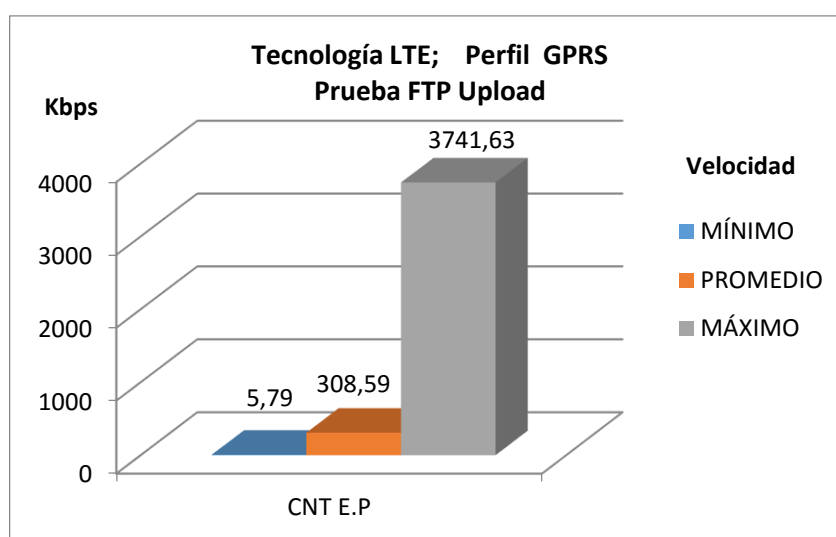


FIGURA 3-40 Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil GPRS

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-40 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil GPRS, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 3741,63 Kbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de carga. Todos los valores arrojados de subida no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Uplink (FTP) es de 308,59 Kbps, señalando que está por debajo del valor de 500 Mbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

- **Tecnología LTE con el Perfil EDGE.**

Tabla 3-24 Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil EDGE pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: LTE					
	PERFIL: EDGE					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	5.47	2726.52	4423.87	5.44	998.71	1639.14

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

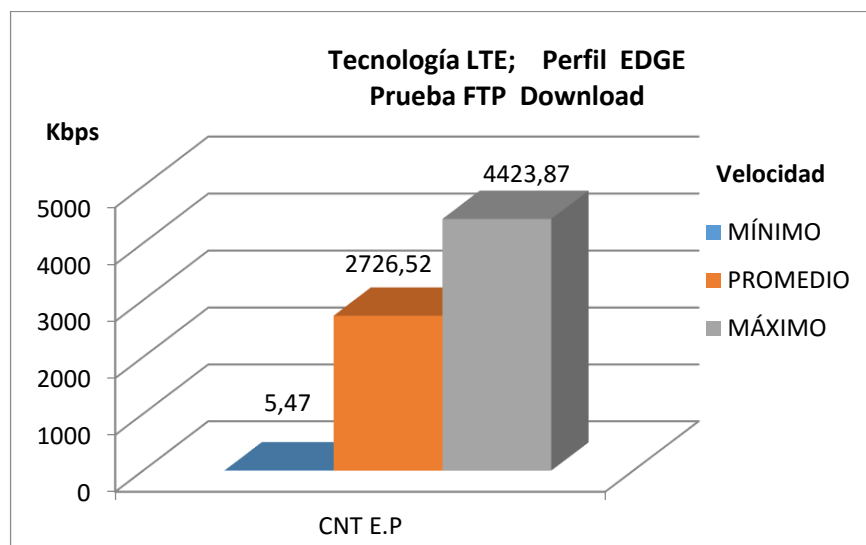


FIGURA 3-41 Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil EDGE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-41 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 4423,87 Kbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de descarga. Todos los valores arrojados de descarga no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Downlink (FTP) es de 2,73 Mbps, indicando que está por debajo del valor de 1Gbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

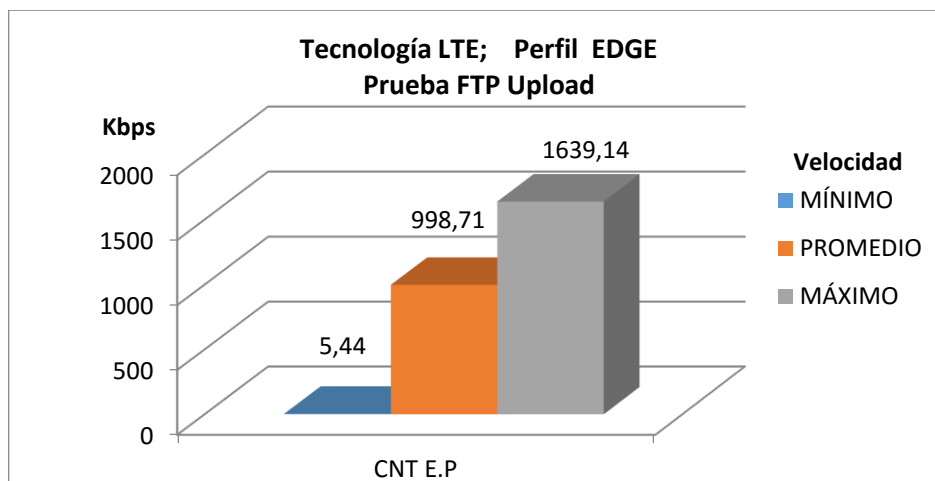


FIGURA 3-42 Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil EDGE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-42 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil EDGE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 1639,14 Kbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de carga. Todos los valores arrojados de subida no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Uplink (FTP) es de 998.71 Kbps, señalando que está por debajo del valor de 500 Mbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

- **Tecnología LTE con el Perfil HSPA.**

Tabla 3-25 Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil HSPA pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: LTE					
	PERFIL: HSPA					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	361.15	17873.64	27642.85	295.04	3653.28	4772.61

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

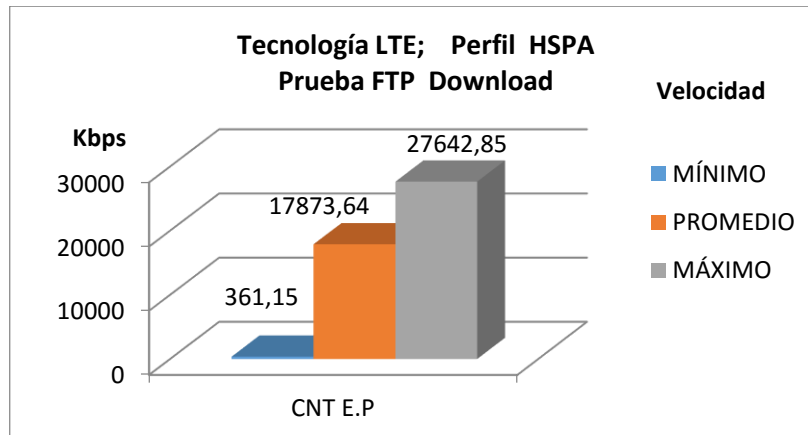


FIGURA 3-43 Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-43 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil HSPA, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 27,64 Mbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de descarga. Todos los valores arrojados de descarga no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Downlink (FTP) es de 17,9 Mbps, indicando que está por debajo del valor de 1Gbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

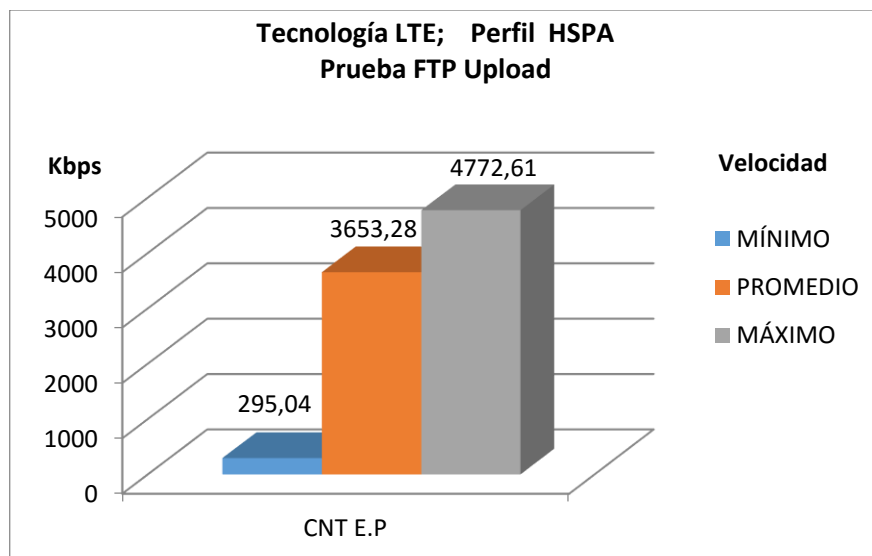


FIGURA 3-44 Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil HSPA

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-44 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil HSPA, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 4772,61Kbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de carga. Todos los valores arrojados de subida no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Uplink (FTP) es de 3653,28 Kbps, señalando que está por debajo del valor de 500 Mbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

- **Tecnología LTE con el Perfil LTE.**

Tabla 3-26 Velocidad de Datos, Tecnología LTE, Perfil LTE pruebas FTP

Velocidad (Kbps)	FTP					
	TECNOLOGIA: LTE					
	PERFIL: LTE					
	Download			Upload		
	Mín	Promedio	Máx	Mín	Promedio	Máx
CNT E.P.	5.23	20488.69	41834.58	43.26	3662.31	4761.02

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación

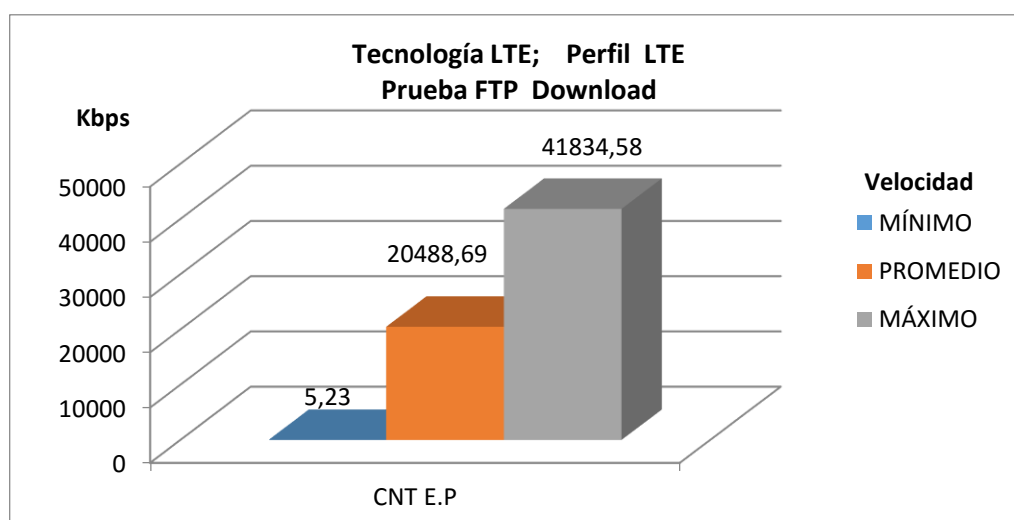


FIGURA 3-45 Prueba Download, Tecnología LTE, Perfil LTE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-45 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil LTE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Downlink (FTP) alcanzado es de 41,835 Mbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de descarga. Todos los valores arrojados de descarga no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Downlink (FTP) es de 20,49 Mbps, indicando que está por debajo del valor de 1Gbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

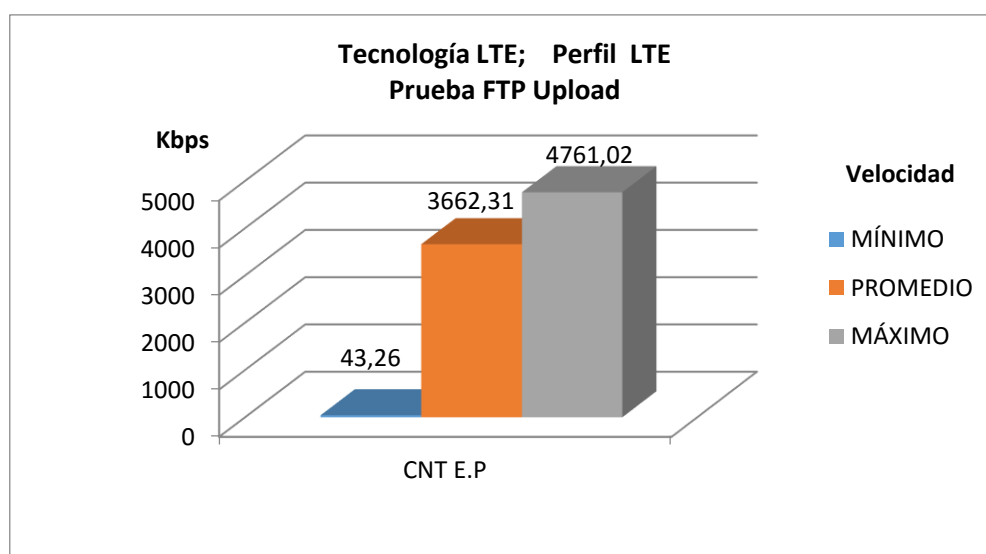


FIGURA 3-46 Prueba Upload, Tecnología LTE, Perfil LTE

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-46 muestran los resultados obtenidos en la Tecnología LTE con el perfil LTE, el máximo valor de velocidad de Throughput en Uplink (FTP) alcanzado es de 4,77 Mbps por parte de la Operadora CNT E.P lo cual representa un valor muy bajo de subida. Todos los valores arrojados de subida no son registrados de forma continua al realizar las pruebas de datos, es por tal motivo que se promedia los datos recolectados para registrar valores de la velocidad promedio.

El promedio de velocidad Throughput en Uplink (FTP) es de 3,66 Mbps, señalando que está por debajo del valor de 500 Mbps con respecto a la teoría LTE, mientras la velocidad mínima es muy baja.

3.3.2 Velocidad promedio obtenida para cada Tecnología y comparación entre cada uno de los Perfiles.

Para interpretar los resultados de las tecnologías GSM, WCDMA y LTE corresponden al promedio obtenido del total de las pruebas de las diferentes transmisiones de datos tanto en Throughput FTP Downlink y Throughput FTP Uplink, para cada uno de los perfiles TCP disponibles en el SAMM.

3.3.2.1 Velocidad Promedio Download y Upload Tecnología GSM.

- **Velocidad Promedio, Tecnología GSM Download.**

Tabla 3-27 Velocidad Promedio, Tecnología GSM Download.

Velocidad (Kbps)	PRUEBA FTP			
	TECNOLOGIA GSM			
	Download			
PERFIL / Operadora	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
CNT E.P.	42.85	82.27	43.91	27.63
CONECEL S.A.	133.56	166.34	149.65	131.25
OTECEL S.A.	96.24	97.10	44.36	64.84
PROMEDIO	90.88	113.57	79.31	74.57

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

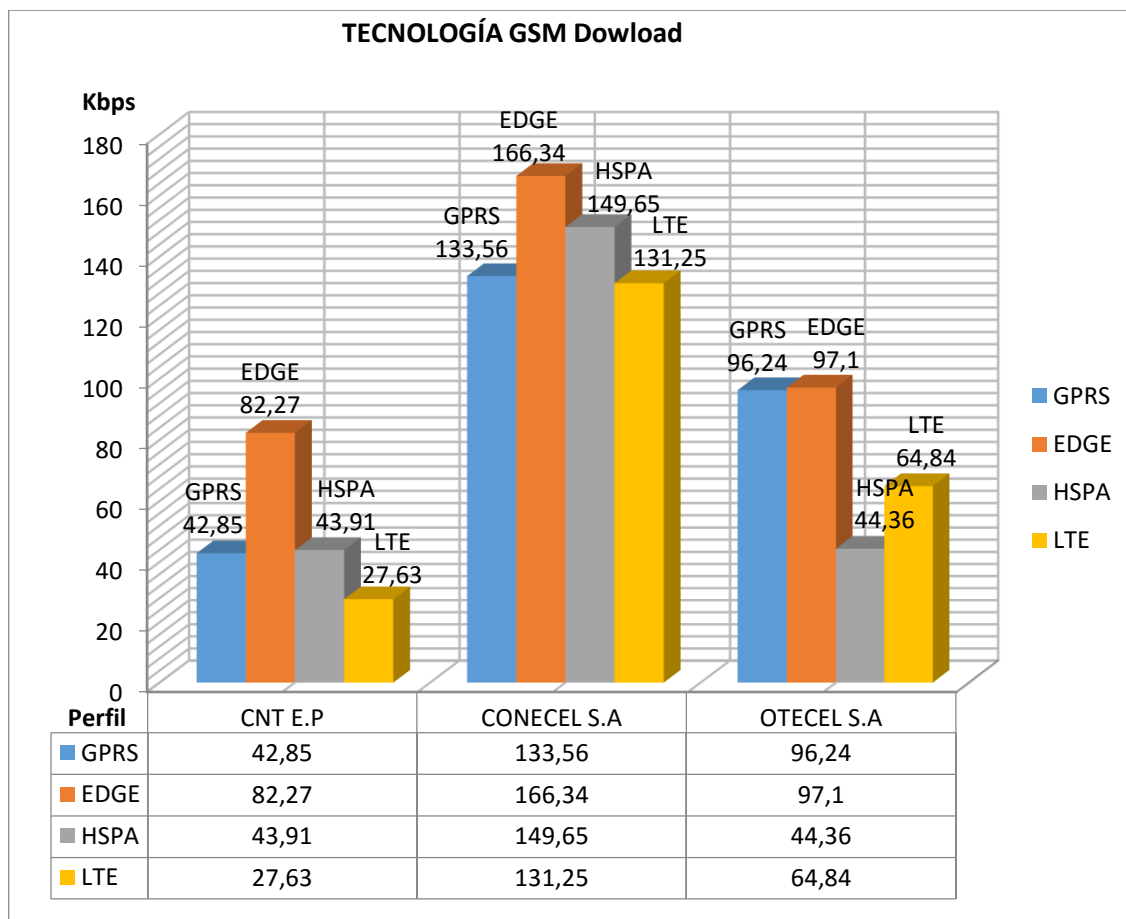


FIGURA 3-47 Velocidad Promedio, Tecnología GSM Download

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-47 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología GSM brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP EDGE para la operadora CNT, superando los trabajos de los PERFILES, HSPA con 46,63%, GPRS con 47,92% y LTE con 66,42%.

En la FIGURA 3-47 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología GSM brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP EDGE para la operadora CONECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, HSPA con 10,03%, GPRS con 19,71% y LTE con 21,10%.

En la FIGURA 3-47 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología GSM brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP EDGE para la operadora OTECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, GPRS con 0,89%, LTE con 33,22% y HSPA con 54,32%.

- **Velocidad Promedio, Tecnología GSM Upload.**

Tabla 3-28 Velocidad Promedio, Tecnología GSM Upload

Velocidad (Kbps)	PRUEBA FTP			
	TECNOLOGIA GSM			
	Upload			
PERFIL / Operadora	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
CNT E.P.	44.43	61.01	23.17	39.6
CONECCEL S.A.	44.88	57.73	67.12	78.11
OTECCEL S.A.	56.97	57.40	28.35	41.60
PROMEDIO	48.76	58.71	39.55	53.10

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

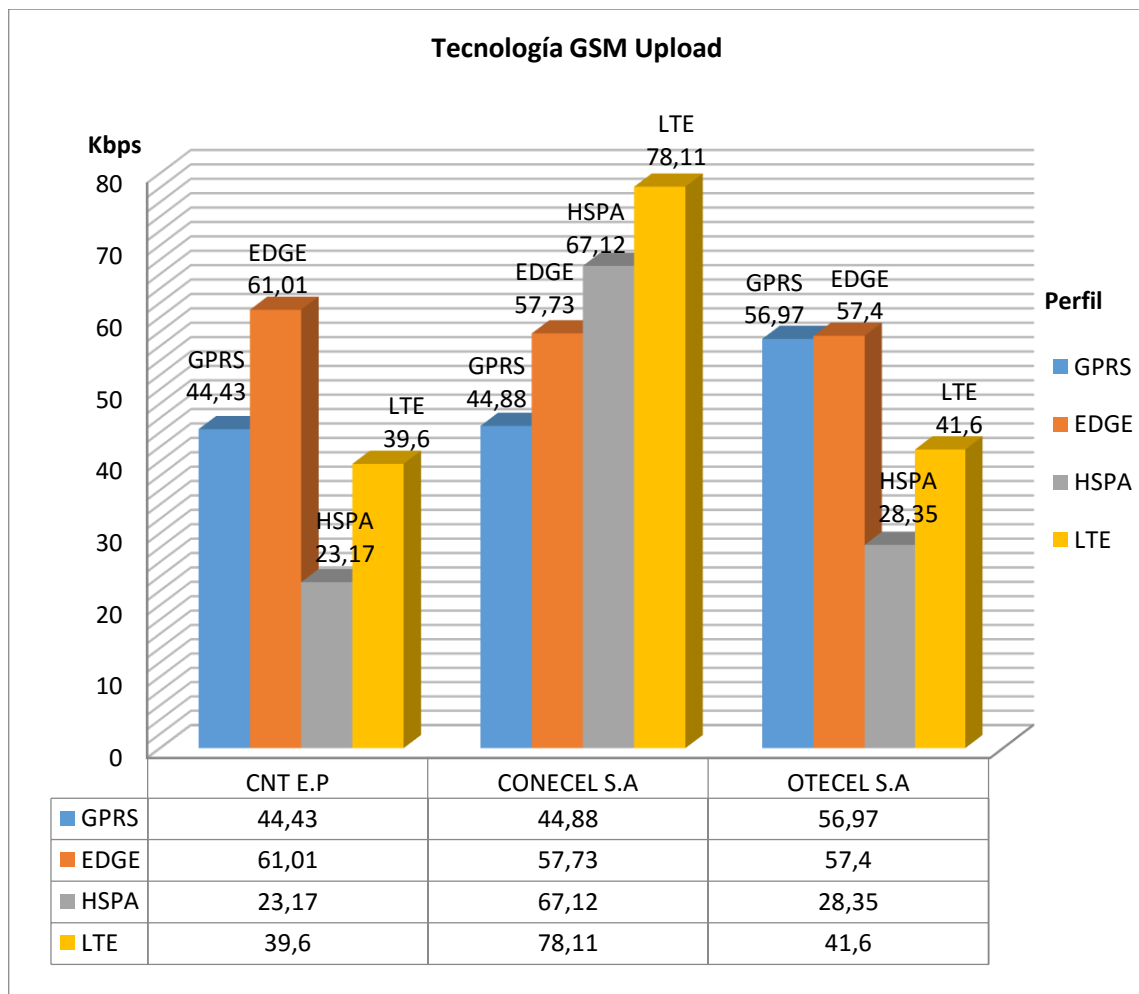


FIGURA 3-48 Velocidad Promedio, Tecnología GSM Upload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-48 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología GSM brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP EDGE para la operadora CNT, superando los trabajos de los PERFILES, GPRS con 27,18%, LTE con 35,09% y HSPA con 62,02%.

En la FIGURA 3-48 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología GSM brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP LTE para la operadora CONECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, HSPA con 14,07%, EDGE con 26,09% y GPRS con 42,54%.

En la FIGURA 3-48 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología GSM brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP EDGE para la operadora OTECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, GPRS con 0,75%, LTE con 27,53% y HSPA con 50,61%.

3.3.2.2 Velocidad Promedio Download y Upload Tecnología WCDMA.

- Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Download.

Tabla 3-29 Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Download

Velocidad (Kbps)	PRUEBA FTP			
	TECNOLOGIA WCDMA			
	Download			
PERFIL / Operadora	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
CNT E.P.	362.70	211.98	385.83	239.32
CONECEL S.A.	327.84	724.74	1914.86	1753.92
OTECCEL S.A.	633.78	966.44	1080.45	558.45
PROMEDIO	441.44	637.93	1127.05	850.56

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

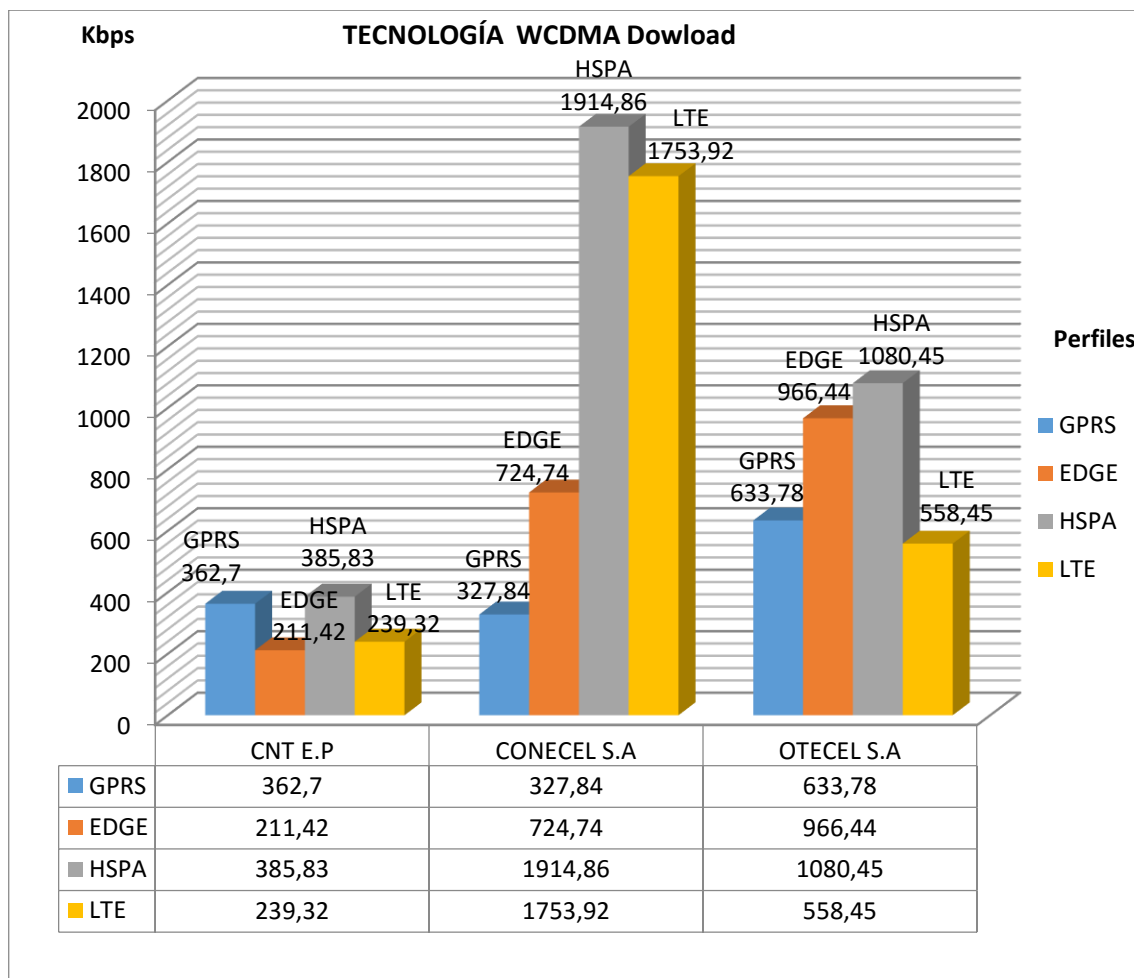


FIGURA 3-49 Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Dowload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-49 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología WCDMA brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP HSPA para la operadora CNT, superando los trabajos de los PERFILES, GPRS con 5,99%, LTE con 37,99% y EDGE con 45,20%.

En la FIGURA 3-49 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología WCDMA brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP HSPA para la operadora CONECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, LTE con 8,41%, EDGE con 62,15% y GPRS con 82,88%.

En la FIGURA 3-49 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología WCDMA brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP HSPA para la operadora OTECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, EDGE con 10,55%, GPRS con 41,34% y LTE con 48,31%.

- **Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Upload.**

Tabla 3-30 Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Upload

Velocidad (Kbps)	PRUEBA FTP			
	TECNOLOGIA WCDMA			
	Upload			
PERFIL / Operadora	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
CNT E.P.	216.90	92.41	247.30	235.99
CONECEL S.A.	126.37	160.41	228.31	213.60
OTECEL S.A.	754.42	615.86	1241.96	431.71
PROMEDIO	365.89	289.56	572,52	293.80

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

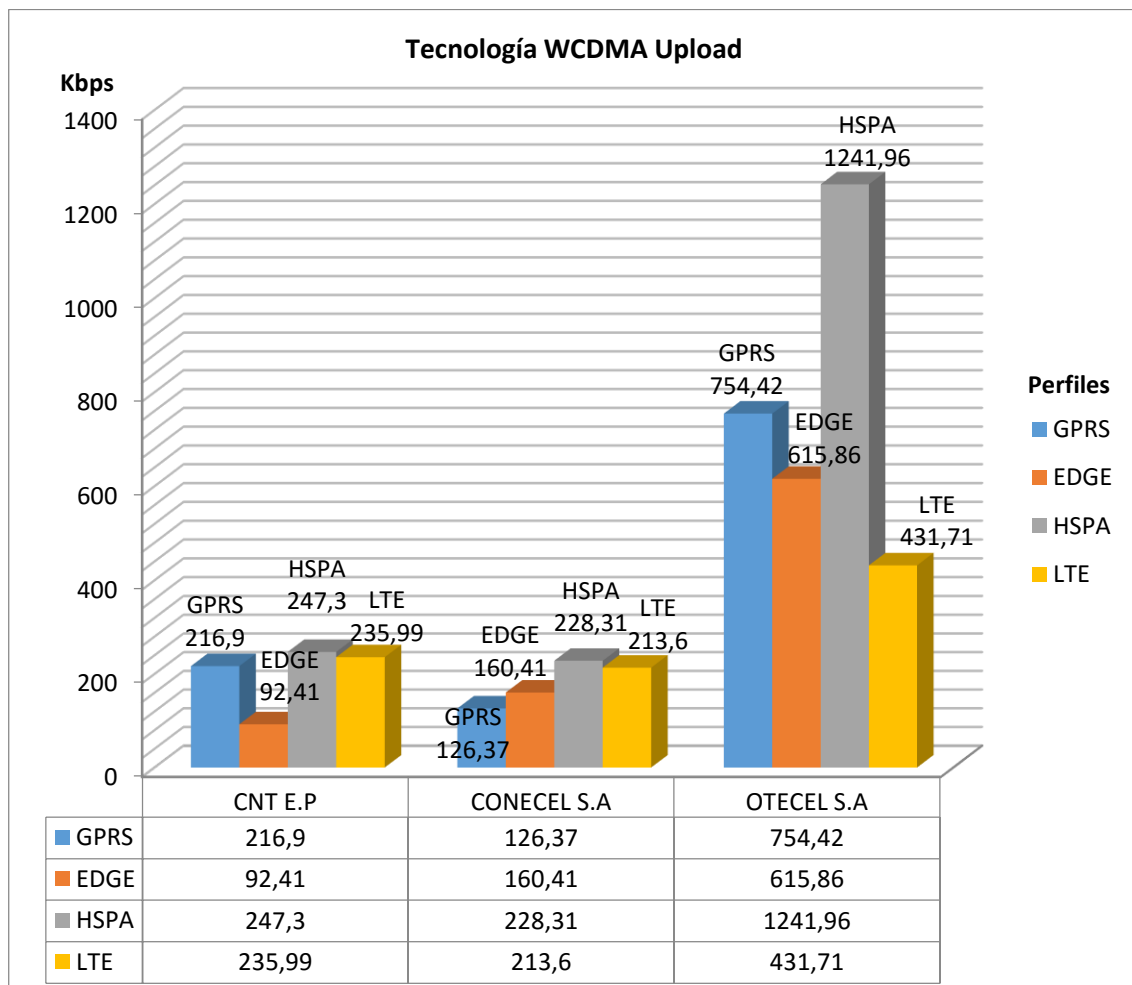


FIGURA 3-50 Velocidad Promedio, Tecnología WCDMA Upload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-50 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología WCDMA brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP HSPA para la operadora CNT, superando los trabajos de los PERFILES, LTE con 4,57%, GPRS con 12,29% y EDGE con 62,63%.

En la FIGURA 3-50 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología WCDMA brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP HSPA para la operadora CONECCEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, LTE con 6,44%, EDGE con 29,74% y GPRS con 44,65%.

En la FIGURA 3-50 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología WCDMA brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP HSPA para la operadora OTECEL S.A, superando los trabajos de los PERFILES, GPRS con 39,26%, EDGE con 50,41% y LTE con 65,24%.

3.3.2.3 Velocidad Promedio Download y Upload Tecnología LTE.

- **Velocidad Promedio, Tecnología LTE Download.**

Tabla 3-31 Velocidad Promedio, Tecnología LTE Download

Velocidad (Kbps)	PRUEBA FTP			
	TECNOLOGIA LTE			
	Download			
PERFIL / Operadora	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
CNT E.P.	2 384.16	2 726.52	17 873.64	20 488.69
PROMEDIO	2 384.16	2 726.52	17 873.64	20 488.69

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

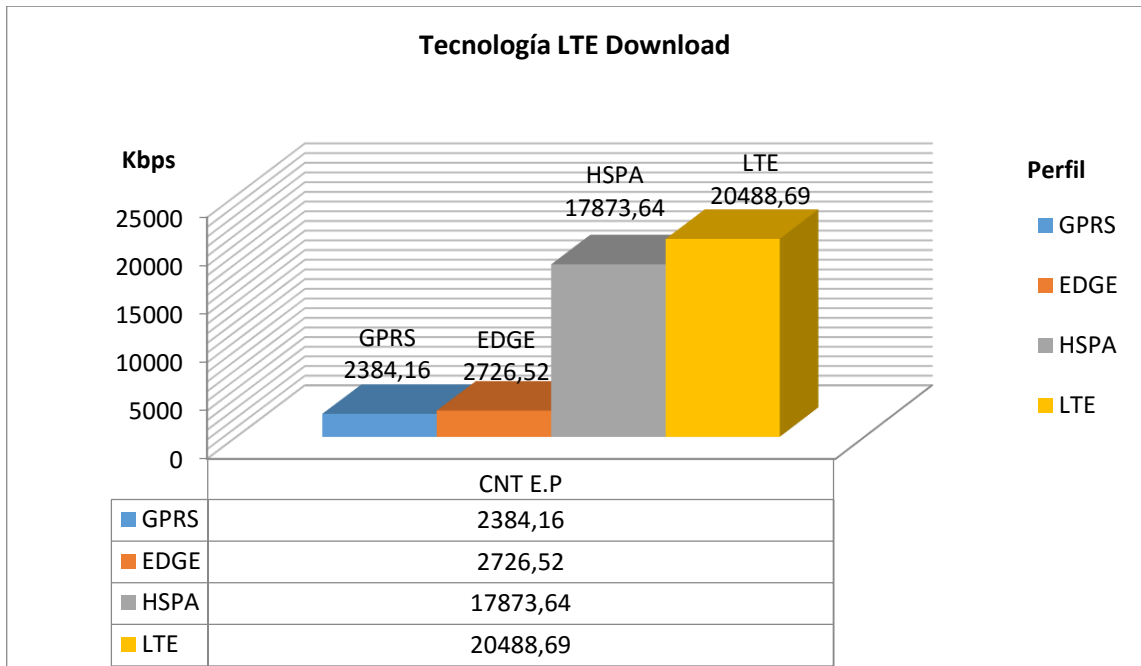


FIGURA 3-51 Velocidad Promedio, Tecnología LTE Download

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-51 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología LTE brinda mayores velocidades en la transmisión de descarga trabajando con el PERFIL TCP LTE para la operadora CNT, superando los trabajos de los PERFILES, HSPA con 12,76%, EDGE con 86,69% y GPRS con 88,36%.

- **Velocidad Promedio, Tecnología LTE Upload.**

Tabla 3-32 Velocidad Promedio, Tecnología LTE Upload

Velocidad (Kbps)	PRUEBA FTP			
	TECNOLOGIA LTE			
	Upload			
PERFIL / Operadora	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
CNT E.P.	308.59	998.71	3 653.28	3 662.31
PROMEDIO	308.59	998.71	3 653.28	3 662.31

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

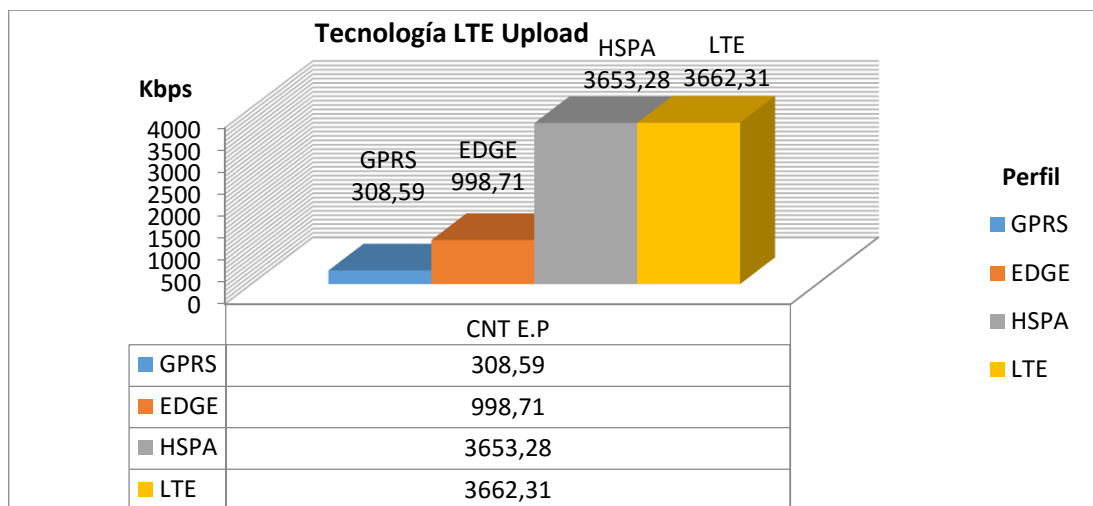


FIGURA 3-52 Velocidad Promedio, Tecnología LTE Upload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-52 muestran los resultados obtenidos reflejan que la tecnología LTE brinda mayores velocidades en la transmisión de subida trabajando con el PERFIL TCP LTE para la operadora CNT, superando los trabajos de los PERFILES, HSPA con 0,25%, EDGE con 72,73% y GPRS con 91,57%.

3.3.3 Promedio de los Perfiles TCP en las operadoras móviles.

Para interpretar los resultados de los perfiles TCP promediamos las velocidades promedios de datos obtenidos tanto en Throughput FTP Downlink y Throughput FTP Uplink de las tres operadoras para las tecnologías GSM y WCDMA, y para la tecnología LTE solo de la operadora CNT.

3.3.3.1 Promedio de los Perfiles TCP Download.

Tabla 3-33 Promedio entre las tres operadoras Download

PROMEDIO DE PRUEBAS (CNT E.P, CONECCEL S.A, OTECEL S.A)				
TECNOLOGÍA \ PERFIL	Download			
	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
GSM	90.88 Kbps	115.23 Kbps	79.31 Kbps	74.57 Kbps
WCDMA	441.44 Kbps	637.93 Kbps	1127.05 Kbps	850.56 Kbps
LTE	2384.16 Kbps	2726.52 Kbps	17873.64 Kbps	20488.69 Kbps

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

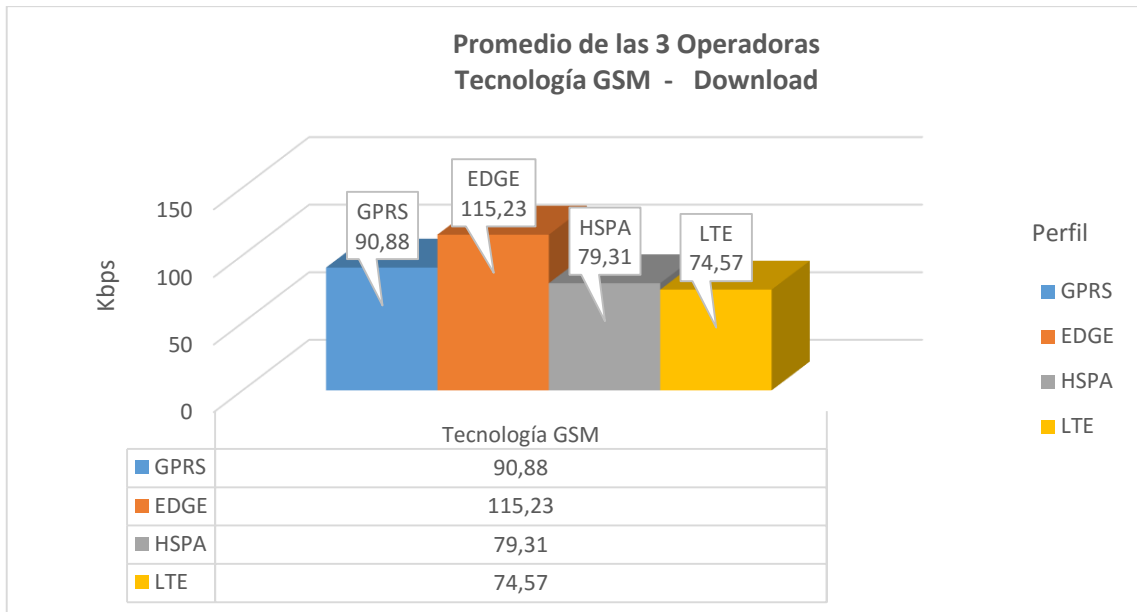


FIGURA 3-53 Promedio de velocidad entre las Operadoras Tecnología GSM-Download

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-53 analizando los resultados de los valores promedios que nos ofrecen las tres operadoras en la descarga de datos, determinamos que la configuración adecuada en la pila TCP/IP es el perfil EDGE para la transmisión de datos en redes móviles en la TECNOLOGIA GSM.

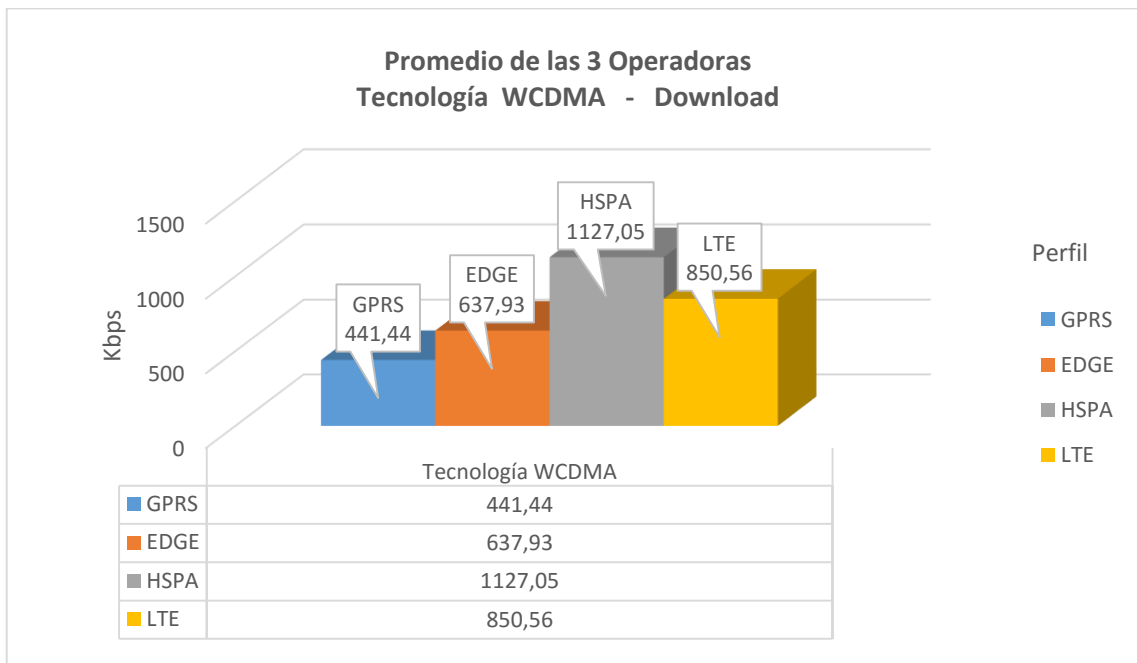


FIGURA 3-54 Promedio de velocidad entre las Operadoras Tecnología WCDMA-Down

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-54 analizando los resultados de los valores promedios que nos ofrecen las tres operadoras en la descarga de datos, determinamos que la configuración adecuada en la pila TCP/IP es el perfil HSPA para la transmisión de datos en redes móviles en la TECNOLOGIA WCDMA.

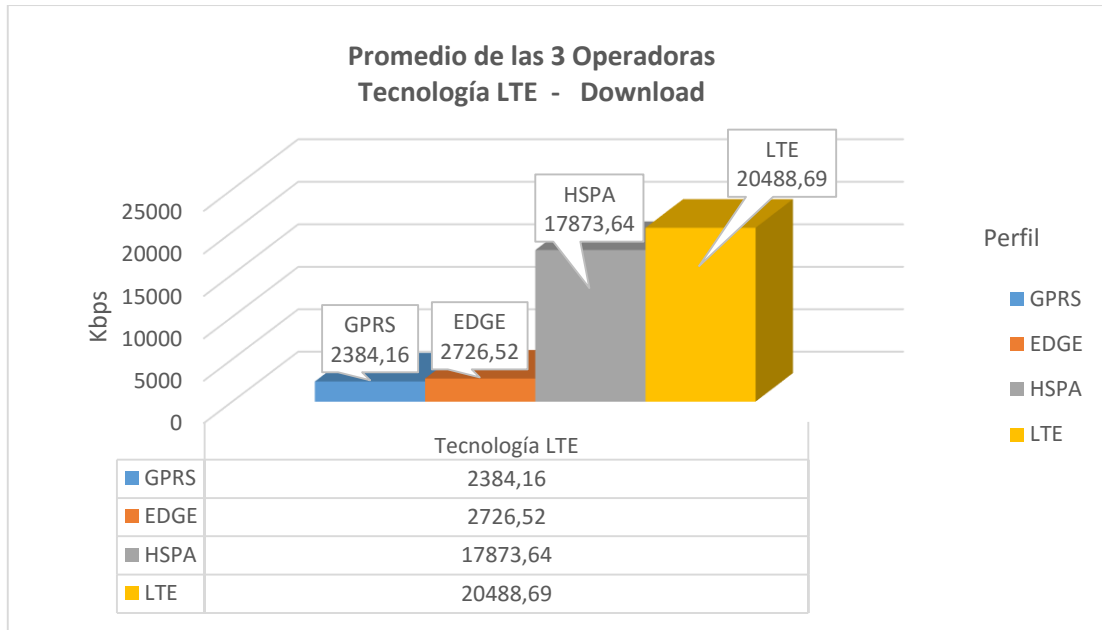


FIGURA 3-55 Promedio de velocidad de la operadora CNT Tecnología LTE-Download

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-55 analizando los resultados de los valores promedios que nos ofrecen la operadora CNT en la descarga de datos, determinamos que la configuración adecuada en la pila TCP/IP es el perfil LTE para la transmisión de datos en redes móviles en la TECNOLOGIA LTE.

3.3.3.2 Promedio de los Perfiles TCP Upload.

Tabla 3-34 Promedio de velocidad entre las tres operadoras Upload

PROMEDIO DE PRUEBAS (CNT E.P, CONECEL S.A, OTECEL S.A)				
PERFIL TECNOLOGÍA	Upload			
	GPRS	EDGE	HSPA	LTE
GSM	48,76 Kbps	58,05 Kbps	39,55 Kbps	53.1 Kbps
WCDMA	365.89 Kbps	286,56 Kbps	572,52 Kbps	293,8 Kbps
LTE	308,59 Kbps	998,71 Kbps	3653,28 Kbps	3662,31 Kbps

Realizado por: Cevallos D, Ortiz R, 2016

Fuente: Consola de operación sistema SAMM

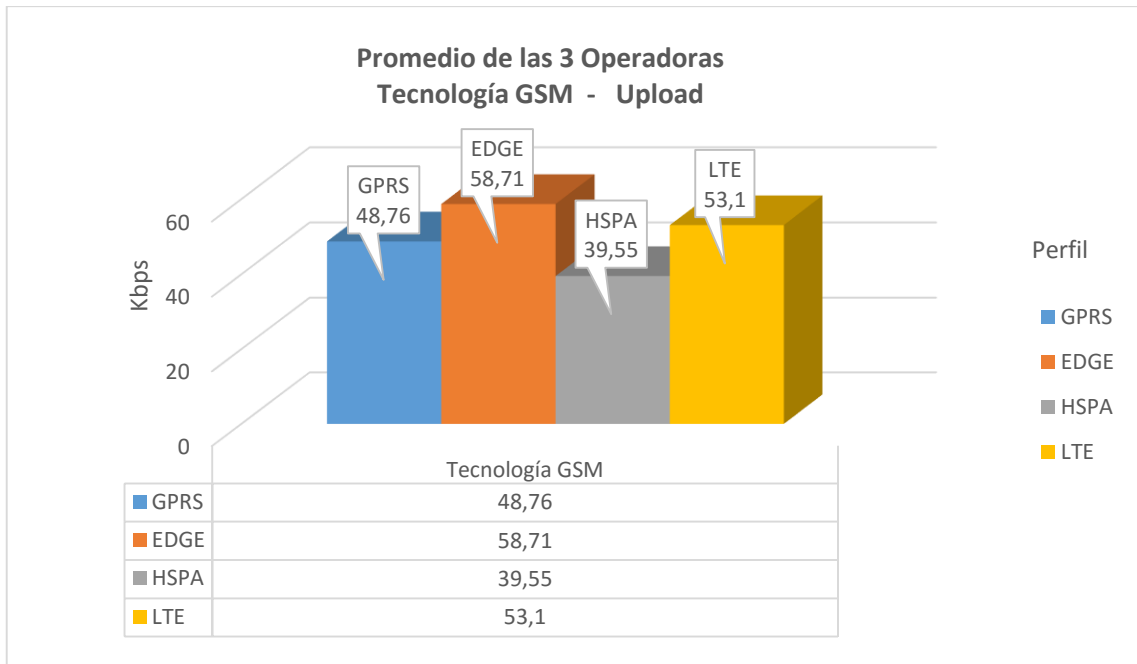


FIGURA 3-56 Promedio de velocidad entre las 3 Operadoras Tecnología GSM – Upload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-56 analizando los resultados de los valores promedios que nos ofrecen las tres operadoras en la subida de datos, determinamos que la configuración adecuada en la pila TCP/IP es el perfil EDGE para la transmisión de datos en redes móviles en la TECNOLOGIA GSM.

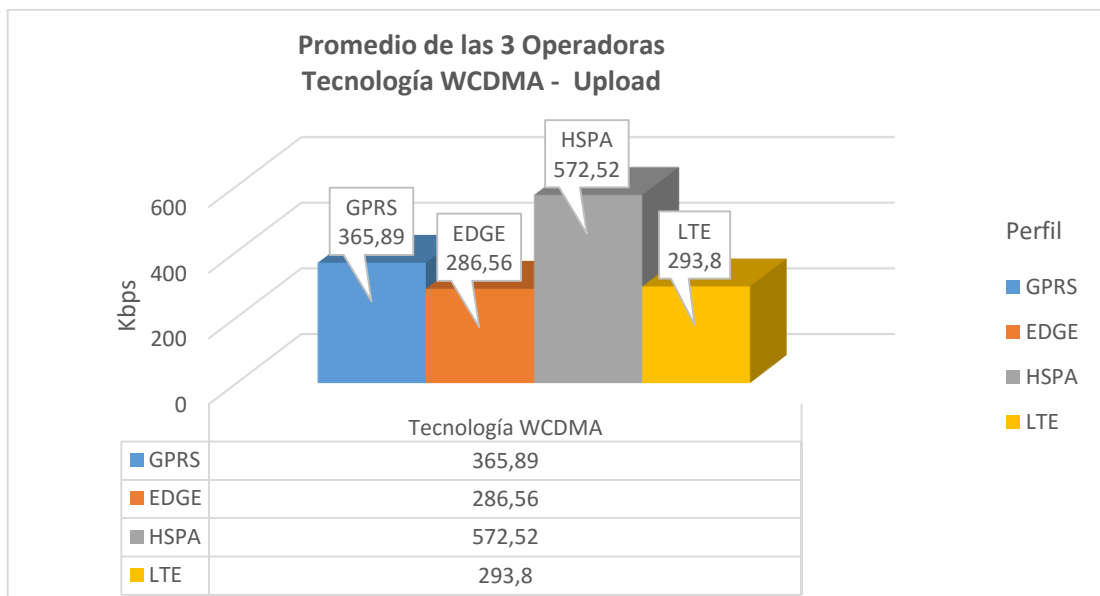


FIGURA 3-57 Promedio de velocidad entre las Operadoras Tecnología WCDMA-Upload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-57 analizando los resultados de los valores promedios que nos ofrecen las tres operadoras en la subida de datos, determinamos que la configuración adecuada en la pila TCP/IP es el perfil HSPA para la transmisión de datos en redes móviles en la TECNOLOGIA WCDMA.

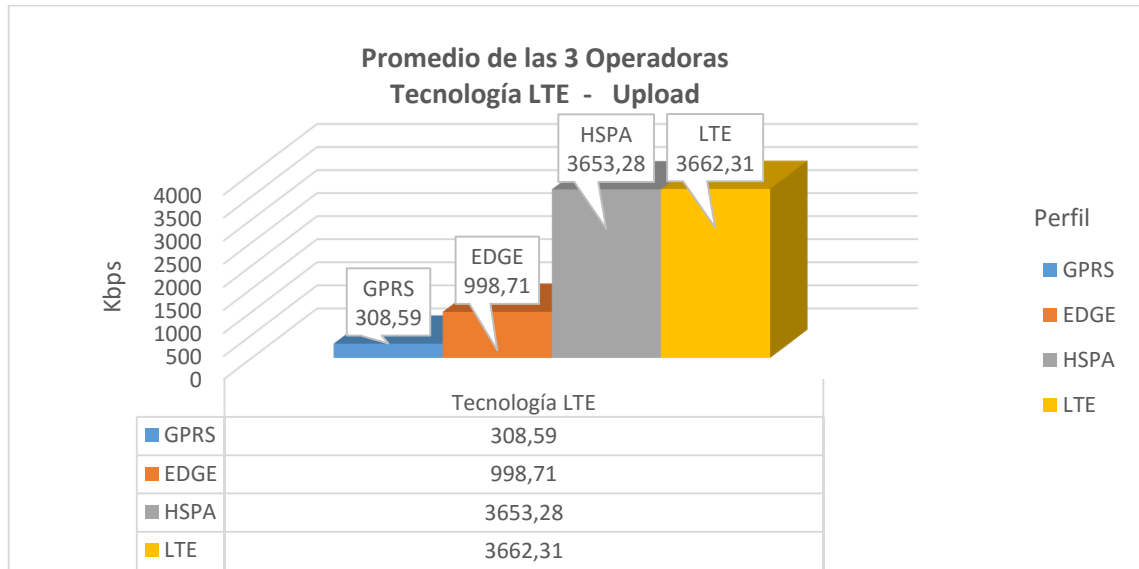


FIGURA 3-58 Promedio de velocidad de la operadora CNT Tecnología LTE - Upload

Fuente: Cevallos D, Ortiz R, 2016

En la FIGURA 3-58 analizando los resultados de los valores promedios que nos ofrecen la operadora CNT en la subida de datos, determinamos que la configuración adecuada en la pila TCP/IP es el perfil LTE para la transmisión de datos en redes móviles en la TECNOLOGIA LTE.

CONCLUSIONES

- ❖ Se determinó con el estudio sobre las diferentes tecnologías inalámbricas móviles que la tecnología GSM ofrece una velocidad muy baja en la transmisión de datos en relación a la tecnología WCDMA, mientras que la tecnología LTE la velocidad de datos de descarga y de subida es mucho mayor dando una alta capacidad en la transmisión de los mismos, mejorando los problemas de congestión que padecen las redes WCDMA y GSM.
- ❖ De las mediciones realizadas con los equipos de medición SAMM de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, ha sido posible verificar varias de las recomendaciones de los parámetros de la pila TCP/IP que se estudian en el RFC 3481, tales como MTU, tamaño de la ventana apropiado del transmisor y receptor, SACK, escalamiento de la ventana, registro de tiempos, descubrimiento del MTU del enlace y el máximo número de requerimientos de retransmisión de conexión.
- ❖ Se demostró mediante las pruebas realizadas que el uso inadecuado de un perfil TCP si afecta a la velocidad en la transmisión de datos en la tecnología GSM, en dicha tecnología se obtuvo un mayor rendimiento en la transmisión de datos con el perfil EDGE para las tres operadoras de telefonía móvil del país.
- ❖ Se demostró mediante las pruebas realizadas que la utilización del perfil TCP HSPA, que está configurado por defecto en los equipo es el adecuado en la velocidad de transmisión de datos en la tecnología WCDMA, en dicha tecnología se obtuvo un mayor rendimiento en la transmisión de datos con el perfil HSPA para las tres operadoras de telefonía móvil del país.
- ❖ Se demostró mediante las pruebas realizadas que el uso inadecuado de un perfil TCP si afecta a la velocidad en la transmisión de datos en la tecnología LTE, en dicha tecnología se obtuvo un mayor rendimiento en la transmisión de datos con el perfil LTE, aunque sólo se realizaron las pruebas en la operadora CNT E.P.
- ❖ Con análisis del RFC 3481 se comprendió la importancia de establecer parámetros adecuados de la pila TCP/IP sobre redes móviles, para obtener un rendimiento óptimo en los servicios de transmisión de datos sobre estas redes.

- ❖ El Sistema Autónomo de Medición de Redes Móviles – SAMM permitió evaluar el rendimiento inalámbrico de las redes móviles, detectar rápidamente los problemas de red que presentan las operadoras y hacer el análisis complejo de una manera sencilla al momento de configurar los diferentes perfiles TCP.

RECOMENDACIONES

- ❖ La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones se halla en el proceso de establecer y proponer indicadores de calidad para los servicios de transmisión de datos en redes móviles (SMA), para lo cual consideramos necesario incluir en los procedimientos de medición de las empresas operadoras (CONECEL S.A, OTECEL S.A, CNT EP) la descripción de las características de los perfiles TCP analizados en el SAMM y su utilización de acuerdo a la tecnología bajo prueba.
- ❖ Continuar con el análisis de transmisión de datos en redes móviles en la tecnología 4G para las operadoras CONECEL S.A y OTECEL S.A, con los diferentes perfiles de la pila TCP/IP, ya que no se finalizó con el mismo porque no se contó con la tecnología cerca de los lugares que se desarrolló la investigación.
- ❖ Constatar que en los sitios fijos donde se van a realizar las pruebas de transmisión de datos en redes móviles, exista la tecnología de análisis (2G, 3G, 4G) de las operadoras CONECEL S.A, OTECEL S.A y CNT EP, con los niveles de cobertura adecuados.
- ❖ Verificar los equipos de medición RTUs que no estén realizando pruebas para apagarlos de forma remota desde la consola del operador, con el fin de liberar recursos del sistema y mejorar el rendimiento de las pruebas en relación con otros equipos.
- ❖ Comprobar que las SIMs de pruebas de las operadoras CONECEL S.A, OTECEL S.A y CNT EP, tengan el saldo suficiente para poder realizar las pruebas de transmisión de datos sin ningún tipo de inconvenientes y lograr obtener resultados validos de las mismas.

GLOSARIO

ACK	Acknowledgements (Acuse de recibo).
AMPS	Advanced Mobile Phone System (Sistema de Telefonía Móvil Avanzado).
APN	Access Point Name (nombre del punto de acceso).
ARP	Protocolo de resolución de direcciones (Address Resolution Protocol).
BDP	Producto del retardo del ancho de banda
BER	Tasa de error binario.
BSC	Estaciones de control.
BTS	Estaciones Base.
CDMA	Code División Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Código).
CRC	Comprobación de redundancia cíclica.
DNS	Domain Name Service (Servicio de nombre de dominio).
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FM	Frecuencia modulada, (es una técnica de modulación analógica que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia).
FTP	File Transfer Protocol (Protocolo de transporte de archivos)
GIS	Geographical Information System (Sistema de Información Geográfica).
GSM	Global System for Mobile Communications (Sistema Global de Comunicaciones Mviles).
HSPA	High Speed Packet Access.
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access.
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de hipertexto).
ICMP	Protocolo de mensaje de control de internet.
IMSI	International Mobile Subscriber Identity.
IP	Protocolo de Internet.
LTE	Long Term Evolution.
MCC	Mobile Country Code.
MDU	Multiple Device Unit.
MNC	Mobile Network Code.
MS	Estaciones Móviles.
MTU	Unidad máxima de transferencia.
NFS	Network File System.

OFDM	Multiplexación Frequency-Division Orthogonal.
PDC	Personal Digital Communications.
PDUs	Unidad de datos de protocolo.
PING	Packet Internet Groper.
PMTUD	Path MTU Discovery (descubrimiento del camino MTU).
PSTN	Public Switching Telephone Network (Red de Telefonía de Conmutación Pública).
RCU	RTU Control Unit.
RFC	Request for Comments (Publicaciones de trabajo de ingeniería de internet).
RMU	Ruggedized Measurement Unit (TEMS Automatic).
RTU	Remote Test Unit (Unidad de prueba remota).
RTT	Round Trip delay Time (Tiempo de demora de ida y vuelta).
RSI	Indicador de estado en tiempo real.
SAMM	Sistema Autónomo de Mediciones Móviles.
SMS	Short Message Service (Servicio de Mensajes Cortos).
SMTP	Simple Mail Transport Protocol (Protocolo de transporte de correo simple).
SIM	Modulo de Identificación del Suscriptor.
SMA	Servicio Móvil Avanzado.
TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de Transmisión).
TDD	Time Division Dúplex.
TDMA	Time División Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo).
TFTP	Trivial File Transfer Protocol.
TTUP	Telefonía de Uso Público.
UDP	Protocolo de Datagrama de Usuario.
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System.
WCDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha.
WLAN	Red de área local inalámbrica (Wireless local área network).

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **FIGUEROA DE LA CRUZ Mario.** *Introducción a los Sistemas de Telefonía Celular.* Buenos Aires-Argentina. Hispano América S.A.-H.A.S.A. 2008. pp. 13-92
- ❖ **HUIDOBRO MOYA, José Manuel; & CONESA PASTOR, Rafael.** *Sistemas de TELEFONIA.* 5ª ed. Magallanes-Madrid-España. Paraninfo, 2006. pp 149-200.
- ❖ **CASAD Joe.** *TCP/IP.* 5a ed. Madrid-España. Anaya Multimedia. 2012. pp. 27-92.
- ❖ **CISCO.** *CCENT/CCNA ICND1 Guía Oficial para el examen de Certificación.* 2ª ed. Madrid-España. Pearson Educación S.A, 2008. pp 20-230.
- ❖ **ECUADOR, SUPERINTENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL).** *Evolución de la telefonía móvil en Ecuador.* Revista Institucional. Vol.1. No.16. 2012. Quito-Ecuador. pp 4-40.
- ❖ **ECUADOR, SUPERINTENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL).** *Ofrecemos calidad y moderna tecnología.* Revista Institucional. Vol.1. No.20. 2014. Quito-Ecuador. pp 5-9.
- ❖ **HARO MACÍAS Manuel.** *Historia y Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.* Zacatecas-México. 2015. pp. 30-270.
<http://myslide.es/documents/antologia-historia.html>
2015-08-15
- ❖ **ECUADOR, LEXIS.** *Ley Orgánica de Telecomunicaciones.* Quito-Ecuador. 2015
<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/LEY-ORGANICA-DE-TELECOMUNICACIONES.pdf>
2015-11-14
- ❖ **SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (SENATEL).** *Línea base de la banda ancha en la república del Ecuador al 2011.* Quito-Ecuador. 2011
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/files/bandaanchaenecuador2011.pdf
2015-11-22

- ❖ **GONZALEZ GARCIA, Pablo** “*Diseño de una herramienta de planificación de sistema WiMAX*”. (TESIS). Escola Politècnica Superior de Castelldefels. Enginyeria Tècnica de Telecomunicació. Especialitat Sistemes de Telecomunicació. Barcelona-España. 2006. p. 11.
2016-01-08

- ❖ **ECUADOR, CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL); & SECRETARÍA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (SENATEL).** *Plan nacional de frecuencias*. Quito-Ecuador. 2012.
http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
2015-10-16

- ❖ **RIVERO HERNÁNDEZ, Dayana de la Caridad.** EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR GSM HACIA LA GENERACIÓN 3.75. *Revista Académica de Investigación*. No.7. 2011. La Habana-Cuba. pp. 2-9.
<http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/07/rhck.pdf>
2015-12-12

- ❖ **ECUADOR, EL MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN [MINTEL].** Quito-Ecuador. 2009.
<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/valores-mision-vision/>
2015-12-15

- ❖ **ECUADOR, AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES [ARCOTEL].** Quito-Ecuador. 2015.
<http://www.arcotel.gob.ec/>
2015-11-18

- ❖ **INAMURA, Hiroshi.** *TCP over Second (2.5G) and Third (3G) Generation Wireless Networks, RFC 3481*. Yokosuka Shi-Kanagawa Ken-Japón. 2003. pp 1-19.
<https://tools.ietf.org/html/rfc3481>
2015-10-15

- ❖ **Jacobson, Van.** *Compressing TCP/IP Headers*, RFC 1144. 1990. pp 18.
<https://tools.ietf.org/html/rfc1144>
2015-10-25

- ❖ **ALLMAN, Mark.** *Enhancing TCP's Loss Recovery Using Limited Transmit*, RFC 3042. 2001. pp 2.
<https://tools.ietf.org/html/rfc3042>
 2015-10-15

- ❖ **Mathis, Matt.** *TCP Selective Acknowledgment Opciones*, RFC 2018. 1996. pp 3.
<https://tools.ietf.org/html/rfc2018>
 2015-10-16

- ❖ **Ramakrishnan, K.** *The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP*, RFC 3168. 2001. pp 4-5.
<https://tools.ietf.org/html/rfc3168>
 2015-10-21

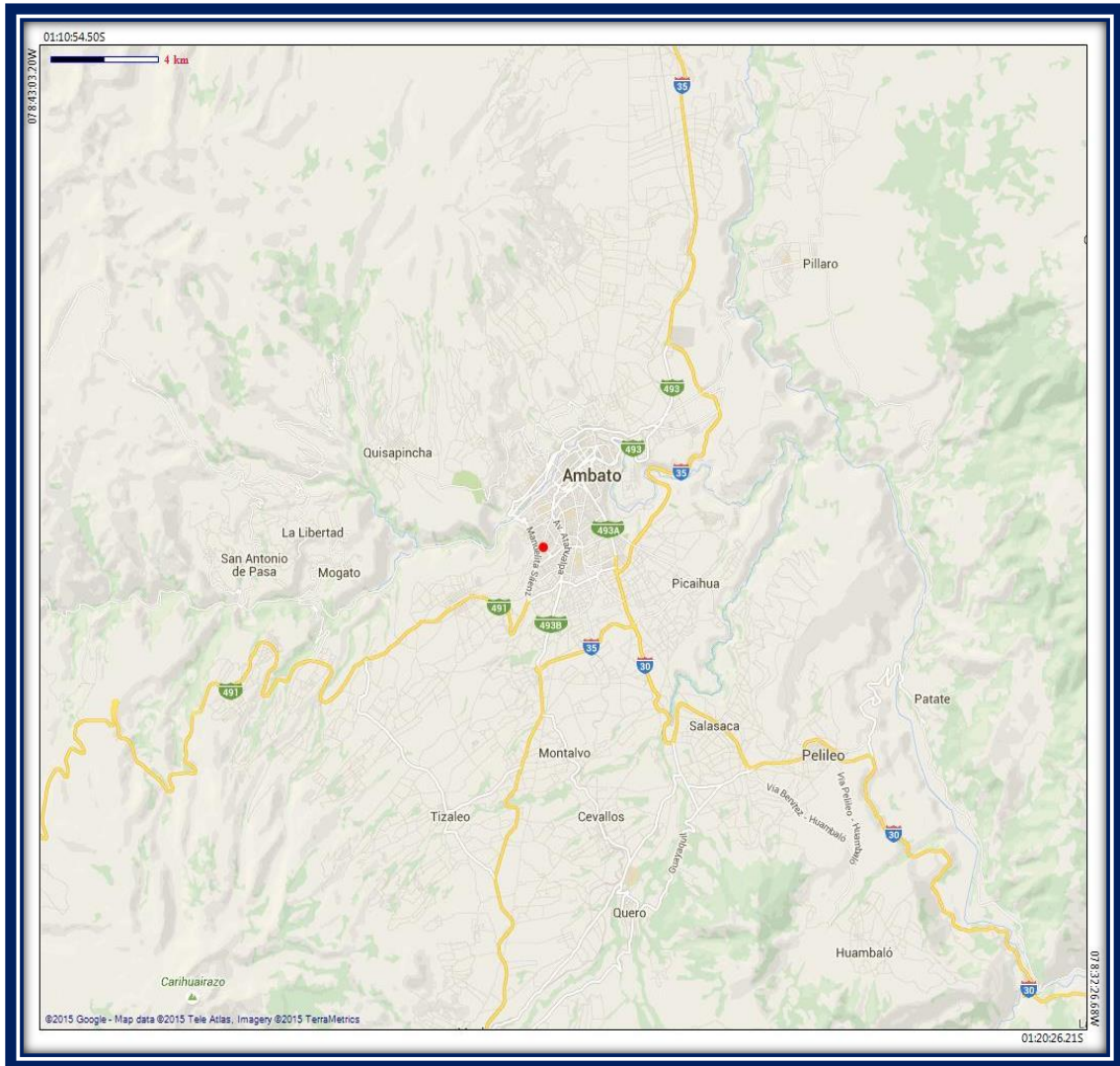
- ❖ **SUECIA, Techship.** *Ericsson F3607/022 – 3G/GPS/HSPA Mini PCI Express Card – 7.2Mbps*. Goteborg-Suecia. 2016.
<https://techship.se/products/ericsson-f3607gw-022/>
 2015-12-19

- ❖ **Techship.** *Sierra Wireless MC7700*. Goteborg-Suecia. 2016.
<https://techship.se/products/sierra-wireless-mc7700/>
 2015-12-29

- ❖ **GALEANO, S; POVEDA, H; MERCHAN, F.** *Estudio comparativo del desempeño de las redes celulares en Panamá*. Vol. 5. No.1. Panamá-Panamá. Prisma Tecnológico. 2014.
http://www.utp.ac.pa/documentos/2015/pdf/09-TECNOLOGIA_A_FONDO_ESTUDIO_COMPARATIVO_33-38_0.pdf
 2016-01-09

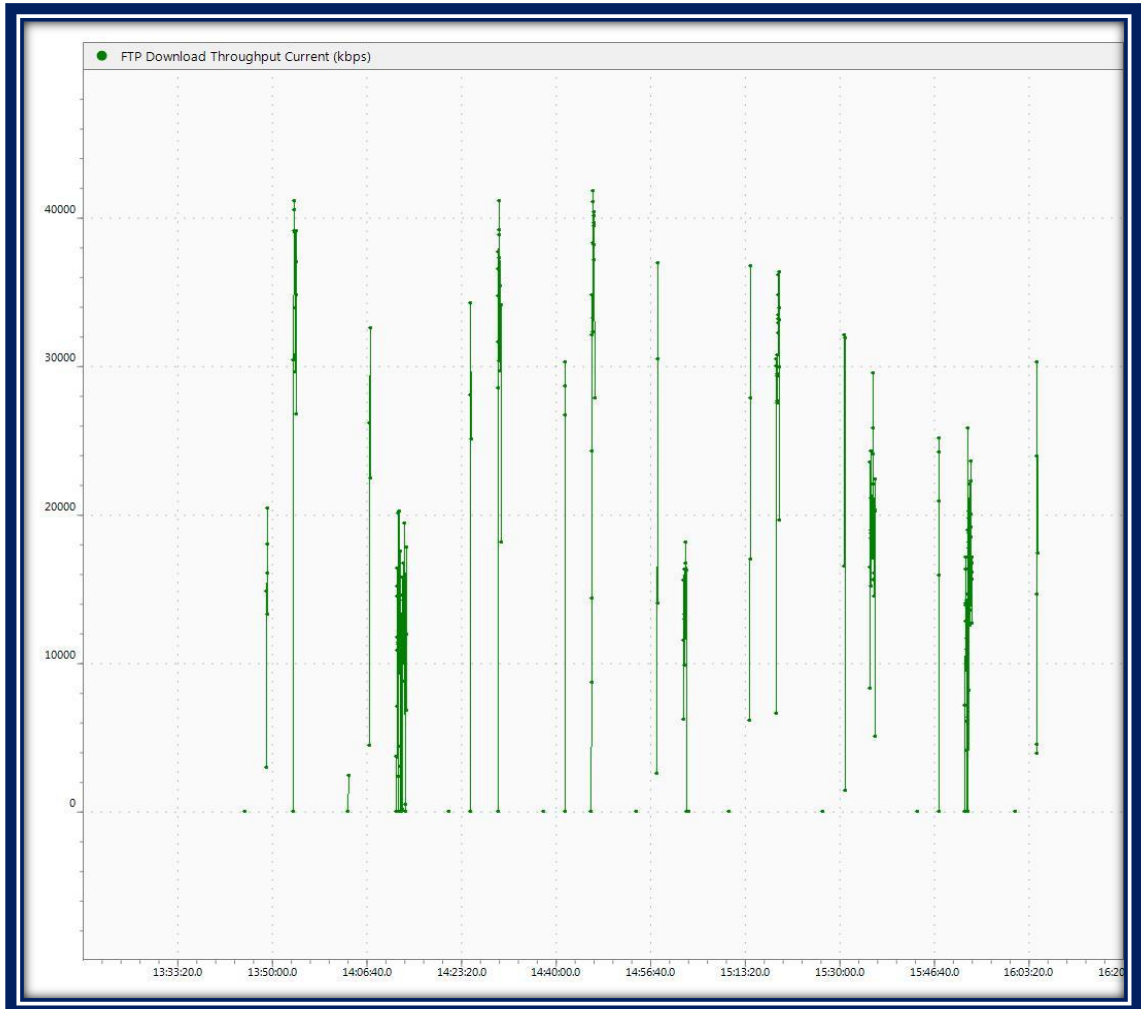
- ❖ **ECUADOR, CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES [CONATEL].** *REsolucion- TEL-042-01-CONATEL-2014*. Quito-Ecuador. 2014
[fhttp://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/042-TEL-01-CONATEL-2014.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/042-TEL-01-CONATEL-2014.pdf)
 2016-02-18

❖ GoogleHybridMap

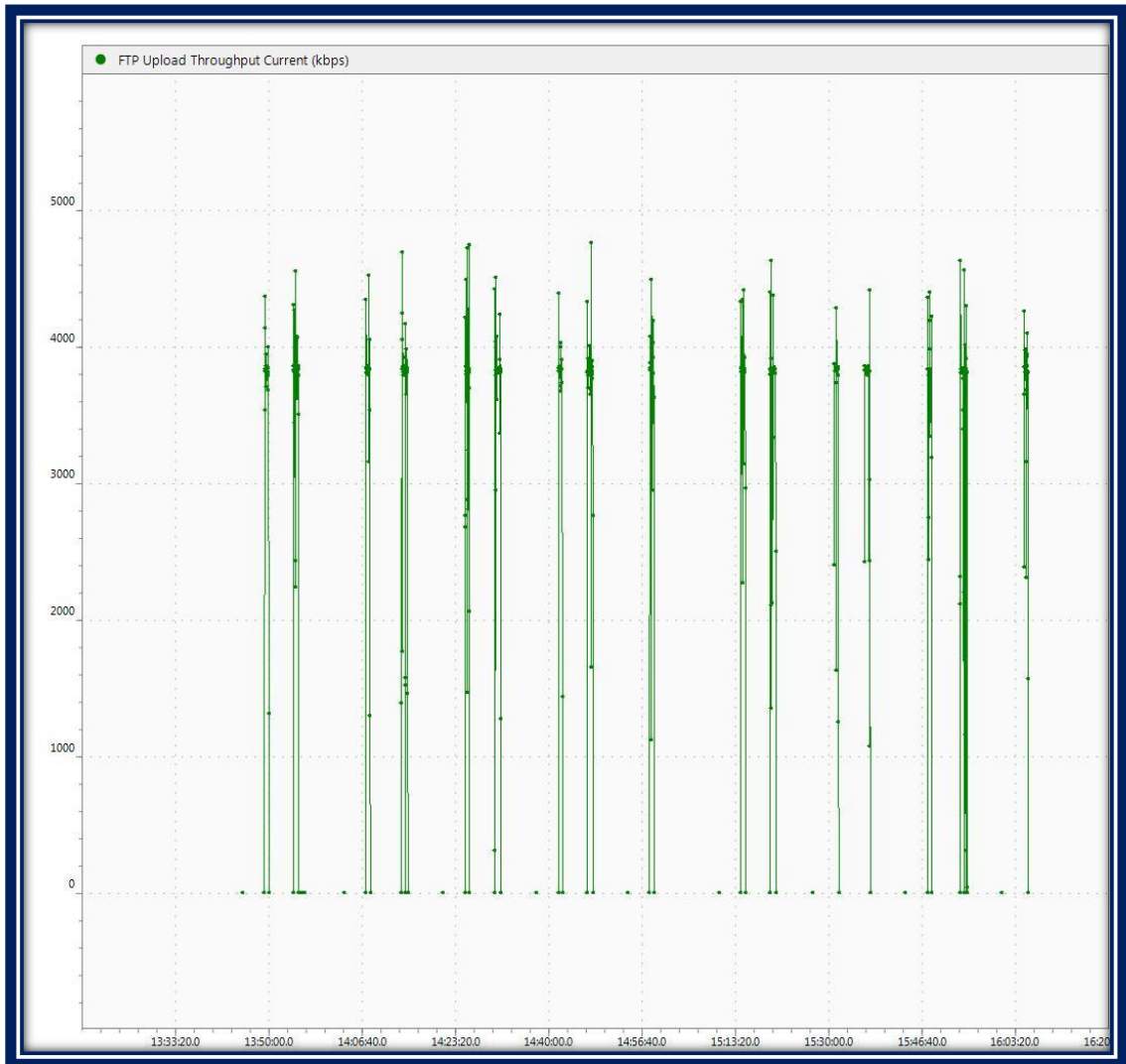


Anexo B

❖ Series de tiempo FTP Download Throughput (Perfil LTE - Tecnología LET, CNT)

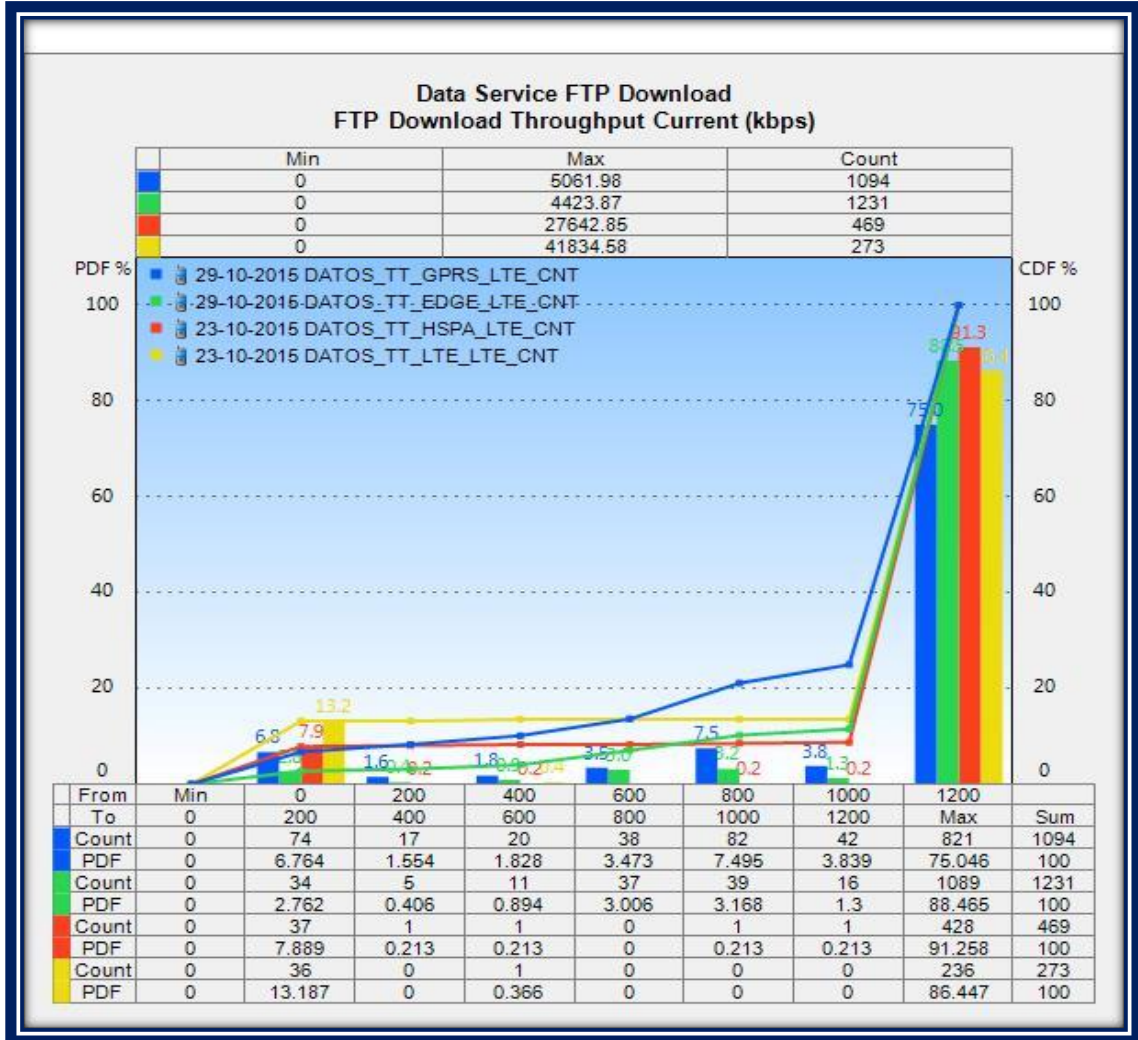


❖ Series de tiempo FTP Upload Throughput Correlation View (Perfil LTE - Tecnología LET, CNT)

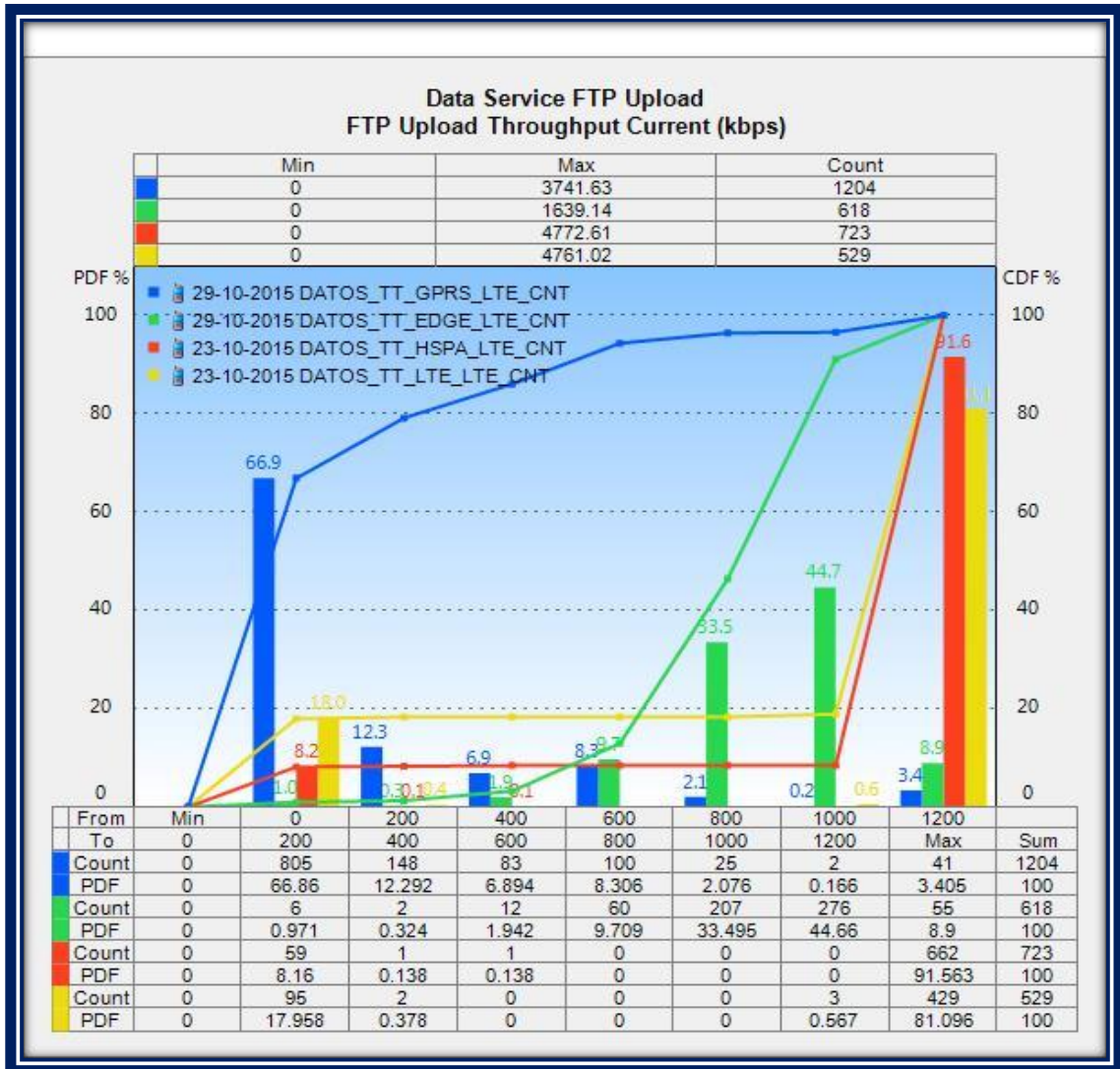


Anexo C

❖ Histograma Servicio de Datos FTP Download (Perfil LTE - Tecnología LET, CNT)

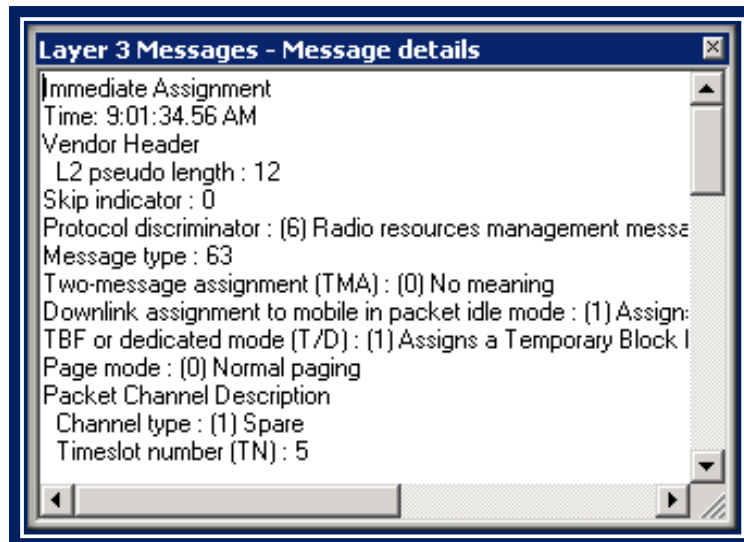
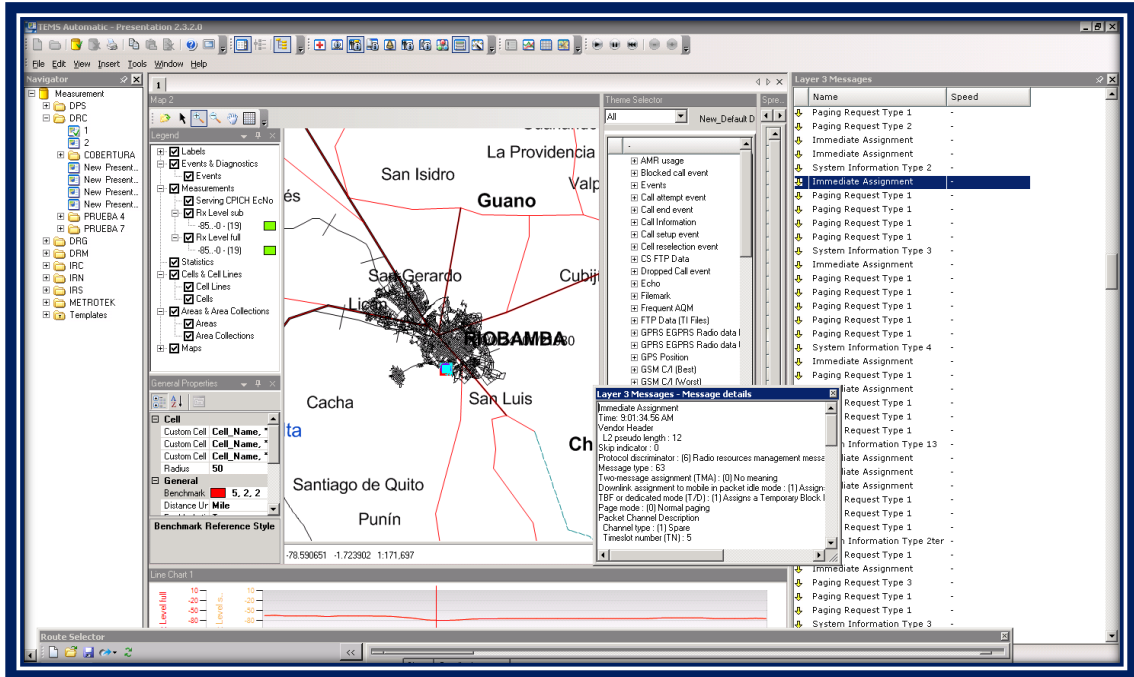


❖ Histograma Servicio de Datos FTP Upload (Perfil LTE - Tecnología LET, CNT)



Anexo D

❖ Análisis capa tres interface aire sistemas móviles



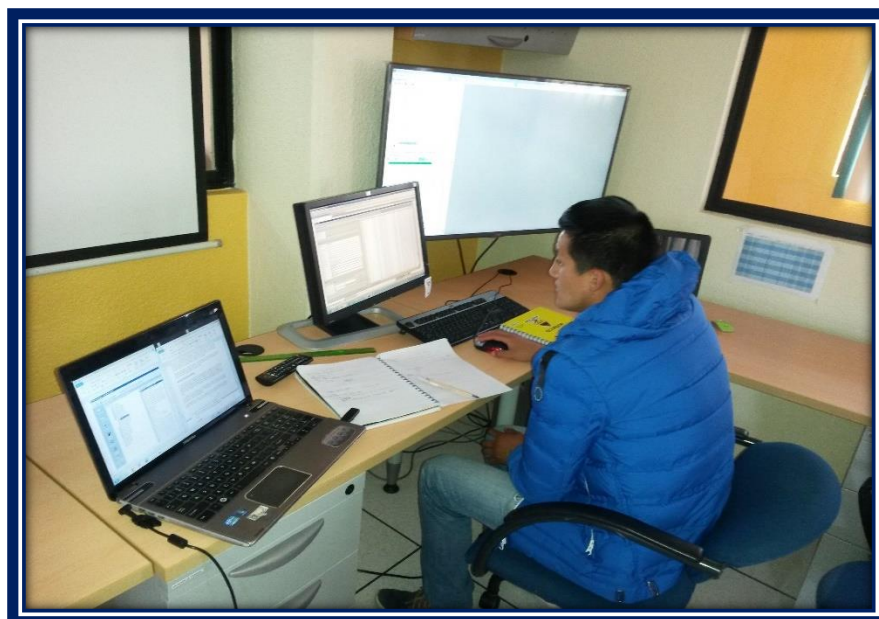
Anexo E

❖ Fotografías de los equipos del sistema SAMM



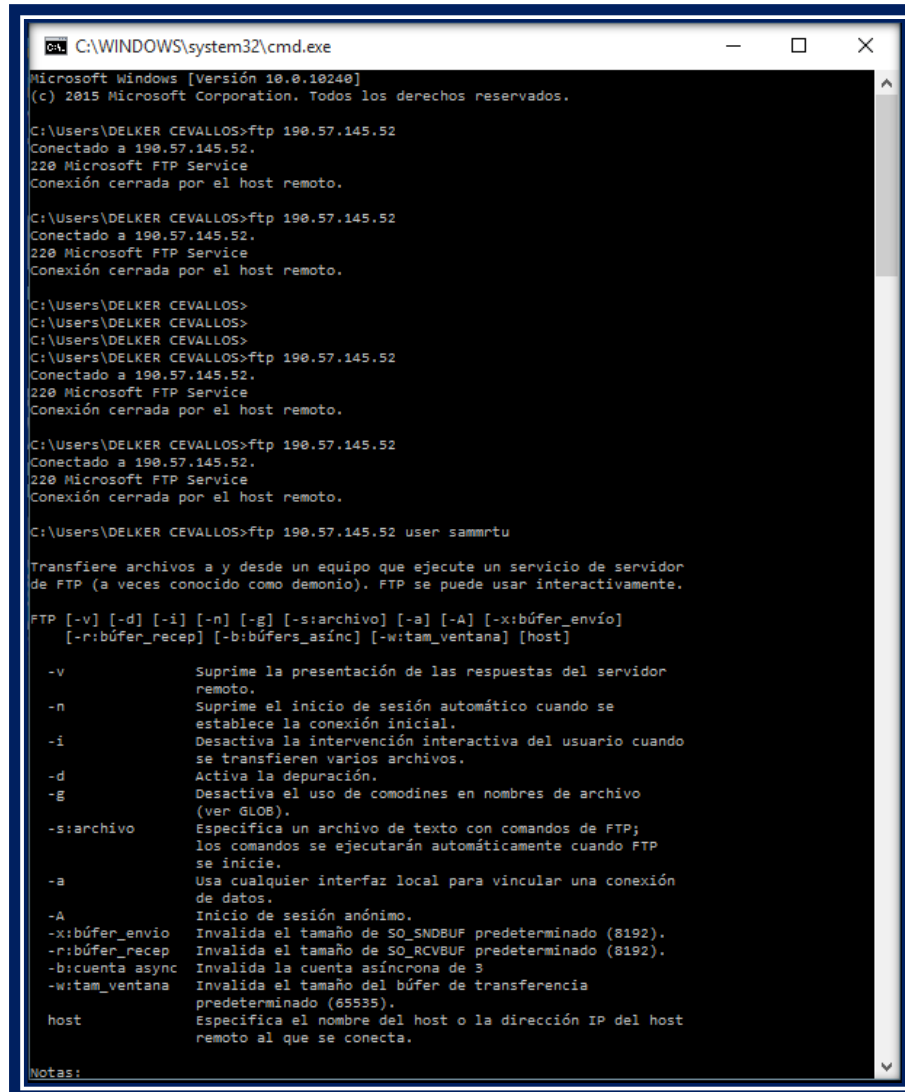
Anexo F

❖ Laboratorio SAMM



Anexo G

❖ Pruebas de conexión al servidor FTP



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.10240]
(c) 2015 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\DELKER CEVALLOS>ftp 190.57.145.52
Conectado a 190.57.145.52.
220 Microsoft FTP Service
Conexión cerrada por el host remoto.

C:\Users\DELKER CEVALLOS>ftp 190.57.145.52
Conectado a 190.57.145.52.
220 Microsoft FTP Service
Conexión cerrada por el host remoto.

C:\Users\DELKER CEVALLOS>
C:\Users\DELKER CEVALLOS>
C:\Users\DELKER CEVALLOS>
C:\Users\DELKER CEVALLOS>ftp 190.57.145.52
Conectado a 190.57.145.52.
220 Microsoft FTP Service
Conexión cerrada por el host remoto.

C:\Users\DELKER CEVALLOS>ftp 190.57.145.52
Conectado a 190.57.145.52.
220 Microsoft FTP Service
Conexión cerrada por el host remoto.

C:\Users\DELKER CEVALLOS>ftp 190.57.145.52 user sammtu

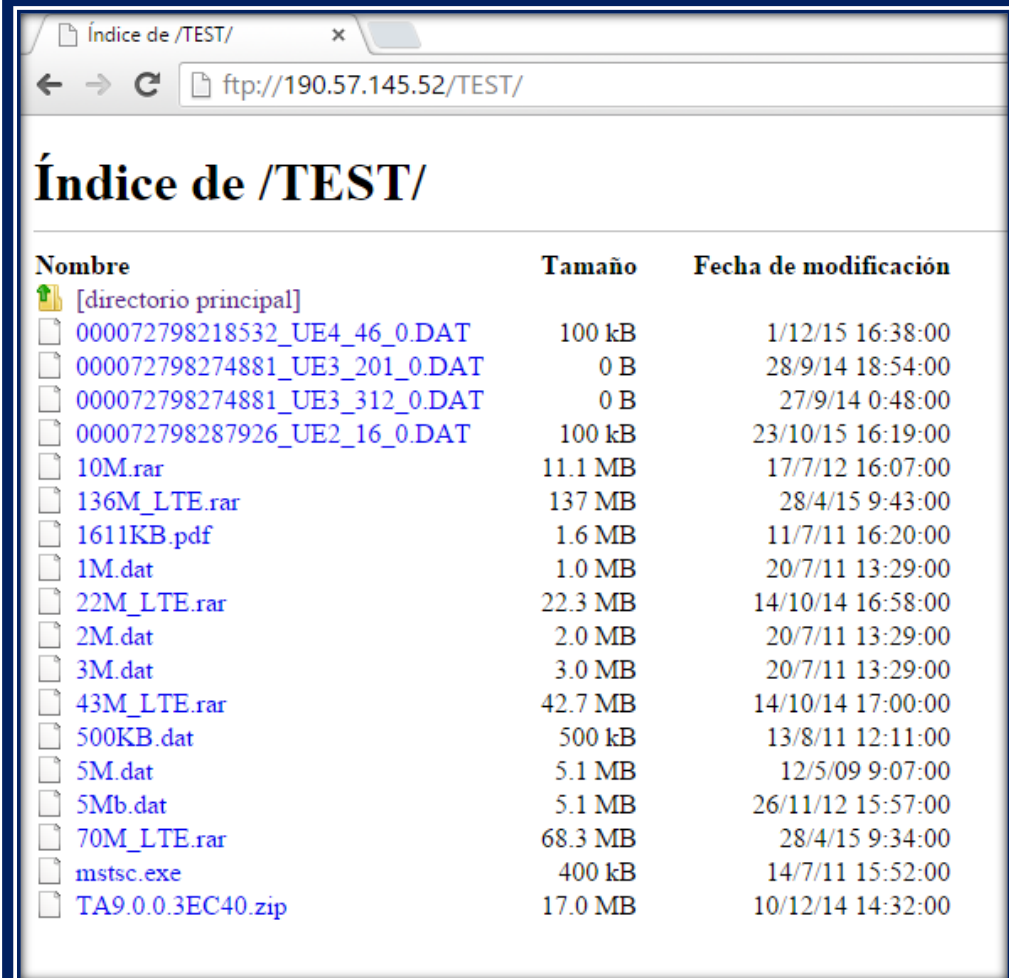
Transfiere archivos a y desde un equipo que ejecute un servicio de servidor
de FTP (a veces conocido como demonio). FTP se puede usar interactivamente.

FTP [-v] [-d] [-i] [-n] [-g] [-s:archivo] [-a] [-A] [-x:búfer_envío]
[-r:búfer_recep] [-b:búfers_asínc] [-w:tam_ventana] [host]




















-v          Suprime la presentación de las respuestas del servidor
           remoto.
-n          Suprime el inicio de sesión automático cuando se
           establece la conexión inicial.
-i          Desactiva la intervención interactiva del usuario cuando
           se transfieren varios archivos.
-d          Activa la depuración.
-g          Desactiva el uso de comodines en nombres de archivo
           (ver GLOB).
-s:archivo  Especifica un archivo de texto con comandos de FTP;
           los comandos se ejecutarán automáticamente cuando FTP
           se inicie.
-a          Usa cualquier interfaz local para vincular una conexión
           de datos.
-A          Inicio de sesión anónimo.
-x:búfer_envío  Invalida el tamaño de SO_SNDBUF predeterminado (8192).
-r:búfer_recep  Invalida el tamaño de SO_RCVBUF predeterminado (8192).
-b:cuenta_async  Invalida la cuenta asíncrona de 3
-w:tam_ventana  Invalida el tamaño del búfer de transferencia
           predeterminado (65535).
host         Especifica el nombre del host o la dirección IP del host
           remoto al que se conecta.

Notas:
```


❖ Ingresando al servidor FTP



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'ftp://190.57.145.52/TEST/'. The page title is 'Índice de /TEST/'. Below the title is a table listing files and directories. The table has three columns: 'Nombre', 'Tamaño', and 'Fecha de modificación'. The files listed include various data files (.DAT), archives (.rar, .zip), and executables (.exe).

Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
 [directorio principal]		
 000072798218532_UE4_46_0.DAT	100 kB	1/12/15 16:38:00
 000072798274881_UE3_201_0.DAT	0 B	28/9/14 18:54:00
 000072798274881_UE3_312_0.DAT	0 B	27/9/14 0:48:00
 000072798287926_UE2_16_0.DAT	100 kB	23/10/15 16:19:00
 10M.rar	11.1 MB	17/7/12 16:07:00
 136M_LTE.rar	137 MB	28/4/15 9:43:00
 1611KB.pdf	1.6 MB	11/7/11 16:20:00
 1M.dat	1.0 MB	20/7/11 13:29:00
 22M_LTE.rar	22.3 MB	14/10/14 16:58:00
 2M.dat	2.0 MB	20/7/11 13:29:00
 3M.dat	3.0 MB	20/7/11 13:29:00
 43M_LTE.rar	42.7 MB	14/10/14 17:00:00
 500KB.dat	500 kB	13/8/11 12:11:00
 5M.dat	5.1 MB	12/5/09 9:07:00
 5Mb.dat	5.1 MB	26/11/12 15:57:00
 70M_LTE.rar	68.3 MB	28/4/15 9:34:00
 mstsc.exe	400 kB	14/7/11 15:52:00
 TA9.0.0.3EC40.zip	17.0 MB	10/12/14 14:32:00

Anexo H

- ❖ Modo de acceso a la red de un dispositivo móvil.



Anexo I

❖ Capacidades de las RTUs.

Las siguientes listas de algunos atributos y capacidades importantes de las RTUs.

Device Capability	Ericsson F3607gw	Sierra Wireless MC8801	Sierra Wireless MC7710	Sierra Wireless MC7700
WCDMA band	850/1900/2100 or 900/1900/2100 MHz	800/850/900/1900/2100 MHz	900/2100 MHz	800/850/1900/2100 MHz
GSM band	850/900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz	900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz
LTE band	–	–	DD800/1800/2100/2600 MHz	700/1700/2100 MHz
GSM/WCDMA voice	AMR-WB, AMR-FR, AMR-HR, EFR, FR, HR	N/A	N/A	N/A
GSM/GPRS/EDGE	Multislot class 10 (GPRS, EDGE)	Multislot class 12 (GPRS, EDGE)	Multislot class 12 (GPRS, EDGE)	Multislot class 12 (GPRS, EDGE)
WCDMA R99/HSPA	HSDPA Categories up to 7.2 Mbit/s (Category 1–8) HSUPA Categories up to 2.0 Mbit/s (Categories 1, 3, 5)	HSDPA Categories up to 21.1 Mbit/s (Category 14) (Evolved HSPA), or up to 42.2 Mbit/s with Dual Carrier (Category 24) HSUPA Categories up to 5.76 Mbit/s (Category 6)	HSDPA Categories up to 21.1 Mbit/s (Category 14) (Evolved HSPA), or up to 42.2 Mbit/s with Dual Carrier (Category 24) HSUPA Categories up to 5.76 Mbit/s (Category 6)	HSDPA Categories up to 21.1 Mbit/s (Category 14) (Evolved HSPA), or up to 42.2 Mbit/s with Dual Carrier (Category 24) HSUPA Categories up to 5.76 Mbit/s (Category 6)
LTE	–	–	LTE Categories up to 100 Mbit/s DL and up to 50 Mbit/s UL, with 20 MHz bandwidth (Category 3, MIMO)	LTE Categories up to 100 Mbit/s DL and up to 50 Mbit/s UL, with 20 MHz bandwidth (Category 3, MIMO)